

ANO 1962

IV TRIMESTRE

NUM. 68

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



I, 16-3-

EJEMPLO DE...
EJEMPLO DE...
EJEMPLO DE...

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

68

CUARTO TRIMESTRE

M A D R I D
1 9 6 2

**El Instituto Geológico y Minero de España
hace presente que las opiniones y hechos
consignados en sus publicaciones son de la
exclusiva responsabilidad de los autores
de los trabajos.**

H. SCHNEIDERHÖHN

**TABLAS PARA LA DETERMINACION DE MENAS
AL MICROSCOPIO METALOGRAFICO (*)**

NOTA DEL TRADUCTOR

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

PEDRIZA DEL MANZANARES, MANZANARES EL REAL, MADRID

Aspecto de la Pedriza posterior desde el Canto del Tolmo como paisaje típico de un gran macizo granítico de tipo batolítico de edad hercínica, en las zonas meridionales de la Sierra del Guadarrama.

El paisaje es casi exclusivamente rocoso, resultado de intensas acciones erosivas meteóricas y de las aguas corrientes, proceso favorecido por la existencia de sistemas de diaclasas que cuarteán profundamente a la masa rocosa, dando origen a un típico berrocal.

El gran bloque de primer término, Canto del Tolmo, procede de un gran derrumbamiento acontecido en época muy lejana, en las laderas septentrionales de la Pedriza anterior.

Este paisaje queda situado en la hoja N.º 508, Cercedilla, lat. norte 40.º 46', long. oeste 0º 11' 30".

Fot. F. H. Pacheco, V-61. Mirando al norte.

Depósito Legal M. 1.882.-1958

C. BERMEJO, IMPRESOR.—J. GARCIA MORATO, 122.—TELÉF. 233-06-19.—MADRID

Nos hemos decidido a efectuar la traducción de las tablas para la determinación de menas al microscopio metalográfico impulsados por la idea de alentar y estimular este tipo de estudios en España.

Es un poco desalentador, pero es una realidad, ver que teniendo este país un gran desarrollo de su minería, y de gran tradición en este aspecto, poco se ha hecho en cuanto a estudios metalogénicos de sus yacimientos. Sólo podrían citarse, en este aspecto, algunas actividades del Instituto Geológico y Minero de España, que en verdad no mucho significan en conjunto. Últimamente es en la Junta de Energía Nuclear donde la actividad desarrollada para el estudio de los yacimientos de uranio ha necesitado, y con provecho, el concurso de la metalogenia. Un laboratorio, bastante completo, para este tipo de estudios, funciona con verdadera eficacia.

No es nuestro propósito, ni necesario por otra parte, poner de manifiesto la gran utilidad que para el estudio, en todos sus órdenes, incluyendo el económico e incluso para el tratamiento de sus menas, de un yacimiento significa el aporte de la Metalogenia, y para ello necesariamente, es obvio decirlo, el estudio de secciones pulidas al microscopio metalográfico. Cada día los yacimientos se estudian más racional y científicamente, con miras a una mejor valoración de las riquezas minerales de un país, y en este sentido la metalogenia tiene un gran papel junto a otras Ciencias Geológicas que pueden llamarse Tectónica, Geofísica, Geoquímica, Petrografía, Mineralogía, etc. etc., que en conjunto constituyen la denominada Geología aplicada o más específicamente, Geología minera.

Y sin duda quedan por estudiar muchos yacimientos aquí donde, si somos

(*) Traducción por el Dr. Enrique Ramirez.

sinceros, pocos se han valorado con criterio científico aplicando todos los conocimientos, que hoy son muchos, que nos aporta esta Geología aplicada.

Está terminando en todo el mundo, y puede que más aquí por ser este país de tan vieja ascendencia minera, la época de los yacimientos superficiales o descubiertos por sus afloramientos bien ostensibles. La mayor parte de éstos han sido investigados sin plantearse de un manera global la continuidad, en las tres dimensiones, de tales yacimientos, sino explotando lo que estaba más asequible. Habrá que pensar en ir a prospectar, con todos los métodos de que se dispone en la actualidad, aquellas áreas menos conocidas o las mismas que fueron investigadas y explotadas un poco intuitivamente, y sólo pensando en los grandes beneficios a la vista, sin grandes inversiones que más tarde podrían ser rentables. Aquí puede tener un gran papel la Geología minera y dentro de ella la Metalogenia.

En las tablas hemos clasificado alfabéticamente las menas y gangas que figuran en el «*Ermikroskopisches Praktikum*» dándolas un formato diferente, pero creemos que muy manejable, al que allí tienen. Se ha prescindido de insertar sistemáticamente las referencias que remiten a otros tratados, y sólo en algunos casos figuran tales citas. Creemos que con ello será suficiente para aclarar dudas, mucho más cuando que estos tratados pueden consultarse con relativa facilidad.

También se ha prescindido de los valores % R medido con ocular fotométrico, ya que tales valores, en general, no son muy usados, y por otra parte, si en algún momento tienen interés, pueden ser consultados en los tratados que se indican en el apéndice a las tablas.

Nos parece oportuno indicar aquí dos de los tratados fundamentales, aparte de otros menos manejados, para complementar datos precisos. Estos son el de Paul Ramdohr, «*Die Erfineralien und Ihre Verwachsungen*» Akademie-Verlag-Berlin, 1955 y las claves en español denominadas «*Tablas para la determinación microscópica y rayos X de minerales opacos*» segunda edición, Alejandro Novitzky, Oruro-Bolivia 1957.

Con esta bibliografía pueden perfectamente iniciarse y continuarse la identificación de minerales opacos al microscopio de reflexión.

Hemos incluido, al final de las tablas, por creerlo conveniente, tanto la explicación de los signos y abreviaturas empleados, con lo cual, pensamos, se facilitará la labor de los que tengan necesidad de consultar datos.

Queremos dar las más expresivas gracias al Prof. H. Sneiderhohn y a la Editorial Schweizerbart'sch de Stuttgart, que tan amablemente han permitido la realización de esta traducción. Les quedamos por ello profundamente agradecidos.

APÉNDICE A LAS TABLAS DE CLASIFICACIÓN MICROSCÓPICA DE MENAS

Observación

Una de las misiones más importantes de la mineralogía fue y será la definición completa de los minerales. Por el procedimiento microscópico se puede determinar rápidamente, y con bastante seguridad, las características de las menas y sus gangas o acompañantes. A este fin las características cualitativas son una base útil, siempre que estén agrupadas de manera regular y crítica.

Desde hace mucho tiempo se podían medir —al menos fotométricamente— con relativa facilidad los datos cuantitativos en cuanto a capacidad de reflexión. La exactitud es bastante grande y los seis valores en el aire y en el aceite, cada uno con sus tres filtros, parecen ser bastante característicos del tipo de mineral. Sin embargo, aún no se han realizado grandes investigaciones sistemáticas en serie. El empleo de valores de células fotoeléctricas es aún imperfecto teniendo en cuenta las distintas células fotoeléctricas y sistemas que hasta ahora se utilizan.

También se puede medir el efecto de anisotropía, pero con otros aparatos mayores y más caros. Hasta ahora no se dispone de datos de medida de este efecto y por ello, por el momento, no puede utilizarse como magnitud de clasificación.

Es claro que debe aspirarse a emplear estos y otros datos cuantitativos eventuales para futuras tablas de clasificación. Por el momento sólo pueden emplearse prácticamente, en primer lugar, datos cualitativos. Para la inmensa mayoría, y sobre todo para las menas más frecuentes, ofrecen suficiente seguridad. Muchos minerales raros resultan muy difíciles de determinar incluso microscópicamente; en estos casos sólo puede recurrirse al diagrama de polvo.

Para la determinación de los minerales más frecuentes se han compilado dos grupos de tablas (1).

1. *Tablas de determinación sistemática* en forma de clave sinóptica. Limitarán grandemente el círculo de minerales que han de considerarse.
2. *Cuadro alfabético de características*. Con él se podrá elegir el mineral adecuado, o al menos unos pocos para elegir.

Además, en la mayoría de los casos:

3. Deberán consultarse el «Manual» 1941 o mejor el Ramdohr 1950.

(1) No han podido utilizarse para más tablas de clasificación las «Tables for microscopic identification of minerals» de Uytendogaardt por estar ya puestas en limpio.

Algunas veces es necesario, según el diferente tipo de génesis, paragénesis y localidad que se conozcan, recurrir a estos manuales cuando se presentan con texturas especiales y coloridos locales, pues así se aclaran muchos casos dudosos y facilita la definición. Sin embargo, estos datos no se han tenido en cuenta en las tablas siguientes de definición y características.

Para el 1.—Tablas de clasificación sistemática.

Se apoyan en las tablas publicadas como apéndice al «Manual» 1931, pero se han clasificado de forma un poco distinta y se han revisado en todos sus detalles.

A. Dureza al pulido.

La base principal de clasificación es la dureza al pulido. Se puede reconocer fácilmente a grandes rasgos por el relieve del pulido y puede clasificarse con la línea de luz frente a otros materiales minerales más frecuentes o conocidos.

Se distinguen los tres grados siguientes entre los que, minerales tan frecuentes como la galena o la pirita magnética, constituyen por sí el límite entre dos grados.

- I Minerales blandos, con escasa dureza de pulido, inferior a la galena.
- II Minerales de dureza media, con dureza de pulido media, más duros que la galena, pero más blandos que la pirita magnética.
- III Minerales duros con elevada dureza de pulido (mayor que la galena).

En los cuadros 23-25 de las páginas 156-158 del *Ermikroskopisches Praktikum*, figuraba un pulido en los tres grupos arriba mencionados. La clasificación oscilaba según determinados detalles, según se explicaba.

Hay muchos minerales que tienen variaciones en la dureza al pulido, pequeñas o grandes. Cuando están a ambos lados del mineral límite, se mencionan dos veces. También los minerales límite y sus similares en dureza, se mencionan dos veces.

B. Comportamiento con Nicoles cruzados.

Cada grado de dureza al pulido se dividió en tres subgrupos según su comportamiento con Nicoles cruzados. Para poder distinguir esto correctamente deberán observarse los siguientes requisitos:

Cruzamiento totalmente exacto de los Nicoles (en una preparación experimental, por ejemplo analizar galena buena y recién limpia).

Fuente de luz muy intensiva (lámpara de arco pequeño o lámpara «Mer-

la» sin filtro fuertemente cargada). A ser posible el cono de luz poco convergente. Objetivo sin tensión.

Siguiendo estas normas se pueden observar perfectamente los tres subgrupos siguientes:

1. *Isótropos*.—El mineral permanece con N +, en la vuelta completa, totalmente oscuro o algo iluminado con toda regularidad. Esta pequeña iluminación se da principalmente en minerales con una capacidad de reflexión muy elevada. En todo caso, esta iluminación no deberá ser apreciable al cambiar de posición con una vuelta completa de la platina.

2. *Débilmente anisótropos*.—Con iluminación intensiva se pueden apreciar distintos puntos de claridad en los bordes del grano y en las láminas gemelas. También con una vuelta de 360° se suceden cambios cuatro veces desde el oscuro a un poco claro (gris oscuro al gris o azul acero). En la mayoría de los casos no se aprecian efectos cromáticos. Las iluminaciones dependen indefectiblemente de la posición del corte. Con iluminación débil no se aprecian estos efectos de anisotropía débiles. Una preparación de ensayo excelente es la pirita de cobre, que con fuerte iluminación permite observar láminas gemelas y textura de grano reconocibles. En la mayoría de los casos apenas puede reconocerse pleocroísmo de reflexión en este subgrupo.

3. *Fuertemente anisótropos*.—Con iluminación intensiva se reconocen rápidamente los efectos de anisotropía en los límites de grano, etc., aún mejor girando la platina. La luminosidad en la mayoría de los casos está ligada a efectos cromáticos que van del color pronunciado al vivo. Con Nicoles cruzados totalmente exacto, a 90° entre sí, las distintas luminosidades deben ser iguales con respecto a intensidad y color. Las posiciones de amortiguación en minerales monoclinicos y triclinicos y en determinadas secciones de minerales rómbicos muchas veces no son oscuras ni agudas. También con iluminación débil se pueden reconocer perfectamente efectos de anisotropía en los límites granulométricos. El pleocroísmo de reflexión, por lo general, es fuerte o bien apreciable.

Lo que antecede se refiere a observaciones en el aire. En aceite puede apreciarse sensiblemente un débil efecto de anisotropía y pleocroísmo de reflexión, como regla general, aunque desde luego siempre se percibirá como «débil».

C. Color.

Dentro de cada uno de los nueve subgrupos apuntados bajo los capítulos A y B existen diferencias de color. Para muchos observadores resulta bastante difícil la distinción de los colores suaves y la diferencia de colores. Es esencial no ser daltónico y además estar ejercitado. Es preciso hacer prácticas con minerales elegidos, bien pulidos, para poder distinguir el blanco puro de los

minerales de color suave y conocer hasta el último matiz o «tono», cosa que no figura en los manuales ni en las tablas alfabéticas de identificación. Muchas veces se tropezará con dificultades aún cuando se haya practicado mucho cuando se mire solamente al pulido o se encuentre rodeado de mayor o menor claridad. En este caso no queda otra cosa que hacer que compararlo con otro mineral similar en un microscopio de comparación.

Precisamente en estas subdivisiones hay muchos minerales incluidos en las tablas de identificación, donde habrá que contar con estas dificultades.

Por lo general pueden distinguirse fácilmente las tres subdivisiones siguientes, en las cuales la sección «c» es fácilmente reconocible, mientras que entre la «a» y la «b» muchas veces se presentarán dudas.

a) *Blanco puro*, como la galena. Existen muchos minerales brutos que tienen ese «blanco puro». Los observadores especializados en colores frecuentemente podrán reconocer en comparación directa tonalidades claras, con poca diferencia entre sí, que, sin embargo, apenas reaccionan de manera uniforme ni en los distintos experimentos en serie realizados con el mismo material por el mismo observador o por otros observadores. Fuente de luz, claridad, apertura, pulido y ambiente juegan un importante papel en ese sentido. En el aceite estas pequeñas diferencias de color, son generalmente más apreciables.

b) *Con poco color*. En comparación directa con la galena o con otro mineral de la sección «a» (eventualmente con microscopio de comparación) se puede apreciar una sensible diferencia, la mayoría de las veces en los blancos grisáceos o grises con un toque de azulado, verdoso, crema, amarillento, rojizo y parduzco. También se presentan colores puros gris blanquecino, principalmente en minerales con baja capacidad de reflexión, como la galena. Sin embargo, faltan colores pronunciados o definidos, sino que como máximo tendremos «un tono» ... Muchas veces el mismo observador en distintos tiempos o varios observadores expertos en colores, los encontrarán y los declararán iguales.

En el aceite, estos tonos de color resultan más fuertes, y, desde luego, siempre más oscuros que en el aire.

c) *De color fuerte*.—Los colores en la mayoría de los casos se pueden reconocer a simple vista, incluso sin microscopio de comparación. En casos excepcionales puede uno equivocarse, incluso con gran práctica, cuando se trabaja en ambiente desusado. Sin embargo, en aceite, estos colores siempre resultan más vivos y pueden reconocerse bien. A veces se presentan colores fuertes y llamativos.

En la división sinóptica de las tablas de identificación I a III figuran 175 minerales frecuentes, de los cuales unos 20 se encuentran dos veces. Se dividen en 27 secciones de forma irregular, como puede apreciarse por el dibujo 1. No existe preferencia especial por ninguna sección o subgrupo.

Aun cuando constituyen las cifras de frecuencia de los 9 grupos, no se puede determinar ninguna preferencia especial.

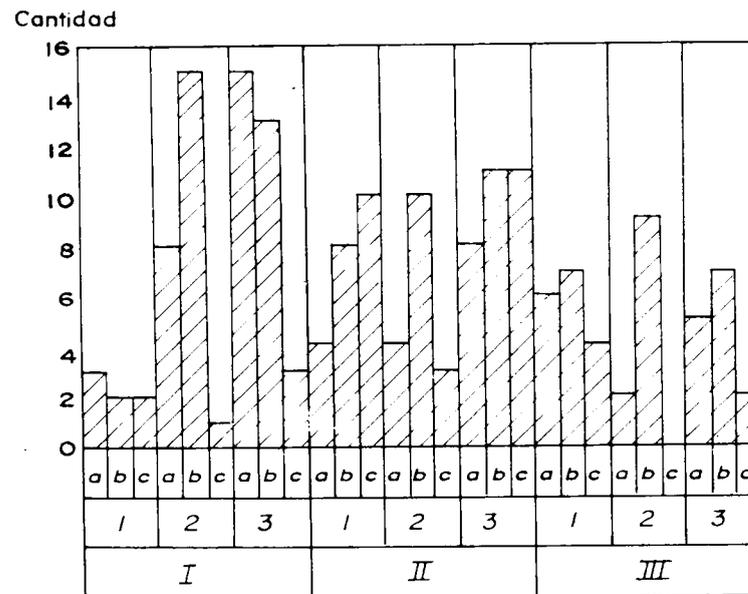


Fig. 1. Distribución de frecuencia de los Minerales en las "Tablas sistemáticas de identificación" I a III.

A cada grupo, corresponden las siguientes cifras:

I. Minerales blandos	62
II. Minerales semi-duros	69
III. Minerales duros	44
	<hr/>
1. Minerales isótropos	46
2. Minerales débilmente anisótropos	52
3. Minerales fuertemente anisótropos	77
	<hr/>
a) Minerales blanco puro	55
b) Minerales con poco color	82
c) Minerales con color definido	38
	<hr/>
	175

La clasificación de los minerales y subsiguiente subdivisión en cada una de las 27 secciones de las tablas de clasificación I a III, se realizó según el poder reflector medio R_m , tal como se produce para el ojo en luz blanca como la impresión de claridad. Por los valores fotométricos se obtuvieron los del verde y naranja, de forma que:

$$R_m = \frac{R_{\text{verde}} + R_{\text{naranja}}}{2} \%$$

Como quiera que el centro de gravedad óptico de los filtros empleados es de 527 o 589 μ , su media es 558, lo que está de acuerdo con la máxima sensibilidad del ojo, que es entre 555 y 560. Este efecto de claridad se describe de igual forma en las tablas de clasificación (alfabéticas) 4 al 25 de acuerdo con los valores fotométricos, habiéndose elegido 7 grados de claridad:

Extremadamente alto	$R_m > 60\%$
Muy alto	$R_m 60-50\%$
Alto	$R_m 50-35\%$
Bastante alto	$R_m 35-30\%$
Mediano	$R_m 30-20\%$
Poco	$R_m 20-10\%$
Muy poco	$R_m < 10\%$

Por lo general, los intervalos de reflexión arriba apuntados deberán reconocerse correctamente con las definiciones que figuran a la izquierda. Como ya hemos dicho, un cambio de ambiente puede causar muchas veces desviaciones subjetivas considerables.

En las tablas las cifras R_m se han redondeado en $\mp 1\%$.

En minerales con fuerte reflexión «pleochroitischen» se ha tenido en cuenta el valor más alto, así como en las series de cristales mixtos. X significa valoración o estimación por comparación o valores de células fotoeléctricas.

Aparte de ello, no se ha adoptado ningún signo en estas tablas.

Para 2 — Tablas alfabéticas de identificación

La definición de minerales con ayuda de la clave del cuadro I a III a veces resulta muy ambigua. Para simplificar la identificación habrá que buscar otros signos ópticos y de cohesión, así como reacción caústica. Las características más importantes —con excepción de las geminas de colorido local—

se han compilado sinópticamente en las tablas 4 al 25. Contienen 18 minerales por el orden alfabético (2) (3).

1. *Nombre*.—Junto a los antiguos minerales conocidos figuran los nombres antiguos alemanes; los que tienen varios sinónimos, figuran con las formas más conocidas. Los otros sinónimos, así como las formas más usadas en la literatura angloajona y francesa figuran en las páginas 9 y 10, con referencia al nombre del cuadro. Debajo del nombre, en la casilla «Sch-Ra» figura el número de la página del «Manual de la microscopia de Minerales II» y bajo «Ra» el número de la página del Tratado de Ramdohr 1950.

2. *Fórmulas*.—A veces algo simplificadas.

3. *Clases de simetría o sistema cristalino*.—Siempre que sea necesario para comprensión de la óptica, cohesión, etc. Como para nuestros fines no son necesarios los grupos volumétricos, hemos prescindido de ellos.

4. *Diagrama de polvo*.—Tomados del Ramdohr 1950.

5. *Dureza al pulido*.—Breves características para muy poco, poco, mediano, alto y muy alto, y extremadamente alto. En la mayoría de los casos no se menciona la conducta al pulido.

6. *Exfoliación al pulido*.—Se incluye el reconocimiento, calidad y forma exfoliable y también si figuran líneas o rupturas de exfoliación.

Las características ópticas más importantes, que se refieren a la capacidad de reflexión y colores, se han agrupado bajo la subdivisión 4, y a su vez dividido según su comportamiento en el aire (1) y en aceite de inmersión (0).

7. *Poder reflector e impresión de color*.—Para identificación de la luz se han utilizado tres grados, que también se emplearon para las tablas de identificación I a III: extremadamente alto, muy alto, alto, bastante alto, mediano, poco y muy poco; la definición de color es la misma que la del Manual Ramdohr de 1950. Los datos en el aceite tienen principalmente en cuenta, como disminuye la intensidad y si el color ha variado sensiblemente.

8. *Claridad y color frente a otros minerales*.—Si la claridad es igual, aproximada (\sim), mayor o menor, si el mineral con color similar tiene un «toque», o si frente a otros minerales presenta diferencias sensibles de color. Normalmente solamente se toman en consideración las que se presentan en paragénesis similares o en minerales de comparación muy diseminados y cuyas características ópticas son similares.

9. *Por ciento R medido con ocular fotométrico, en naranja, verde y rojo*.—Se han incluido los valores de Freiburg adoptados en el «Manual» y en el Ramdohr 1950. En algunos casos se han marcado valores similares

(2) Por Ramdohr en 1950 fueron estudiadas 273 especies mineralógicas incluyendo investigaciones microscópicas de minerales muy raros.

(3) Lo que sigue se refiere a la disposición original pero es igualmente válida para la disposición adoptada. N. del T.

de células fotoeléctricas o se han incluido valores señalados mediante el signo X.

10. *Pleocroísmo de reflexión*.—Posibilidad de reconocimiento, extremos de color y, eventualmente, su dirección y orientación cristalográfica. Datos de color como en el «Manual Ramdohr 1950». Se ha concedido especial atención a la intensificación de los efectos en aceite.

11. *Efectos de anisotropía en N°* .—Cuando en los minerales isótropos no hay efectos de anisotropía, deberá observarse si la sección pulida es oscura o clara en una vuelta completa. En los minerales anisótropos se ha incluido el grado de identificación, así como las iluminaciones sencillas o de color cuando la anisotropía es muy marcada. También se ha subrayado la intensificación del efecto en aceite, así como su disminución como consecuencia de enturbiamiento por reflejos internos.

12. *Reflexiones internas*.—Cuando existen, se indica su frecuencia, intensidad y color. En el aceite siempre es mayor la identificación. En los minerales anisótropos, casi resulta el doble.

13. *Maclas*.—Frecuentemente se trata de una característica mineral muy corriente y se clasifica según sus propiedades (simples, laminar, en forma de huso) y también por su tipo genético (de crecimiento, transformación, transformación, etc.). Sólo se mencionan las de traslación para algunos tipos especiales fácilmente reconocibles.

14. *Corrosión estructural*.—Los reactivos conocidos hasta ahora para poner de manifiesto una estructura de grano o compleja también figura en los cuadros. No figura en las tablas la «corrosión diagnóstica».

15. *Posibilidad de diagnosis y error*.—Se ha observado si la diagnosis es concluyente, fácil, difícil o microscópica, casi imposible. Se han expresado los signos diagnósticos determinantes y se ha subrayado la diferencia entre minerales que pueden confundirse fácilmente.

16. Grupos, subgrupos y divisiones en las tablas de identificación I a III.

CARACTERES OPTICOS DE LAS MENAS

(Clasificadas por orden alfabético)

AIKINITA (Patrinita)

S_3 Bi Cu Pb	Rómbica.	R x : (8)3.02
<i>Dureza</i>	Muy débil.	(8)3.17
<i>PR y color.</i>	A: bastante fuerte, blanco \rightarrow crema al lado de galena: el mismo brillo + crema. Ac: casi parecido \rightarrow rosa al lado de galena. \rightarrow rosa.	(8)2.86
<i>Pleo.</i>	A: distinto. Ac: fuerte, blanco crema a marrón claro.	
<i>Anis. N +</i>	A: débil a distinto. Ac: bastante elevado.	
<i>Diag.</i>	Pleocroísmo de reflexión característico.	

ALABANDINA

S Mn.	Cúbica.	R x : (7)2.61
<i>Dureza</i>	Media blenda. Ext: // (100), raramente visible.	(4)1.85
<i>PR y color.</i>	A: medio, blanco-gris \approx blenda. Ac: muy atenuado -- Bien + claro que blenda.	(3)1.502
<i>Pleo.</i>	Isótropo. Anis. N + isótropo (oscuro entre nicoles cruzados).	
R. I.	Bastante frecuentes, verde oscuro, raramente marrón.	
<i>Maclas</i>	Finas láminas // (111), cf. blenda.	
<i>Corr.</i>	$MnO_4 K + SO_4 H_2$	
<i>Diag.</i>	Se confunde con blenda, que es, sin embargo, siempre más oscuro, R. I. verdes.	

ALASKAITA

SO Pb (Ag, Cu) $_2$ Bi $_4$ (?)	Rómbica (?).	R x (?)
<i>Dureza</i>	Calcopirita \ll blenda Ext: siguiendo una dirección.	
<i>PR y color.</i>	A: elevado, blanco, muy semejante a la galena, un poco + claro. Ac: un poco menor.	
<i>Pleo.</i>	A: muy débil. Ac: distinto; blanco; blanco-gris rosa/blanco-gris azul.	

<i>Anis. N+</i>	Bastante vivo — extinción recta	
<i>Corr.</i>	NO ₃ H conc., la exfoliación aparece	
<i>Diag.</i>	Todavía incierta.	
ALGODONITA		
As Cu ₆	Exagonal.	R x : (3)2.08
<i>Dureza</i>	Media, se confunde con whitneyita y domeykita, > calcosina.	(3)2.02
<i>PR y color.</i>	A: muy elevado, blanco crema.	(1)1.44
	Ac: se confunde con whitneyita y domeykita.	
<i>Pleo.</i>	A: muy débil.	
	Ac: en el límite de los granos.	
<i>Anis. N+</i>	Débil.	
<i>Corr.</i>	En el aire sin aparición de estructuras.	
<i>Diag.</i>	Se confunde con whitneyita y domeykita, pero estas isotropas.	
ALLEMONTITA		
(Disociación de As Sb).	Romboédrica	
<i>Corr.</i>	Ver Arsénico y Antimonio.	
	Ver Arsénico y Antimonio.	
ALTAITA		
Se Pb	Cúbica holocédrica.	R x : (4)3.2
<i>Dureza</i>	Débil < galena <i>Exfol.</i> distinta //(100).	(5)2.27 (3)1.435
<i>PR y color</i>	A: muy elevado, blanco puro, + claro y + blanco.	
	Ac: muy elevado, blanco puro + claro que galena.	
<i>Pleo y Anis N+</i>	Isótropo.	
<i>Diag. P. R.</i>	(Blanco puro muy brillante > galena y <i>exfol.</i> semejante).	
ANDORITA		
S ₆ Sb ₃ PbAg	Rómbica.	R x : (4)3.28
<i>Dureza</i>	Débil > Pirargirita < Jamesonita << Stannina.	(3)2.90 (2)2.75
<i>Exfol.</i>	Rara.	
<i>PR y color</i>	A: blanco puro, un poco más oscuro.	
	Ac: notablemente + oscuro, amarillo gris, que galena y bismutina.	
<i>Pleo.</i>	Muy débil, junto en el límite de los granos.	
<i>Anis N+</i>	Moderado a distinto.	
<i>Diag.</i>	Difícil — muy rota.	

ANGLESITA

SO ₄ Pb	Ortorómbica.	
<i>Dureza</i>	Media = Cerusita. <i>Exfol.</i> apenas visible.	
<i>PR</i>	Débil < cerusita.	
<i>No p. cocroita.</i>	No <i>Anis. N+</i> .	
<i>F. I.</i>	Mineral transparente: muy numerosos R. I., blancos, apenas birrefringentes.	
<i>Diag.</i>	± Cerusita, no corrosiva, no pleocroica. ± Piromorfita: no R. I. coloreados.	

ANKERITA

CO ₃ Ca(FeMg)CO ₃	Romboédrica. Propiedades intermedias según el por ciento de Fe entre dolomita y siderosa.	
<i>Corr.</i>	Transparente: R. I. numerosas, amarillentas, muy birrefringentes. Ver dolomita y siderosa.	

ANTIMONIO

Sb	Romboédrico.	R x : (6)3.07
<i>Dureza</i>	Débil. < Bismuto, Arsénico, stibarsénico e dyscrasita.	(2)2.23
<i>Exfol.</i>	Visibles, según varias direcciones.	(3)2.13
<i>PR y color.</i>	A: muy elevada: blanco brillante < Plata, > Dyscrasita.	
	Ac: apenas más débil.	
<i>Pleo.</i>	Muy débil, solamente en el límite de los granos.	
<i>Anis N+</i>	Débil a distinto. Ac: vivo.	
<i>Mac'as</i>	Frecuentes láminas polisintéticas // 0112 (por presión).	
<i>Corr.</i>	SK ₂ concentrado — S ₂ O ₇ H ₂	
<i>Diag.</i>	PR, <i>Anis. N+</i> , corrosión.	

ARGIROSA

S Ag ₂	Monoclínica, pseudomonoclínica.	R x : (3)2.83
<i>Dureza</i>	Muy débil, cerargirita, = Jalpaita, todas las demás menas con mal pulido.	(4)2.59 (3)2.43
<i>Exfol.</i>	No se destaca.	
<i>PR y color</i>	Ac: Medio, gris claro, < galena, → gris verde ~ Polybasita.	
	Ac: notablemente bajo; gris sucio a verde, comparación: ídem.	
<i>Pleo.</i>	A: no visible.	
	Ac: extremadamente débil.	
<i>Anis N+</i>	A: reconocible.	
<i>Mac'as</i>	Ac: distinto, justamente velado por los reflejos. Groseramente laminar (maclas de transformación)	

Corr. Muy fuerte, corrosión a la luz.
Diag. D. muy débil, *numerosos* reflejos, paragénesis, corrosión a la luz.

ARSENICO

As Romboédrico.
Dureza Débil > diserasita, > Antimonio > Bismuto.
Exfol. // (0001), bien visible.
PR y color A: elevado, blanco > galena, < cobaltina < antimonio < plata, bismuto.
 Ac: muy atenuado.
Pleo. A: débil, en el límite de lo granoso.
 Ac: netamente más fuerte.
Anis N+ A: muy distinto.
 Ac: muy fuerte.
Macías En las láminas // (0112).
Corr. En el aire en 2 ó 3 días, $\text{KHO} + \text{SO}_4\text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}_2$, 3 por ciento.
Diag. Atracción al aire — estructura en escamas concéntricas.

Rx : (5)2.74
 (5)2.04
 (6)1.867

AZUFRE

S Ortorrómico.
Dureza Muy débil, mal pulido.
Exfol. No observada.
PR y color A: muy débil, gris blanco, < blenda, \cong cerusita.
 Ac: muy atenuado, diferencias más marcadas.
Pleo. A: Notable.
 Ac: nl., enmascarado por R. I.
Anis N+ Enmascarada por R. I.
R. I. «Masivas», blanco amarillo claro, dobles.
Corr. Soluble en sulfuro de carbono.
Diag. Mal pulido — D. débil — R. I — recuerda a veces a la cerusita.

AZURITA

$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ Monoclinico.
Dureza Media > Calcita < dolomía < Malaquita.
PR y color A: débil < siderosa, = malaquita.
 Ac: desaparece casi completamente.
Pleo. Apenas visible — Ac: enmascarado por R. I.
R. I. Muy desarrollado — azul profundo.
Corr. Ácidos diluidos.
Diag. R. I. azules, corr., paragénesis.

BARITINA

SO_4Ba Ortorrómica.
Dureza Media > Calcita, fluorina, < dolomía, siderosa, silicatos.
Exfol. // 001, bien visible.
PR y color A: muy débil, gris > fluorina.
 Ac: desaparece.
Pleo. No visible.
Anis N+ No visible.
R. I. Frecuentes, blancas.
Diag. Díficil — falta de R. I. con relación a los carbonatos. Pleo. más débil que para los silicatos. Las micas tienen exfoliación. Determinación mejor al microscopio polarizante ordinario.

BEEGERITA

$\text{S}_3\text{Bi}_2\text{Pb}_6$ No cúbica.
Dureza Media, < calcopirita.
Exfol. // (100), bien visible.
PR y color A: elevado, blanco, se confunde con galena.
 Ac: ídem.
Pleo. A: no visible.
 Ac: muy débil.
Anis N+ A: distinto.
 Ac: vivamente coloreada.
Macías Macías laminares y macías de penetración.
Diag. Se confunde con galena, pero anisótropa. Investigación química de Bi. Rx? (= Schapbachita).

BERTHIERITA

$\text{S}_2\text{Sb}_2\text{Fe}$ Rómbica.
Dureza Débil, \cong Stibina — Exfol. no reconocible.
PR y color A: moderado, blanco gris marrón.
 Ac: muy debilitado.
Pleo. A: muy fuerte, marrón rosa.
 Ac: blanco — gris / blanco.
Anis N+ Muy elevado, se confunde con la estibina, solamente + vivamente coloreada.
Diag. Se confunde con la estibina, solamente marrón rosa. // eje a — ataque débil por KOH. Rx : (4)3.62
 (4)3.15
 (5)2.60

BERZELIANITA

SeCu_2 Cúbica.
Dureza Débil, < Clausthalita, < Umangita, No exfol. visible.
PR y color A: moderado — blanco gris azul, se oscurece, más que calcosina. Rx : (4)3.20
 (7)1.98
 (3)1.84

	Ac: muy debilitado, más azul > Clausthalita, Tiemannita. No pleocroí, ni Anis. N+.
<i>Isótropo</i>	
<i>Diag.</i>	Se distingue de otras menas de Se por ausencia de pleocrois, de la calcosina por su color azulado.
BISMUTO	
<i>Bi</i>	Romboédrico.
<i>Dureza</i>	Débil, empañado en rosa marrón D. < bismutina.
<i>Exfol.</i>	// (0001), visible a veces.
<i>PR y color</i>	A: muy elevado -- crema brillante < Plata → amarillo, > Antimonio, > Niquelina. Ac: Un poco debilitado. La plata es mucho más clara.
<i>Plco.</i>	A: apenas perceptible. Ac: muy débil.
<i>Anis N+</i>	A: distinto. Ac: muy distinto, muchas rayas.
<i>Maclas</i>	(0112) en láminas siempre presentes (maclas de transformación).
<i>Corr.</i>	No ₃ H concentrado, hace resaltar la exfol (0001).
<i>Diag.</i>	PR elevado. La plata es isótropa.
BISMUTINA	
<i>S₃Bi₂</i>	Rómbica.
<i>Dureza</i>	Débil a media > galena, calcosina, > bismuto < calcopirita.
<i>Exfol.</i>	// (010) corrientemente visible.
<i>PR y color</i>	A: elevado -- casi blanco puro, > estibina, = galena, → amarillento, < bismuto, > emplectita. Ac: notablemente disminuido -- Diferencias acentuadas. A: débil. Ac: distinto blanco crema / blanco gris azul.
<i>Pleo.</i>	A: fuerte. Ac: muy fuerte, < Stibina.
<i>Anis N+</i>	No observadas.
<i>Maclas</i>	No ₃ H concentrado.
<i>Corr.</i>	Por relación a la estibina: P. R. más elevado, no le ataca el KOH -- (para distinguirse de otras menas de Bi, ver Ramdohr, 1.950).
<i>Diag.</i>	
BIXBYTA	
<i>(Mn Fe)₂O₃</i>	Cúbica.
<i>Dureza</i>	Elevada, se confunde con braunita -- Sin exfolación.

R x : (9)3.40
(6)3.08
(5)1.935

<i>FR y color</i>	A: medio - gris claro → amarillo oliva, se confunde con braunita, pero un poco más amarillo. Ac: bastante) más débil -- diferencia acentuada.
<i>Isótropo</i>	No pleocroica, sin Anis. N + -- Corr. FH conc. un minuto.
<i>Diag.</i>	Con relación a la sitaparita (corrientemente muy semejante): Isótropo y sin láminas de maclas. -- La braunita tiene muy débil anisotropía.

BLENDA

<i>(Zn, Fe, Mn, Cd) S</i>	Cúbica.	R x : (6)3.12
<i>Dureza</i>	Media > cobre gris, limonita, baritina, fluorina, calcita > calcopirita; < siderosa, magnetita.	(5)1.91 (4)1.63
<i>Exfol.</i>	// (110) visible.	
<i>PR y color</i>	A: débil - gris claro, → azulado < casi todos los sulfuros, < Magnetita = Wurtzita. Ac: muy debilitado -- Diferencias todavía más netas.	
<i>Isótropo</i>	Sin pleocro. -- Sin Anis. N +.	
<i>R. I.</i>	«Masivas», blancas a amarillo claro, y marrón oscuro.	
<i>Maclas</i>	// (111) y (211), siempre en láminas, muy polisintéticas en varias direcciones.	
<i>Corr.</i>	MnO ₄ + SO ₄ H ₂ -- IH -- CTONa (agua de Javel).	
<i>Diag.</i>	Casi siempre fácil de reconocer, sobre todo con la corrosión láminas de maclas -- Isótropo. Reflexiones internas.	

BORNITA

<i>S₂Fe₂Cu₃</i>	¿Cúbica? ¿Pseudocúbica?	R x : (2)3.31
<i>S₄FeCu₉</i>		(2)3.15
<i>Dureza</i>	Media, > galena, calcosina, < calcopirita.	(8)1.94
<i>Exfol.</i>	A veces reconocible, // (100) (111).	
<i>PR y color</i>	A: medio, marrón rosa claro + coloreado que enargita famatinita. Ac: muy disminuido + anaranjado + oscuro y subido que germanita.	
<i>Pleo.</i>	A: lo más corrientemente invisible. Ac: raro, muy débil.	
<i>Anis N+</i>	Débil y variable -- ¿Maclas de transformación? Se oscurece muy rápidamente en rosa castaño violeta.	
<i>Corr.</i>	Difícil. sol. de I en IK.	

BOULANGERITA

$S_{11}Pb_5Sb_4$	Monoclínico.	R x : (2)3.98
<i>Dureza</i>	Débil, < galena, exfol. -- no visible.	(3)2.80
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco → verde azulado.	(1)2.00
	Ac: netamente debilitado → gris verde, muy semejante a galena → verde azul = estibina, pero sin cambio con la dirección.	
<i>Pleo.</i>	A: justo visible.	
	Ac: más distinto.	
<i>Anis N+</i>	A: distinto.	
	Ac: elevado.	
<i>R. I.</i>	Apenas visible.	
<i>Diag.</i>	Muy próximo a Falkmannita y Jamesonita (diferencias ver Ramdhor, 1950, p. 548).	

BOURNONITA

$S_3SbPbCu$	Rómbica. Pseudotetragonal.	R x : (1)3.90
<i>Dureza</i>	Media, > galena, estibina -- < calcopirita, cobre gris.	(5)2.74
		(11)1.765
<i>Exfol.</i>	No reconocible.	
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco → azul verde claro < galena → azul verdoso.	
	Ac: netamente debilitado > cobre gris ← castaño.	
<i>Pleo.</i>	A: muy débil, justo reconocible en el límite de los granos.	
	Ac: un poco más distinto.	
<i>Anis N+</i>	A: débil.	
	Ac: más distinto.	
<i>R. I.</i>	No reconocible con seguridad.	
<i>Maclas</i>	(110) muy característica, siempre presentes, en los pequeños granos, nada simple.	
<i>Corr.</i>	BrH concentrado.	
<i>Diag.</i>	Anisótropo contrariamente a la galena cobre gris. Maclas diferentes de la estibina, boulangierita -- más oscuro que Wolfobergita.	

BRAUNITA

$3(MnFe)_2O.Mn.Si.O_3$	Tetragonal.	R x : (9)2.09
<i>Dureza</i>	Elevada > hematites, < pirita Haussmanita, > manganita.	(6)1.65
		(2)1.415
<i>Exfol.</i>	No reconocible.	
<i>PR y color</i>	A: débil, blanco gris → marrón.	
	< Pirolusita, psilome lana, magnetita, manganita, haussmanita.	
	Ac: más débil.	
<i>Pleo.</i>	A: apenas visible.	
	Ac: visible.	
<i>Anis N+</i>	A: muy débil.	

<i>R. I.</i>	Ac: un poco más distinto.
<i>Maclas</i>	Muy raramente visible, marrón oscuro.
<i>Corr.</i>	Raramente observables.
<i>Diag.</i>	Fil concentrado, 60 a 100 segundos.
	Difícil Haussmanita y Manganita fuertemente anisótropas, y R. I.
	Magnetita y Jacobsitas isotropas y magnéticas
	Sitaparita macladas.

BRAVOITA

$S_2(NiFe)$	Cúbica.	R x : (4)2.77
<i>Dureza</i>	Elevada, cambiante según la estructura en escamas < Pirita, > blenda.	(2)2.49
		(3)1.675
<i>Exfol.</i>	// (100) rara, // (111) más corriente.	
<i>PR y color</i>	A: medio a elevado, amarillo rosa a amarillo, según las escamas, > pentlandita, ~ pirrotina.	
	Ac: marrón a marrón oscuro, según las escamas.	

ISOTROPO

<i>Maclas</i>	Estructura zonada, marcada, siguiendo la ley en Ni.
<i>Corr.</i>	En el aire.
<i>Diag.</i>	Estructura zonada, isotropa.

BREITHAUPTITA

S_6Ni	Hexagonal.	R x : (5)2.85
<i>Dureza</i>	Media, < niquelina, < cobaltina < esmalina, < salorita.	(2)2.05
		(3)1.97
<i>Exfol.</i>	No observada.	
<i>PR y color</i>	A: elevada, violeta rosado, más coloreado que la niquelina.	
	Ac: id., más oscuro, PR < cobre.	
<i>Pleo.</i>	A: muy distinto - blanco → rojo anaranjado / malva.	
	Ac: rosa pálido / malva brillante.	
<i>Anis N+</i>	Muy vivo y coloreado.	
<i>Corr.</i>	Acido bromídrico.	
<i>Diag.</i>	Fácilmente reconocible por sus caracteres ópticos.	

CALAVERITA

Te_2Au	Monoclínico.	R x : (5)2.99
<i>Dureza</i>	Débil, > pirargirita, < galena, sin exfol, observables.	(4)2.09
		(1)1.77
<i>PR y color</i>	A: muy elevado -- amarillento, > pirita, más amarillo rosado.	

<i>Pico.</i>	Ac: netamente atenuado, > galena, silvanita. A: débil.
	Ac: débil.
<i>Anis N+</i>	A: distinta, pero débil. Ac: id.
<i>Maclas</i>	No observables la mayor parte del tiempo.
<i>Corr.</i>	NO_3H 1/1.
<i>Diag.</i>	Contrariamente a silvanita: más clara y menos anisótropa. La Kremmerita posee exfoliación distinta

CALCITA

CO_3Ca	Romboédrica.
<i>Dureza</i>	Media, < calcopirita.
<i>Exfol.</i>	(1011) visibles solamente en los agregados de grano grueso.
<i>FR y color</i>	A: débil gris oscuro. Ac: e-desaparece-o; ligeramente visible.
<i>Pico.</i>	A: muy fuerte. Ac: no reconocible.
<i>Anis N+</i>	Enmascarado por R. I. masivas, incoloros, dobles.
<i>Maclas</i>	Sobre todo maclas por presión y canales profundos.
<i>Corr.</i>	Ácidos diluidos — FII concentrado irisaciones.
<i>Diag.</i>	Corrosión Contrariamente a dolomía: ataque por FH, contrariamente a los otros carbonatos: finas láminas de maclas.

CALCOPIRITA

S_2FeCu	Tetragonal	R x : (7)3.03
<i>Dureza</i>	Media, > blenda, pirrotina, pentlandita.	(4)1.56
		(1)1.50
<i>Exfol.</i>	// (111), solamente visible por comienzo de oxidación y de cementación.	
<i>FR y color</i>	A: elevado; amarillo azufre claro, = galena, pero amarillo, todos los metales, > pirrotina (no también amarillo marrón). Al lado de piritita + oscuro; — al lado de cobre gris y estannita: francamente amarillo. Ac: P. R. notablemente más débil, al lado de los minerales precedentes; se confunde en el aire, al lado de los metales: mucho más oscuro.	
<i>Pico.</i>	Aparece visible.	
<i>Anis N+</i>	A: muy débil, coloreado. Ac: débil también, pero distinto.	
<i>Maclas</i>	Siempre presentes, en finas láminas, // (100), (110), (111).	
<i>Corr.</i>	$\text{MnO}_4\text{K} + \text{KOH}$ (cinco minutos), NO_3H conc. + $\text{ClO}_3\text{K} + 10\text{H}_2\text{O}$.	

<i>Diag.</i>	Todas las propiedades ópticas son muy características. En pequeños granos, recuerda el oro, pero éste puede ser amalgamado y disuelto por Hg.
--------------	---

CALCOPIRROTINA

	Cristal mixto de alta t.º de $\text{S}_2\text{FeCu} \mp \text{S Fe}$ 1:1 a 1:6).
<i>Dureza</i>	Media, > calcopirita, <i>Exfol.</i> no observados.
<i>FR y color</i>	A: medio amarillento — se confunde con pirrotina + amarillo marrón. Ac: un poco más oscuro, = cubanita II.
<i>Isótropo</i>	Sin pleocroismo ni Anis. N. +.
<i>Diag.</i>	Recuerda mucho a la cubanita, la pirrotina, y por partes a la calcopirita (se remite a Ramdohr, 1950, p. 374).

CALCOSINA

CALCOSINA ROMBICA

	(Formada por debajo de 103° — primaria o paramorfia o cementación.)	R x : (6)2.38
<i>Dureza</i>	Débil a media, < galena, covellina, < Bornita rayas azules.	(8)1.95
<i>Exfol.</i>	(110) absolutamente no distinguible no se ve nada más que por principio de alteración.	(8)1.568
<i>FR y color</i>	A: débil a medio, blanco mate a blanco azulado al de galena; azulado al lado de cobre gris; netamente azul, al lado de bornita: blanco. Ac: muy debilitado, netamente blanco — azulado. Al lado de otras menas: tendencia a azulada, todavía reforzada.	
<i>Pico.</i>	A: casi nunca visible. Ac: todo a lo más visible en el límite de los granos.	
<i>Anis N+</i>	A: muy débil. Ac: todavía débil, un poco más distinto.	
<i>Corr.</i>	NO_3H concentrado 1 a 2 sec., hierve y se transforma en azul profundo, IK: buen ataque.	
<i>Diag.</i>	Reconocible como calcosina por ataque característico con NO_3H , D. débil.	

CALCOSINA ISOTROPA AZULADA = Digenita (Buergez) = Neodigenita (Ramdohr)

S_2Cu_9	Cúbica. (Formada por encima de 78° y permanece cúbica).	R x : (1)3.22
<i>Dureza</i>	Se confunde con la precedente.	(1)2.79
		(4)1.97

<i>Exfol.</i>	// (111).
<i>PR y color</i>	A: débil a medio; azulado. Al lado de galena: azul = sección medía de covelina. Al lado de cobre gris: azul pronunciado. Al lado de bornita: blanco azulado.
<i>Isótropo</i>	Sim pleo; ni Anis. N +.
<i>Maclas</i>	Se aprecian maclas // (111), a veces intercalaciones // (111) de covelina.
<i>Corr.</i>	Ver más arriba.
<i>Diag.</i>	Color: blanco-azul, rayas azuladas — Diferencias entre las diversas calcosinas: ver Exfol., PR y color, Anis. N +, Maclas.

CALCOSINA LAMINAR

Paramorfosis de calcosina ortorrómbica en calcosina isótropa azulada: láminas: S_3Cu_2 reemplazamiento: $S_3Cu_9 \mp SCu_2$ ó $S_3Cu_9 + SCu$.

<i>Agregados.</i>	Láminas octaédricas de calcosina ortorrómbica, con reemplazamientos de calcosina isótropa — azulada \pm bornita ó \pm covelina. Raramente también no laminar.
<i>Dureza</i>	Ver más arriba.
<i>Exfol.</i>	Línea de separaciones de las láminas // (111).
<i>PR y color</i>	A: medio claro, \rightarrow blanco. Al lado de la galena: ligeramente azulada. Al lado de cobre gris: azul. Al lado de bornita: blanco. Ac: PR debilitado, Blanco azulado, diferencias semejantes todavía acentuadas.
<i>Pleo.</i>	A: casi nunca se destaca. Ac: justo en el límite de los granos.
<i>Anis N+</i>	A: muy débil. Ac: débil todavía, un poco más distinto.
<i>Maclas</i>	Las láminas // (111) son maclas de transformación.
<i>Corr.</i>	Se confunde con calcosina ortorrómbica.
CALCOSINA GRIS ROSA	
$S_3Cu_2 + 2$	Ortorrómbica.
<i>Dureza</i>	Se confunde con la anterior.
<i>PR y color</i>	A: medio blanco, gris a gris rosa. Al lado de galena gris \rightarrow rosa, de covelina: rosa, de cobre gris: rosa, de bornita blanco gris. Ac: muy debilitado, gris oscuro a gris rosa, diferencias todavía acentuadas.
<i>Pleo.</i>	A: apenas distinguible. Ac: un poco más neto, pero muy débil.
<i>Anis N+</i>	A: distinto. Ac: id.

<i>Corr.</i>	Se confunde con calcosina ortorrómbica.
CARBON	
<i>Virrinita</i>	
<i>Dureza</i>	Media — = galena — <i>exfol.</i> concoidal — PR muy débil.
<i>Anis N+</i>	En parte débilmente anisótropo.
<i>Durinita</i>	
<i>Dureza</i>	> virrinita — PR < virrinita, aumentando con la carbonización.
<i>Fusinita</i>	
<i>Dureza</i>	> durinita — PR muy débil — virrinita, en parte débilmente anisótropo.
<i>Diag.</i>	Ver obras especializadas (E. Stach).
CAROLLITA	
	Ver sulfuros de Ni y Co.
CASITERITA	
SnO_2	Tetragonal.
<i>Dureza</i>	Extremadamente elevada, difícil de pulir. D > que los demás minerales, comprendido el cuarzo.
<i>Exfol.</i>	Raras.
<i>PR y color</i>	A: muy débil, gris claro. < blenda, < Wolframita. Ac: muy fuertemente atenuada. Diferencias todavía más grandes.
<i>Pleo.</i>	Débil.
<i>Anis N+</i>	Distinto, pero velado por R. I.
<i>R. I.</i>	Muy numerosas, blanco, amarillo, marrón amarillo.
<i>Maclas</i>	Maclas de crecimiento, simples o en láminas groseras.
<i>Corr.</i>	H naciente (Sn y Zn en CHH. \downarrow de Sn \times disolver por NO_3H , cinco minutos).
<i>Diag.</i>	Grano dureza — mal pulido — paragénesis
CERARGIRITA	
$AgCl$	Cúbica holoédrica.
<i>Dureza</i>	Muy débil — extremadamente blando y rayado — argirosa.
<i>PR y color</i>	Muy débil, gris — <i>Isótropo</i> : ni pleo ni Anis. N +. Muy numerosas R. I. blancas. Sin maclas observadas.
<i>Diag.</i>	Dureza muy débil — pulido — paragénesis

R x : 0,332
(0)2,62
(0)1,75

CERUSITA

CO_3Pb	Ortorrombica.
<i>Dureza</i>	Media, \sim galena, \sim anglesita, \sim calcita.
<i>Exfol.</i>	No observada.
<i>PR y color</i>	A: débil, gris.
	Ac: debilitado, pero visible.
<i>Pleo.</i>	A: fuerte.
	Ac: muy elevado.
<i>Anis N+</i>	Fuerte, pero enmascarado por R. I.
<i>R. I.</i>	Muy numerosos, coloreados en blanco y dobles ácidos diluidos.
<i>Diag.</i>	Ataque por los ácidos, falta de exfoliación, PR, paragnésis.

CILINDRITA

$\text{S}_{12}\text{Sb}_2\text{Sn}_6\text{Pb}_6$ (?)	Simetría?, escamas concéntricas cilíndricas.	R x : 4 2.59
<i>Dureza</i>	Débil, \angle stannina, blenda, calcopirita.	1 2.03
<i>Exfol.</i>	? exfoliación cilíndrica.	1 1.51
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco \sim galena.	
	Ac: no muy debilitado.	
<i>Pleo.</i>	A: muy débil.	
	Ac: un poco más elevado, blanco crema // alargamiento blanco gris-azul, alargamiento.	
<i>Anis N+</i>	A: distinto, Ac: un poco más fuerte — cruz negra, persistente sobre secciones transversales.	
<i>Macías</i>	Los cilindros parecen constituidos por láminas plegadas.	
<i>Diag.</i>	La estructura en cilindros es el mejor carácter para el reconocimiento.	

CINABRIO

SHg	Hexagonal A_3B_2 (tetartoédrico holoáxico).	R x : (9)3.24
<i>Dureza</i>	Débil, \sim antimonio, arsénico.	(9)2.55
<i>Exfol.</i>	// (1010), raramente visible.	(4)1.680
<i>PR y color</i>	A: medio — blanco gris azulado — \angle galena.	
	Ac: muy debilitado — gris azul.	
<i>Pleo.</i>	A: débil.	
	Ac: más distinto.	
<i>Anis N+</i>	Muy elevado, pero fuertemente enmascarado por las R. I.	
<i>R. I.</i>	Masivas — rojo sangre claro a bermellón, siempre dobles.	
<i>Macías</i>	No reconocibles.	
<i>Diag.</i>	R. I. rojo brillante, por relación a las platas rojas, difícil de atacar. La cuprita es bastante más dura y contiene siempre inclusiones de cobre nativo.	

CLAUSTHALITA

PbSe	Cúbica holoédrica.	R x : (9)3.06
<i>Dureza</i>	Débil \angle galena, \sim tiemannita.	(7)2.165
<i>Exfol.</i>	// (100) distinto.	(4)1.370
<i>PR y color</i>	A: elevado — blanco puro, se puede confundir con galena PR \sim galena, \angle altaíta, \sim tiemannita (solamente con ocular comparador).	
	Ac: apenas disminuido.	
<i>Isótróp.</i>	Sin pleo ni Anis, N +.	
<i>Diag.</i>	Recuerda la galena y la altaíta. No se distingue nada más que por comparación directa o investigación de Selenio.	

CLOANTITA

Ver Esmaltina.

CORALITINA

SAsCo	Seudocúbica.	R x : (4)2.81
<i>Dureza</i>	Muy elevada, \sim loellingita, mispikel, \angle pirita.	(2)2.49
<i>Exfol.</i>	// (100) reconocible.	(2 + 2) 2.03 y 2.00
<i>PR y color</i>	A: muy elevado, rosado, + blanco que pirita y menos clara, tan claro como el mispikel y \rightarrow rosa.	
<i>Pleo.</i>	Ac: casi idéntico.	
	A: \rightarrow marrón, no visible.	
	Ac: trazas.	
<i>Anis N+</i>	A: reconocible.	
<i>Macías</i>	Varios sistemas de láminas: maclas de trans. formación.	
<i>Cor.</i>	: $\text{MnO}_4 + \text{Sb}_4\text{H}_2$.	
<i>Diag.</i>	<i>Dureza</i> muy grande. Mala aptitud para el pulido. No se distingue corrientemente de la pirita nada más que por comparación directa. El mispikel es más fuertemente anisótropo.	

CUPRITE (nativo)

Cu	Cúbico holoédrico.	R x : (8)2.08
<i>Dureza</i>	Media \sim calcosina, \angle calcopirita, cuprita, tiemannita.	(4)1.81
<i>PR y color</i>	A: muy elevado — rojo sostenido brillante, se oscurece en seguida en rojo marrón.	(3)1.275
	Ac: No notablemente modificado, \sim Plata, aetamente más rojo — \sim calcosina, que es gris azul apagado al lado, \sim Cuprita, gris azul verde apagado también al lado. Diferencias acentuadas de los Ac.	
<i>Isótróp.</i>	Sin Pleo, sin Anis, N +, pero claro entre N + con rozaduras.	

<i>Macias</i>	Macias laminares, (111) — a veces macias de presión con translación y torcimientos.
<i>Corr.</i>	50 por 100 Cr. O ₃ + ClH conc. 1 // — reciente, atacado por ClH conc. H ₂ O ₂ + N H ₄ OH.
<i>Diag.</i>	PR extremo y color característico, paragénesis que permite evitar la confusión con plata o bismuto (este último anisótropo).

COBRES GRISES

<i>S₆ + SbAs₂ (Cu₂, Ag₂, Fe, Zn, Hg)₃</i>	Cúbico tetraédrico.	R x : (8)2,06
<i>Dureza</i>	Media > galena, estibina, mena de Plata nobles > Bourmonita, < blenda.	(6)1.51 tetraédrita.
<i>Exfol.</i>	No observada, fracturas concoidales en las malas preparaciones.	(5)1.54
<i>PR y color</i>	A: medio, blanco-gris, marrón — al lado de galena: marrón gris de bourmonita: casi semejante de casiterita → + claro — blenda: + claro. Ac: muy debilitado — Cobre gris a base de Sb marrón oliva de As: verdoso — de Ag: marrón oliva amarillo + claro de Hg, claro. → crema apagado. Diferencias con las otras menas acentuadas.	
<i>Isóropo</i>	Sin Pleo ni Anis. N + (oscuro entre N +).	
<i>R. I.</i>	En los cobres grises arsenicales, bien visibles, rojos marrón más raros en los otros.	
<i>Macias</i>	No observadas.	
<i>Corr.</i>	4N ₂ O ₅ H + 9 ClH + (4-12) alcohol 96%. Cr O ₃ en ClH. Solamente para cobre gris antimoniaco: Mn ₂ O ₄ K conc. + KOH conc. + 6% H ₂ O ₂ (1:1:1) 10 a 60 segundos.	
<i>Diag.</i>	Bastante fácil y seguro.	

COLUMBITA

Ver Tantalita Niobita.

COOPERITA

SP:	Tetragonal.
<i>Dureza</i>	Media a elevada. < Platino y otras menas de Platino.
<i>Exfol.</i>	No observadas.
<i>PR y color</i>	amarillento. A: elevado < otras menas de Pt, blanco → Ac. café a marrón oliva.
<i>Anis. N+</i>	Muy débil.
<i>Diag.</i>	Recuerda mucho a la pirrotina, pero menos anisótropa.

COVELINA

SCu	Hexag. mal.	R x : (9)3,34
<i>Dureza</i>	Débil > argiros, cerargirita, < calcopirita, galena.	(9)2,85
<i>Exfol.</i>	1/2 6001, bien visible.	(4)1,680
<i>PR y color</i>	A: o — PR medio — azul profundo → malva, e — blanco azulado → calcosina. Ac: o — muy modificado — rojo púrpura a rojo violeta, e — poco modificado, un poco más oscuro.	
<i>Pleo.</i>	El más sorprendente de todas las menas.	
<i>Anis. N+</i>	Ac: particularmente muy fuerte. A: extraordinariamente fuerte — colores amarillados brillantes. Ac: todavía más fuerte — naranja un poco más claro.	
<i>R. I.</i>	Apenas visible.	
<i>Macias</i>	No observadas.	
<i>Diag.</i>	Las propiedades ópticas no dejan ninguna duda.	

CRIPTOMELANA

MnO ₂ · 2H ₂ O + K, Fe, Cu, Zn	Mena coloidal.	R x : (9)6,86
<i>Dureza</i>	Submicroscópica a finamente cristalina — tetragonal.	(8)4,89
<i>PR y color</i>	Muy variable, según el grosor del grano, la textura y las menas asociadas. A: débil, variable. Ac: muy debilitado → azul — gris < Piro-lusita.	(10)3,10
<i>Pleo.</i>	A: fuerte. — 1/2 a las fibras, claro → gris apagado. Ac: muy fuerte 1/2 a las fibras blanco, → gris azul oscuro.	
<i>Anis. N+</i>	A: elevado. Ac: elevado.	
<i>Corr.</i>	ClH concentrado.	
<i>Diag.</i>	Masas mamelonadas, con escamas concéntricas, finamente zonadas, de manera periódica. En masas más groseras, pasando a la hollandita, La limonita tiene R. I. marrones	

CROMITA

(MgFe) (Cr Al Fe) ₂ O ₄	Cúbica holoédrica.	R x : (0,5)3,10
<i>Dureza</i>	elevada — > magnetita — < hematites.	(1)2,82
<i>Exfol.</i>	Apenas visible, corrientemente reemplazada por intercalaciones.	(3)2,02
<i>PR y color</i>	A: débil: gris-blanco, marrón, magnetita, blenda, ilmenita.	

<i>Isótropo</i>	Ac: muy sombreado. Sin Pleo. ni Anis. N. + (oscuro entre nicóles cruzados).
<i>R. I.</i>	A: marrón — rojo, visibles. Ac: marrón — rojo, muy bien visible.
<i>Maclas</i>	No observadas.
<i>Corr.</i>	Todos los medios de ataque son inactivos.
<i>Diag.</i>	Isotropía — PR débil en el aire y sobre todo en el aceite. Reflexiones internas — Paragénesis.

CUARZO

SiO_2	Romboédrico — hemiedro holoáxico.
<i>Dureza</i>	Muy elevada, > Pirita. < Casiterita. Polianita. Buen pulido.
<i>PR y color</i>	A: muy débil. Ac: desaparece completamente.
<i>Pleo.</i>	Enmascarado por R. I.
<i>Anis N+</i>	Enmascarado por R. I.
<i>R. I.</i>	Masivas, claras.
<i>Diag.</i>	Dureza, débil PR, sin inclusiones sólidas. Co- rrientemente muy limpio.

CUBANITA

S_3Fe_2Cu	Rómbica.	R x : (5)3.21
<i>Dureza</i>	Media, > calcopirita, < blenda, << pirrotina.	(4)1.875
<i>Exfol.</i>	// (001), reconocible — // (110) rara.	(3)1.75
<i>PR y color</i>	A: bastante elevado, blanco \rightarrow bronceado (re- cuerda a la pirrotina + gris amarilla) Ac: notablemente más débil (recuerda mucho a la calcopirita, pero en el aceite, más amarillo).	
<i>Pleo.</i>	A: débilmente reconocible. Ac: distinto, blanco crema \rightarrow gris marrón cla- ro / marrón claro.	
<i>Anis N+</i>	Vivo — más débil que para la pirrotina, pero más fuerte que para la calcopirita.	
<i>Maclas</i>	Finas maclas de transformación.	
<i>Corr.</i>	$Cr_2O_7K_2 + SO_4H_2$ la ataca, al contrario de la pirrotina.	
<i>Diag.</i>	Más blando que la pirrotina, a la que recuer- da por otra parte, mucho más anisótropa que la calcopirita, a la que recuerda mucho, principalmente en láminas en la calcopirita	

CUPRITA

Cu_2O	Cúbico (hemiedría holoáxica).	R x : (5)2.46
<i>Dureza</i>	Media, > cobre, calcopirita \leq limonita.	(1)2.13
<i>Exfol.</i>	// (111), solamente raramente observada.	(0.5)1.51

<i>PR y color</i>	A: medio; blanco azulado — < cobre, < cal- cosina, \rightarrow azul sucio < hematite \rightarrow azul. Ac: muy debilitado — azul con tendencia ver- dosa. Al lado de los minerales precentes, de- cididamente verde.
<i>Pleo.</i>	A: muy débil. Ac: enmascarado por R. I.
<i>Anis N+</i>	A: netamente visible. Ac: enmascarado por R. I.
<i>R. I.</i>	A: frecuentes, rojo saagre brillante. Ac: masivas, rojo sangre.
<i>Corr.</i>	NO_3H diluido.
<i>Diag.</i>	Paragénesis — R. I. numerosas, Siempre con inclusión de pajitas de cobre.

DELAFOSSITA

$CuFeO_2$	Romboédrica.	R x : (1)2.84
<i>Dureza</i>	Media, < limonita, > calcita.	(5)2.51
<i>Exfol.</i>	// (0001), visible sobre los trozos exfoliados. A: moderado \rightarrow blanco \rightarrow rosa, se confunde con Tenorita y Enargita. Ac: débil.	(1)2.23
<i>Pleo.</i>	A: débil; marrón rosa amarillento / marrón rosa oscuro. Ac: colores semejantes.	
<i>Anis N+</i>	A: distinto. Ac: más fuerte.	
<i>Maclas</i>	A veces desarrollo de láminas // (0001), sin duda por translación.	
<i>Diagnosis</i>	Recuerda a la tenorita, pero ésta tiene un PR más elevado y es más fuertemente anisó- tropa.	

DIGENITA

Ver calcosina.

DISCRASITA

$SbAg_3$	Ortorrómbica pseudo-hexagonal.	R x : (1)2.55
<i>Dureza</i>	Débil, > antimonio, > bismuto.	(2)2.39
<i>Exfol.</i>	No observada.	(4)2.26
<i>PR y color</i>	A: muy elevada, blanco — blanco amarillo — antimonio — arsénico. Ac: id.	
<i>Pleo.</i>	A: muy débil. Ac: un poco más neto.	
<i>Anis N+</i>	A: débil. Ac: bien reconocible.	
<i>Maclas</i>	Conjunto pseudo-hexagonal de 3 elementos.	
<i>Corr.</i>	III, dos segundos — alteración al aire muy lento.	

Diag. Recuerda el antimonio, plata, bismuto — el antimonio se apaga rápido. La plata es isotropa — el bismuto es más blando y tiene mac'as laminares.

DOLOMITA

$\text{CO}_3\text{Ca}, \text{CO}_3\text{Mg}$
Dureza Rombocédrica, tetartoédrica.
 Media > calcita, calcopirita.
Exfol. No observadas.
PR y color A: media, gris. < calcita, > siderosa.
 Ac: casi negra.
Pico. A: muy fuerte.
 Ac: apenas visible.
Anis. N+ Elevada, pero apenas visible a causa de las reflexiones internas muy fuertes.
Mac'as (0221), por presión.
Corr. Por FH conc., quedando bien lisa, mientras que la calcita muestra dibujos coloreados.
Diag. Diferencia con la calcita: ataque por FH. Diferencia con otros carbonatos: la dolomía tiene un PR más débil.

DOMEYKITA

AsCu_3
Dureza Cúbica.
 Media, se confunde con algodonita y whitneyita > calcosina.
PR y color A: muy elevado, blanco oscuro, se confunde con algodonita y whitneyita.
 Ac: id.
Isotropía Sin Pico, ni Anis. N+.
Corr. CHH (?).
Diag. Se confunde con whitneyita, ésta se apaga más rápida — la Algodonita es anisótropa.

EMPLECTITA

S_2CuBi
Dureza Rómbico.
Exfol. Débil — > bismuto < estibina.
PR y color // (001) distinto, / (010), apenas visib'e
 A: elevado blanco-amarillo claro.
 Ac: netamente más débil-blanco, crema-oliva (netamente más oscuro que calcopirita). Al lado de galena: amarillento → crema. Al lado de estibina: más apagado → amarillo. Al lado de calcopirita: blanco.
Pico. A: muy débil, solamente en el límite de los granos.
 Ac: más neto.
Anis. N+ A: neto, con colores llamativos.
Mac'as Simples con ángulos derechos.

R x : (9)3.22
 (10)3.12-3.04
 (5)2.34

Diagnosis Difícil — para distinguir de otros minerales que la recuerdan, ver Ramdhor, p. 499.

ENARGITA

S_4AsCu_3
Dureza Rómbica.
 Media, > galena: bornita, > cobre gris, luzonita < blenda.
Exfol. // (110) frecuente.
PR y color A: medio, marrón rosa claro. Al lado de luzonita: amarillo más oscuro. Al lado de famatinita: gris azul, muy semejante, un poco más oscuro. Al lado de bornita: blanco. Al lado de cobre gris, rosa más oscuro.
 Ac: muy atenuado, gris amarillento. Diferencias acentuadas.
Pico. A: débil-neto en el límite de los granos.
 Ac: fuerte gris rosa → amarillo / gris violeta.
Anis. N+ A: muy fuerte.
 Ac: colores todavía más sostenida.
R. I. Trazas-rojos profundo.
Mac'as Raras — a veces reunión de 3 individuos // (320). Corr. CNK.
Diag. Con relación a la luzonita, famatinita, bornita, germanita: PR y color diferentes. Luzonita y famatinita tienen numerosas láminas de mac'as.

R x : (8)3.21
 (8)2.85
 (7)1.86

ESMALTINA CHLOANTITA.

$\text{As}_{2-3}(\text{CoNi})$
Dureza Cúbica parahemiédrica.
Exfol. Media, ≤ Safflorita-Rammelsbergita-Niquelina.
PR y color / (100) llamativa, pero bien limitada por la estructura zonada.
 A: muy elevada, blanco → amarillo > galena → blanco amarillo ≅ Niquelina → a z u l gris.
 Ac: apenas debilitado.
Pico. y Anis. N+ Isótropo.
Mac'as Estructura muy fuertemente zonada, heterogénea, verdaderamente de desagregación. Fisuras, canales, etc.
Corr. NO_3H conc. excelente, $\text{MnO}_4\text{K} + \text{SO}_4\text{H}_2$.
Diag. Estructura fuertemente zonada y constitución interna llamativa. Corrosión de estructura con NO_3H .

R x : (10)2.64
 (3)1.86
 (3)1.62

ESPINELA

$\text{O}_4(\text{AlFe})_2(\text{MgFe})$
Dureza Cúbica holoédrica.
 Muy elevada, > cuarzo.

<i>Exfol.</i>	No observada
<i>PR y color</i>	A: débil. Ac: muy atenuada.
<i>Pico. y Anis. N</i>	Isótropo.
<i>R. I.</i>	«Masivas», incoloros, verdes más raramente marrones.
<i>Diag.</i>	Poco característica. Paragénesis

ESTANNINA

$S_4SnFeCu_2$	Tetragonal.	R x : (8.3.11)
<i>Dureza</i>	Media, > calcopirita, < blenda, cobre gris,	(5)1.91
<i>Exfol.</i>	// (110), raramente reconocible.	(2)1.630
<i>PR y color</i>	A: débil a medio, gris oliva, < cobre gris, < calcopirita → marrón oliva.	
	Ac: notablemente aminorado → oliva sucia.	
<i>Pico.</i>	A: indistinto.	
	Ac: distinto, muy débil.	
<i>Anis. N+</i>	A: distinto.	
	Ac: mucho más llamativo, muy coloreado.	
<i>Maclas</i>	// (111) no siempre, pero lo más corrientemente — corrientemente maclas de translación.	
<i>Corr.</i>	Solución alcalina de MnO_4K , después CIH diluido.	
<i>Diag.</i>	Siempre calcopirita y blenda en finas gotas, de ex-solución igualmente de otros productos de disociación y asociados. Diferencias con cobre gris: anisótropo. En definitiva bien reconocible.	

ESTIBINA

S_3Sb_2	Ortorrónica.	R x : (6)3.45
<i>Dureza</i>	Débil-rejaldar y oropimente galena y bournonita ≪ calcopirita.	(4)1.940
		(4)1.690
<i>Exfol.</i>	Apenas visible a causa del ensuciamiento de la cara superior. Buena por alteración.	
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco, ~ galena > Bournonita < Bimutina.	
	Ac: más débil.	
<i>Pico.</i>	A: muy elevada, blanco / gris tenue, blanco puro.	
	Ac: muy elevado, cada matiz un poco más oscuro.	
<i>Anis. N+</i>	A: muy vivo, coloreado.	
	Ac: muy vivo, colores más oscuros.	
<i>Maclas</i>	Láminas de maclas de presión, deformaciones, translación y cataclasis.	
<i>Corr.</i>	KOH concentrado, 13 segundos.	
<i>Diag.</i>	D débil, corrosión por KOH, pleocroísmo de reflexión, anisotropía.	

FAMATINITA (& LUZONITA)

$S_4(Sb As)Cu_3$	Famatinita, Monoclinico (3)	R x : (10)3.06
$S_4(As Sb)Cu_3$	Luzonita	(8)1.87
<i>Dureza</i>	Media <i>sin exfoliación</i> observada.	(4)1.59
<i>PR y color</i>	A: media — Enargita naranja claro (> As) en violeta claro (> Sb). Ac: apenas debilitado. Color más llamativo. Diferencia con enargita acentuada.	
<i>Pico.</i>	A: neto-naranja claro, má'va. Ac: bastante más fuerte-colores más sostenidos.	
<i>Anis. N+</i>	Muy elevado, con colores llamativos como la enargita.	
<i>Maclas</i>	Maclas muy llamativas en láminas delgadas siempre presentes, se confunde con las maclas de Albita + Carlsbad.	
<i>Diagnosis</i>	Diferencia con enargita: maclas en láminas características. Casi no se puede distinguir famatinita de Luzonita.	

FELDESPATOS

<i>Dureza</i>	Monó o triclínico. Feldespatos no alterados: bastante elevada ≅ hornblenda o augita. Alterados por acciones hidrotermales: más ternos.
<i>Exfol.</i>	Corrientemente visible.
<i>PR y color</i>	A: muy débil, gris oscuro. Ac: oscuro — la superficie desaparece, forma parte de los minerales más oscuros de las preparaciones que confunde con cuarzo, sólo la fluorina es más oscura.
<i>Pico.</i>	No se observa.
<i>Anis. N+</i>	Id.
<i>R. I.</i>	Muy numerosas.
<i>Maclas</i>	(De la albita y otras): no visibles.
<i>Diagnosis</i>	No muy fácil de reconocer en fresco, solamente PR, débil, alterado: inclusiones en cantidades masivas, bien reconocibles, sobre todo entre N + 0 con objetivos Ultrapak.

FLUORINA

F_2Ca	Cúbico holédrico.
<i>Dureza</i>	Media, ≅ calcopirita, > calcita.
<i>Exfol.</i>	// (111), corrientemente figuras de corrosión triangulares.
<i>PR y color</i>	A: muy débil, gris negro. Ac: desaparece, recuerda a un agujero. Es el mineral más oscuro en sección pulida.
<i>Isótropo</i>	R. I. muy numerosas.

Diag. PR. y Exfol. puede eventualmente ser confundido con el yeso, pero éste es más tierno.

FRANKEITA

$\text{Si}_4\text{Sb}_2\text{Sn}_3\text{Pb}_5$
Dureza

Ortorrómico.
Muy débil, más tierno que sus acompañantes.
< teallita.

Exfol.
PR y color

// (010), bien visibles.
A: bastante elevado, blanco gris se confunde con galena amarillento > teallita → amarillo.

Pleo.

Ac: netamente debilitado-blanco gris.
A: muy débil.

Anis. N+

Ac: un poco más neto.
A: débil: sin colores.

Maclas

Ac: id.
De transición-láminas // (010), corrientemente estrujadas.

Diagnosis

Recuerda mucho a la teallita, pero ésta es más clara, más amarilla, más anisótropa y más dura. Débil pleocroísmo de reflexión.

FRANKLINITA

$(\text{Zn Fe Mn})(\text{Fe, Mn})_2\text{O}_4$

Dureza

Exfol.

PR y color

Cúbico holoédrico.
Muy elevada > Zincita.
// (111), muy distinto en ausencia?
A: débil, blanco como magnetita, < hematites → gris > blenda Zincita > blenda.
Ac: muy disminuido → gris verdoso-diferencias semejantes.

Isótropo-R. I.

A: Rojo oscuro, visibles.
Ac: id., muy frecuentes.

Maclas

Diagnosis

// (111) observables.
Distinción de la magnetita, que le recuerda mucho por R. I.

FREISLEBENITA

$\text{S}_{12}\text{Sb}_5\text{Ag}_5\text{Pb}_3$

Dureza

Exfol.

PR y color

Monoclínica pseudo-rómbica.
Débil, < galena.
// (110). // (001).
A: bastante elevado blanco < galena < galena.
Ac: muy debilitado.

Pleo.

A: muy débil.
Ac: un poco más distinto, pero todavía débil.

Anis. N+

A: distinto.
Ac: distinto.

Maclas

Diagnosis

Corrientemente laminar // (100).
Difícil.

R x : (3)3.43
(5)2.88
(2)2.206

GALENA

SPb

Dureza

Exfol.

PR y color

Isótopos

Corr.

Diagnosis

Pleocroísmo de reflexión y anisotropía más pequeña que en mucho de los minerales que le recuerdan.

Cúbica holoédrica.

Débil a media < calcopirita, sobre gris < boumonita > argirosa, covelina, polibasita.
// (100) muy bueno; las figuras de corrosión triangulares faltan solamente en las galenas con grano muy fino.

A: elevado; blanco puro < Claußtaita > Altaíta.

Ac: disminuido.

Maclas: solamente maclas de translación.

BrH, NO_3H en alcohol-corr. un poco variable, según el yacimiento.

Bien reconocibles por las figuras de corrosión, semejantes sin estas últimas a muchas sulfosales, pero que son distintamente anisótropas.

R x : (6)2.96
(5)2.08
(5)1.785

GALENO-BISMUTITA

$\text{S}_4\text{Bi}_2\text{Pb}$

Dureza

Exfol.

PR y color

Anis. N+

Diagnosis

Ortorrómica.

Débil < calcopirita.

// c. bueno, \perp c. indistinto.

A: elevado, blanco, se confunde con galena.
Ac: poco modificado < bismutita → amarillento.

Fuerte-no coloreado, < bismutina.

Difícil de reconocer, pero siempre asociado a otras menas de bismuto.

R x : (3)3.80
(3)3.00
(3)2.03

GELFIRITA

Ver MELNIKOVIPIRITA.

R x : (5)3.45
(3)2.96
(5)2.82

S_8AsSbPb

Dureza

PR y color

Monoclínica pseudo hexagonal.

Débil: < galena, sin exfoliación observada.
A: bastante elevado, blanco puro = galena, = jamesonita (posición clara), > jamesonita (posición oscura).

Ac: netamente más débil → verde azul < galena. Al lado de la jamesonita, diferencias acentuadas.

Pleo.

A: extremadamente débil.

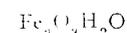
Anis. N+

Ac: muy débil.
A: muy distinto, no coloreado

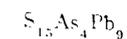
R x : (2)3.19
(5)2.23
(3)1.83

	Ac: id. Extinción oblicua sobre las láminas de maclas.	
<i>Maclas</i>	// (110) siempre y en todas partes presente, en láminas numerosas de igual espesor.	
<i>Diagnosis</i>	Láminas de maclas. — Los demás sulfuros de Pb y Sb, están en agujas y en columnas, y tienen PR. más fuertes.	
GERMANITA		
$S_8\text{GeFeCu}_6$	Cúbico.	R x : (5)
<i>Dureza</i>	Media. < cobre gris < blenda, > galena > bornita. Sin exfol. observada.	
<i>PR y color</i>	A: bastante débil-violeta gris rosa claro, se confunde con enargita, pero color más sostenida un poco más claro y \rightarrow blanco que la bornita. Ac: netamente debilitado-colores más pronunciados, diferencias con más arriba.	
<i>Isótropo</i>		
<i>Corr.</i>	KOH concentrado + agua oxigenada 1:1- $\text{NO}_3\text{H}_2 + \text{ClO}_3\text{K}$ sólido + CHH. concen- trado.	
<i>Diagnosis</i>	Isotropía, contrariamente a la enargita y bornita.	
GERSDORFITA		
SAsNi	Cúbico.	
<i>Dureza</i>	Elevado, \lesssim Ulmanita, \gtrsim Smaltina \sim Limonita, \ll Pirita.	
<i>Exfol.</i>	// (100) muy buena; grandes figuras de chas y figuras de corrosión triangulares.	
<i>PR y color</i>	A: elevado: blanco puro \gtrsim galena lado de ulmanita \rightarrow amarillo. Ac: id. \gtrsim galena.	
<i>Isótropo</i>		
<i>Maclas</i>	Lo más corrientemente pequeñas láminas, localmente estrechas.	
<i>Corr.</i>	Vapores de bromo.	
<i>Diagnosis</i>	La Ulmanita es más clara en el aceite-Smaltina-Sulfiorita dan un buen ataque por NO_3H .	
GLAUCODOT		
SAs (CoFe)	Ortorrómico.	R x : (5)2.72
<i>Dureza</i>	Elevada — < mispikel.	(8)2.45
<i>PR y color</i>	A: Elevado blanco \gtrsim mispikel.	(4)1.82
	Ac: id.	
<i>Pico.</i>	A: débil.	

Ac: más fuerte — más blanco — azulado / blanco.
Medio, un poco más débil que mispikel.
Recuerda al mispikel. Reacción del cobalto.

GOETITA*Dureza**Exfol.**PR y color**Pico.**Anis. N+**Corr.**Diag.***GRAFITO**

C

*Dureza**Exfol.**PR y color**Pico.**Anis. N+**Diagnosis***GRATONITA***Dureza*

Ortorrómico.

Media. < limonita, muy variable.

// (010), a veces visible.

A: débil-blanco gris \gtrsim limonita. < hematite.Ac: debilitado \rightarrow verde sucio —diferencias acentuadas.

A: distinto.

Ac: bastante fuerte-blanco azulado / gris negro empañado.

A: elevado, sin colores llamativos.

Ac: todavía reconocible, a pesar de las reflexiones internas.

Lo más corrientemente bien visibles, marrón rojo (jamás rojo brillante como la hematites.)

Sin maclas observadas.

 Cl_2Sn .

Con relación a la limonita: R. I. más oscuros, marrón rojo. I.R. más elevado, es bastante más rara que la limonita.

Hexagonal.

Media, oscila un poco entre calcopirita y limonita, fácilmente ensuciado superficialmente.

// (0001), muy bien reconocible.

A: débil — o: que blanco — e: gris azul < calcopirita y pirrotina.

Ac: o: casi idéntico, \rightarrow amarillento — e: negro, bastante más oscuro y más marrón que calcopirita y pirrotina.

A: enormemente elevado.

Ac: todavía más elevado. (Es el más fuerte de todas las menas).

A: muy elevado, no coloreado.

Ac: todavía más alto.

Bien reconocible por dureza, anisotropía, deformaciones.

R x : (10)3.40

(3)2.06

2)1.68

R x : (4)3.89

(5)3.47

(3)2.97

Sin exfoliación observable

<i>PR y color</i>	A: medio-blanco = Jordanita — < Galena → amarillento. Ac: poco disminuido. → amarillento. < jordanita. < galena, → amarillo.
<i>Picc.</i>	A: no discernible. Ac: solamente muy débil en el límite de los granos.
<i>Anis. N+</i>	A: extramadamente débil. Ac: justo reconocible.
<i>K. I.</i>	Muy raros-rojo oscuro.
<i>Diagnos</i>	No fácil — Paragénesis en los yacimientos de Pb y Zn termales, profundos.

HAUSMANNITA

Mu_3O_4	Tetragonal holoédrico.
<i>Dureza</i>	Elevada — ~ Braunita, > manganita.
<i>Exfol.</i>	(001), rara.
<i>PR y color</i>	A: débil — gris, ~ Braunita, + ~ Magnetita. Ac: bastante más débil, gris oscuro-diferente, id., pero gris oscuro puro.
<i>Picc.</i>	A: débil, gris más claro y más oscuro. Ac: muy distinto, gris / negro.
<i>Anis. N+</i>	A: vivo — mil colores Ac: muy vivo.
<i>K. I.</i>	A: bien visible, rojo sangre oscuro — marrón rojizo. Ac: muy vivos y frecuentes.
<i>Maclas</i>	Maclas en láminas, según varios planos siempre visibles.
<i>Corr.</i>	$H_2O_2 + SO_4H_2$. FH conc. treinta segundos → exfol. de corrección.
<i>Diagnos</i>	Magnetita y jacobsita, son isótopos, la braunita tiene anisotropía más débil; la manganita no tiene macla; el Wolfram es más duro y tiene mal pulido.

HEMATITE

Fe_2O_3	Romboédrico.	R x : (7)2.69
<i>Dureza</i>	Muy elevado: difícil de pulir, > magnetita, limonita ~ Pirita, < Casiterita.	(4)2.51
<i>Exfol.</i>	// (1011) // (0001).	(5)1.68
<i>PR y color</i>	A: elevado: blanco, → gris azul. Al lado de calcosina: parduzco. Al lado de magnetita y cuprita: blanco puro. Al lado de los sulfuros: azulados. Ac: notablemente debilitado, más gris azul. Diferencias idénticas, más fuertes.	

<i>Picc.</i>	A: apenas visible. Ac: distinto — blanco gris azul.
<i>Anis. N+</i>	A: distinto. Ac: muy distinto, coloreado.
<i>R. I.</i>	A: rojo oscuro, visibles. Ac: masivas.
<i>Maclas</i>	(1011), muy frecuente.
<i>Corr.</i>	FH conc. 1-2 minutos.
<i>Diagnos</i>	Fácil de reconocer. — La goetita tiene un PR, y una dureza más débil; pero por otra parte la recuerda mucho.

HEMATITE MAGNETICA

Fe_2O_3	Cúbica.
<i>Dureza</i>	Elevada — > magnetita — < hematite.
<i>Exfol.</i>	Falta, hay corrientemente grietas.
<i>PR y color</i>	A: bastante débil — blanco → azul gris ~ Magnetita. Ac: gris mate < hematite.
	<i>Isótropo.</i>
<i>Diagnos</i>	Procede de la magnetita por oxidación en las zonas superficiales — corrientemente en manchas en la magnetita. Igualmente en zonas aisladas, pasando a hematite.

HESSITA

$TeAg_2 (\pm Au)$	Monoclínica	R x : (6)2.87
<i>Dureza</i>	Débil, < Altaíta, < Oro, sin exfol. reconocible.	(6)2.30
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco gris. Ac: más débil → marrón.	(5)2.24
<i>Picc.</i>	A: apenas visible. Ac: distinto, blanco, marrón blanco → violeta gris.	
<i>Anis. N+</i>	A: muy distinto, coloreado. Ac: muy distinto, colores llamativos, numerosas rayas.	
<i>Maclas</i>	Maclas en láminas de transformación.	
<i>Corr.</i>	NO_3H , rápido.	
<i>Diagnos</i>	Mal pulido; D. débil — paragénesis con otros teluros.	

HETEROGENITA

$CoO_3 \cdot 2H_2O$	Hexagonal.
<i>Dureza</i>	Media.
<i>Exfol.</i>	// (0001) bueno, // (1011), puede ser estructura zonada.

<i>PR y color</i>	A: medio-blanco, a veces \rightarrow parduzco, $>$ limonita.
	Ac: netamente más débil.
<i>P'co.</i>	A: muy elevada y destacada: blanco puro, marrón chocolate.
	Ac: todavía más destacado: E. disminuye mucho más.
<i>Anis. N+</i>	A: muy elevada apenas coloreado.
	Ac: todavía más fuerte.
<i>Diagnosis</i>	P'co. y anisotropía muy elevada y destacada.

HIERRO

Fe	Cúbico holocédrico.
<i>Dureza</i>	Elevada, $<$ magnetita, $<$ cohenita $<$ cementita) — <i>sin exfoliación</i> observada.
<i>PR y color</i>	A: muy elevado: blanco.
	Ac: id. Al lado de la plata: ligeramente gris. Al lado de cohenita: ligeramente azulado = Platino.
<i>Isótropo</i>	Sin Pleo — Oscuro entre nicoles cruzados.
<i>Maclas</i>	De presión (211), solamente meteoritos y hierro técnico).
<i>Corr.</i>	Solución alcohólica de ácido pícrico 1:100. Ataque en el aire.
<i>Diag.</i>	PR., color, Isotropía, el Platino no es atacado en el aire.

HOEGROMITA

$Mg(A, Fe, Ti)_4O_7$	Romboédrica.
<i>Dureza</i>	Elevada, $>$ espinela, $<$ ilmenita, $<$ magnetita — <i>sin exfol.</i> observada.
<i>PR y color</i>	A: débil-gris $>$ espinela $<$ blanda (Ac. no indicado).
<i>P'co.</i>	A: débil.
	Ac: distinto.
<i>Anis. N+</i>	A: distinto.
	Ac: enmascarado por R. I.
<i>R. I.</i>	«Masivos», marón claro a amarillo marrón.
<i>Maclas</i>	(000), en láminas frecuentes. (4041), como hematite, más raro.
<i>Diagnosis</i>	No seguro. Paragénesis característica en las menas de hierro ortomagmática ricas en alúmina.

HOLLANDITA

$MnO_2 \pm 2H_2O$	Tetragonal.	R x : (7.3.48)
<i>Dureza</i>	Elevada.	(10.3.10)
<i>Exfol.</i>	// (110).	(S)1.53
<i>PR y color</i>	A: medio, blanco \rightarrow amarillo, $>$ Braunita y Sitaparita, $<$ Piro lusita.	

<i>P'co.</i>	A: moderado.
	Ac: distinto.
<i>Anis. N+</i>	A: fuerte, no coloreado.
	Ac: id.
<i>Maclas</i>	Láminas de maclas a veces.
<i>Corr.</i>	$H_2O_2 + SO_4 H_2$.
<i>Diag.</i>	Incierto con relación a otros óxidos de manganeso.

HORNBLENDA

Formula variada	Monoclínico y ortorrómbica.
<i>Dureza</i>	Elevada, = Augita, $<$ Pirita.
<i>Exfol.</i>	(110), buena.
<i>PR y color</i>	A: muy débil — gris apagado, = augita.
	Ac: la superficie desaparece, = augita.
<i>P'co. y Anis. + R. I.</i>	No reconocible a causa de las R. I. muchas de las R. I. marrón amarillento a amarillento.
<i>Maclas</i>	No visibles.
<i>Diagnosis</i>	Dureza y exfoliación.

ILMENITA

$FeTiO_3$	Romboédrica, antihemiédrica.	R x : (2.2.72)
<i>Dureza</i>	Elevada, $>$ Magnetita, $<$ Hematite. <i>sin exfol.</i> , cizallamiento // 0001.	(2)2.53
		(2)2.025
<i>PR y color</i>	A: débil — blanco gris apagado — parduzco, magnetita, hematite, $>$ cromita $>$ blanda.	
	Ac: muy disminuido — parduzco — Diferencias bastantes más fuertes.	
<i>P'co.</i>	A: muy débil.	
	Ac: blanco destacado / marrón oscuro.	
<i>Anis. N+</i>	A: distinto, coloreado.	
	Ac: vivo.	
<i>R. I.</i>	Marrón oscuro — muy raras.	
<i>Maclas</i>	Láminas de maclas de presión // (1011).	
<i>Corr.</i>	FH conc. — FH + $SO_4 H_2$. Numerosas disociaciones con hematites.	
<i>Diagnosis</i>	Dif. con magnetita: Anis. N +, PR. débil en el aceite. El rutilo tiene R. I. distintos. Paragénesis.	

IRIDIO

Ir	Cúbico.
<i>Dureza</i>	Muy elevada $>$ Platino.
<i>PR y color</i>	Extremo — blanco \rightarrow azulado-como Platino.
<i>Isótropo</i>	
<i>Diagnosis</i>	Únicamente en inclusiones en Platino. Bastante más duro que éste.

IRIDOSMIO & OSMIRIDIO

(Ir, Os) (Os Ir)	Hexagonal (holoédrico).
Dureza	Muy elevada > Platino, > platiniridio < espí- nela.
Exfol.	// (0001), ocasionalmente visible.
PR y color	A: muy elevado — blando → amarillo, un poco más amarillo que el Platino. Ac: id.
Pleo.	A: se ve bien. Ac: id.
Anis. N+	A: débil. Ac: distinto.
Macias	Simple.
Corr.	Volatilización de Osmio por calentamiento.
Diag.	Diferencia con platino: anisótropo. Con los demás metales: dureza.

JACOBSITA

MnFe ₂ O ₄	Cúbico holoédrico.
Dureza	muy elevada (= magnetita).
PR y color	A: débil — blanco — gris → oliva, se confun- de con braunita. Ac: bastante más débil — oliva sucio.
Isótropo	R. I. muy raras — rojo sangre.
Diag.	La braunita es anisótropa — Haussmannita y manganita lo son más todavía. La magnetita no tiene tendencia hacia el color oliva en su color.

JALPAITA

S ₃ Ag ₂₅ Cu ₂	Simetría(?) no cúbica.
Dureza	Muy débil, > argirosa, < galena.
Exfol.	No observada.
PR y color	A: medio — gris claro, < galena, ~ argirosa y stromeyesita. Ac: fuertemente rebajado.
Pleo.	A: muy débil. Ac: distinto.
Anis. N+	Bastante más coloreado que la argirosa.
Macias	Fina red de láminas.
Corr.	Alteración a la luz.
Diag.	Muy semejante a la polibasita y la canfieldita, igualmente a la argirosa y la stromeyesita.

JAMESONITA

Si ₁ Sb ₃ FePb ₄	Monoclínico.	R x : (3)3.40
Dureza	Débil, < galena.	(2)2.81
Exfol.	// (1000), corrientemente visible.	(2)2.72

PR y color	A: elevado — blanco, = galena → verdoso > stibina. Ac: netamente debilitado — diferencias acen- tuadas.
Pleo.	A: distinto — blanco / gris verdoso. Ac: más fuerte — blanco / verde amarillo os- curo (→ oliva).
Anis. N+	A: elevada. Ac: elevada.
Macias	Sistema de láminas // (100), muy extendido.
Corr.	NO ₂ H.
Diag.	Muy semejante a la boulangierita, pero Pleo. más débil. La stibina tiene una Anis. N. + netamente superior y un Pleo. más fuerte. es atacada por KOH. La bourmonita tiene maclas «en láminas de parquet». El cobre gris es isótropo.

JORDANITA

S ₂ As ₂ Pb ₄	Monoclínica pseudoexagonal.	R x : (3)2.22
Dureza	Media, > galena, < blenda.	(2)2.10
PR y color	A: elevado — blanco = galena, Ac: debilitado — galena.	(2)1.815
Pleo.	A: apenas marcado. Ac: distinto: blanco a blanco gris amarillo. A distinto a vivo — Coloreado.	
Anis. N+	Ac: id.	
R. I.	No seguras.	
Macias	Solamente localmente.	
Corr.	Agua de Javel concentrada.	
Diagnosis	Sin R. I. PR. elevado. Viva anisotropía con un pleo débil.	

KERMESITA

OSb ₂ S ₂	Monoclínica.
Dureza	Muy débil.
Exfol.	Bien visible — en (001).
PR y color	A: bastante elevado, ~ Pirargirita. Ac: muy rebajado.
Pleo.	A: muy distinto. Ac: no fuerte.
Anis. N+	A: elevado, colores vivos. Ac: enmascarados por R. I.
R. I.	A: muy frecuentes — rojo oscuro a violeta Ac: «nasivos».
Macias	No observadas.
Corr.	KOH.
Diagnosis	Paragénesis — mena de oxidación de la esti- bina.

KLAPROTHITA

$S_9Bi_4Cu_6$	Rómbico.
<i>Dureza</i>	Media, \gg calcopirita, \sim emplectita, calcosina, Wittichenita, \gg hornblenda, \ll cobre gris.
<i>Exfol.</i>	// (en 100) muy distinto, raramente, en otra perpendicular.
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco amarillo, \gg Wittichenita, \gg emplectita.
	Ac: apenas cambiado.
<i>Ple.</i>	A: distinto.
	Ac: fuerte -- posición la más oscura = posición la más clara de la Wittichenita.
<i>Anis. N+</i>	A: muy elevado, \gg Wittichenita, y emplectita coloreada.
	Ac: id.
<i>Macías</i>	raras.
<i>Diagnosis</i>	Difícil.

KLOCKMANNITA

SeCu	Hexagonal.	R x : (8)3,25
<i>Dureza</i>	Débil -- Umangita.	(7)2,00
<i>Exfol.</i>	// a (0001), marcado.	(8)2,00
<i>PR y color</i>	\bar{A} : moderadamente elevado (\sim calcosina), azul claro a gris verde, muy variable, según la dirección.	
	Ac: muy debilitado -- depende todavía más de la dirección.	
<i>Ple.</i>	A: extremadamente elevado -- gris oliva oscuro, blanco gris, claro azulado.	
	Ac: todavía más fuerte: gris marrón oscuro blanco gris, azul claro.	
<i>Anis. N+</i>	A: extremadamente elevado -- marrón rosa claro a blanco.	
	Ac: rosa naranja o blanco crema.	
<i>Diagnosis</i>	Simple, gracias a Pleo, Anis N+ -- paragénesis.	

KOBELJITA

$S_5(BiSb)_2Pb_2$	Rómbica.	R x : (2)3,55
<i>Dureza</i>	Débil, \ll galena, \gg bismuto.	(2)3,38
<i>Exfol.</i>	// a los rayos de la estructura.	(3)2,86
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco \sim galena.	
	Ac: un poco disminuido -- \ll galena.	
<i>Ple.</i>	A: débil -- distinto en la vecindad de la galena.	
	Ac: más fuerte -- blanco que se confunde con galena / blanco gris oscuro \rightarrow marrón.	
<i>Anis. N+</i>	A: distinto.	
	Ac: muy distinto, coloreado.	

<i>Macías</i>	Cristales radiales corrientemente maclados en láminas.
<i>Diagnosis</i>	No es posible al microscopio distinguirla de la mayor parte de las otras sulfocales.

KRENNERITA

$Te_2(AuAg)$	Rómbico.	R x : (8)3,05
<i>Dureza</i>	Débil -- \sim calaverita, \ll galena, \gg pirargirita.	(3)2,95
<i>Exfol.</i>	// a (001), muy distinto.	(5)2,12
<i>PR y color</i>	A: muy elevado, blanco crema -- \ll Calaverita, un poco menos amarilla.	
	Ac: muy semejante.	
<i>Ple.</i>	A: visible en el límite de los granos.	
	Ac: id.	
<i>Anis. N+</i>	A: distinto, más elevado que calaverita.	
	Ac: id.	
<i>Corr.</i>	NO_2H , numerosas exfoliaciones con la corrosión.	
<i>Diag.</i>	Casi semejante a la calaverita, pero se puede mejor un poco más anisótropa -- sin láminas de maclas.	

LEEVRIITA (ILVAITA)

$3Si_2O_8CaFe$	Rómbica.
<i>Dureza</i>	muy duro, \gg magnetita, \ll hematite pirita.
<i>Exfol.</i>	// en (010), bien visible.
<i>PR y color</i>	A: muy débil -- blanco gris apagado \rightarrow rosa.
	Ac: muy debilitado.
<i>Ple.</i>	A: muy elevado y destacado -- gris claro \rightarrow rosa / gris azul violeta.
	Ac: marrón de cuero oscuro/gris azul oscuro.
<i>Anis. N+</i>	A: muy elevado y coloreado de manera llamativa.
	Ac: id.
<i>R. I.</i>	A: marrón rojo.
	Ac: mejor visible.
<i>Macías</i>	Raras.
<i>Corr.</i>	Fuerte con CIH diluido.
<i>Diag.</i>	PR, muy débil, con efectos extremadamente llamativos de Pleo, y Anis. N+.

LIMONITA

$Fe_2O_3 \cdot nH_2O + Ag$	Rómbica o coloidal.	R x : (9)4,17
<i>Dureza</i>	Variable, según la textura y asociación -- los agregados compactos tienen una D. media \gg calcita, \ll dolomía.	(4)2,46
<i>Sin exfol. observada</i>		(3)1,73
<i>PR y color</i>	A: débil -- depende del pulido: puede ser también muy débil gris.	

	Ac: muy debilitado, gris oscuro. > blenda (→ azulado). < hematite, > malaquita, cerusita, < goetita.
<i>Pico.</i>	A: débil, bien visible en los agregados con grano grueso.
<i>Anis. N+</i>	Ac: más fuerte, pero enmascarado por R. I. A: muy vivo.
<i>R. I.</i>	Ac: enmascarado por R. I. A: amarillo claro o marrón rojo, de frecuencia variable.
<i>Maclas</i>	Ac: masivos. No observadas — sobre todo en fibras paralelas y en escamas concéntricas, igualmente pseudomorfosis.
<i>Corr.</i>	CIH.
<i>Diag.</i>	La goetita es más clara, tiene R. I. marrón rojo y es rara. Por otra parte, bien reconocible.

LINNEITA

(Ver sulfuros de Co y Ni).

LIVINGSTONITA

S_7Sb_4Hg	Monoclinica.	R x : (3)3.75
<i>Dureza</i>	Débil.	(2)3.45
<i>Exfol.</i>	// (001), bien reconocible, a veces también // (010), (100).	(1)2.99
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco, < galena. Ac: no muy debilitado.	
<i>Pico</i>	A: débil. Ac: más fuerte, blanco puro, blanco gris marrón.	
<i>Anis. N+</i>	Muy fuerte, comparable a estibina — muy dispersivo.	
<i>R. I.</i>	Masivas rojo oscuro.	
<i>Maclas</i>	Indicación de láminas de maclas — láminas de translación a veces torcidas.	
<i>Diag.</i>	Debil dureza — exfoliación, PR, elevado, R. I.	

LOELLINGITA

$FeAs_2$	Rómbica.	R x : (1)2.665
<i>Dureza</i>	Elevada, > magnetita, < mispikel, > blenda, calcopirita, Safflorita.	(4)2.425
<i>Exfol.</i>	No observadas?	(1)1.85
<i>PR y color</i>	A: elevada a muy elevada — blanco puro > mispikel → blanco azulado safflorita, ram-melsbergita. Ac: no cambiado — diferencias más arriba más netas.	

<i>Pico.</i>	A: débil, pero un poco mejor visible que para el mispikel: blanco azulado. Ac: más neto.
<i>Anis. N+</i>	A: no elevado — coloreado. Ac: un poco menos elevado que en el aire.
<i>Maclas</i>	// (011) frecuentes y también reunión de tres individuos y también láminas // (101).
<i>Corr.</i>	NO_3H conc. (5 a 10 segundos). $FeCl_3 + CIH$ (15 a 30 minutos).
<i>Diag.</i>	No fácil — casi indiscernible del mispikel, teniendo una cierta ley en cobalto — igualmente muy emejante a la safflorita y la ram-melsbergita. Investigación del cobalto negativa.

LUDWIGITA

$3MgOFeOFe_2O_3B_2$	Rómbica.
<i>Dureza</i>	Elevada.
<i>Exfol.</i>	Falta.
<i>PR y color</i>	A: débil — gris azul débil, < limonita, < magnetita. Ac: muy debilitado.
<i>Pico.</i>	A: neto // c. gris marrón, + c: gris azul. Ac: muy fuerte.
<i>Anis. N+</i>	A: elevado, muy llamativo, coloreado. Ac: muy elevado y llamativo, cf. Lievrita.
<i>R. I.</i>	Batantes raros, rojo oscuro.
<i>Maclas</i>	finamente fibrosas.
<i>Diag.</i>	Aspecto fibroso. PR., anisotropía destacable. Yacimiento de contacto de hierro y de estaño.

LUZONITA

Ver FAMILINITA.

MAGNETITA

$FeFe_2O_4$	Cúbica.	R x : (1)2.96
<i>Dureza</i>	Elevada, < hematite, < ilmenita.	(5)2.63
<i>Exfol.</i>	Generalmente no observable.	(2)1.475
<i>PR y color</i>	A: bastante débil, gris → acastañado < blenda, ilmenita (menos rosa) < hematite, < braunita. Ac: muy debilitado — Diferencias acentuadas.	
<i>Pico.</i>	Isótropo.	
<i>Anis. N+</i>	La mayor parte del tiempo, isótropo: pero aquí y allí debilmente, pero netamente anisótropo.	
<i>Maclas</i>	(111) muy anchas, corrientemente laminares.	
<i>Corr.</i>	CIH fumante. Br H.	

Diag. En el aire puede confundirse con la blenda — la cromita tiene R. I., la braunita es siempre notablemente anisotropa, la Jacobsita tiene reflexiones internas, la ilmenita es notablemente anisotropa.

MALAQUITA

$\text{CO}_3\text{Cu Cu}(\text{OH})_2$ Monoclinica.
Dureza Media, > calcita, < dolomita, < azurita.
Exfol. // (001).
PR y color A: débil, siderosa = azurita.
 Ac: desaparece casi completamente.
Pleo. A: muy fuerte.
 Ac: desaparece a causa de las R. I.
Anis. N+ Enmascarado por R. I.
R. I. «masivas», verde claro.
Corr. Ácidos diluidos.
Diag. Color de las R. I., corrientemente estructura radiante, paragénesis.

MANGANITA (Acerdesa)

$\text{Mn O}(\text{OH})$ Monoclinica-seudo-ortorrómbica. R x : (10)9,38
Dureza elevada, < hausmanita, = braunita, (9)2,62
Exfol. // (010) y (110), corrientemente visibles. (7)2,26
PR y color A: débil blanco gris \rightarrow marrón, braunita < hausmanita.
 Ac: muy debilitado.
Pleo. A: notable.
 A: vivo.
 Solamente en un cierto núm. de secciones.
Anis. N+ Bastante vivo.
 Ac: fuerte.
R. I. Muy bien visibles — rojo sangre.
Maclas Raramente observadas.
Corr. FH treinta segundos — CHH hirviendo.
Diag. Casi siempre transformado en pirolusita — mejor signo de reconocimiento entre las más semejantes: R. I. rojo sangre.

MARCASITA

SeFe Rómbica. R x : (3)3,47
Dureza Elevada, > Pirita, > melnikovitpirita-diferencias resaltables, según la dirección (mal pulido si no se tiene cuidado). (6)2,175
Exfol. // (101), visible sobre todo por alteración. (4)1,762
PR y color A: muy elevado — amarillo claro, verdoso. Al lado de pirita: más blanco \rightarrow verde. Al lado de mispikel: \rightarrow amarillo verde.
 Ac: id., diferencias análogas, más marcadas.

Pleo. A: distinto.
 Ac: muy distinto, blanco \rightarrow marrón rojo / amarillo verde.
Anis. N+ Muy elevada con colores llamativos, que varían mucho según las secciones.
Maclas // (101) y (011), muy frecuentes en láminas curvas.
Corr. $\text{MnO}_4\text{K} + \text{SO}_4\text{H}_2$ — electrolítico con CHH o SO_4H_2 .
Diag. Anis. N+ \neq mispikel, color amarillo — La pirita es siempre isotropa o lo más débilmente anisotropa, \neq melnikovitpirita, estructura diferente.

MAUCHERITA

$\text{As}_2\text{Ni}_{11}$ Tetragonal. R x : (10)2,72
Dureza Media, > calcopirita, > blenda, < Niquelina (9)2,035
 < esmalтина, < safflorita < rammelsbergita, Loellingita. (7)1,73
Extol. No observada.
PR y color A: muy elevado, blanco \rightarrow amarillo rojizo < níquelina, \rightarrow gris claro < sulfuros y sulfoarseniuros blancos \rightarrow rosa.
 Ac: id.
Pleo. No observada.
Anis. N+ A: apenas reconocibles.
 Ac: muy débil, pero reconocible.
Maclas A veces muy finas láminas.
Corr. $\text{MnO}_4\text{K} + \text{SO}_4\text{H}_2$ o $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{SO}_4\text{H}_2$ o NO_3H_2 .
Diag. Al lado de la níquelina, es fácil dejarla escapar. La ausencia de Pleo. y Anis N+ son características. Los otros sulfoarseniuros de Co y Ni son más blancos, a veces más anisotrópicos y tienen otras estructuras de corrosión.

MELNIKOVITPIRITA

$\text{S}_2\text{Fe} + \text{FeS} + \text{As}$ Cúbica (grano muy fino — a veces todavía gelcoloidal).
Dureza Variable < pirita, pero variable hasta > galena.
PR y color A: elevado como la pirita hasta bastante más débil, amarillo claro, amarillo oscuro o marrón.
 Ac: diferencias más fuerte.
Anis. N+ Las M. piritas que contienen As son débilmente anisótropas.
Corr. Más fuerte que pirita, $\text{MnO}_4\text{K} + \text{SO}_4\text{H}_2$, pero muy variable.

Diag. Corrientemente confundida con la marcasita que, sin embargo, es mucho más anisótropa. Siempre zonados en escamas concéntricas y en radios. Se altera fácilmente y da eflorescencias.

MENEGHINITA

$S_7Sb_2Pb_4$ Rómbica. Rx : (5)3,70
Dureza Débil, galena. (10)3,29
Exfol. No observada. (8)2,91
PR y color A: elevado, blanco \rightarrow galena, \rightarrow ligeramente azulado
 Ac: debilitado — netamente \rightarrow galena \rightarrow azulado.
Pteo. A: débil — visible en el límite de los granos
 Ac: débil, pero distinto.
Anis. N+ A: elevado.
 Ac: todavía más elevado
R. I. Muy raros, rojos.
Maclas No observadas con seguridad.
Corr. No se ataca con KOH.
Diag. Incierta con relación a otras sulfosales en agujas \pm estibina por la Anis N + Pteo. más débil.

METACINABRIO

SHg Cúbica Rx : (10)3,36
Dureza Débil, < cinabrio. (5)2,07
Exfol. No observada. (5)1,77
PR y color A: medio, blanco gris = cinabrio (rayo extraordinario) cinabrio (rayo ordinario)
 Ac: muy debilitado, gris marrón — diferencias más fuertes.
Pteo. Muy débil.
Anis. N+ Débil.
Maclas Principalmente según (111) y (211).
Diag. Paragénesis \pm los cobres grises mercurícos, débil Anis N +.

MIARGIRITA

S_2SbAg Monoclínica. Rx : (4)3,42
Dureza Débil \rightarrow pirargirita, < galena. (5)2,88
Exfol. Apenas observada. (3)2,74
PR y color A: bastante elevado-blanco < galena \rightarrow azul, gris > cobre gris argentífero > pirargirita.
 Ac: muy debilitado. Diferencias mucho más grandes.
Pteo. A: no a veces, y otros distintos.
 Ac: distinto.

Anis. N+ A: elevado sin efecto coloreado
 Ac: id.
R. I. A: raros.
 Ac: frecuentes — rojo frambuesa.
Maclas A: veces laminares, a veces inexistentes.
Diag. Muy semejantes a los otros sulfosales.

MICAS

Monoclínicos.
Dureza Media, casi como la galena.
Exfol. // (001). Muy buena.
PR y color A: muy débil, gris oscuro.
 Ac: la superficie desaparece completamente.
Pteo. Enmascarado por R. I.
Anis. N+ Idem.
R. I. Muy numerosas, sobre todo en re las buenas exfoliaciones.
Diag. Exfoliación, desarrollo en tabletas. Dureza muy débil, PR. débil.

MILLERITA

SNi Romboédrica. Rx : (5)2,77
Dureza Media, > calcopirita, < bienda, linneita. (3)2,50
Exfol. // (101), corrientemente visible (4)1,85
PR y color A: muy elevada, amarillo claro > calcopirita, más crema, > pentlandita, más marrón > linneita, más rosa.
 Ac: apenas cambiado. Diferencia acentuada.
Pteo. A: Muy débil.
 Ac: Más fuerte, pero todavía débil. Amarillo marrón a amarillo claro.
Anis. N+ A: vivo, sin color llamativo.
 Ac: muy vivo.
Maclas raras láminas de maclas.
Corr. Vapor de bromo NO_3H fumante. Figuras de corrosión (Exfol.)
Diag. Forma en agujas, color amarillo brillante. La calcopirita es bastante más débilmente anisótropa y jamás en agujas.

MISPIQUEL

SAFe Aparentemente rómbico, posiblemente monoclínico. Rx : (1)2,82
 (3)2,43
Dureza Elevada, > esmalina, loellingita, pirrotina, < cobaltina, pirita. (2)1,82
Exfol. No visible.
PR y color A: elevado, blanco \rightarrow amarillo.
 Ac: id \rightarrow galena, loellingita \rightarrow pirita \rightarrow plata.

<i>P'co.</i>	A: débil en el límite de los granos. Ac: más neto.
<i>Anis. N+</i>	Bastante n'co, coloreado.
<i>Macías</i>	Láminas de maclas miméticas, otras varias maclas.
<i>Corr.</i>	H ₂ O ₂ alcalina-Solución alcalina de MnO ₄ K la mimado.
<i>Diag.</i>	Fácil de confundir con todo los sulfuros blancos del grupo de la pirita, de la marcasita, si están en granos muy finos.

MOLIBDENITA

S ₂ Mo	Hexagonal.
<i>Dureza</i>	Media, > galena, calcopirita < calcita, grafito.
<i>Exfol.</i>	// (0001) principalmente visible muy buena transacción // (0001).
<i>PR y color</i>	A: bastante elevado a débil, según las secciones. Blanco, < galena, > grafito. Ac: muy debilitado, sobre todo para E. > grafito.
<i>P'co.</i>	A: extremadamente elevado — blanco puro a gris. Ac: blanco gris oscuro → azul pizarra.
<i>Anis. N+</i>	A: muy elevado, sin color llamativo. Ac: extremadamente elevado.
<i>Sin R. I.</i>	Sin maclas observadas, Transacción // (0001).
<i>Diag.</i>	Dureza, exfoliación, Pleo., Anis. N+, paragénesis. El grafito es más oscuro

NAGYAGITA

S ₂ (Fe, Sb) ₄ Pb ₃ Au	Monoclínica.
<i>Dureza</i>	Pseudo-tetragonal. Débil, < silvanita.
<i>Exfol.</i>	// (010), bien visible.
<i>PR y color</i>	A: elevado-blanco gris- < Silvanita > Hessita, > galena al lado de Kremerita → gris. Ac: no notablemente cambiado-Diferencias más marcadas.
<i>P'co.</i>	A: débil. Ac: Débil.
<i>Anis. N+</i>	A: débil. Ac: Débil.
<i>Macías</i>	No observadas de manera segura.
<i>Diag.</i>	Donde puede haber Telururos, el diagnóstico es bastante fácil.

NÄUMANNITA

SeAg ₂	Pseudocúbica
-------------------	--------------

<i>Dureza</i>	Muy débil. < Clausthalita.
<i>Exfol.</i>	No observada.
<i>PR y color</i>	A: bastante elevado blanco, > tiemannita. Al lado de la clausthalita → gris azul verde. Ac: debilitado → castaño.
<i>P'co.</i>	A: no visible. Ac: Débil.
<i>Anis. N+</i>	Elevado-color vivo.
<i>Macías</i>	Miméticas.
<i>Diag.</i>	Muy incierta. Paragénesis con otras nuevas de Se. Dureza y anisotropía.

NEODIGENITA

Ver calcosina.

NIQUELINA

AsNi	Hexagonal.	R x : (6)2.64 (5)1.95 (3)1.795
<i>Dureza</i>	Media, > maucherita, < esmaltina = breithauptita > plata, discrasita, calcopirita.	
<i>Exfol.</i>	Falta.	
<i>PR y color</i>	A: muy elevado, rosa amarillo claro = maucherita, más rosa, = breithauptita, menos coloreada. Al lado de cobaltina: más coloreada. Al lado de pirrotina: más rosa. < bornita. Ac: no muy debilitado-Diferencias acentuadas. A: elevado — Blanco amarillo rosado a marrón rosado claro. Ac: todavía más fuerte, blanco rosado a marrón rosado claro.	
<i>Anis. N+</i>	Muy elevada con colores muy vivos, fácilmente cambiantes (en girando un poco el analizador).	
<i>Macías</i>	// (101), raras, muy corrientemente asociación subparalelas.	
<i>Diag.</i>	Dureza elevada-color franco, Pleo. y Anis. bien reconocible. La maucherita es más violeta azulada en inmersión y no tiene Pleo. La breithauptita tiene un color bastante más oscuro.	

NIORITA

Ver Tantalita.

GRIVINO

SiO ₄ (MgFe) ₂	Rómbico.
<i>Dureza</i>	Elevada. > magnetita, < ilmenita, cromita.
<i>Exfol.</i>	// (010), raro.

PR y color Según la ley en hierro, débil a muy débil. Casi tierno entre cerusita y baritina.
Pleo. y Anis. N+ Enmascarado por R. I.
R. I. Verde amarillento, muy extendida.
Diag. Paragénesis — corrientemente serpentizado serpentizado en mallas.

ORO

Au (± Ag) Cúbico holoédrico.
Dureza Media, ~ calcopirita. > galena. cobre gris, blenda.
PR y color A: extremadamente elevado, brillante, según la ley en Ag. amarillo sostenido. Al blanco amarillo. > todos los sulfuros. Al lado de bismuto → amarillo. Al lado de platino → amarillo. Al lado de plata → amarillo.
 Ac: id.
Pleo. Isótropo.
Anis. N+ Isótropo, verde, con irisaciones?
Macías // (111), muy repartidos?
Corr. Agua regia concentrada o diluida.
Diag. PR. y color brillante, una gota de mercurio amalgama y disuelve.

OROPIMENTE

S_3As_2 Monocínico.
Dureza Muy débil, > Rejalgar.
Exfol. // (010), visible.
PR y color A: moderado — blanco amarillo claro < Rejalgar, < Blenda.
 Ac: muy debilitado — > Blenda.
Pleo. A: muy elevado — amarillo claro a gris tenue.
 Ac: elevado — blanco gris claro a gris pálido
Anis. N+ Enmascarado por R. I.
R. I. muy fuerte, blanco a amarillo limón.
Diag. D: muy débil, R. I. Pleo. Paragénesis.

OSMIRIDIO

Ver IRIDOSMIO.

PARARAMMELSBERGITA

As_2Ni Rómbica.
Dureza Media; > Niquelina, < esmaltina.
Exfol. Raro.
PR y color A: muy elevado — Blanco — los demás arseniuros de Ni y Co.
 Ac: id.
Pleo. A: débil.

Ac: distinto.
Anis. N+ Muy elevado, pero < niquelina.
Macías raras.
Corr. Cl_3Fe .
Diag. Recuerda a los otros arseniuros de Ni y Co; pero más claro y blanco puro, sin maclas laminares y sin figuras de corrosión zonadas.

PATRONITA

Verdaderos VS_4 : (?) no amorfo!
Dureza Débil.
Exfol. Según una dirección.
PR y color A: bastante débil, gris < Bravoita.
 Ac: muy debilitado.
Pleo. Muy elevado, poco coloreado.
R. I. No observados de manera segura.
Diag. Con la exclusión de molibdenita y grafito, caracteres ópticos muy llamativos.

PEARCEITA

Ver POLIBASITA.

PECHBLENDA

Ver URANINITA.

PENTLANDITA

$S(FeNi)$ Cúbica. R x : (4)3.03
Dureza Media, < pirrotina, > calcopirita. (3)1.95
Exfol. // (111), muy buena. (6)1.77
PR y color A: elevada-blanco crema, > Pirrotina, no marrón-rosada < Linneita, no rosa.
 Ac: no notablemente debilitada-mucho más claro al lado de la pirrotina.
Pleo. Isótropo.
Anis. N+ Isótropo — no completamente oscura entre N+.
Macías No observadas.
Diag. Paragénesis con pirrotina muy característica.
 De otra manera: figuras de corrosión? Octaédricas, PR. e isotropía?

PETZITA

$Te(AgAu)_2$ Cúbica (Pseudocúbico)? R x : (6)2.77
Dureza Débil, < Silvanita. (3)2.11
PR y color A: elevado-gris claro → lilas > Hessita. (3)2.03
 Ac: color más neto — al lado de galena: blanco marrón.

R x : (9)2.36
 (6)2.04
 (5)1.23

R x : (6)4.80
 (3)2.82
 (3)2.70

R x : (3)2.86
 (8)2.55
 (2)2.37

Anis. N+ Débil, pero distinto.
Mac'as A veces láminas gruesas de maclas.
Diag. Difícil.

PLAGIONITA

$S_{17}Sb_8Pb_5$ Monoclinico.
Dureza Débil.
PR y color A: bastante elevado blanco puro — < galena.
 Ac: debilitado.
P'co. A: notable.
 Ac: muy distinto: blanco a marrón rosado.
Anis. N+ A: débil.
 Ac: distinto, coloreado
R. I. A: apenas visible.
 Ac: raro, rojo oscuro.
Mac'as No observadas.
Diag. Difícil.

PLATINO

(FePt) Cúbico.
 ± «acompañantes» de Pt.
Dureza Media, > Blenda, < Pirrotina.
PR y color A: extremo — blanco → azulado. Al lado de la
 plata: no crema. > Iridosmio, > Sperry-
 lita. Al lado del Iridio: más amarillo, al
 lado del Paladio: más azul.
 Ac: PR no cambiado — Diferencias acentua-
 das.
P'co. Isótropo.
Anis. N+ Isótropo — Claro entre N +.
Mac'as Por presión, láminas // (111).
Corr. Agua regia, ClH + bicromato.
Diag. Hierro más fuertemente atacado por los áci-
 dos. Paladio más fuertemente atacado por el
 bicromato ácido. Iridio y osmiridio, casi no
 atacado por el agua regia y más duros.
 El Paladio es anisótropo.

POLIANITA

MnO_2 Tetragonal.
Dureza Muy elevada — < Casiterita, > Cuarzo.
Exfol. // (110), corrientemente visible.
PR y color A: elevado a muy elevado. Blanco → crema
 > galena > todas las menas de Mn.
 Ac: id.
P'co. A: débil.
 Ac: distinto, blanco gris a blanco amarillo
 brillante.
Anis. N+ A: fuerte.
 Ac: muy fuerte, coloreado.

Mac'as // (101) frecuente.
Diag. Paragénesis de las menas de Mn — Dureza y
 PR. elevados.

POLIBASITA

$(Ag, Cu)_{16}(Sb, S)_{11}$ Monoclinico.
 a $S_{11}As_2(AgCu)_{16}$ (Pearcena).
Dureza Muy débil, < plata roja, Stephanita miargirita,
 mal pulido. $R_x : (10)2.09$
 (8)2.87
 (5)2.69
 (10)2.96
Exfol. // (001) raramente observable. (9)2.79
PR y color A: medio, blanco gris pálido → verdoso, <
 galena, Argirosa, < plata roja, Stephanita,
 cobre gris. Ac: considerablemente debilitado Diferencias
 más marcadas. (6)2.47
P'co. A: muy débil.
 Ac: más neto.
Anis. N+ A: débil.
 Ac: más fuerte.
R. I. Rojo oscuro, corrientemente visible.
Mac'as No observadas.
Corr. Fuerte empañadura a la luz, un poco más dé-
 bil que para la argirosa.
Diag. Débil dureza, mal pulido, ... a la luz anisótropa.
 Paragénesis. No se puede distinguir al
 microscopio metalográfico Polibasita y Pear-
 cena.

POLIDIMITA

(Ver Sulfuros de Co y Ni).

PROUSTITA

S_2AsAg_3 Romboédrica antihemedro. $R_x : (6)3.20$
Dureza Muy débil — pirargirita > polibasita, > argi-
 rosa > miargirita stephanita. (2)2.75
 (4)2.53
Sin Exfol.
PR y color A: medio, blanco gris azul claro = pirargirita,
 < galena.
 Ac: fuertemente disminuido, más gris, azul,
 maclas RI, al lado de la pirargirita: nada
 más azul.
P'co. A: muy distinto.
 Ac: fuerte, gris azul más claro a más oscuro
 A: fuerte.
 Ac: fuerte, pero muy velado por RI.
Anis. N+ Muy numerosos, rojo sangre a rojo ladrillo.
 Láminares según varias leyes.
R. I. Acido hidrídrico — luz.
Mac'as Muy semejante a pirargirita y se reconoce
Corr.
Diag.

apenas en secciones pulidas. El trazo sobre el papel es rojo ladrillo por la proustita, marrón rojo a púrpura para la pirargirita.

CRIPTOMELANA = PSILOMELANA

$MnO_2 \cdot 2H_2O$	Mena coloidal. Submicroscópica a finamente cristalina. Tetragonal.
<i>Dureza</i>	Muy variable, según el grosor del grano, la textura y los minerales asociados.
<i>PR y color</i>	A: débil variable. Ac: muy debilitado. \rightarrow azul gris < pirolusita.
<i>Pico.</i>	A: fuerte, // a las fibras: claro, \perp gris tenue. Ac: muy fuerte, // a las fibras blanco \perp gris azul oscuro.
<i>Anis. N+</i>	A: elevado. Ac: elevado.
<i>Corr.</i>	CHI concentrado.
<i>Diag.</i>	Masas mamelonadas, en escamas concéntricas, finamente zonadas de manera periódica. En masas más groseras, pasando a Hollandita. La limonita tiene R. I. menores.

PIRARGIRITA

S_3SbAg_3	Romboédrico antihemiesdro (A_33H).
<i>Dureza</i>	Muy débil-proustita $>$ argirosa $>$ polibasita $<$ stephanita $>$ miargirita.
<i>Sin Exfol.</i>	
<i>PR y color</i>	A: bastante alto - azul claro - blanco gris. $<$ galena, menos gris azul. Ac: muy debilitado, mas azul-muchas reflexiones internas, muy semejantes a la proustita.
<i>Pico.</i>	A: distinto. Ac: bastante fuerte.
<i>Anis. N+</i>	A: fuerte. Ac: fuerte, pero muchas R. I.
<i>R. I.</i>	Muy numerosas, rojo claro a rojo carmin oscuro, más raras que en la proustita, la mayor parte dobles.
<i>Maclas</i>	Varias leyes de maclas - maclas de crecimiento, o maclas de presión laminares.
<i>Corr.</i>	Acido iodhídrico. Corrosión a la luz.
<i>Diag.</i>	Recuerda mucho a la proustita. Estas hace sobre el papel un trazo de un rojo más claro.

PIRITA

S_2Fe	Cúbica (hemiedro centrado).
<i>Dureza</i>	Muy elevada -- \sim marcasista, $>$ cobaltina, mispikel, $<$ Sperrilita, cuarzo. Mal pulido.

R x : (9)6.86
(8)4.89
(10)3.10

Exfol.

PR y color

Pico.

Anis. N+

Maclas

Corr.

Diag.

PIROLUSITA

$MnO_2 + \text{Agua} + \text{óxidos metal cos.}$

Dureza

Exfol.

PR y color

Pico.

Anis. N+

Corr.

Diag.

PIRONENO

$(CaMgFe)SiO_3$

Dureza

Exfol.

PR y color

Pico.

Anis. N+

R. I.

Diag.

R x : (3)2.76
(3)2.46
(4)1.645

// (100), a veces distinta, si es acentuada mecánicamente o por oxidación y cementación.
A: muy elevado, blanco amarillo claro = Marcasita \rightarrow amarillo -- $>$ mispikel, amarillo $<$ Sperrilita, amarillo. $>$ calcopirita, menos amarillo.

Ac: no notablemente cambiado - Diferencias acentuadas.

Isotropo.

La mayor parte de los tiempos, isotropo. Localmente, muy débilmente anisótropo a causa de su ley en As, u otro elemento.

No observables.

$MnO_4K + SO_4H_2$

Bien reconocible por el mal pulido, la dureza, la isotropia, el color.

Pseudo-rómbica - casi unicamente pseudomorfofisis \pm cargada de polianita.

Variable - casi siempre mal pulido en relieve sobre la manganita, corrientemente muy porosa.

Espacios rayados (010).

A: muy variable, claro en general, blanco crema claro.

Ac: queda todavía claro.

A: distinto.

Ac: muy distinto.

A: distinto.

Ac: muy elevado.

Muy fuertemente atacado a causa de la porosidad.

PR elevado, amarillo, claro, paragénesis

Ortorómbico o monoclinico.

elevada, $<$ pirita.

Variable - bien visible.

A: muy débil, gris claro.

Ac: negro.

Falta.

Falta.

Transparente - En el aceite, muchas reflexiones verdes o marrones.

Dureza - estructura - paragénesis.

PIRROTINA

$S_{12}Fe_{11}$ a FeS	Hexagonal.
<i>Dureza</i>	Media, \succ calcopirita, blenda \succ pentlandita, mispikel.
<i>Exfol.</i>	f_z (0001) — más o menos bien visible — siempre por alteración f_z (1010), más rara.
<i>PR y color</i>	A: elevada, marrón amarillo claro \rightarrow rosa. \succ Pentlandita, menos amarilla \succ Cubanita, esta es más pleocroica \prec Niquelina, menos roja. Ac: considerablemente debilitada. Diferencias bien netas.
<i>Pleo.</i>	A: visible en el límite de los granos. Ac: muy distinto: o = marrón rojizo e = marrón crema claro.
<i>Anis. N+</i>	A: fuerte, colorado. eAc: muy fuerte, aún más coloreado.
<i>Maclas</i>	Raras: a veces láminas de maclas por presión.
<i>Corr.</i>	Corrosión electrolítica con CHI_3 diluido, o HI , corrientemente deficiente a la luz. Láminas delgadas de disociación (0001).
<i>Diag.</i>	Color, Pleo., efecto Anis N+ son muy características. La pentlandita es isotropa. La cubanita es más tierna. La calcopirita es muy semejante y no se distingue apenas.

PLATA

Ag_2	Cúbica holoédrica.
<i>Dureza</i>	Media, \succ galena, \succ todas las sulfosales de Ag. \succ calcopirita. Cobre gris, \prec blenda (ennegrecida ligeramente en el contacto).
<i>Exfol.</i>	No se destaca.
<i>PR y color</i>	A: Extremadamente alta, brillante, blanco \rightarrow amarillo. \succ cobre + blanco. \succ Platino + crema \succ Bismuto, color semejante.
<i>Pleo.</i>	Isótropo.
<i>Anis. N+</i>	Isótropo: entre Nicoles cruzados, claro. Aparecen las rayas.
<i>Maclas</i>	Corrientemente láminas de maclas.
<i>Corr.</i>	$NO_3H + Cr_2O_3$ (1 a 3).
<i>Diag.</i>	PR. extremo. El bismuto es más tierno y anisótropo. El platino no es atacable. Examen de una Sección más antigua, más tenue.

RAMMELSBERGITA

As_2Ni	Ortorrombica.
<i>Dureza</i>	Media, \sim safflorita, SKutteradita, \succ Esmaltina.
<i>Exfol.</i>	No corrientemente observada.

R x : (4)2.63
(8)2.062
(3)1.718

*PR y color**Pleo.**Anis. N+**Maclas**Corr.**Diag.*

REJALGAR

*SAs**Dureza**Exfol.**PR y color**Pleo.**Anis. N+**R. I.**Diag.*

R x : (9)2.35
(5)2.04
(6)1.228

RICKARDITA

 Te_2Cu_4 *Dureza**Exfol.**PR y color**Pleo.**Anis. N+**Maclas**Diag.*

RUTHIO

 TiO_2 *Dureza*

A: muy elevado, blanco puro.

Ac: id.

: débil.

Ac: un poco más distinto.

A: fuerte coloreado.

Ac: muy elevada.

Siempre de las maclas laminares.

 Cl_2Fe .

Difícil. Linneita, Gersdorffita, Esmaltina son isotropas. Mispikel, Loellingita son más claras. La maucherita es rosa tierna. La Paramelsbergita no tiene maclas.

R x : (3)5.40
(3)3.15
(3)2.93

Monoclínico.

Muy débil. \prec Oropimente, \succ estibina.

No observada.

A: media, blanco gris \rightarrow violeta, \succ blenda. \prec oropimente.

Ac: muy debilitado, semejante a la blenda cinabrio.

A: débil, visible en el límite de los granos.

Ac: débil, aún distinto.

A: elevado, pero difícil de ver a causa de las R. I.

Ac: enmascarado por R. I.

«Masivas», naranja.

Bien reconocible, se reconoce también macroscópicamente.

R x : (4)3.32
(1)2.55
(3)2.06

Hexagonal o tetragonal.

Media.

No observada.

A: media, rojo púrpura claro \rightarrow violeta, \succ Umangita.

Ac: un poco debilitado color aún más vivo. Umangita.

A: muy elevado y llamativo, rojo carmin a rojo vivo.

Ac: rojo vivo claro a violeta gris.

Enorme, muy llamativo, coloreado: amarillo a marrón rojo.

No observadas. Solamente sobre los metales artificiales.

Sin confusión posible.

Tetragonal.

Muy duro. \sim Pirita. \sim Oligisto. \prec Cuarzo.

<i>Exfol.</i>	// (110), corrientemente visible.
<i>PR y color</i>	A: medio gris claro, > Magnetita, ilmenita, cromita, limonita. Ac: diferencias atenuada.
<i>Pico.</i>	A: débil. Ac: más distinto.
<i>Anis. N+</i>	A: distinto. Ac: muy enmascarado por R. I.
<i>R. I.</i>	Muy netos incoloro, amarillo claro, marrón rojo oscuro, gris según las mezclas (ley en hierro).
<i>Maclas</i>	Láminas de maclas, siempre en varias direcciones.
<i>Diag.</i>	Dureza, R. I.

SAFFLORITA

As_2Co	Ortorrómico.	R x : 10.2.60
<i>Dureza</i>	Bastante elevada, > Ramme'sbergita, > es-maltina, > mispikel, loellingita.	(4.2.37)
<i>Exfol.</i>	No observada.	(4.1.635)
<i>PR y color</i>	A: muy elevada, blanco puro. Al lado de Ramme'sbergita, un poco amarilla. Ac: pero cambiado.	
<i>Pico.</i>	A: muy débil. Ac: un poco más distinto.	
<i>Anis. N+</i>	Muy elevada y coloreada corrientemente variable por zonas.	
<i>Maclas</i>	As triángulos triples muy características con sección transversales estrelladas.	
<i>Corr.</i>	NO_3H conc. dos a quince segundos.	
<i>Diag.</i>	La asociación triple es un buen signo distintivo. La ramme'sbergita tiene maclas en finas láminas. La paramamelsbergita no está maclada.	

SCHAPBACHITA

$S_2BiAg (\pm SPb)$	Ortorrómico pseudocúbico.	R x : 3.3.35
<i>Dureza</i>	Media, > galena.	4.2.88
<i>Exfol.</i>	Raras figuras de corrosión octaédricas.	(2.2.08)
<i>PR y color</i>	A: elevado, blanco cf. galena -- = galena. Ac: id. Al lado de la galena: → amarillo.	
<i>Pico.</i>	A: apenas visible. Ac: un poco más fuerte.	
<i>Maclas</i>	Red laminar pseudocúbica, con galena bajo forma de ángulos (disociación).	
<i>Corr.</i>	NO_3H (al lado de galena), CHI_3 - CNK.	
<i>Diag.</i>	Corrosión de estructura red de láminas - paragenesis con galena.	

SCHEELITA

WO_4Ca	Tetragonal.
<i>Dureza</i>	Elevada, < casiterita, wolfram.
<i>Exfol.</i>	No observada.
<i>PR y color</i>	A: muy débil -- blanco gris. Ac: muy debilitado.
<i>Pico. y Anis. N+</i>	No visibles.
<i>R. I.</i>	Frecuentes, blanco -- amarillo.
<i>Diag.</i>	Paragénesis -- se reconoce bien por luminiscencia.

SIDEROSA

CO_3Fe	Romboédrica.
<i>Dureza</i>	Media > galena.
<i>Exfol.</i>	// (101).
<i>PR y color</i>	A: medio, gris > calcita, dolomita > Smithsonita, dialogita ... < cerusita, anglesita, pirromerita. Ac: gris oscuro.
<i>Pico.</i>	Elevada: gris claro, gris oscuro.
<i>Anis. N+</i>	Muy fuerte, pero enmascarado por las reflexiones internas.
<i>R. I.</i>	Muy numerosos, amarillo blanco, dobles.
<i>Maclas</i>	A veces abundantes, pero de manera general más rara que en la calcita.
<i>Corr.</i>	Acidos fuertes en caliente.
<i>Diag.</i>	Fácil de confundir con la smithsonita y la dialogita. Los demás carbonatos romboédricos tienen un poder reflector más débil.

SITAPARITA

$(Mn, Fe, Ca)_2O_5$	Pseudocúbica.
<i>Dureza</i>	Elevada = braunita = bixbyita.
<i>Exfol.</i>	No observada.
<i>PR y color</i>	A: medio -- gris claro → amarillo oliva = braunita → amarillento = bixbyita. Ac: muy debilitado. Diferencias acentuadas.
<i>Pico.</i>	A: apenas visible. Ac: bien visible.
<i>Anis. N+</i>	A: débil. Ac: distinto.
<i>Maclas</i>	Muy bellas maclas en «láminas de parquet».
<i>Corr.</i>	FH concentrado, un minuto.
<i>Diag.</i>	Se distingue de la bixbyita por sus maclas. Al lado de la braunita: + amarillo, la braunita no tiene láminas de maclas.

SIEGENITA

Ver sulfuros de Ni y Co.

SKUTTERUDITA

$CoAs_2$	Cúbica parahemédrica.
<i>Dureza</i>	Media \approx Safflorita - rammelsbergita $>$ Niquelina.
<i>Extol.</i>	No observada.
<i>PR y color</i>	A: muy elevada, blanco \rightarrow amarillento, $>$ galeña \rightarrow blanco - amarillo \approx Niquelina \rightarrow azul gris.
	Ac: apenas debilitado.
<i>Pleo. y Anis. N+</i>	Isótropo.
<i>Macías</i>	No zonada — sin maclas.
<i>Corr.</i>	NO_3H , no muy buena.
<i>Diag.</i>	Es uno de los principales componentes de la esmalina.

SMITHSONITA

Cu_2Zn	Romboédrica.
<i>Dureza</i>	Bastante elevada — Exol. rara.
<i>PR y color</i>	A: media, gris. = Siderosa; $>$ calcita, dolomita $<$ cerusita anglésita.
	Ac: muy fuertemente atenuada.
<i>Pleo.</i>	A: bien reconocible.
	Ac: muy enmascarada.
<i>Anis. N-</i>	Enmascarado por R. I.
<i>R. I.</i>	«Masivas» blanco amarillento verdoso.
<i>Macías</i>	No observadas.
<i>Corr.</i>	Acidos débiles sin acción. ClH concentrado o caliente.
<i>Diag.</i>	Paragénesis en la zona de oxidación.

SPERRYLITA

As_2P_2	Cúbica.
<i>Dureza</i>	Muy elevada. \approx Pirita = Platino $<$ Laurita.
<i>Extol.</i>	// (100), visible.
<i>PR y color</i>	A: muy elevada blanco puro, $>$ Pirita — blanco $<$ Platino. Al lado de Stibiopaladinita \rightarrow azulado.
	Ac: no visiblemente aminorada-diferencias acentuadas.
<i>Pleo. y Anis. N+</i>	Isótropo.
<i>Macías</i>	No observada.
<i>Diag.</i>	Siempre en cristales — diferencias con pirita: no se ataca. El Platino es más claro y más blanco y alotriomorfo.

STAINIERITA

Ver HETEROGENITA.

R x : (10)2.64
(3)1.86
(3)1.62

STEFANITA

S_4SbAg_5	Ortorrómico.	R x : (4)3.06
<i>Dureza</i>	Debil, $>$ argirosa $>$, polibasita \approx , plata roja. $<$ cobre gris.	(2)2.90
	Raramente visible.	(3)2.56
<i>Extol.</i>		
<i>PR y color</i>	A: medio, gris blanco tirando hacia rosa.	
	Ac: muy debilitado, más rosa. Al lado de galeña: PR, más pequeño \rightarrow rosa \approx Polybasita \approx Argirosa \rightarrow rosa - violeta. Diferencias acentuadas en el aceite.	
<i>Pleo.</i>	A: débil.	
	Ac: más distinto: blanco, blanco marrón rosado.	
<i>Anis. N-</i>	A: fuerte y vivamente coloreado.	
	Ac: id.	
<i>Macías</i>	Muy repartidas, sobre todo laminares.	
<i>Corr.</i>	a la luz, muy debil.	
<i>Diag.</i>	Paragénesis. Al lado de la mayor parte de las sulfosales, falta de R. I. Argirosa y Polibasita son más blandas y su pulido es peor.	

STIBIO-PALADINITA

SbP_3	(?) no cúbica.
<i>Dureza</i>	Media, \approx Platino.
<i>Extol.</i>	No observada.
<i>PR y color</i>	A: muy elevada. Blanco tirando hacia amarillento. Tira hacia rosa.
	Ac: id.
<i>Pleo.</i>	No reconocible con seguridad.
<i>Anis. N+</i>	Muy débil.
<i>Corr.</i>	ClH concentrado + ClO_3K .

SULFURÓS DE COBALTO Y NIQUEL

Linnéita	S_4Co_3 -- Cúbica.	R x : (6)2.82
Carrollita	S_4Co_2Cu .	(2)2.38
Siegenita	$S_4(Co, Ni)_3$.	(5)1.68
Sychnodynita	$S_4(Ni, Co, Cu)_3$.	
Polydynita	S_4Ni_3 .	
Violasita	$S_4(Ni, Fe)_3$.	
<i>Dureza</i>	Elevada, $>$ pyrrrotina, $>$ calcopirita, $>$ Blendita, $<$ mispikel $>$ gersdorffita.	
<i>Extol.</i>	// (100), más o menos buena.	
<i>PR y color</i>	A: elevada, blanco tirando a rojizo o crema \approx cobaltina. Al lado de gersdorffita: \rightarrow rojo. Al lado de esmalina: menos blanco.	
	Ac: apenas debilitado, casi parecido. Diferencia con otros minerales muy parecidos.	
<i>Pleo. y Anis. N+</i>	Isótropo.	
<i>Sin maclas observadas.</i>		
<i>Diag.</i>	Propiedades un poco fluctuantes y por esta ra-	

zón, recuerdan a veces a los bisulfuros blancos. Color de la Linneita \sim cobaltina, pero ésta tiene un paído bastante peor y es un poco anisótropo. Umannita, Gersdorffita, Es-maltina más blancas. A veces, también, corrosión con NO_3H .

SULVANITA

S_4VCu_3 Cúbica. $R_x : (6)6.2$
Dureza Media, $>$ calcosina. $(6)3.11$
Exfol. // (100), corrientemente figuras de corrosión triangulares. $(7)2.40$
PR y color A: medio, amarillo crema oscuro. Al lado de galena: amarillo limón.
 Ac: marrón crema, más débil.
Pleo. y Anis. N+ Isótropo.
Maclas No observadas.
Diag. Se confunde con la galena, falta de comparación directa de los colores.

SYCHNODYMITA

Ver sulfuros de Ni y Co.

SYLVANITA

Te_4AgAu Monoclinico. $R_x : (8)3.05$
Dureza Débil. $>$ Nagyagita. $(3)2.96$
Exfol. Raramente visible. $(6)2.12$
PR y color A: elevada, blanco crema, $>$ galena \rightarrow crema \rightarrow Nagyagita \rightarrow crema $<$ Calaverita.
 Ac: notablemente disminuida \rightarrow diferencias acentuadas.
Pleo. A: muy distinto, blanco crema claro / marrón claro.
 Ac: aún más neto.
Anis. N+ Muy elevado, coloreado. Sin extinción en luz blanca.
Maclas Laminares.
Corr. NO_3H .
Diag. Se distingue de los otros telururos de oro por el pleocroísmo de reflexión, la anisotropía viva y las láminas de macla. De otra manera: dureza débil, maclas y paragénesis.

Tantalita -- NIOBITA -- COLUMBITA

$(\text{FeMn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ $\pm (\text{FeMn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ Ortorrómbica. $R_x : (10)3.00$
Dureza Muy elevada, \sim cuarzo. $(4)1.72$
Exfol. // (100), visible aquí y allí. $(3)1.45$

PR y color A: débil, blanco, gris, \rightarrow marrón, \sim magnetita.
 Ac: muy debilitado \rightarrow netamente marrón.
Pleo. A: débil.
 Ac: débil.
Anis. N+ A: muy débil.
 Ac: un poco más neto.
R.L. A: raras.
 Ac: un poco más frecuente, claras.
Maclas Raras.
Diag. Muy semejante al wolfram, pero pleocroísmo de reflexión y anisotropía más fuerte, igualmente maclas. La casiterita tiene muchas reflexiones internas.

TEALLITA

S_2PbSn Ortorrómbica pseudo-cuadrática.
Dureza Débil, $>$ Franckeyta, $<$ Blenda.
Exfol. // (001), frecuente.
PR y color A: elevado, blanco \rightarrow rosa crema $>$ Franckeyta \rightarrow amarilla.
 Ac: no fuertemente modificada — Diferencia más fuerte.
Pleo. A: muy débil \rightarrow blanco; blanco \rightarrow amarillo.
 Ac: un poco más neto.
Anis. N+ A: distinto.
 Ac: bastante fuerte.
Maclas Maclas simple, a veces frecuente.
Diag. En tabletas delgadas. Al contrario de las otras menas en tabletas: pleocroísmo de reflexión muy débil. La Franckeyta tiene un PR, más débil y menos anisotropía.

TELURO

Te_2 Romboédrico trigonal. $R_x : (9)3.22$
Dureza Media, $<$ calcopirita. $(4)2.33$
Exfol. // (1010), a veces visible. $(3)2.22$
PR y color A: muy elevado — blanco \rightarrow crema, $<$ Platino, oro, plata \rightarrow gris claro al lado de ellos. $>$ Galena \rightarrow amarillo al lado de ella. $>$ Calaverita $>$ blanco al lado de ella $>$ Hessita.
 Ac: un poco debilitado — Diferencias reforzadas.
Pleo. A: débil.
 Ac: más distinto.
Anis. N+ A: bastante fuerte. No coloreado.
 Ac: id.
Corr. $\text{ClH} + \text{CrO}_3 + \text{MnO}_4\text{K} + \text{NO}_3\text{H}$; 1 minuto.
Diag. Rara. Recuerda al bismuto (éste último maclado). Recuerda al arsénico (éste último más oscuro).

TENORITA

CuO	Monoclínico.	
<i>Dureza</i>	Media > calcosina, < limonita, < cuprita.	R x : (8)
<i>Exfol.</i>	No observada.	(8)
<i>PR y color</i>	A: media — blanco gris claro \rightarrow amarilla, Cu-prita, > limonita.	(2)
	Ac: muy debilitado.	
<i>Pleo.</i>	A: notable.	
	Ac: muy distinto: blanco / gris oscuro \rightarrow violeta.	
<i>Anis. N+</i>	A: notable.	
	Ac: fuerte, sin extinción marcada.	
<i>Relaciones internas</i>	N_0 observadas.	
<i>Maclas</i>	Malla laminar frecuente.	
<i>Diag.</i>	Paragénesis en la zona de oxidación de los yacimientos de cobre, tono amarillento, forma en burbujas o en escamas concéntricas.	

TETRADIMITA

Sb_2Te_2	Romboédrico.	R x : 8.3.12
<i>Dureza</i>	Débil < bismutina, < galena.	2.2.30
<i>Exfol.</i>	// (0001), corrientemente visible	3.2.12
<i>PR y color</i>	A: elevada — blanco \rightarrow crema, > calcopirita, ~ pirita, menos amarilla.	
	Ac: no notablemente aminorada.	
<i>Pleo.</i>	A: no reconocible.	
	Ac: muy débil.	
<i>Anis. N+</i>	A: distinto.	
	Ac: distinto.	
<i>Sin maclas observadas.</i>		
<i>Diag.</i>	Paragénesis — PR elevada — muy débil Pleo.	

TIEMANNITA

SeHg	Cúbica tetraédrica.	R x : 10)3.38
<i>Dureza</i>	Débil > Clausthalita, < galena.	5.2.10
<i>Exfol.</i>	Falta.	5.1.79
<i>PR y color</i>	A: media — gris claro \rightarrow marrón < Clausthalita, < galena < calcopirita.	
	Ac: muy debilitado — Diferencias reforzadas.	
<i>Pleo.</i>	Isótropo.	
<i>Anis. N+</i>	Isótropo, oscuro entre nicóles cruzados.	
<i>Diag.</i>	Difícil sobre todo al lado de Clausthalita y también de galena. Paragénesis con otros seleniuros más fáciles de reconocer.	

ULMANNITA

SnSb	Cúbica.	R x : (8)2.64
<i>Dureza</i>	Elevada $\frac{1}{2}$ Gersdorffita, < Pirita.	(3)2.41

<i>Exfol.</i>	// (100), corrientemente visible, figuras de corrosión triangulares.	(3)1.78
<i>PR y color</i>	A: elevado — blanco — > galena, Gersdorffita.	
	Ac: un poco debilitado.	
<i>Pleo. y Anis. N+</i>	Isótropo.	
<i>Corr.</i>	NO_2 H fumante.	
<i>Diag.</i>	Más dura que la gersdorffita — la esmalтина se corroe de manera diferente. Los sulfuros de Co y Ni, son más blandos y tienen colores rosados.	

UMANGITA

Se_2Cu_3	Probablemente romboédrica.	R x : (6)3.6
<i>Dureza</i>	Débil = Klockmannita.	(6)3.15
<i>Exfol.</i>	Reconocible según las direcciones.	(4)1.83
<i>PR y color</i>	A: débil — violeta sucio \rightarrow gris azul, resultado de todas las menas — diferencia de color llamativo.	
	Ac: debilitado — gris violeta.	
<i>Pleo.</i>	A: muy vivo y llamativo rojo violeta sucio / gris azul.	
	Ac: rojo violeta brillante / gris sin brillo.	
<i>Anis. N+</i>	Ac: muy elevado, coloreado: rojo naranja brillante / amarillo.	
	Ac: todavía más fuerte.	
<i>Maclas</i>	A veces en finas láminas.	
<i>Diag.</i>	No se puede confundir con ninguna mena gracias al color de reflexión, el pleocroismo en Anis. N, +.	

URANINITA (pechblenda).

UO_2	Cúbica.
<i>Dureza</i>	Muy elevada — < Pirita, < Cuarzo, mal pulido.
<i>Exfol.</i>	Indicación de la exfol. // (100) sobre las pechblendas cristalizadas.
<i>PR y color</i>	A: débil, gris claro \rightarrow marrón, pechblenda cristalizada < Magnetita, pechblenda coloidal, Gepechblenda, < Magnetita.
	Ac: notablemente debilitada.
<i>Pleo. y Anis. N+</i>	Isótropo.
<i>R. I.</i>	De tiempo en tiempo visible, marrón muy oscuro.
<i>Diag.</i>	Poco llamativa: pasa fácilmente a desaperchblenda. Destacable con las estructuras coloidales en la Gepechblenda y también coloración radiactiva de las gangas, y los minerales de oxidación con colores vivos.

VALLERITA

$S_7Fe_4Cu_3$
Dureza
Exfol.
PR y color
Pleo.
Ants. N+
Maclas
Diag.

Ortorrómico pseudoexagonal.
 Media \cong calcopirita.
 // (001) con exfoliación.
 A: bastante elevada — muy variable, según la dirección, generalmente blanco crema. Al lado de la calcopirita: \rightarrow rosa \rightarrow pirrotina \rightarrow amarilla \rightarrow pentlandita, el mismo color.
 Ac: muy debilitado \rightarrow amarillo rosado. Diferencias en general acentuada.
 A: extraordinariamente elevada — blanco amarillo claro \rightarrow rosa / tenue.
 Ac: aún más reforzado; blanco marrón claro / casi negro.
 A: extraordinariamente elevado, semejante al grafito, sin color.
 Ac: aún más fuerte.
 A veces finas láminas.
 Fácil de reconocer por la anisotropía y el Pleo. muy fuerte. La molibdenita es blanca pura, sin amarillo marrón. El grafito tiene un PR, esencialmente más débil.

VIOLARITA

Ver «Sulfuros de Ni y Co»

VREDENBUROGITA

Dureza
Exfol.
PR y color
Pleo. y Ants. N+
R. I.
Maclas
Corr.
Diag.

En un fondo de Jacobita, láminas entremezcladas de Hausmannita (III), Jacobita cúbicas, Hausmannita tetragonal.
 Elevada, fondo $<$ láminas.
 // (111).
 Ver en Jacobita y Hausmannita.
 Fondo isótropo — Láminas anisótropas.
 En las láminas, rojos.
 Bella estructura en láminas.
 FH concentrado.
 Gran dureza, buena corrosión por FH — estructura en láminas.

WHITNEYITA

$AsCu_3$
Dureza
PR y color
Isótropo
Diag.

Cúbica
 Media \sim Algodonita, Domeykita, $>$ calcosina.
 A: muy elevado — blanco crema \sim Domeykita \rightarrow amarillo.
 Ac: No notablemente cambiado $>$ Algodonita.
 Muy semejante a la algodonita (esta, sin embargo es anisótropa) y a la domeykita

WITTICHENITA

S_3BiCu_3
Dureza
Exfol.
Pleo.
Ants. N+
Diag.

Ortorrómica.
 Media, $>$ bismuto, emplectita, $<$ Klaprotina, hornita $<$ cobre gris.
 No observada.
 A: media, crema gris blanco, $<$ emplectita, Klaprotina $>$ cobre gris.
 Ac: debilitada, gris crema \rightarrow oliva.
 A: apenas reconocible.
 Ac: justamente visible en el límite de los granos.
 A: débil.
 Ac: un poco más neto.
 Difícil de reconocer (ver Ramdohr, 1959, página 400).

R x : (4)4.54
 (8)3.07
 (10)2.84

WOLFRAM

$WO_4(FeMn)$
Dureza
Exfol.
PR y color
Pleo.
Ants. N+
R. I.
Maclas
Diag.

Monoclinico.
 Elevada $>$ Magnetita, mispikel $<$ cuarzo, piritita, casiterita: mal pulido.
 // (010) y (100), observadas.
 A: débil, gris \sim blenda, $<$ magnetita, $>$ casiterita.
 Ac: muy debilitado \rightarrow rojo marrón — Diferencias acentuadas.
 A: muy débil.
 Ac: igualmente muy débil.
 A: distinto.
 Ac: menos distinto, enturbiadas por R. I.
 A: Raras (más frecuentes cuando aumenta la Ley en Mn).
 Ac: frecuentes-rojo marrón oscuro a rojo sangre oscuro.
 // 100 frecuentes, solamente maclas simples.
 Paragénesis, mal pulido, gran dureza, anisotropía, reflexiones internas. La casiterita tiene un PR + débil y R. I más claros.

R x : (4)2.917
 (2)2.46
 (2)2.18

WOLFSBERGITA

S_2SbCu
Dureza
Exfol.
PR y color
Pleo.
Ants. N+

Ortorrómica.
 Media.
 // (001), más raramente // 100) y (010), a veces figuras de corrosión triangulares.
 A: elevado-blanco \rightarrow rosa, $>$ bournonita, $<$ galena, $>$ cobre gris.
 Ac: no muy debilitado \rightarrow marrón.
 A: débil.
 Ac: más distinto.
 llamativa, muy coloreada, sin extinción.

R x : (8)3.13
 (8)2.99
 (4)1.76

76

H. SCHNEIDERHÖHM

Macias Sólo localmente, láminas delgadas.
Diag. Recuerda a la boumonita, que tiene, sin embargo, otras exfoliaciones y macias en «láminas de parquets».

WURTZITA

SZn Hexagonal (sobre todo bajo la forma de «Schalenblenda»). $R_x : (8)3.14$
 $(10)1.90$
 $(7)1.62$
Dureza Media = blenda.
Exfol. $\rho(0001)$ rara.
PR y color A: débil = blenda. Las diferencias de color en la Schalenblenda no se ven, salvo solamente, en el Ultropak y entre NE.
 Ac: muy debilitado = blenda.
Pico. No reconocible.
Anis. N+ No reconocible-blenda concrecionada bien reconocible en el aceite.
R. I. masiva, amarillo a marrón oscuro.
Macias No visibles.
Corr. $MnO_4K + SO_4H_2$ -- aparición de la exfoliación $\rho(0001)$.
Diag. Posibilidad de confusión con la blenda difícilmente distinguibles ante todo, gracias a la ausencia de láminas de macla, y también por los Rayos X.

ZINCITA

Znc Exagonal.
Dureza Media < franklinita.
Exfol. $\rho(0001)$, distinto.
PR y color A: débil marrón rosa claro.
 Ac: muy debilitado.
Pico A: muy débil.
 Ac: enmascarado por R. I.
Anis. N+ enmascarada por R. I.
R. I. Frecuentes, amarillo a rojo carmín, rojo escarlata.
Diag. Bien reconocible.

ZINKEITA

S_2Sb_2Pb Probablemente exagonal. $R_x : (10)3.441$
Dureza Media. $(4)2.50$
Exfol. No se observa. $(3)1.980$
PR y color A: bastante elevado-gris blanco < galena, blanco gris tenue al lado > cobre gris. $\overline{\equiv}$ jamesonita.
 Ac: netamente debilitado-Diferencias acentuadas.
Pico. A: débil.
 Ac: más distinto.

Anis. N+

A: distinto.

Ac: distinto

R. I.

Raras, roja.

Macias

No observadas.

Diag.

Muy difícil. Recuerda mucho a otras menas de Pb y Sb.

TABLA DE ABREVIATURAS Y SIGNOS CONVENCIONALES
EMPLEADOS

//	Paralelo a.
⊥	Perpendicular a.
≡	Semejante a.
~	Casi como.
∧	Casi como, pero más pequeño.
∩	Más pequeño.
≪	Mucho más pequeño.
∨	Casi como, pero más grande.
∪	Más grande.
≫	Mucho más grande.
→	Con un punto de color).
A	En el aire.
Anis. X	Efecto de anisotropía entre nicóles cruzados.
Exfol.	Exfoliación al pulido.
Corr.	Procedimiento de corrosión estructural (→ poniendo en evidencia la estructura).
E	Dureza al pulido.
Diag.	Diagnosís y posibilidad de confusión.
Ac.	En el aceite (de cedro).
Pleo.	Pleocroísmo de reflexión.
PR y Color	Poder reflector e impresión de color.
R. I.	Reflexiones internas.
R. X	Distancias reticulares del dígrama de rayos X Debye-Sherrer (diagrama de polvo).

R. H. WAGNER (1)

AN UPPER WESTPHALIAN FLORA FROM THE MINE
«INÉS», NEAR THE PASS OF PAJARES, ON THE LEONESE-
ASTURIAN BOUNDARY (NW. SPAIN)

SUMARIO

Una pequeña flora fósil fue encontrada en las escombreras de la mina «Inés», de «Anticistas de Arbas, S. A.», en la parte más septentrional de la provincia de León y lindando con las Asturias. Pertenece a la zona meridional de la Cuenca Central de Asturias.

Aun cuando muy recientemente se hizo un estudio geológico detallado de esta zona por N. Llopis Lladó (1955), se encontraron pocos fósiles de valor estratigráfico, por lo cual se necesitaba todavía confirmar las atribuciones estratigráficas que se hicieron. Según Llopis Lladó, debe hallarse presente una serie continua de estratos correspondientes al Westfaliense A, B y C en una sucesión condensada como consecuencia de su situación en el «Umbral de Pajares», postulado por el mismo Prof. Llopis. Los únicos fósiles carboníferos señalados hasta ahora fueron algunos braquiópodos de afinidades moscovenses, así como escasos fragmentos de plantas sin valor estratigráfico exacto.

Por lo tanto, resultaba de cierto interés el hallazgo de varios fósiles vegetales del Westfaliense C, en los estratos productivos de la parte alta del paquete estudiado por Llopis. Estos estratos, efectivamente, fueron atribuidos por dicho geólogo al Westfaliense C, aun cuando carecía todavía de criterios paleontológicos. Se trata, pues, en el presente trabajo, de una confirmación oportuna del criterio estratigráfico adoptado por Llopis en cuanto a la parte alta del paquete carbonífero en la zona de Pajares, que es una zona de reconocida complejidad estructural, y la que parece ser un punto clave en la reconstitución paleogeográfica regional (véase Llopis Lladó, 1955).

Los fósiles vegetales se encontraron todos en un tramo muy reducido de estratos y, como consecuencia, resulta posible considerar al conjunto como procedente de una sola zona paleontológica. Se trata de las especies siguientes: *Linopteris obliqua* (Bunbury), *Mariopteris nervosa* (Brongniart), *Sphenopteris roundifolia* Andrae, *Sphenophyllum majus* Brown y *Annularia palmata* Brongniart. Los ejemplares proceden de las escombreras de las capas «Inés» y «Carmina». Ya presentamos las listas de estas localidades en un trabajo actualmente en prensa (Wagner, 1963).

Linopteris obliqua (Bunbury) es una especie muy corriente en el Westfaliense C y D español, sobre todo en la Cuenca Central de Asturias (cf. Jongmans, 1952). Asimismo, *Mariopteris nervosa* (Brongniart) fue encontrada repetidamente en el Westfaliense superior de Asturias, aunque también la hallamos en el Westfaliense D alto y el Estefaniense A

(1) Department of Geology, University of Sheffield, England.

bajo de las provincias de Palencia y León, *Sphenophyllum majus* Bronn, igualmente se encontró previamente en la Cuenca Central de Asturias, donde apareció en estratos del Westfaliense C y D. *Annularia radiata* Brongniart es de menos importancia estratigráfica, ya que ocurre desde el Namuriense alto hasta el Estefaniense bajo, con un máximo de frecuencia en el Westfaliense. *Sphenopteris rotundifolia* Andrae, al contrario, presenta cierto interés, puesto que, según Danzé (1956), caracteriza al Westfaliense medio y, sobre todo, al Westfaliense C en Francia, así como en otras partes del ámbito euramericano. Parece, por lo tanto, que la flórua señalada pertenece al Westfaliense C.

Los ejemplares ilustrados en la presente nota podrán verse todos en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, en Madrid, donde forman parte de las colecciones del Instituto «Lucas Mallada», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Agradecemos a dicho Instituto la subvención que hizo posible la investigación que llevamos a cabo en el año 1959, y hacemos constar lo mismo hacia la Universidad de Sheffield, que subvenció la campaña de 1961.

ABSTRACT

A small flora of probable Westphalian C age is figured and described from the tips of the mine «Inés», in the Leonese-Asturian boundary region near the Pass of Pajares. It apparently confirms the age attributed to the coal-bearing strata by Llopis Lladó (1955), on the basis of field evidence.

INTRODUCTION

Although there are numerous reports of fossil flora from the northern, main part of the Central Asturian Coalfield, little is known about the fossil content of the less important southern part, in the Asturian-Leonese border region. In fact, only a few stratigraphically unimportant species are mentioned in the literature from this region, viz. *Asterophyllites equisetiformis* (von Schlotheim) (Ruiz Falcó & Madariaga, 1932, p. 29), *Calamites cannaeformis* von Schlotheim (Arenio, 1874, p. 240), and *Calamites cistii* Brongniart (de la Vega, 1959, p. 19). Because of the virtual absence of palaeontological evidence, the present author was reluctant in the past to include this region stratigraphically with the Central Asturian Coalfield (see the general map of the Cantabric-Asturian area, published in 1959^a, fig. 1), although both Adaro (1926), and Llopis Lladó (1955), considered it as belonging to this coalfield on the basis of field evidence of a lithostratigraphic nature.

Recently, the opportunity arose to visit the region near the Pass of Pajares in connection with geological mapping in northern León. During an excursion in 1959 a number of plant impressions were collected from the tips of the mine «Inés», which is working a short sequence of parallel coal-measures in the upper part of the succession of Carboniferous strata recently studied by Llopis Lladó (1955). Lists of species have been given already in «A general account of the Palaeozoic Rocks between the rivers Porma and Bernesga, León, N.-W. Spain» (Wagner, 1963), but the description of the fossil flora was deferred to the special paper published at present. It is regretted that a

second visit to the mine in 1961 yielded no new evidence, so that the description must be based almost entirely on the few specimens collected before. Apparently the presence of fossil plants in this region is relatively rare (which explains the virtual absence of earlier records) and an age determination based on these plants can only be tentative. However there is sufficient evidence to support Adaro's and Llopis Lladó's belief, that the coal-measures in the region near the Pass of Pajares should be included with the Central Asturian Coalfield, since they both contain strata of the same general age.

Altogether, the following species were found in the tips of the mine «Inés», belonging to the company «Antracitas de Arbas, S. A.». They apparently came from the workings of the seams «Inés» and «Carmina», at about 13 metres stratigraphic distance (according to information which was kindly supplied by the local manager, Mr. Coto):

Linopteris obliqua (Bunbury).

Mariopteris nervosa (Brongniart).

Sphenopteris rotundifolia Andrae.

Sphenophyllum majus Bronn.

Annularia radiata Brongniart.

This assemblage is characteristic of middle to upper Westphalian strata and seems to be most typical of rocks of Westphalian C age.

According to Llopis Lladó (1955), the coal-measures worked in the mine «Inés» belong to the upper part of the Carboniferous succession recorded in the region near the Pass of Pajares. This part of the succession has been tentatively attributed to the Westphalian C by Llopis and this opinion is now proved to be probably correct. The lower part of the succession only yielded some Moscovian brachiopods to Llopis and is still to be dated more exactly. According to Llopis, it might well contain a complete succession from the Viséan to the Westphalian C. Further palaeontological evidence to substantiate this assumption is eagerly awaited, since it would tend to prove the theory put forward by Llopis Lladó (1955), that a condensed succession of strata would be present in the region near the Pass of Pajares, which would have been a positive region between the Central Asturian Basin and the Leonese area to the south.

Acknowledgments:

The specimens figured and described in the present paper were collected in 1959, while the author was in receipt of a grant from the Institute «Lucas Mallada», of the Scientific Research Council in Madrid. Consequently, the specimens are deposited in the collection of the «Lucas Mallada» Institute in the Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

The author is grateful to Professor B. Meléndez (Madrid) for arrangements with regard to fieldwork and to Miss G. E. de Groot (Leiden) for assistance with collecting.

Some more specimens of the same plant species were obtained in 1961 during a joint excursion with Professor L. R. Moore and Dr. R. Neves (Sheffield). These specimens are in the collections of the Department of Geology, University of Sheffield. A grant in aid towards field expenses from the Research Fund of Sheffield University is gratefully acknowledged.

The photographs reproduced on the Plates were made by Mr. B. Pigot in the Department of Geology (Sheffield). His assistance and that of the Chief Technician, Mr. G. Bryant, are much appreciated.

DESCRIPTION OF SPECIES

Linopteris obliqua (Bunbury).

Pl. 1, fig. 4; Pl. 2, fig. 4a.

Description:

Detached, usually rather small, slightly subfalcate pinnules of variable dimensions (10-20 mm. long and 4-8 mm. broad), which are about 2.5 to 3 times longer than they are broad. They are almost conical-shaped, with subparallel borders which taper towards a rounded apex. The nervation consists of a thin, distinct midvein which reaches about halfway up the pinnule, and slightly curved, fully anastomosed lateral veins which are more or less oblique to the pinnule borders. The shape of the vein meshes is quite variable, but as a rule those situated near the midvein are elongate (about 1.5-2 mm. long and 0.3-0.4 mm. wide), whereas those near the pinnule borders are much less elongate or even almost isodiametric (about 0.5-1 mm. long and 0.2-0.4 mm. wide).

Remarks:

The specimens figured and described here are quite similar to those recorded photographically from the type area of the species (i. e. Nova Scotia in Canada) by Bell (1938, p. 64, Pls LVIII and LX). Bell distinguished between two types, viz. *Linopteris obliqua* (Bunbury) proper and *Linopteris obliqua* var. *bunburyi* Bell. The variety could be recognised by its generally straighter pinnules and the somewhat wider network formed by its veins. According to Bell (1938), the species proper would occur generally somewhat lower in the stratigraphic succession than its variety, although the ranges of both partially overlapped.

It seems as if the specimens found in the Spanish Carboniferous usually

conform to *Linopteris obliqua* var. *bunburyi* Bell rather than to *Linopteris obliqua* (Bunbury) proper. This is certainly true for the specimens recorded by Jongmans (1952) from the Central Asturian Coalfield. Likewise, it seems that the specimens figured in the present paper show predominantly the small, straight-sided type of pinnule with a fairly wide venation, which is considered characteristic of *Linopteris obliqua* var. *bunburyi* Bell. On the other hand, we find also a larger, subfalcate pinnule with generally more narrow vein meshes associated with these specimens. This larger type of pinnule could be identified with *Linopteris obliqua* (Bunbury) proper. It seems doubtful, however, that the two types could be satisfactorily separated in this assemblage. In both the larger and the smaller types of pinnules there are more elongate meshes near the midvein and smaller, narrower meshes near the pinnule borders. It is only to be expected that the relative number of small, narrow meshes should prove greater in the larger type of pinnules which have wider marginal areas than in the smaller type (where the larger meshes near the midvein appear relatively more prominent). The same considerations may apply as well in the case of the specimens recorded from Nova Scotia by Bell (1938). In consequence, there may be little justification for regarding the smaller type of pinnules with the relatively more prominent large vein meshes as a special variety of *Linopteris obliqua* (Bunbury), since both the smaller and the larger types of pinnules possess basically the same kind of venation characterised by larger vein meshes near the midvein and more narrow ones near the pinnule border. In fact, it seems quite likely that both types of pinnules would occur on one and the same frond. If a distinction between types should be made, it may be as a difference between formae occurring on the same frond rather than varieties constituting different fronds. On the other hand, there is a possibility that the smaller type of pinnules might have become gradually predominant in the frond, so that the variety *bunburyi* Bell would have gradually taken over from *Linopteris obliqua* (Bunbury) proper (like it is contended by Pell!). In this case the institution of a special variety would be warranted. The predominance of the smaller type of pinnules with relatively wider vein meshes in our material would tend to class them as *Linopteris obliqua* var. *bunburyi* Bell rather than *Linopteris obliqua* (Bunbury) proper. However, the material at hand is too limited to warrant this conclusion as yet.

Linopteris obliqua (Bunbury) was first reported from the Central Asturian Coalfield by Zeiller (1882, p. 10-11), who recorded the species as *Linopteris subbrongniarti* Grand'Eury, but mentioned the possibility that the former name should be substituted. This suspicion was confirmed by Zeiller in 1899. *Linopteris subbrongniarti* Grand'Eury is now generally considered a junior synonym of *Linopteris obliqua* (Bunbury), although some doubt still subsists.

The present author has recorded a species of *Linopteris* from the Stephanian A coal measures of northern Palencia as *Linopteris brongniarti* (von Gut-

bier) (*in* Kanis, 1956, Pl. 2, fig. G), but later changed this identification to *Linopteris* cf. *subbrongniarti* Grand'Eury (Wagner, 1959^b, p. 406; Kanis, 1960, lám. III, fig. G). It concerns small, bluntly linear pinnules with a regular network venation, which shows more consistently elongate and narrow meshes than occur in *Linopteris obliqua* (Bunbury). The identification of this species, which occurs rather commonly in lower Stephanian A strata in north-western Palencia and northeastern León, is still in doubt. Presumably, it will have to be described as a new species.

Linopteris obliqua (Bunbury) itself has been identified in northern Palencia from lower Westphalian D measures at San Cebrián de Mudá (Wagner, 1955, p. 160), as well as from Stephanian A strata near San Felices de Castillera (Wagner, 1955, p. 163). Most commonly, however, it occurs in Westphalian C and D strata in the Central Asturian Coalfield as well as in outlying strata of the same ages in Asturias (cf. de la Vega, 1959, p. 39-40). The species is also recorded in Portugal from upper Westphalian D strata in the regions of Ervedosa and Santa Suzana (Teixeira, 1951, p. 11-12, Est. XIV, figs. 3-6; Est. XV; Est. XVI, figs. 2-3; Est. XVII, figs. 1-9). The Portuguese specimens typically represent *Linopteris obliqua* var. *bunburyi* Bell.

The species is generally considered a good marker for Westphalian C and D strata in North America (Canada) as well as in Europe, North Africa and Asia Minor. Its total stratigraphic range may be slightly longer, however, from upper Westphalian B to lower Stephanian A. Usually, it occurs in large numbers and, in the case of the Westphalian C and D floras of Central Asturias, it may be one of the predominant elements in the fossil flora. Its occurrence in the coal-measures near the Pass of Pajares is in keeping with the attribution of these coal-measures to the Central Asturian Coalfield.

Mariopteris nervosa (Brongniart)

Pl. 2, figs. 5, 5a.

Description:

Pinna fragments which show broadly triangular or more elongate triangular pinnules (depending on the position in the frond) of fairly robust aspect. The pinnules are usually entire, with the exception of the basal catadromous pinnules of each pinna of the last order. They occur close together, are mainly confluent at the base and occupy a position oblique to the supporting rachis. The nervation consists of a well-marked midvein, which is decurrent at the base and which persists for about two thirds of the pinnule length (or more in the more elongate pinnules), and by rather thick, widely spaced, steeply ascending nervules which fork at least once or twice.

Remarks:

The broadly triangular, usually entire pinnules with a wide and strongly marked nervation are quite typical of *Mariopteris nervosa* var. *macrophylla* (Brongniart), which is the form recognised by Corsin (1932) as *Mariopteris nervosa* (Brongniart) in the restricted sense.

There is a good resemblance between our specimens and those figured from the Saar Region by Corsin (among which there is an excellent reproduction of Brongniart's type specimen)

Mariopteris nervosa (Brongniart) ranges in age from the upper Westphalian B to the upper Westphalian D, according to Corsin (1932) and Danz & Corsin (1953). In NW. Spain its range seems to be slightly extended into lower Stephanian A, since well-characterised specimens of *Mariopteris nervosa* (Brongniart) have been found together with typical Stephanian species like, e. g. *Callipteridium gigas* (von Gutbier), in strata of lower Stephanian A age in northern Palencia (cf. Kanis, 1956, Pl. 2).

Very characteristic specimens of *Mariopteris nervosa* (Brongniart) have moreover been found in the uppermost Westphalian D strata outcropping near Ocejo de la Peña, in NE. León (Wagner, 1959^c). Curious enough, there are only a few records of *Mariopteris nervosa* in the Central Asturian Coalfield (Jongmans, 1951, 1952; Jongmans & Wagner, 1957; de la Vega, 1959), where the species has been sporadically encountered in beds of upper Westphalian C and Westphalian D ages.

Sphenopteris rotundifolia Andrae

Pls. 3-5, figs. 6-8

Description:

More or less flattened (1-2 mm. wide) to rounded (0.5-1 mm. wide) axes with alternating, almost perpendicularly inserted side pinnae. The pinnae of the last order are gradually tapering towards a relatively slender terminal. Rachis of the last order are thin and rounded as well as more or less flexuous in some cases. Pinnules typically grow in length, while retaining more or less the same width (dimensions: 2-7 mm. long and 2-3 mm. wide). Fully individualised pinnules range in shape from single-lobed, almost subcircular to ovoid pinnules to those with 2 or 3 lobes on either side of the midvein, after which the basal lobes subdivide and the pinnule becomes transformed into a pinna of the last order. The lobes are typically rounded. The nervation consists of a thin, rounded, sometimes rather flexuous midvein and bundles of radiating, repeatedly forking laterals. Bifurcation of the veins takes place under a relatively open angle. The limb of the pinnules may have been relatively sturdy.

Remarks:

Sphenopteris rotundifolia Andrae has been most recently described by Danzé (1955, 1956), who discussed in detail the different stages of its pinnule growth. In fact, he chose it as the example of pinnule ontogeny by mainly apical growth. The description given by Danzé checks in every respect with ours as given above.

Danzé also described fertile specimens indicating that *Sphenopteris rotundifolia* should be referred to the fructification genus *Renaultia*. No fertile specimens have been found in our material.

Stopes (1914, p. 32) showed that *Sphenopteris rotundifolia* Andrae was really a junior synonym of *Sphenopteris marginata* Dawson. However, the latter species had not been adequately defined originally, so that it seemed unreasonable to substitute it for the better known *Sphenopteris rotundifolia* Andrae (according to Kidston, 1923, p. 319; Bell, 1944, p. 71; Danzé, 1956, p. 204).

According to Danzé (1956), the species is most common in strata of Westphalian C age, although it also occurs in Westphalian B rocks (as well as in upper Westphalian A?). The same stratigraphic range is recorded by Kidston (1923), whilst in Canada the species has been reported from presumed Westphalian B rocks (Bell, 1944).

In NW. Spain, *Sphenopteris rotundifolia* Andrae has only been recorded doubtfully from strata of upper Westphalian C age in the region of Riosa, in the northwestern part of the Central Asturian Coalfield (Jongmans & Wagner, 1957, p. 14). The present find in the region near the Pass of Pajares confirms its existence in the Central Asturian Basin. It seems to date the coal-measures of the mine «Inés» as being of Westphalian C age.

Sphenophyllum majus Bronn

Pl. 1, figs. 1-3; Pl. 3, fig. 7; Pl. 4, fig. 7a.

Description:

Ribbed, articulate axes with fragments of whorls consisting of relatively long leaves with straight lateral margins and a more or less deeply incised distal margin, which is drawn out into pointed teeth. All the leaves exhibit a cleft in the middle. There is a variable amount of dissection of the distal margin, which may be merely toothed (see Pl. 1, figs. 2-3) or deeply dissected so that the leaf margins follow the veins (Pl. 1, figs. 1, 1a). The length of the leaves is about 3 to 5 times the average width. Most of the specimens show 8 teeth on the distal margin. There may be about 7 leaves in a whorl. No fertile specimens have been found.

Remarks:

The specimens figured here all seem to be fairly typical of *Sphenophyllum majus* Bronn. They show relatively longer leaves than those occurring in *Sphenophyllum cuneifolium* Sternberg, whereas they are shorter than the leaves of *Sphenophyllum longifolium* Germar. The incidence of rather deeply incised leaves is usually rather high in *Sphenophyllum majus* Bronn and an example is given on Pl. 1, figs. 1, 1a. Possibly the most typical specimen is reproduced on Pl. 3, fig. 7 (enlarged on Pl. 4, fig. 7a), which shows fairly long and slender leaves with rather long, pointed teeth.

Several authors have stressed the presence of two veins at the basis of each leaf of *Sphenophyllum majus* Bronn, but this is almost certainly an unreliable feature which very much depends on the preservation of the specimen in hand. One of our specimens shows the entry of a single vein which bifurcates almost immediately, so that a semblance of two veins at the basis of the leaf is produced.

Sphenophyllum majus Bronn is usually recorded from strata of Westphalian C and D ages (cf. Gothan & Remy, 1957, p. 60), but, according to Corsin (1952) and Doubinger & Vetter (1954), the species may also persist into lower Stephanian rocks. It is a typically European species, which has also been recorded from North Africa (see Jongmans, in Jongmans & Deleau, 1951, Pl. IX, fig. 69: under the name of *Sphenophyllum* cf. *oblongifolium* Germar & Kaulfuss) and Asia Minor (Zeiller, 1899, Pl. VI, fig. 8). In North America it seems to have been confused with *Sphenophyllum alatifolium* Renault, which has been repeatedly figured under the name of *Sphenophyllum majus* Bronn (see D. White, 1899, p. 180-182, Pl. I, figs. 5, 6a; Pl. LI, fig. a; Pl. LXXIII, fig. 3; Abbott, 1958, p. 349-351, Pl. 37, fig. 23; Pl. 46, fig. 75; p. 333, chart 4).

In Spain the species has been recorded photographically by Jongmans (1952, lám. XII, figs. 33, 32a; lám. XXVI, figs. 88, 88 a-b: under the names of *Sphenophyllum* cf. *oblongifolium* Germar & Kaulfuss and *Sphenophyllum* cf. *verticillatum* von Schlotheim, respectively). These specimens came from Westphalian D and C strata in the Central Asturian Coalfield. Furthermore, *Sphenophyllum majus* Bronn has been mentioned from Westphalian D strata (Ablanedo formation) in the region of Riosa in the same coalfield (Jongmans & Wagner, 1957, p. 17-18). It is possible that the specimen figured under the name of *Sphenophyllum cuneifolium* Sternberg from the Central Asturian Coalfield (Mieres) by Ruiz Falcó & Madariaga (1932, lám. IX, figs. 2-3) should also be referred to *Sphenophyllum majus* Bronn.

Further remarks are given as an Addendum on page 249.

Annularia radiata Brongniart*Description:*

Whorls of single-veined leaves of lanceolate shape, with the largest width in the middle and terminating in a pointed apex. There are about 10 leaves in each whorl. The length of the leaves is variable and ranges from 6 to 10 mm. in the specimens at hand. They are 1 to 1.5 mm. wide.

Remarks:

The specimens conform to the common species *Annularia radiata* Brongniart, which is of no particular stratigraphic significance, since it occurs from the Namurian C to the lower Stephanian A.

REFERENCES

- ABBOTT, M. L. (1958): *The American species of Asterophyllites, Annularia, and Sphenophyllum*. «Bull. American Paleontology», 38, núm. 174, p. 285-390, charts 1-5. Pls. 35-49.
- ADARO, L. DE (1926): *Atlas del estudio estratigráfico de la cuenca hullera asturiana*. «Inst. Geol. España».
- ARETIO Y LARRINAGA, A. (1874): *Enumeración de plantas fósiles españolas*. «An. Soc. Esp. Hist. Nat.», III, p. 225-250.
- BELL, W. A. (1938): *Fossil Flora of Sydney Coalfield, Nova Scotia*. «Mem. Geol. Survey Canada», 215, p. 1-334, Pls. I-CVII.
- (1954): *Carboniferous Rocks and Fossil Floras of Northern Nova Scotia*. «Mem. Geol. Survey Canada», 238, p. 1-119, Pls. I-LXXIX.
- CORSIN, P. (1932): *Mariopteridées*. «Études Géol. Min. France, Sarre-Lorraine, Flore Fossile», I, 3, p. 111-173, Pls. LXI-CVII.
- (1952): *Sur la limite entre le Westphalien et le Stéphien et sur la flore du Westphalien D et du Stéphien A*. «C. R. 3^e Congrès Carbonifère», Heerlen 1951, I, p. 93-98.
- DANZÉ, J. (1955): *Rôle du développement ontogénique dans la diagnose paléobotanique*. «Ann. Soc. géol. Nord», LXXV, p. 83-93, Pl. V.
- (1956): *Contribution à l'étude des Sphenopteris. Les fougères sphénoptéridiennes du bassin houiller du Nord de la France*. «Études Géol. Atlas Top. Souterraine, Serv. Géol. Houillères Nord et Pas-de-Calais», I, «Flore Fossile», p. 1-568, Pls. I-LXXXVI.
- DANZÉ-CORSIN, P. (1953): *Contribution à l'étude des Mariopteridées. Les Mariopteris du Nord de la France*. «Études Géol. Atlas Top. Souterraine, Serv. Géol. Houillères Nord et Pas-de-Calais», I, «Flore Fossile», I, p. 1-269, Pls. I-XXVIII.
- EGUBINGER, J. & VETTER, P. (1954): *Sur les Sphenophyllum du Stéphien. Contribution à la révision du genre Sphenophyllum*. «Ann. Soc. géol. Nord», LXXIV, p. 106-121.
- GOTHAN, W. & REMY, W. (1957): *Steinkohlenpflanzen (Leitfaden zum Bestimmen der wichtigsten pflanzlichen Fossilien des Paläozoikums im rheinisch-westfälischen Steinkohlengebiet)*. «Verlag Glückauf GmbH, Essen», p. 1-248, Textabb. 1-221, Tafn 1-6.
- JONGMANS, W. J. (1911): *Anleitung zur Bestimmung der Karbonpflanzen West-Europas. I. Thallopiphytae, Equisetales, Sphenophyllales*. «Mededeelingen Rijksopsporing van Delfstoffen», 3, p. 1-482, figs. 1-390.
- (1951): *Las floras carboníferas de España*. «Estudios Geológicos», VII, 14, p. 281-330.
- (1952): *Documentación sobre las floras hulleras españolas. Primera contribución: Flora carbonífera de Asturias*. «Estudios Geológicos», VIII, 15, p. 7-9, láms. II-XXVIII.
- (1955): *Notes paléobotaniques sur les Bassins houillers de l'Anatolie*. «Mededelingen Geol. Stichting. (N. S.)», 9, p. 55-89.
- JONGMANS, W. J. & DELEAC, P. (1951): *Les Bassins houillers du Sud Oranais. II: Contribution à l'étude paléontologique*. «Bull. Serv. Carte géol. Algérie (1), Pal.», 13, p. 7-48, Pls. I-XVI (flore), Pls. I-V (faune).
- JONGMANS, W. J. & WAGNER, R. H. (1957): *Apuntes para el estudio geológico de la Zona Hullera de Riosa (Cuenca Central de Asturias)*. «Estudios Geológicos», XIII, 33, p. 7-26, lám. II.
- KANIS, J. (1956): *Geology of the eastern zone of the Sierra del Brezo (Palencia Spain)*. «Leidse Geol. Mededeelingen», XXI, p. 377-445. Pls. 1-3. Apéndices 1-3.
- (1960): *Investigaciones geológicas en la zona oriental de la Sierra del Brezo*. «Estudios Geológicos», XVI, p. 109-156, láms. I-III, Apéndices 1-3.
- KIDSTON, R. (1923-25): *Fossil Plants of the Carboniferous Rocks of Great Britain*. «Mem. Geol. Survey Gr. Britain, Pal.», II, pts. 1-6, p. 1-681, Pls. 1-CLIII.
- LLÓPIS LLADÓ, X. (1955): *Estudio geológico del reborde meridional de la cuenca carbonífera de Asturias*. «Pirineos», X, 31-32, p. 33-177, láms. I-XI, Mapa geol. (asimismo en: «Mon. Geol. Inst. Geol. apl. Oviedo, III).
- RUIZ FALCÓ, M. & MADARIAGA, R. (1931-32): *Vegetales fósiles del Carbonífero español*. «Bol. Inst. Geol. Min. España», LII, p. 121-145 (1-25), láms. I-V; LIII, p. 27-47, láms. VI-IX.
- STOKES, M. C. (1914): *The «Fern Ledges» Carboniferous Flora of St. John, New Brunswick*. «Mem. Geol. Survey Canada», 41, p. 1-142, Pls. I-XXV.
- TEIXEIRA, C. (1951): *Plantas fósseis do Permo-Carbónico português, II*. «Com. Serv. Geol. Portugal», XXXII, p. 5-17, Est. I-XXII.
- VEGA, C. DE LA (1959): *Flora carbonífera de Asturias y su distribución estratigráfica*. «Brevevora Geológica Astúrica», III, 1-2, p. 3-70.
- WAGNER, R. H. (1955): *Rasgos estratigráfico-tectónicos del Paleozoico superior de Bierne-lo (Palencia)*. «Estudios Geológicos», XI, 26, p. 145-202, láms. XXVIII-XXXII.
- (1959^a): *Some Stephanian Pecopterids from NW. Spain*. «Mededelingen Geol. Stichting. (N. S.)», 12 (1958), p. 5-23, Pls. 1-13.
- (1959^b): *Flora fósil y estratigrafía del Carbonífero en España NW. y Portugal N.*. «Estudios Geológicos», XV (tomo homenaje a S. Miguel de la Cámara), p. 393-420.
- (1959^c): *Sur la présence d'une nouvelle phase tectonique «léonienne» d'âge Westphalien D dans le Nord-Ouest de l'Espagne*. «C. R. Acad. Sci», Paris, 249, p. 2804-2806 (trad. esp. M. LÓPEZ DE AZCONA, 1960): *Presencia de una nueva fase tectónica «Leonense» de edad Westfaliense D en el Nor-Oeste de España*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. MIN. ESPAÑA, 60, p. 221-226).
- (1963): *A general account of the Palaeozoic Rocks between the rivers Porma and Berne-ga (León, NW. Spain)*. «Bol. Inst. Geol. Min. España» (in press).
- WHITE, D. (1899): *Fossil Flora of the Lower Coal Measures of Missouri*. «Mon. U. S. Geol. Survey», XXXVII, p. 1-467, Pls. I-LXXIII.
- ZELLER, R. (1882): *Notes sur la flore houillère des Asturies*. «Mém. géol. Nord», I, 3, p. 1-22 (trad. esp. *Notas sobre la flora hullera de Asturias*. «Bol. Com. Mapa Geol. España», II).
- (1899-1901): *Étude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie Mineure)*. «Mém. Soc. géol. France, Pal.», 21, p. 1-91, Pls. I-VI.

ADDENDUM

While this paper was in press a publication was received from W. Remy (1962), who has re-examined the original illustrations of *Sphenophyllum majus* Bronn as well as topotype material of the same species. Remy's careful study of those specimens has shown a number of characteristics which set this type material apart from most of the specimens recorded under the name of *Sphenophyllum majus* Bronn in the literature. Also our specimens as figured and described in the present paper show several features which do not correspond with those of the type specimens. For example, the typical *Sphenophyllum majus* Bronn has relatively broader leaves (about 1.5 to 2 times longer than they are broad) with a correspondingly larger number of teeth on the distal margin (14 to 16 teeth per leaf) than occur in our specimens. Moreover, the teeth in *Sphenophyllum majus* Bronn are in the shape of pointed arches («spitzbogenförmig»), whereas they are apparently more straight-sided in our specimens. There is consequently no doubt that our specimens should be ranged with those examples of *Sphenophyllum majus* auct. which cannot be identified with the type.

It seems clear from Remy's detailed study, that a revision of *Sphenophyllum majus* auct. (*non* Bronn) should yield a number of hitherto undescribed, more closely defined species. Our specimens may well belong to such a new species. They are not well enough preserved however to serve as type material, so that a description of comparable specimens on better preserved material is awaited before they can be definitely identified.

With regard to stratigraphic occurrence, it may be observed that the discussion given on page 246 refers to *Sphenophyllum majus* auct. and thus may still be regarded as valid for the specimens in hand.

REFERENCE

- REMY, W. (1962): «*Sphenophyllum majus*» Bronn, sp., «*Sphenophyllum saarensis*» n. sp. und «*Sphenophyllum orbicularis*» n. sp. aus dem Karbon des Saargebietes, «Monatsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin», 4, 34, p. 235-246, Text-Abb. 1-5, Tafel 14.

EXPLANATION OF PLATES

(Explicación de las láminas)

The specimens reproduced on the Plates were all collected from the tips of the mine «Inés» (Antracitas de Arbas, S. A.), northeast of Busdongo (León). The material was derived from the workings of the seams «Inés» (loc. 956) and «Carmina» (loc. 957), which occur with a 13 metres interval in the same sequence of coal-bearing strata. They are impressions in sandy shales and mudstones, which are rather heavily indurated.

* * *

Los ejemplares reproducidos en las láminas fueron hallados todos en las escombreras de la mina «Inés» (Antracitas de Arbas, S. A.) al nordeste de Busdongo (León). El material fue derivado de las explotaciones de las capas «Inés» (loc. 956) y «Carmina» (loc. 957), las cuales se encuentran poco distantes la una de la otra, puesto que hay solamente un intervalo de 13 metros entre ambas capas. Los fósiles son impresiones de hojas y tallos en pizarras arenosas bastante endurecidas.

PLATE (LÁMINA) 1

LÁMINA 1

Fig. 1. *Sphenophyllum majus* Bronn.

Stem-fragment with highly dissected leaves.
Origin: tip of the seam «Carmina» (loc. 957)

Tallo con hojas profundamente divididas.
Procedencia: escombrera de la capa «Carmina» (loc. 957).

Fig. 1a. The same specimen, three times enlarged to show a deeply dissected leaf, in which the leaf margins follow the nervation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar una hoja dividida tan profundamente, que los bordes de la hoja siguen la nerviación.

Fig. 2. *Sphenophyllum majus* Bronn.

A single whorl of fairly long, relatively undissected leaves. There appear to be about 7 leaves in the whorl.

Origin: tip of the seam «Inés» (loc. 956).

Un solo verticilo con hojas largas y relativamente enteras.
Parece que hay 7 hojas en este verticilo.

Procedencia: escombrera de la capa «Inés» (loc. 956).

Fig. 2a. The same specimen, three times enlarged.

El mismo ejemplar ampliado tres veces

Fig. 3. *Sphenophyllum majus* Bronn.

Three fragmentary whorls of leaves.

Origin: tip of the seam «Inés» (loc. 956).

Tres verticilos fragmentarios de hojas.

Procedencia: escombrera de la capa «Inés» (loc. 956).

Fig. 3. The same specimen, three times enlarged to show the nervation pattern, the cleft in the middle of the leaves and the fairly long, pointed teeth on the distal margin.

El mismo ejemplar, ampliado tres veces para mostrar la nerviación, así como la cordadura mediana y los dientes agudos del borde distal de las hojas.

Fig. 4. *Limopteris obliqua* (Bunbury).

Detached pinnules of both the small, straight-sided type and the larger, more subfalcate type.

Origin: tip of the seam «Inés» (loc. 956).

Pínulas aisladas del tipo pequeño y lineal, así como una del tipo más grande y subfalcado
Procedencia: escombrera de la capa «Inés» (loc. 956).

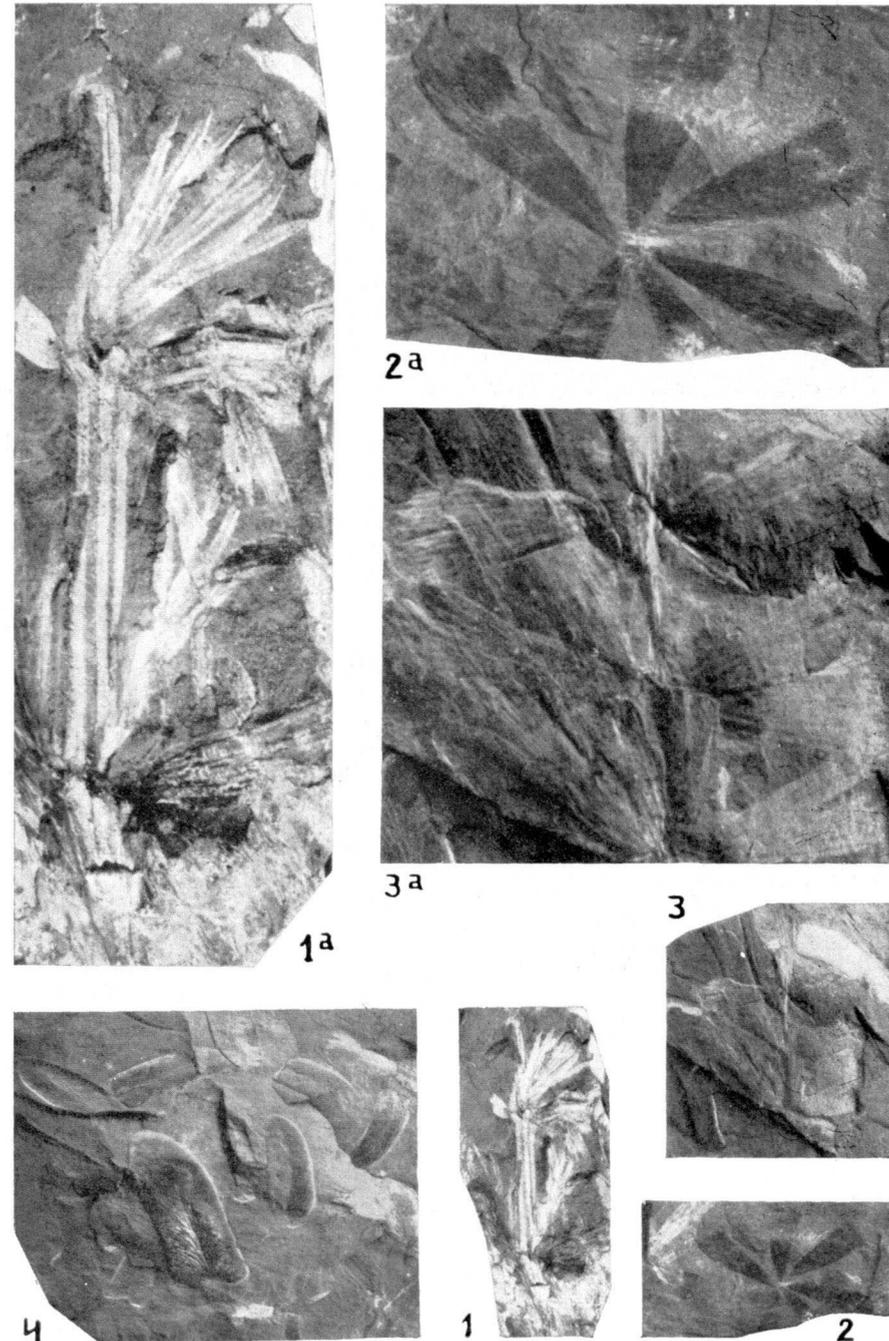


PLATE (LÁMINA) 2

Fig. 4a. *Linopteris obliqua* (Bunbury).

An enlargement (3 ×) of the specimen figured on Pl. 1, fig. 4. It shows the nervation which consists of elongate meshes near the midvein and shorter, more isodiametric meshes near the pinnule borders.

Una ampliación por tres del ejemplar figurado en la lámina 1, fig. 4. Muestra la nerviación característica de la especie, que consiste en nervios anastomosados formando mallas alargadas cerca del nervio medio y mallas más isodiamétricas en la proximidad de los bordes de las pinulas.

Fig. 5. *Mariopteris nervosa* (Brongniart) Zeiller.

Pinna fragment showing the typically squat, triangular pinnules.
Origin: tip of the seam «Inés» (loc. 956).

Fragmento de una pina con las pinulas características de forma triangular y bastante robustas.

Procedencia: escombrera de la capa «Inés» (loc. 956).

Fig. 5a. The same specimen, three times enlarged to show better the shape of the pinnules and to indicate the fairly wide and coarse nervation.

El mismo ejemplar ampliado tres veces para indicar mejor la forma de las pinulas, así como la nerviación distante y gruesa.

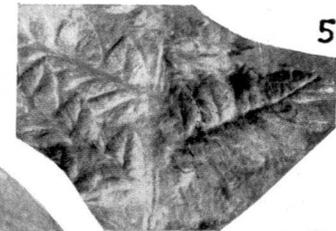




PLATE (LÁMINA) 3

Fig. 6. *Sphenopteris rotundifolia* Andrae.

Fragment of a pinna.

Origin: tip of the seam «Carmina» (loc. 957).

Fragmento de pina.

Procedencia: escombrera de la capa «Carmina» (loc. 957).

Fig. 6a. The same specimen, three times enlarged in order to bring out the shape of the fully developed pinnules with 3 to 4 rounded lobes on either side of the midvein. The venation consists of a somewhat flexuous midvein and repeatedly forked laterals which bifurcate under an open angle.

El mismo ejemplar ampliado tres veces para mostrar la forma y nerviación de las pínulas. Son pinulas completamente desarrolladas con 3 a 4 lóbulos a cada lado del nervio medio. La nerviación consiste en un nervio medio bastante flexuoso y varias agrupaciones de nervios laterales repetidamente divididos bajo un ángulo bastante abierto.

Fig. 7. *Sphenopteris rotundifolia* Andrae & *Sphenophyllum majus* Brom.Fragments of pinnae of *S. rotundifolia*, which show the lobing pattern of the speciesFurthermore, a specimen of *S. majus* with fairly long and slender leaves.

Origin: tip of the seam «Carmina» (loc. 957).

Fragmentos de pinas de *S. rotundifolia*, mostrando el sistema de lobulación de la especieAdemás, un ejemplar de *S. majus* con las hojas característicamente alargadas.

Procedencia: escombrera de la capa «Carmina» (loc. 957).

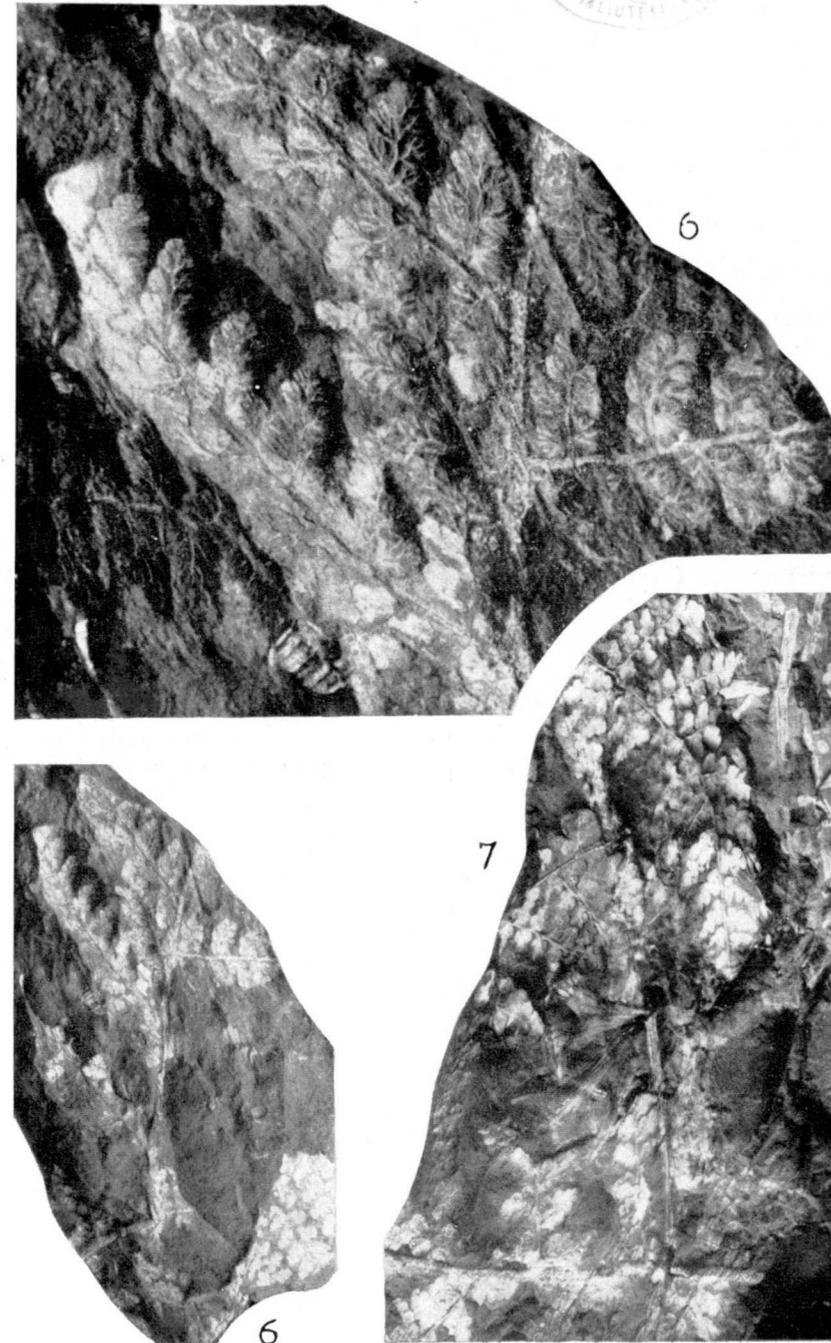




PLATE (LÁMINA) 4

Fig. 7a. *Sphenopteris rotundifolia* Andrae & *Sphenophyllum majus* Bronn.

An enlargement (3 ×) of the top part of the specimen figured on Pl. 3, fig. 7. It shows the top part of a pinna of the penultimate order and illustrates the lobing pattern of *S. rotundifolia*. Fully developed pinnules in the apical part of the pinna show a further division of the basal lobe which grows out into a more or less ovoid individual pinnule, the sides of which then proceed to lobe. *S. majus* is represented by two slender leaves, which are deeply cleft in the middle and which possess long pointed teeth.

Una ampliación por tres de la parte superior del ejemplar figurado en la lámina anterior (fig. 7). Muestra la parte apical de una pina del penúltimo orden, que indica bien la manera de lobulación característica de la especie *S. rotundifolia*. Pímulas completamente desarrolladas de la parte terminal de la pina pasan a ser pinas del último orden por medio de la división del lóbulo basal de las pímulas lobuladas. Estas pinas, a su vez, muestran el desarrollo de las pímulas, primeramente ovaladas y luego lobuladas, hasta que llegan a parecer las pímulas lobuladas del ápice de la pina. *S. majus* está representado por hojas típicamente alargadas y bastante esbeltas, cuya margen distal está profundamente dividida en dos; muestran igualmente los dientes muy agudos por los que termina cada hoja.





PLATE (LAMINA) 5

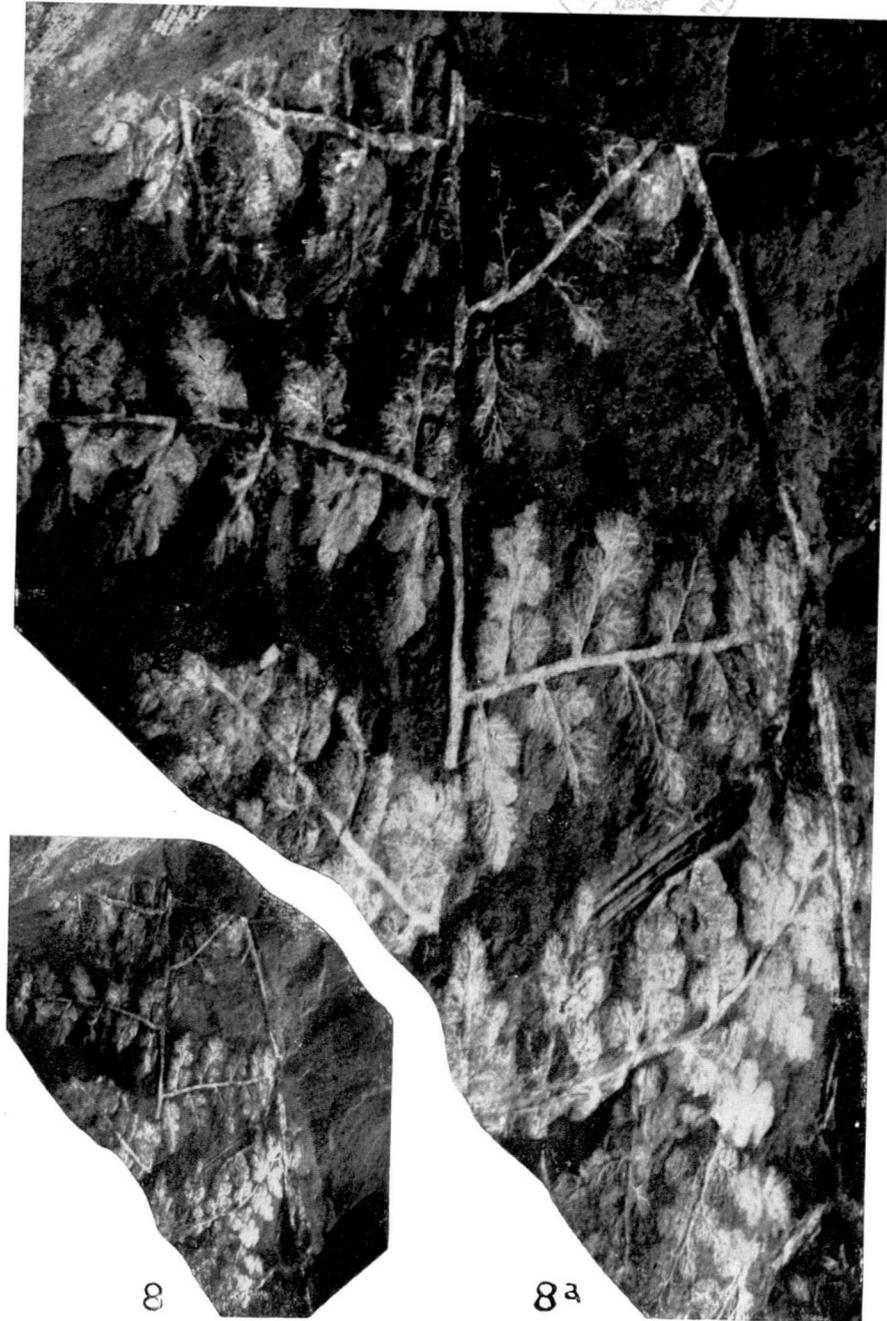
Fig. 8. *Sphenopteris rotundifolia* Andrae.

Fragment of a pinna of the penultimate order.
Origin: tip of the seam «Carmina» (loc. 957).

Fragmento de una pina del penúltimo orden.
Procedencia: escombrera de la capa «Carmina» (loc. 957).

Fig. 8a. The same specimen, three times enlarged. It shows fully developed pinnules which are well on the way to become pinnae of the last order. In fact, most of the basal lobes are already lobing themselves, so that the specimen in hand should really be regarded as a tripinnate fragment.

El mismo ejemplar aumentado tres veces. Muestra pinulas completamente desarrolladas hasta el punto que los lóbulos basales ya han empezado a lobularse ellos mismos, así que representan realmente pinas del último orden. Por lo tanto, el ejemplar figurado puede considerarse como un fragmento tripinatado.



8

8a

LUIS C. GARCÍA DE FIGUEROA, J. G. PRADO Y L. SANCHEZ DE LA TORRE

LAS ROCAS DEL CAMBRICO

III. DE LOS AFLORAMIENTOS DE TINEO (RIO VILLAR Y PUENTE DEL TUÑA)

RESUMEN

Se cartografiaron y estudiaron los afloramientos del río Villar y Puente del Tuña (Tineo) que contienen rocas sedimentarias disjuntas en dos sinciniales terminados de forma periclinal. Son sedimentos cuarcíticos con tránsito a otros procedentes de rocas efusivas de composición diabásica. Son concordantes con las cuarcitas o subarcosas del Georgiense y con las calizas del Acadiense. Se las considera como episodios dentro de las primeras.

SUMMARY

Field works on thickets outcrops of Villar River and Puente del Tuña (Tineo, Asturias), and observations in Laboratory has permitted certain points of interest. There are to this place two sinclinal close shape periclinal towards NE., and constitute for arenaceous series including diabasic «agglomerats» and other related rocks. They are included in the Georgiense age. It is followed by some general considerations on genesis.

INTRODUCCIÓN

Al sur de Tineo, o mejor dicho de Santa Eulalia de Tineo, la carretera de La Espina a Ponferrada corta unas rocas de colores verde oscuro o casi negras, sin clara estratificación y con disyunción que en algunos puntos tiende a la forma de bolas. Otras de aspecto semejante, si bien con disyunción más pizarrosa y cuarteada aparecen en la confluencia del río Tuña con el Narcea. Ambos afloramientos eran ya conocidos de antes. El primero está citado por Barrois (1), que estudió algunos ejemplares recogidos entre Santa Eulalia y Tineo en un pequeño barranco, ya que probablemente en aquel entonces no existiese el corte de la carretera. Considera tales formaciones como un «tuff diabásico» después de hacer un detenido estudio microscópico. En 1960, Llopis y Martínez Alvarez (10) citan estas rocas de pasada y las suponen de emisiones volcánicas recientes.

El segundo afloramiento aparece señalado en el mapa del Itinerario Geológico de Oviedo a Tineo (9), sin dar ninguna explicación respecto a su composición u origen.

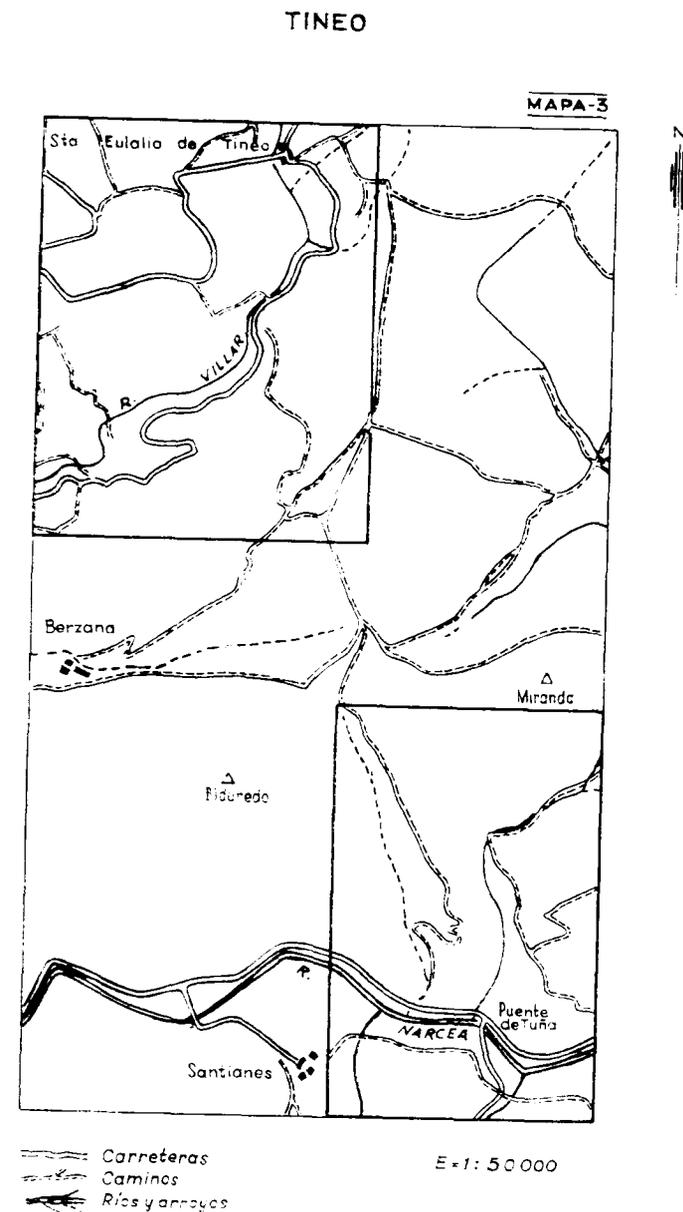
Nuestra primera intención fue aclarar la génesis de estas formaciones, y enseguida pudimos comprobar su origen, en gran parte detrítico, así como el hecho de encontrarse asociadas a «cuarcitas» con pasos bastante insensibles. Además, en el Puente del Tuña quedaban situadas muy próximas a una potente formación de calizas similares e inmediatas a las del Rodical, que se consideran como del Cámbrico medio (12 y 13). Consecuentemente teníamos la oportunidad de situar bien estas formaciones mediante una serie de cortes y una cartografía adecuada.

Para este fin se emplearon mapas a escala 1/10.000 sacados fotográficamente del 1/50.000, que ha servido de base para la cartografía que se acompaña una vez suprimidas todas las curvas de nivel excepto las maestras, para dar mayor claridad al dibujo. Se señalaron únicamente los datos capaces de aclarar la situación estratigráfica y la disposición de estas formaciones. Resultó claro que estaban situadas debajo de las calizas y concordantes con ellas. Es decir, que se trata de formaciones del Cámbrico inferior, por lo que este estudio lo incluimos en la serie de notas que sobre tales rocas se vienen publicando por uno de nosotros (5 y 6).

En los trabajos de laboratorio se han seguido las técnicas corrientes sobre la observación en lámina delgada. La mayoría de las muestras eran lo suficientemente consistentes para la obtención de las mismas, sin que por ello se perdieran los caracteres estructurales. Las denominaciones petrográficas empleadas en las descripciones de campo y en los mapas levantados lo están en sentido amplio. Así, por ejemplo, el término «cuarcita» corresponde a un conjunto de rocas detríticas de grano fino y homogéneo, y de tonos blancos o amarillentos. La mayoría de ellas, estudiadas con el microscopio, podrían considerarse como protoquarcitas impuras, subarcosas o subgrauwackas. Pero la distinción sobre el terreno y su cartografía es prácticamente imposible y hemos decidido incluirlas en un término general bien visible en el campo. En cuanto al de «aglomerados» empleado en los mapas, está tomado en el sentido de M. San Miguel de la Cámara (14) y no en el de Williams, Turner y Gilbert (16), Heinrich (7), Carozzi (2), Wahlstrom (15) y otros. Queremos indicar que dichas facies, en conjunto, corresponden a procesos sedimentarios con menor participación piroclástica.

DATOS DE CAMPO

No se ha podido establecer una conexión directa entre las dos zonas, y su situación relativa puede verse en el mapa 3. Quizá sean independientes a modo de lentejones entre las cuarcitas o las cuarcitas y las calizas, o bien



adquieran una disposición en S pasando de un afloramiento a otro bajo el Estefaniense que aparece en la parte inferior del mapa 2. Por este motivo las observaciones del campo las damos en dos apartados.

Zona del río Villar

Este río, tributario del Rodical, que a su vez lo es del Narcea, tiene un curso corto con un valle muy angosto, labrado en la penillanura ya degenerada de La Espina. De aquí hacia el NE la superficie de arrasamiento se conserva más íntegra por la defensa que las diferentes cuarcitas hacen frente a la onda erosiva de los cursos actuales. Por el contrario, hacia el W se disuelve en cerros con tendencia al aislamiento y en parte rebajados por encontrarse sobre un complejo pizarroso o sobre pequeños manchones del Estefaniense. El Rodical y el Villar marcan el límite entre las dos zonas, y gracias a la excavación de éste último se ha puesto de manifiesto la disposición que adquieren las formaciones que estudiamos. Hacia el SE vienen recubiertas por sedimentos datados como del Carbonífero, mientras que al NE, ya en la penillanura, se apoyan sobre extensas series pizarrosas no estudiadas y citadas como del Cámbrico (10). Hay, sin embargo, algunas probabilidades que correspondan a las llamadas «pizarras del Narcea», consideradas como precámbrica (12), ya que se continúan a lo largo de la ladera sur de la Sierra de Tineo hacia Gera y Pola de Allande. Por otra parte, dado que las cuarcitas aparecen bajo el complejo calizo del Acadiense, es probable que efectivamente se apoyen sobre tales pizarras.

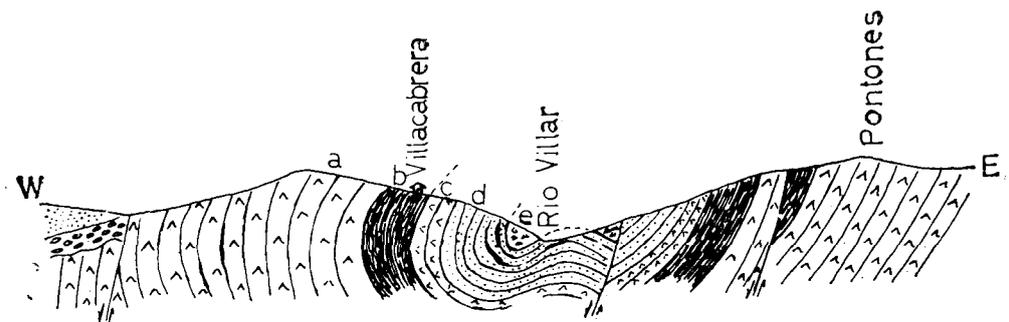


Fig. 1.

En el mapa 2 damos la cartografía levantada, pero para una mejor comprensión presentamos algunos cortes. El correspondiente a la figura 1 comienza en el W sobre el Estefaniense, que se pone en contacto con las cuarcitas mediante falla. A partir de aquí las formaciones son:

ZONA DEL RIO VILLAR

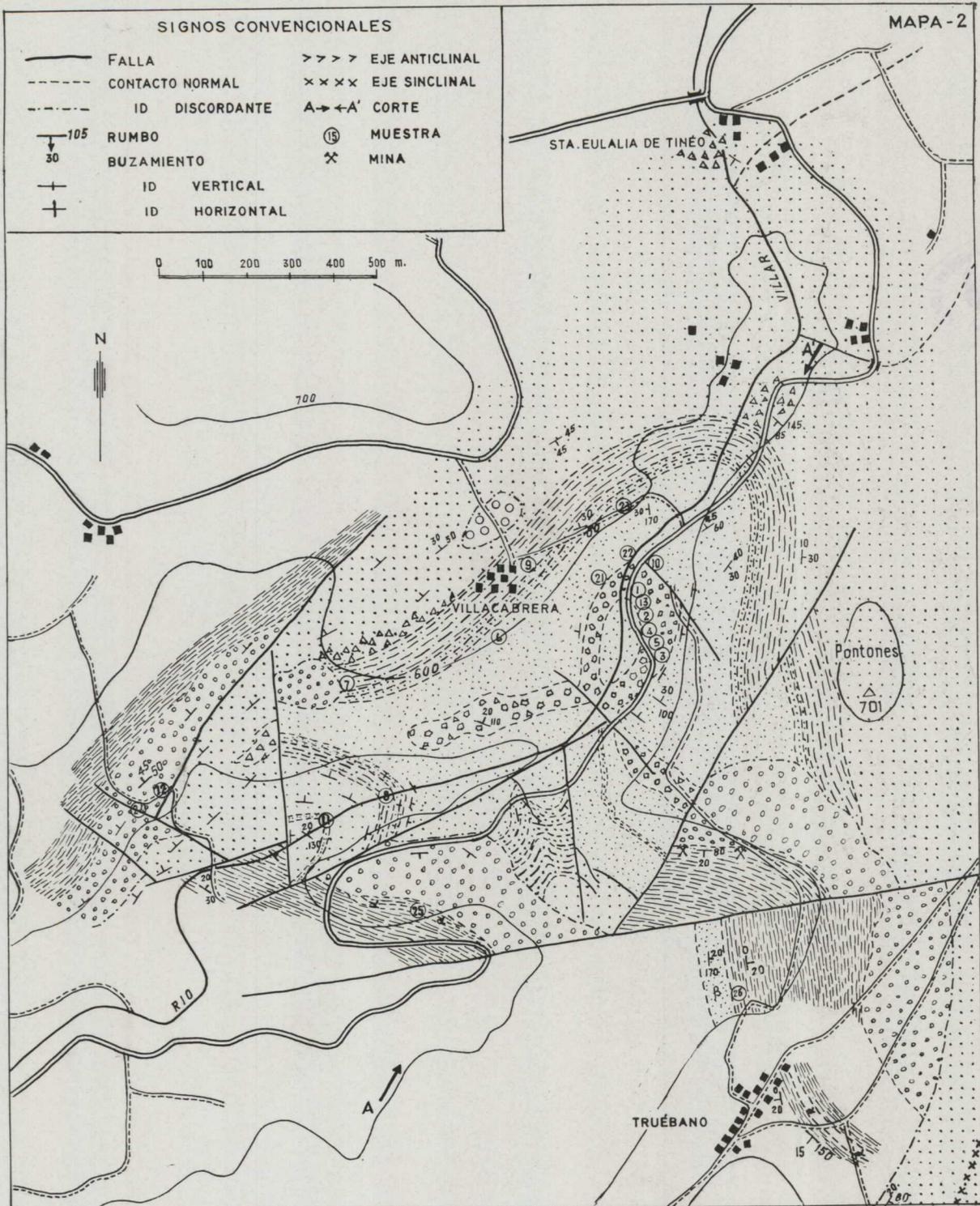
MAPA - 2

SIGNOS CONVENCIONALES

	FALLA		EJE ANTICLINAL
	CONTACTO NORMAL		EJE SINCLINAL
	ID DISCORDANTE		CORTE
	RUMBO		MUESTRA
	BUZAMIENTO		MINA
	ID VERTICAL		
	ID HORIZONTAL		

0 100 200 300 400 500 m.

N



TERCIARIO

CONGLOMERADOS

ESTEFANIENSE

CUARCITAS ARENOSAS

ROCA FELDESPA ALTERADA

PIZARRAS

PUDINGA

CAMBRICO

FACIES BRECHOIDE

FACIES ARENOSA }
AGLOMERADO
DIABASICO

FACIES PIZARROSA ARENOSA

CUARCITA INTERCALADA

CUARCITA ZONAS BRECHOIDES

Equidistancia de las curvas de nivel = 100 m.

a) Cuarcita blanca, en gruesos paquetes compactos, sin pizarrosidad. No contiene huellas ni pistas.

b) 30 a 40 metros de arenisca pizarrosa con algo de material efusivo detrítico. Muy alterada, de color blanco amarillento, carácter pizarroso muy marcado y con planos de disyunción cubiertos por óxidos de Fe y Mn. A esta formación le damos el nombre de facies pizarrosa del aglomerado efusivo.

c) 20 a 25 metros de arenisca cuarcífera, de color amarillento y tamaño del grano que alcanza 1 mm. Con pequeñas manchas de óxidos de Fe y Mn.

Es posible que contenga restos efusivos muy alterados.



Fot. 1.—Aspecto general de las facies brechoides en el Km. 9 de la carretera de La Espina a Ponferrada.

d) 50 a 60 metros de arenisca pardo-amarillenta, pizarrosa y de grano más fino que el anterior, con capas muy delgadas de arcillas o pelitas. Es algo similar a las formaciones b). La denominamos facies cuarcítica de los aglomerados volcánicos.

e) 80 a 100 metros visibles de aspecto brechoide, muy alterada, con colores parduzcos y pizarrosidad bien marcada en algunas zonas. Es concordante con la serie sedimentaria situada topográficamente encima. La denominamos facies brechoide y es la más espectacular de todas (fots. 1 y 7).



Fot. 7.—Fotografía de la facies brechoide del río Villar con un verdadero «Enclave» de roca efusiva hacia la izquierda de la fotografía. De él se hizo la preparación n.º 13 y cuyo aspecto general puede verse en la foto n.º 8

Pasado el río Villar, las rocas se repiten a pesar de verse afectadas por dos fallas. De ellas, la más oriental es la responsable de que aparezcan unas cuarcitas del tipo *a*) intercaladas entre las facies pizarrosas del aglomerado.

Se ve claro que estas facies constituyen un pequeño sinclinal a cuyo eje longitudinal se amolda el curso del río. El sinclinal buza al W o NW con distintos grados de inclinación.

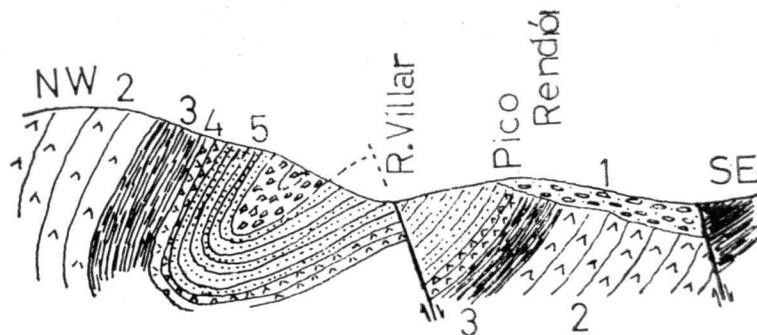


Fig. 2.

Aguas arriba del corte anterior, el río se desplaza hacia una de las fallas quedando todo el pliegue en la margen derecha y aún más tumbado. En el corte de la figura 2 se puede observar esta disposición que además nos muestra el Estefaniense discordante en el pico Rendón.

1. Pudinga del Estefaniense con cantos de cuarcita de tamaño de un puño, raramente son del aglomerado volcánico. El cemento es abundante en elementos efusivos muy alterados.

2. Cuarcita de la base idéntica a la *a*) de la figura 1.

3. Facies pizarrosas del aglomerado diabásico.

4. Cuarcita de tonos amarillentos o blanco-rosados que corresponden a la *c*) de la figura anterior.

5. Facies cuarcíticas de los aglomerados.

Aún más al NE, la formación del aglomerado efusivo se va estrechando y acaba de forma periclinal dentro de las cuarcitas que probablemente terminan igual, pero que no pueden observarse bien porque alcanzan ya la penillanura de La Espina que, en parte, contiene sedimentos terciarios (10).

El Estefaniense que aparece en el corte está representado por las pudingas de la base con intercalación de delgadas capas carbonosas, así como otras más potentes de grauwackas gis-ceniza de elementos relativamente gruesos, entre los que aparecen algunos granos detríticos procedentes del aglomerado efusivo junto con restos vegetales.

Hacia el S y el SW la continuidad del sinclinal no puede seguirse por encontrarse cubierto por el Carbonífero y por la mayor complicación tectónica de tipo rígido. En el corte natural del río Rodical y en las trincheras de la carretera aparecen las calizas del Acadiense y después las potentes series de las cuarcitas del Georgiense (12), que enlazan ya con las de Piñotuerto y que nosotros hemos estudiado en otra nota considerándolas como subarcosas (6). Las calizas se encuentran, pues, entre series más inferiores y podrían quizá representar la continuidad del pequeño sinclinal que aguas arriba contiene los aglomerados efusivos.

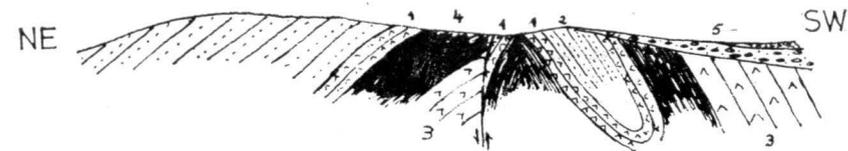


Fig. 3.

Pero la disposición no es tan sencilla como aparece a primera vista. No se trata simplemente de un pliegue más o menos tumbado, de dirección SW-NE, que haya sido afectado posteriormente por una tectónica germánica. El corte de la figura 3, de dirección NE-SW, y más o menos paralelo al eje longitudinal, da los siguientes términos:

1. Cuarcitas delgadas que corresponden al nivel *c)* de la figura 1.
2. Areniscas pizarrosas: son las facies pizarrosas del aglomerado efusivo.
- 3) Cuarcitas blanco-amarillentas similares a la *a)* y *2)* de los cortes anteriores.
4. Facies cuarcíticas de los aglomerados.
5. Pudinga del Estefaniense.

En la ladera de la margen derecha del río Villar encontramos una disposición similar, y aunque más enmascarada por la vegetación, no cabe duda de la existencia de un pequeño anticlinal accesorio muy apretado y casi estrangulado en el centro del principal.

Un corte más, de dirección NE-SE y con carácter más general e interpretativo, que el anterior, nos pone de manifiesto las siguientes formaciones (figura 6):

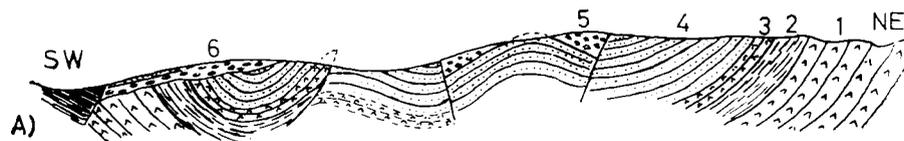


Fig. 6.

1. Cuarcita más inferior que cierra la terminación periclinal. En algunos puntos tiene estratificación cruzada y «ripple-marks».
2. Facies pizarrosas del aglomerado efusivo.
3. Bancos de cuarcita intercalada o de arenisca cuarcifera.
4. Facies arenosas del aglomerado efusivo.
5. Facies brechoideas.
6. Estefaniense.

Con estos datos y la cartografía levantada podemos hacernos una representación estructural de la zona. No cabe duda que cuando menos se ha visto sometida a dos esfuerzos tectónicos de características muy diferentes:

a) El primero, de carácter orogénico, dió lugar a un sinclinal de dirección SW-NE, con vergencia hacia el E y modificado por pliegues accesorios en el mismo eje. Uno de estos pliegues satélites está representado por la estructura de cúpula que coincide con las facies brechoideas del afloramiento. En la figura 4 damos la representación ideal de la formación.

b) El segundo, de tectónica germánica, originó fallas y fracturas que han cuarteado todo el conjunto en bloques pequeños más o menos hundidos o levantados, pero que en general descienden hacia el S. y SW., viniendo a constituir un reborde de anfiteatro de la cuenca carbonífera del Narcea. Un haz

de fallas es más o menos paralelo al eje del pliegue, pero otras adoptan direcciones distintas. Si todas pertenecen o no a un solo momento tectónico es un dato que no se puede establecer por la observación en un área de este tamaño. En la figura 5 reproducimos estas dislocaciones y marcamos con un punteado la zona ocupada por el aglomerado efusivo.

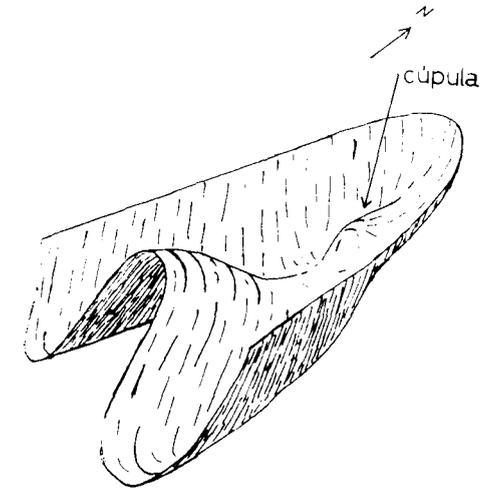


Fig. 4.

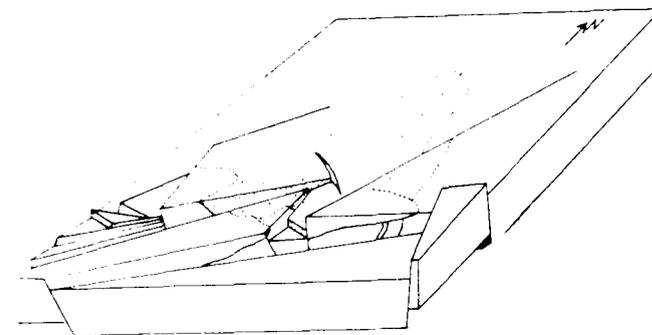
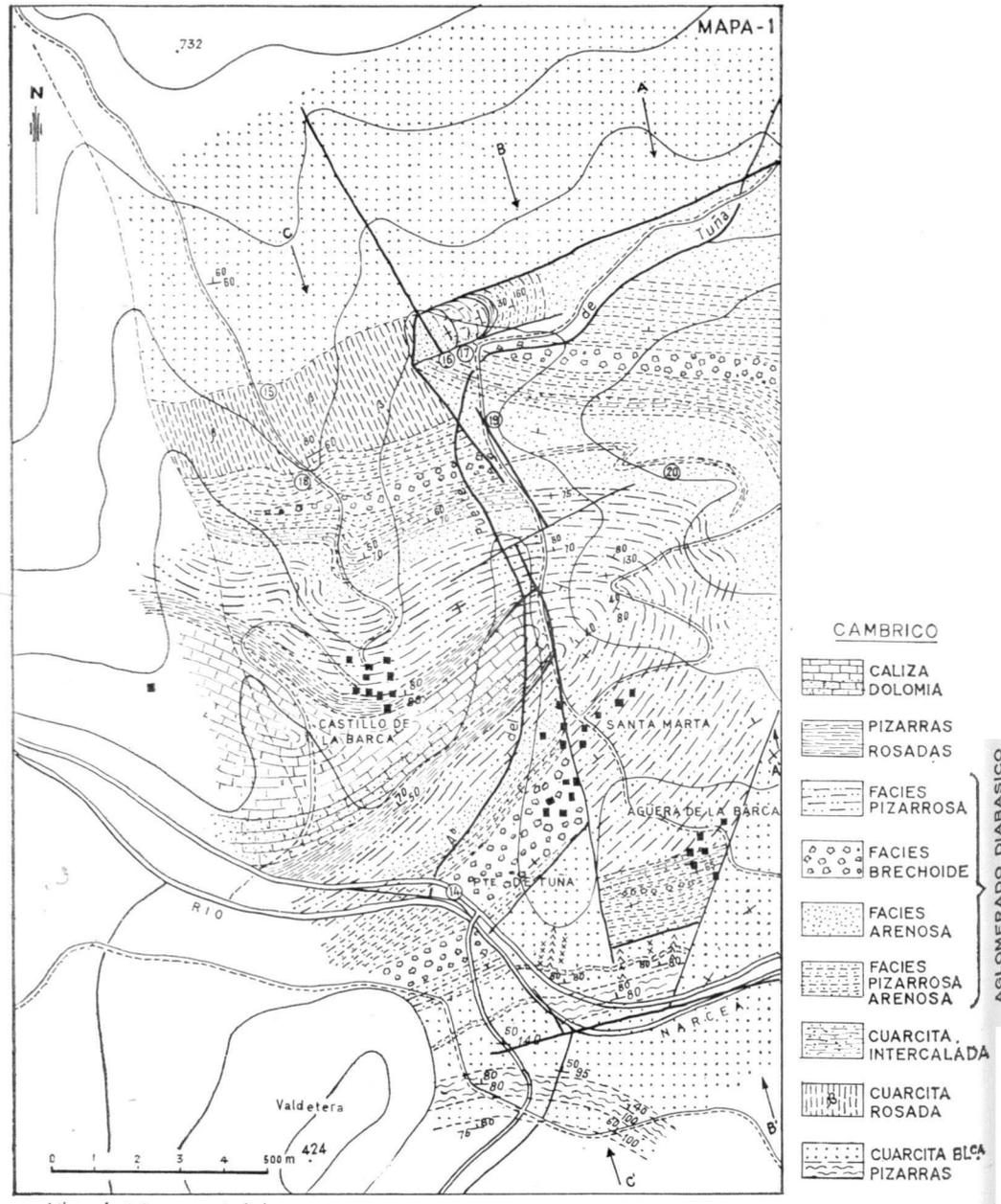


Fig. 5.

Zona del Puente del Tuña

Igual que en la anterior, sólo hemos levantado la cartografía adecuada (mapa 1) que permita establecer la disposición de las distintas formaciones. El trabajo se vió favorecido por la falta de Estefaniense y de otros sedimen-



tos recientes. Sólo en el nivel actual del río Narcea, y aguas arriba de la desembocadura del Areñas existen unos depósitos fluviales de alguna extensión. No los cartografiamos ni los tenemos en cuenta. La mayor anchura del valle en ese punto y esos depósitos se deben a que el río atraviesa unas formaciones calizas más fácilmente erosionales que las cuarcitas y aglomerados volcánicos situados en el mismo puente del Tuña, donde se encaja estrechamente. El aglomerado y la cuarcita tienen una resistencia a la erosión mecánica bastante similar y mucho mayor que la caliza. La erosión química es, por el contrario, bastante fuerte sobre el aglomerado, ya que no origina resaltes en las laderas y da lugar a un manto de tierra vegetal de potencia media (fot. 2).



Fot. 2.—Contacto entre las «cuarcitas» (derecha de la foto) y los aglomerados en el Puente del Tuña. Como término de comparación puede tomarse el automóvil de la carretera, hacia el centro de la fotografía.

Este segundo hecho se comprende fácilmente por su composición mineralógica, pero la resistencia a la corrosión hay que atribuirla a la estructura que presenta una fuerte cementación con minerales antígenos y pequeños fe-

nómenos de recristalización en los granos detríticos de cuarzo. De aquí se deriva su gran compacidad y dureza.

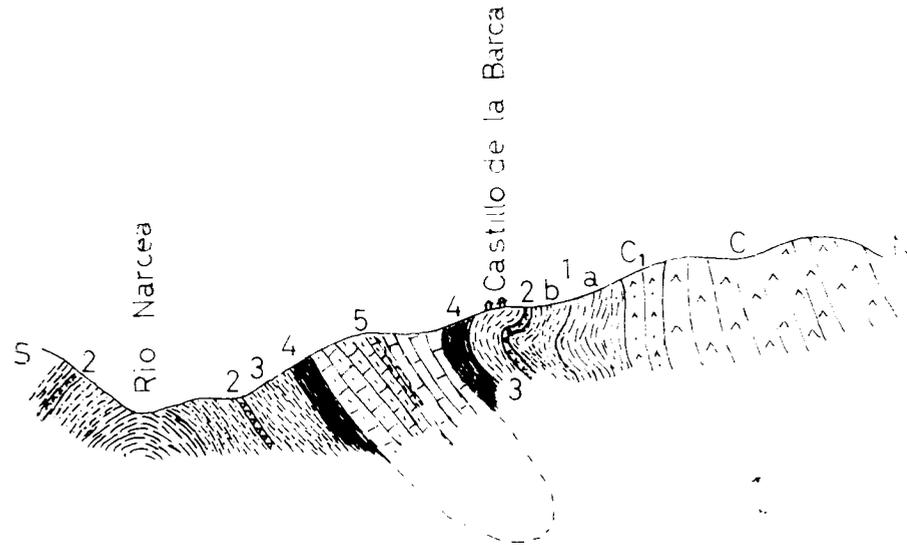


Fig. 7.—C Cuarcita Georgiense blanca, C₁ cuarcita Georgiense rosada. 1) Complejo diabásico normal: a) Facies pizarroso-arenosa, b) Facies compacta arenosa, con niveles brechoide. 2) Cuarcitas intercaladas blancas. 3) Facies muy pizarrosa del aglomerado diabásico. 4) Serie de pizarras margosas rosadas, a veces algo arenosas. 5) Caliza Acadiense formando el núcleo del sinclinal y dolomitizada en su flanco SE.

Los cortes que hemos hecho están representados en la figura 8 cuyo simbolismo es:

1. Cuarcita blanca.

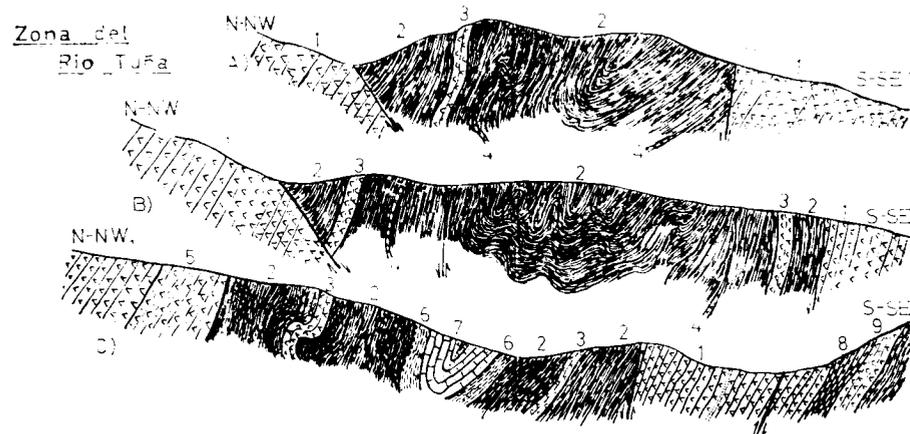


Fig. 8

2. Facies pizarroso-arenosas del aglomerado volcánico con algún nivel brechoide.
3. Cuarcitas delgadas, de blancas a crema, intercaladas en el aglomerado.
4. Lentejón cuarcítico, muy delgado, de color gris-pardo, con paso difuso a las facies de rocas con participación efusiva.
5. Cuarcita crema o rosa, con posible transición a la 1) por la base y al aglomerado por el techo.
6. Pizarra rosada, con intercalaciones muy delgadas de areniscas y pizarras margosas.
7. Calizas que forman el núcleo del sinclinal, con el flanco SE dolomitizado.
8. Pizarras en las cuarcitas cámbricas.
9. Cuarcita intercalada entre las pizarras.

Más al oeste del corte C las calizas adquieren una potencia mayor, reaparecen en Santianes, al otro lado del río, y se dirigen primero al Este y luego al Nordeste, estrechándose y desapareciendo al norte de Combacio. Están igualmente formando un sinclinal cuya base es la pizarra rosada y ligada a cuarcitas verdosas con participación efusiva que aparece en ambos lados de aquél en la misma disposición. En estas calizas hemos encontrado restos fósiles que en parte pueden ser arqueociátidos.

La terminación periclinal que hemos cartografiado en esta zona se encuentra afectada por un número de fracturas menor que el del río Villar. Las fallas más importantes forman en su conjunto un sistema orientado S-SE N-NW y otro más o menos perpendicular a él. Una de las fallas de este segundo sistema pone en contacto los aglomerados volcánicos con las cuarcitas blancas, suprimiendo las cuarcitas rosadas que en otros lugares aparecen como tránsitos insensibles entre las dos formaciones.

Más al Este de la región estudiada el terreno vuelve a complicarse tectónicamente y aparecen verdaderas capas de rocas efusivas básicas, en parte serpentinizadas. Aún más al Este, próximo a un gran sinclinal ordoviciense, vuelven a aflorar potentes diques, o diques capas, de rocas efusivas de tendencia más ácida.

Ambos quedan para otra futura nota, si como suponemos siguen perteneciendo al Cámbrico.

ESTUDIO DE LAS MUESTRAS

Muestra núm. 1

Tomada entre el kilómetro 9-10 de la carretera de La Espina a Ponferrada.

Aspecto macroscópico

Roca oscura, negra, con tinte algo verdoso, de grano uniforme (2-3 mm.). Muy compacta. Con clastos de caliza de hasta 2 centímetros, aparentemente sin bordes de reacción (fot. 3).



Fot. 3.—Clastos angulosos de calcita en el aglomerado efusivo.

Estructura microscópica

Roca detrítica de origen clástico. Tamaño de grano menor de 5 mm.

a) Parte detrítica.

- 1) Granos de la roca básica.
- 2) Granos de cuarzo.
- 3) Clastos de caliza recristalizada.
- 4) Granos de feldespato, microclina y plagioclasas.

Los dos últimos aparecen con mucha menor abundancia que los anteriores.

1) Los granos de la roca básica son de un tamaño medio de 2,5 a 3 milímetros, claramente mayores que los restantes, a excepción de los de caliza. Dentro de los mismos se han reconocido los minerales siguientes:

Cuarzo, anguloso, redondeado y a veces subanguloso. Su tamaño medio es de 0,2 milímetros, oscilando entre 0,6 y 0,05. Se encuentran rotos, al parecer, por efectos térmicos, formando mosaico con material vítreo alterado entre los trozos; en numerosas ocasiones están corroidos, abundando tanto

con borde de reacción como sin él. Es frecuente que aparezca una fina película de óxidos de hierro contorneando el grano.

En todos los casos excluimos que este cuarzo sea de desvitrificación. Su aspecto es claro de haber sido incluido dentro de la misma masa de roca básica cuando ésta estaba todavía fundida.

Microlitos de plagioclasas, que en general están muy alterados. Para su determinación se usó la curva dada por Wahstrom (15), determinando los ángulos de extinción a partir de la dirección de elongación, que en los microlitos de plagioclasas es por lo general paralela al eje cristalográfico *a*. Los microlitos de la mayoría de los granos tienen ángulos de extinción menores de 5°, lo que corresponde a un contenido de Ab del 70 por 100. En algunos se encontraron, sin embargo, valores entre 35° y 45°; es decir, con un contenido de Ab entre el 30 y el 50 por 100. Dentro de la inexactitud del método se pueden deducir, por tanto, que existen dos tipos de granos de rocas básicas: uno cuyas plagioclasas son Oligoclasa-Andesina, y otro más básico en el que hay Labradorita.

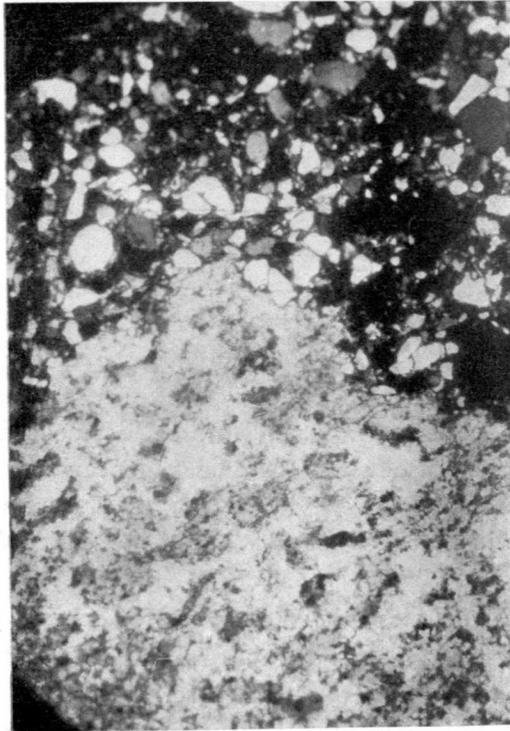
La masa principal de los granos está formada por pasta vítrea, alterada, de color gris sucio a pardo rojizo, en la que aparecen cristales esqueléticos de hábito cúbico perteneciente a un mineral opaco, que no presenta signos de alteración ni bordes translúcidos. Su tamaño es muy pequeño, del orden de 1 a 5 micras. Parece ser magnetita. También se encuentran cristales de secciones hexagonales totalmente sustituidos por un mosaico criptocristalino, en el que además de otros productos de alteración se ha reconocido el cuarzo y la serpentina. Por su hábito y el carácter básico de la roca podrían ser de olivino.

El resto de los minerales está alterado profundamente y no permite ningún diagnóstico. Hay bastante carbonato secundario de alteración que a veces rellena pequeñas cavidades esféricas o forma parte de los cristales, probablemente de piroxenos, alterados totalmente a una mezcla de calcita, clorita y serpentina.

2) Los granos de cuarzo son en general redondeados y subredondeados. Hay muy pocos subangulosos, y estos últimos más bien parece que se han originado por cambios térmicos como se observa en algunos fragmentos que no han acabado de separarse. En algunos casos tienen bordes de reacción o finas películas de óxidos de hierro. No aparecen granos en mosaico, lo que excluye la procedencia a partir de una cuarcita o arenisca. El tamaño medio es similar al de los que están incluidos en la roca básica. Su valor oscilar entre 0,55 y 0,06 milímetros, con la media, para unos 50 medidos de 0,25 milímetros.

3) Los clastos de caliza pueden ser de gran tamaño, de formas tanto

angulosas como redondeada y aplanada. En una preparación sobre esta muestra se consiguió que quedara un trozo de uno de estos clastos en contacto con un grano de roca básica (fot. 4). El trozo visible está totalmente recrystalizado, parte en forma de mosaico equigranular y parte formando nódulos de aspecto palmeado. No hay signo alguno de bordes de reacción con un contorno bastante nítido y solamente se observa algún fenómeno parcial de recrystalización con los granos de cuarzo que lo rodean, formando parte del cemento de la roca.



Fot. 4.—Microfotografía del contacto entre un clasto calizo y granos de cuarzo y roca efusiva. N + 34 D.

También se han encontrado algunos granos de feldespato potásico y de plagioclasas, en mucha menor abundancia que los de cuarzo. Entre los primeros se han reconocido algunos de ortosa y otros de microclina, en general de contornos redondeados y subredondeados. Uno de los granos de microclina está incluido dentro de otro de la roca básica.

b) Cemento.

Está formando en su mayor parte por minerales que deben tener un antecedente igneo, en general predominan serpentina, crisotilo, clorita y otros

no identificados. En algunos casos hay calcita secundaria, probablemente de alteración. Aunque no se ha identificado al microscopio, debe existir montmorillonita, ya que durante la preparación de las láminas delgadas éstas se hinchaban al humedecerlas, experimentando cambios de volumen notable.

Las distintas proporciones de los tres grupos principales de materiales de esta roca, excluyendo el clasto grande de caliza, son las siguientes:

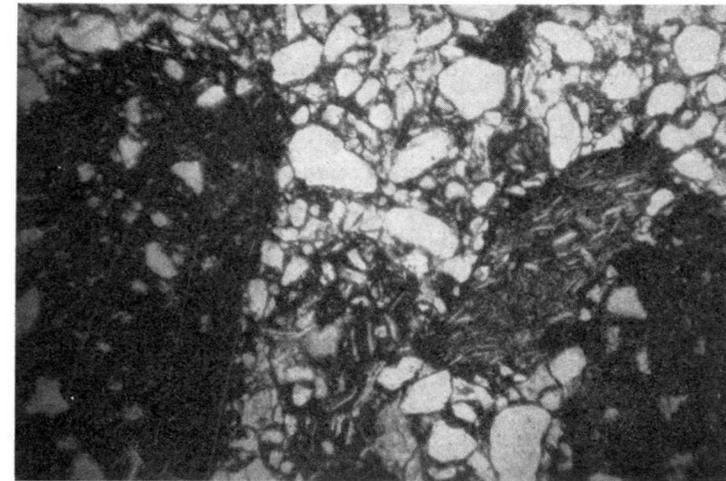
Cuarzo	19,50 %
Cemento	17,10 %
Roca básica	63,40 %

En el cuarzo están incluidos los pocos feldespatos que había.

Muestra núm. 2

Tomada en el mismo lugar que la 1. Presenta caracteres similares.

El cemento a veces es algo fibroso, verde o grisáceo, que en ocasiones tiene débil pleocroísmo verde-verde amarillento.



Fot. 5.—Aspecto general de una preparación de la facies brechoide. Obsérvese el gran tamaño de los granos efusivos y los cristales de cuarzo que incluyen algunos. Otros no los contienen y, en cambio, presentan muchos microlitos de plagioclasas. L. N. 34 D.

El cuarzo es también de iguales características: se observan bordes de reacción y películas finas de óxido de hierro. También se encuentran dentro de los granos de la roca básica (fot. 5). Existen dos pequeños cristalitas de piroxenos en el cemento y otros también pequeños dentro de la roca básica

que están calcificados y serpentinizados. Ligados a ellos aparecen minerales opacos y secciones serpentinizadas, que suponemos de piroxenos o de olivino. Los granos que poseen secciones propias del olivino contienen también microlitos de plagioclasas, mientras que los que las tienen de piroxenos carecen de ellos.

No cabe duda de que el cemento es en muchos casos de origen básico, que se ha descompuesto para dar minerales cloríticos y óxidos de Fe. También hay en las preparaciones de esta muestra granos de caliza.

Muestra núm. 3

Recogida en el kilómetro 9,800 de la carretera de La Espina a Ponferrada.

Se hicieron preparaciones para observar el contacto entre los enclaves o clastos de caliza con el resto de la roca. No aparecen zonas de reacción y si algunos filoncillos de calcita paralelos al borde de los granos. Tampoco hay ningún signo de reacción en los puntos en que se pone en contacto la calcita con los granos de roca básica.

En el cemento se ha reconocido crisotilo, algo de moscovita y algún grano de turmalina. El conjunto de la preparación es análogo a la número 1.

Muestra núm. 4

Procedente del kilómetro 9,500 de la carretera de La Espina a Ponferrada.

En general es análoga a la número 1, pero la cantidad de granos de la roca básica es mucho más pequeña, al mismo tiempo que aumenta algo la cantidad de feldespatos en los granos grandes. Estos aparecen en dos aspectos diferentes: Unos muy opacos sin apenas microlitos o clorita y los otros más grises con bastantes microlitos y minerales secundarios. En toda la preparación hay menor proporción de calcita.

La composición centesimal es la siguiente:

Cuarzo	42,4 %
Roca básica	13,3 %
Cemento	44,3 %

En el cómputo del cuarzo están incluidos algunos cristalitas de feldespatos, turmalina, etc

Muestra núm. 5

Del kilómetro 9,700 de la carretera de La Espina a Ponferrada.

Las características generales son análogas a las anteriores, pero la cantidad de granos de la roca básica es muy pequeña.

Cuarzo	46,5
Roca básica	3,0
Cemento	50,5

Mientras que la proporción de cuarzo a cemento permanece casi constante,

Muestra núm. 6

Recogida en las facies arenosa normal. Al S. de Villacabrera.

En esta preparación los granos de la roca básica son muy irregulares, alargados en el mismo sentido, a veces desflecados, que dan a la roca un aspecto pizarroso y alcanzan hasta 3 milímetros de longitud. El resto de los componentes se muestran similares a los de las muestras anteriores. Únicamente señalaremos que los granos de cuarzo presentan con mayor frecuencia bordes de reacción.

Muestra núm. 7

Pertenece a las facies pizarroso-arenosa. Al oeste de Villacabrera.

De grano muy fino (0,05 mm.), aunque hay elementos mayores que por cierto aparecen bien redondeados, mientras que los más pequeños son muy angulosos. Dominan con mucho los de cuarzo frente a los de microclina, turmalina y circón. Los de roca básica son poco abundantes, pequeños, casi todos de naturaleza vítrea, con óxidos de hierro en el borde, y pequeños granos de cuarzo incluidos. El cemento disminuye y es de naturaleza clorítico-sericítico.

Muestra núm. 8

Recogida en la facies pizarroso-arenosa, al suroeste de Villacabrera, en el punto en que dicha facies cruza el río Villar.

Casi toda la muestra está formada por granos de cuarzo y no se observa nada de la roca básica. Junto con el cuarzo aparece algún grano de turmalina,

el tamaño de ambos es del orden de los 0,03 milímetros. Todo está cementado por una mezcla de clorita, sericita y bastante calcita, que no solamente rodea los granos de cuarzo sino que también constituye masas basales irregulares de naturaleza en parte clorítica o con inclusión de minerales opacos.

Sólo hay algunos puntos de la roca en los cuales la clorita, desprovista de cuarzo detrítico y calcita, es el único constituyente y quizá proceda de la alteración de un vidrio básico.

Muestra núm. 9

Recogida en el pueblo de Villacabrera, en la facies pizarroso-arenosa. Es una arenisca de grano fino (0,02 mm.), con cuarzo redondeado y subredondeado; el cemento es escaso. Los granos de la roca básica algo más abundantes que la anterior, vítreos y con minerales opacos. También existen algunos de turmalina.

Muestra núm. 10

Recogida en la facies brechoide, donde el río Villar cruza la carretera de La Espina a Ponferrada.

Igual aspecto y composición que la núm. 1, pero la cantidad de roca básica es mayor que en aquella.

Muestra núm. 11

Tomada en la roca básica intercalada en la cuarcita, anterior a la facies pizarroso-arenosa, en el punto que cruza el río Villar.

Textura vacuolar. Estructura pseudotraquítica. Roca muy alterada, cuyo principal mineral reconocible es el carbonato cálcico, junto con cantidades menores de sericita y caolín.

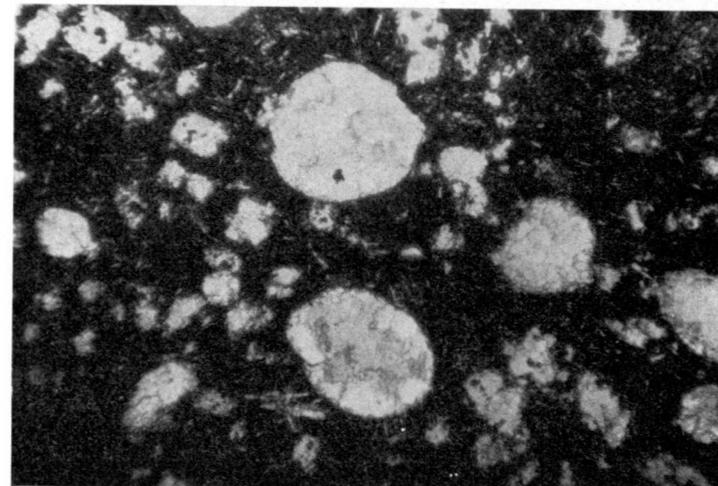
La calcita rellena todas las vacuolas (fot. 6), y además aparece diseminada en toda la masa de forma granugienta y sustituyendo a minerales de hábito hexagonal. Uno de los casos mejor observados es propio de una sección de olivino que incluso presenta las fisuras típicas de una serpentización precoz, pero que todo él ha sido sustituido por calcita.

El caolín es muy abundante, criptocrystalino. La sericita es menos frecuente y está en pequeñas agujas. Se ven microlitos de feldespatos totalmente transformados en sericita y caolín, tan difuminados, que son de difícil diagnóstico.

Hay un mineral opaco, alargado bacilar o de hábito más regular, muy

abundante, sobre todo fuera de los feldespatos alterados. Localmente se forman algunas concentraciones.

Es, desde luego, una roca efusiva básica, alterada, probablemente procedente de una diabasa olivínica o de un basalto.



Fot. 6.—Vacuolas rellenas de calcita y algo de clorita. En la pasta vítrea pueden verse algunos microlitos de plagioclasas. L. N. 34 D.

Muestra núm. 12

Tomada debajo del conglomerado de Estefaniense, en la mina de carbón al oeste de Villacabrera.

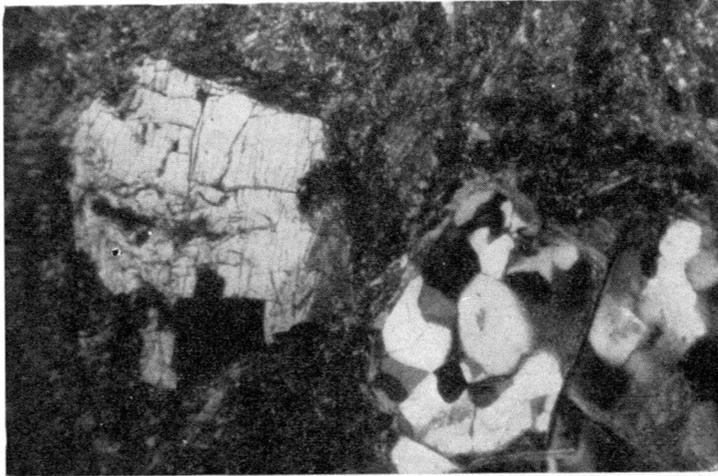
Arenisca de grano fino (0,02 mm.), con granos de cuarzo predominantemente, poca turmalina y alguna laminilla de mica en el cemento (moscovita). Los granos de la roca básica apenas se reconocen y están sumamente alterados a sericita y óxidos de hierro. Estos óxidos llegan a constituir por sí solos el cemento en algunos lugares. Como minerales accesorios, hay algún grano de circón.

Muestra núm. 13

Preparación efectuada sobre un clasto de la roca básica pura, en la facies brechoide del kilómetro 9-10 de la carretera de La Espina a Ponferrada (fot. 7).

Estructura porfídica. Roca básica cuyos fenocristales son principalmente de augita y de olivino. El piroxeno presenta bordes de crecimiento de

tonos mas claros y es una variedad poco ferrífera. El olivino está serpentinizado con las franjas típicas de crisotilo, o bien en serpentina con clorita y cristales de cuarzo (fot. 8).



Fot. 8.—Microfotografía de una preparación del enclave de la fot. 7. En la pasta de microlitos de plagioclasa, piroxenos y minerales opacos aparecen algunos fenocristales de augita y otros de serpentina, clorita y cuarzo que presentan secciones típicas del olivino. N + 34 D.



Las plagioclasas aparecen sólo como microlitos y son de difícil determinación. Las medidas efectuadas dan ángulos de extinción variable entre 0 y que 20°, lo que representa un contenido de Ab que oscila ampliamente entre 55 y 70. Es decir, que sería oligoclasa o andesina. La pasta está muy enriquecida en minerales opacos, probablemente magnetita, al lado de abundantes cristallitos de augita y de los microlitos de las plagioclasas.

Como minerales de alteración, independientemente de la transformación del olivino citada antes, sólo tenemos la presencia de calcita secundaria de aspecto granugiento en la pasta y pocas sustituciones en los fenocristales del piroxeno.

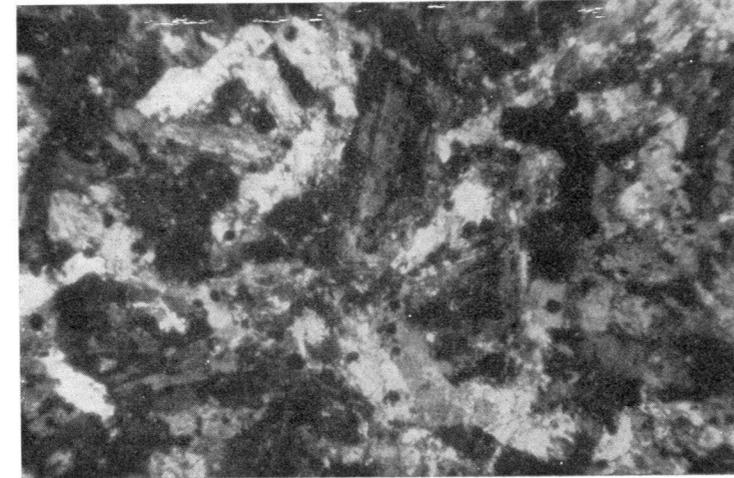
Muestra núm. 14

Corresponde a la zona del puente del Tuña, en las facies brechoides de la carretera de Cornellana a La Florida.

Macroscópicamente es una roca gris negruzca, muy dura y compacta, con poca alteración superficial, que proporciona una película muy fina de óxido de Fe. En las superficies frescas el tono tiende a los tintes verdosos. Presenta algunos granos de hasta 2 centímetros de roca básica.

Microscópicamente las preparaciones contienen una parte análoga a la estudiada en la facies brechoide del río Villar (prep. núm. 1) y granos grandes de rocas básicas. Sobre uno de ellos se han efectuado las siguientes observaciones:

Presenta estructura claramente diabásica (fot. 9), con cristales de plagioclasas alargados y entrecruzados en todas direcciones. Las medidas efectuadas dan como resultado ángulos entre 0 y 15° que corresponden a andesina u oligoclasa. Las plagioclasas constituyen la masa principal y están



Fot. 9.—Detalle de un grano grande de roca efusiva en el aglomerado del puente del Tuña. Se puede ver claramente la típica estructura diabásica. N + 34 D.

bastante alteradas o sustituidas por calcitas. No se reconocen minerales félicos, pero en el lugar correspondiente en la trama aparecen placas irregulares de calcita que no conserva el hábito de los cristales desaparecidos. Abunda la magnetita en pequeños cristales de secciones cúbicas. Hay también algo de clorita secundaria.

El límite de los granos grandes con el resto de la preparación es bastante neto. Los de menor tamaño presentan dos caracteres que los diferencian francamente: el contener granos de cuarzo incluidos, mayor cantidad de vidrio opaco y la presencia de microlitos de plagioclasas unas diez veces más pequeños que los cristales de los granos grandes. Alguno de estos granos pequeños presentan estructura fluidal o colomórfica. No cabe duda que tienen otro origen. El cemento es algo menos clorítico que en la preparación número 1 y tiene algo más de óxidos de hierro.

Dejando a un lado los granos grandes claramente de diabasas, la composición en volumen es la siguiente:

Cuarzo	10,2
Roca básica	85,4
Cemento y CO_3Ca	4,4

Muestra núm. 15

Recogida en las facies de la cuarcita rosada, al norte de Castillo de la Barca.

Estructura en mosaico de granos de 1,5 a 2 milímetros de diámetro, con bordes poco interpenetrados. Cemento muy escaso, pelicular de carácter ferruginoso.

Los granos son redondeados o subredondeados. Son frecuentes los que tienen un crecimiento secundario que ha dejado entre el nuevo borde y el grano primitivo parte de la película ferruginosa. Hay algunos formados por un mosaico de cristales más pequeños con bordes suturados muy irregulares que parecen proceder de una protocuarcita. La mayor cantidad son de cuarzo con inclusiones puntiformes ordenadas en líneas. En general presentan gran número de líneas de rotura curvadas, típicas de las producidas por tensiones. Hay también algunos restos de plagioclasas y de feldespatos potásicos de tamaño más pequeño que el de los granos de cuarzo. Por su pequeña abundancia no pueden tomarse en cuenta, pero quizá en otros puntos la formación pueda enriquecerse en ellos y pasar a una subarcosa o arcosa verdadera. Por último, también aparecen granos muy redondeados, constituidos por un fino agregado en mosaico de cuarzo, sericita y otros elementos no reconocibles, que aparentemente pueden proceder de una asociación de cuarzo y feldespatos, similar a las estructuras pegmatíticas propias de los granofidos y otras rocas próximas. Hay, por último, cierta cantidad de material afanítico que incluye minerales opacos. No es posible saber si proceden o no de granos de rocas efusivas.

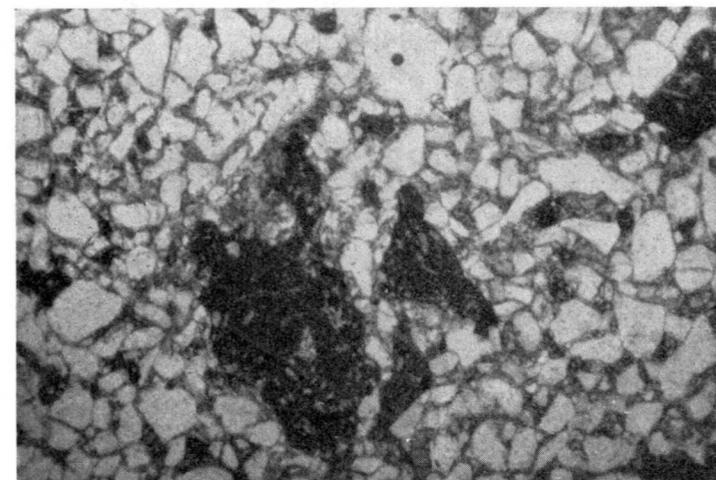
Muestra núm. 16

Pertenece a la facies pizarrosa-arenosa al lado de la terminación periclinal del conjunto caliza-dolomía del puente del Tuña.

Es muy similar a la número 1 del río Villar, pero presenta el dato interesante de tener los granos de la roca efusiva alargados y muy regulares, lo que parece descartar un arrastre muy prolongado (fot. 10). Mas bien

apoya la idea de una formación pirocásica con lapilli, simultánea a la sedimentación de la arenisca.

Por otra parte, al igual que en algunos casos anteriores, aparecen algunos granos pequeños de cuarzo redondeados o subredondeados dentro de los correspondientes a la roca efusiva. Son similares a los que existen en el exterior. Lo que destaca el origen detrítico e indica que las lavas estaban aún sin considerar cuando se originó esta roca.



Fot. 10.—Granos muy irregulares de roca efusiva entre los detríticos de cuarzo. L. N. 34 D.

Muestra núm. 17

Recogida cerca de la anterior, en el mismo contacto entre la caliza dolomítica y la facies pizarroso-arenosa de la terminación periclinal.

Aparecen numerosos filoncillos de carbonatos, en su mayor parte dolomita, atravesando la roca detrítica de características similares a la descrita antes. Algunos filoncillos son bastante potentes y pueden verse macroscópicamente. El cemento y los granos detríticos abundan más que en otra muestra. La dolomitización afecta a todo el conjunto y en numerosos puntos pueden verse cristales de carbonatos en microfiloncillos o placas irregulares.

Los granos de la roca básica son vítreos con pocos microlitos de plagioclasas, abundante material opaco y granos de cuarzo incluidos que presentan signos de corrosión y resquebrajamiento. En numerosos lugares, dentro y fuera de los granos de rocas básica, además de los minerales normales

en las otras preparaciones (clorita, serpentina, etc.), aparece la pемina, ya sea rellenando vesículas de la parte vítrea, o bien en el cemento formando agregados irregulares y filoncillos.

CONCLUSIONES

De la cartografía se desprende inmediatamente la existencia de dos sinclinales que terminan en forma periclinal. Existe otro tercero, como ya hemos indicado antes, situado al sur del Narcea, pero que no contiene aglomerados efusivos en su constitución de forma tan clara, aunque es seguro hay participación de rocas efusivas en las cuarcitas y similares que envuelven las calizas.

Tanto en el del Villar como el del puente del Tuña se hunden hacia Poniente. El segundo incluye de forma clara en su eje masas calizas que adquieren mayor potencia según nos acercamos al pueblecito de El Puente. En el primero esta disposición se encuentra enmascarada por las fallas longitudinales y el Estefaniense, pero es más que probable que ocurra lo mismo. Los dos quedan sensiblemente paralelos con el eje longitudinal en dirección al NE. Esta dirección forma un ángulo muy pequeño con la del sinclinal ordoviciense que se encuentra entre el kilómetro 9 de la carretera de Cornellana a La Florida y Soto de los Infantes. El hecho parece indicar que se plegaron en el mismo momento, y, en consecuencia, que entre el Cámbrico Medio y el Ordoviciense (por lo menos) las rocas no se vieron afectadas por procesos orogénicos importantes. Pero tal afirmación parece aventurada si sólo disponemos del paralelismo entre los ejes, que, además, no significa de por sí que dichos pliegues sean concordantes.

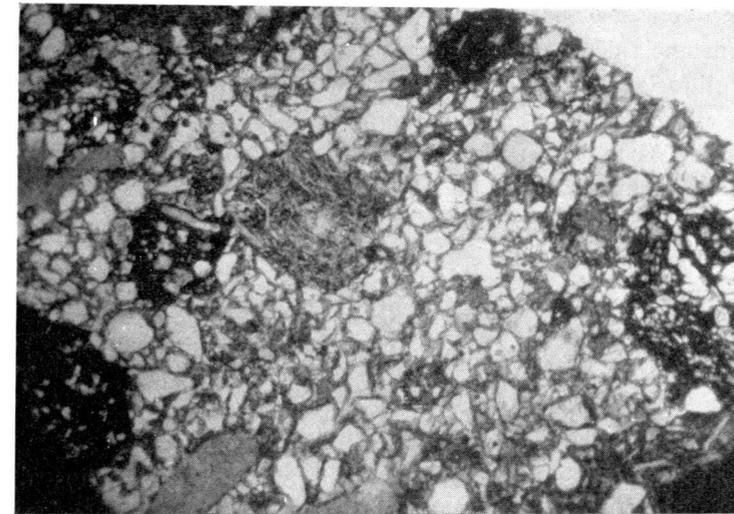
En las dos terminaciones periclinales los aglomerados efusivos adquieren una situación un tanto «facolítica». Quizá sea solamente una disposición más aparente que real, y ambas formaciones se encuentren ligadas de forma continua bajo el Estefaniense, como hemos dicho antes. Pero de cualquiera de las formas, hemos de admitir que se trata de rocas, en su mayor composición sedimentarias, que se encuentran intercaladas en la serie del Cámbrico. La composición petrológica no ofrece dudas a este respecto, y el hecho de aparecer en las terminaciones de los pliegues hemos de atribuirlo a la casualidad o quizá a una mayor competencia tectónica.

Dentro del conjunto cámbrico su situación es clara: Puesto que las calizas entran en contacto con las cuarcitas en otros puntos, éstas presentan tránsitos insensibles al aglomerado, y se encuentran términos similares a los de Villar de Lantero-Pilotuerto (6); debemos considerarlas como parte integrante del Georgiense, simultáneas al complejo cuarcítico en su parte más alta. Ci-

taremos de pasada que en el límite entre el Cámbrico Bajo y el Medio de Marruecos existen también niveles con participación efusiva (3) y (8).

El estudio microscópico pone en claro que se trata de rocas de génesis compleja: son poligénicas y detríticas en su mayor parte. Los granos de origen efusivo tienen una participación muy variable de unos términos a otros. Desde más del 85 por 100 en nuestras medidas, hasta prácticamente cero. Nos encontramos frente a un cuadro genético con un vulcanismo inmediato que se estaba destruyendo simultáneamente a su formación, y daba lugar a depósitos detríticos próximos, así como a formaciones con participación piroclástica.

El tamaño de los granos de la roca efusiva es mucho mayor que el correspondiente al cuarzo u otros minerales. A veces son verdaderos enclaves bien visibles a simple vista, como ocurre en la fotografía 7. Sus formas variadas desde los redondeados (fot. 11) que presentan incluso una fina película de óxido de hierro, a los muy angulosos e irregulares (fot. 10) nos hace pensar en que los unos proceden de la erosión de lavas o cenizas inmediatas, y los otros de procedencia piroclástica. Estos últimos son precisamente los que suelen presentar mejor el aspecto vitrofídico con pocos microlitos.



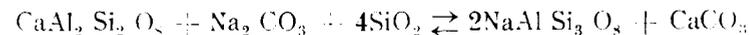
Fot. 11.—Distintos tipos de granos efusivos de una preparación del aglomerado del río Villar. L. N. 34 D.

Por último, en este orden de ideas tenemos el hecho de que algunos granos de roca efusiva engloban cuarzo detrítico similar al que existe fuera de ellos. Descartamos, desde luego, un proceso de desvitrificación y recristalización posterior; ni el quimismo de las rocas ni la forma de los granos da

pie para tal supuesto. Admitimos mejor un proceso de incrustación del cuarzo en las lavas aún pastosas que se solidificaron inmediatamente.

La calcita presenta otro problema. No nos referimos a la que sustituye a piroxenos y otros minerales de la parte efusiva, sino a la constituyente de los elastos independientes. Son de tamaños visibles a simple vista y aparecen tanto bien redondeados como angulosos. Los primeros podrían proceder de formaciones sedimentarias inmediatas mediante un proceso erosivo y transporte corto. Pero la presencia de los segundos complica el problema que bien pudiera explicarse: 1) por emisiones de tipo peperino a través de sedimentos areniscosos con algún banquito calizo, o 2) por un mecanismo de autobrecha, incipiente, similar al descrito por Curtis (4). En apoyo de esta segunda hipótesis diremos que en el puente del Tuña la calcita adquiere una disposición en pequeños lentejones alargados o en filoncillos paralelos.

En cuanto al quimismo de las manifestaciones efusivas, creemos que se pueden establecer dos tipos: uno de ellos es claramente diabásico, con microlitos de labrador y debe corresponder a la diabasa labradorítica que encontró Barrois (1), si bien este autor indica además la presencia de augita titanada, extremo al que no hemos podido llegar en nuestras preparaciones. El otro tipo contiene andesina, y Barrois la denomina diabasa andesítica. Se da la circunstancia de que en la muestra 14, al lado de esta plagioclasa (quizá junto con oligoclasa) se encuentran secciones típicas de olivino con estructura claramente porfídica, por lo que hemos de considerarla mejor como un basalto plagioclásico, aun a pesar del bajo contenido en anortita. Pensamos que puede haberse producido un proceso incipiente de albitización con paso hacia las espilitas. La fotografía 6 muestra una textura vacuolar muy frecuente en estas rocas. En la albitización se produce carbonato cálcico que rellena las vacuolas:



que supone un medio genético submarino.

Otras diferencias establecidas por el contenido más o menos alto de microlitos, opacidad, minerales secundarios, etc., deben corresponder más bien a la forma de originarse que a su quimismo.

La presencia de granos detríticos de feldespatos y turmalina le dan un aire de semejanza en cuanto a la provincia alimentadora, similar a la de otras zonas estudiadas (5) y (6), que por lo demás serían originadas en medios análogos.

Laboratorio de Petrología,
Universidad de Oviedo

REFERENCIAS

- (1) BARROIS, CH.: *Recherches sur les terrales anciennes des Asturies et de Galiée*. I. II., 1882.
- (2) CAROZZI, A. V.: *Microscopic Sedimentary Petrography*. Edit. John Wiley & Sons., 1960.
- (3) CROUBERT, G.: *Vue d'ensemble sur l'Intracambrien et le Précambrien de l'Anti Atlas (Maroc)*. «C. R. Bur. Est. Geol. Min. Coloniales», 1955.
- (4) CURTIS, G. N.: *Mode of origin of pyroclastic debris in the Mehrten Formation of the Sierra Nevada*. «Bull. Dept. Geol. Scien. Univ. Calif. Publ.», V. 29, 1954.
- (5) GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *Las rocas del Cámbrico; I. De los afloramientos del Cabo de Peñas*. «NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MINERO DE ESPAÑA», n.º 63, 1961.
- (6) — — *Las rocas del Cámbrico; II. De los afloramientos de Villar de Lantero-Piñotuerto (Valle del Narcea)*. Not. y Com. Inst. Geol. y M. de E. núm. 66, 1962.
- (7) HEINRICH, E. WM.: *Microscopic Petrography*. Edit. McGraw-Hill. Comp. 1956.
- (8) HUPÉ, P. R.: *Sur le Cambrien Inférieur du Maroc*. «XXI Inter. Geol. Congres.», 1960.
- (9) *Itinerario Geológico Oviedo, Tíneo*.
- (10) LLOPIS LLADO, N y MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Sobre el Terciario continental del Occidente de Asturias y su significación morfolotectónica*. «Brev. Geol. Ast.», año IV, número 1-2, 1961.
- (11) — — *Bibliografía Crítica*. «Brev. Geol. Ast.», año V, n.º 1-2, 1961.
- (12) LOUZE, F.: *El Precámbrico de España*. (Vers. Esp. de J. G. de Llanera). «NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MINERO DE ESPAÑA», n.º 60, 1960.
- (13) — — *El Cámbrico en España*. (Vers. Esp. de J. G. de Llanera). «NOT. Y COM. INST. Y MINERO DE ESPAÑA», n.º 61, 1961.
- (14) SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: *Apuntes de Petrografía*. (Inédito).
- (15) WAHLSTROM, E. E.: *Petrographic Mineralogy*. John Wiley & Sons., 1955.
- (16) WILLIAMS, H., TURNER, F. J. and GILBERT, C. M.: *Petrography*. Freeman and Co., 1957.



FRANZ KOCKEL Y DIETER STOPPEL (*)

NUEVOS HALLAZGOS DE CONODONTOS Y ALGUNOS
CORTES EN EL PALEOZOICO DE MÁLAGA
(SUR DE ESPAÑA)

RESUMEN

Se describen algunos cortes del Paleozoico de Málaga, en las proximidades de Ardales y Almogía. Por encima del horizonte guía de las «calizas alabeadas» aparecen lentejones-calizos dentro de una serie de grauwakas y pizarras. Por medio de conodontos se pudo determinar en los mismos la presencia del Gedinense, Emsiense inferior, Devoniano medio, Adorfense superior, Adorfense a Nehdenense, Hembergense, así como Carbonífero inferior, acerca del que no se pudo precisar más.

Se describe un sistema post-triásico de fallas, resultando de un desgarramiento dirigido de WNW-ESE. Por consiguiente, el levantamiento del anticlinal de Santi Petri, que se extiende en dirección NNE-SSW, puede datarse como postvariscico. No se encontraron vergencias N en la parte central del Bético.

En el apéndice se describen algunos conodontos, que en parte representan formas de transición entre especies ya conocidas.

ABSTRACT

Some profiles from the Palaeozoic of Málaga in the surroundings of Ardales and Almogía are described. Above the key horizon of the «calizas alabeadas» occur, within a sequence of greywackes and shales, limestone-lenses. By investigation of conodonts Gedinne, Lower Emsian, Middle Devonian, Adorfian, Adorfian to Nehdenian, Hembergian and Lower Carboniferous could be proved.

A posttriassic system of normal faults is described, which is due to a WNW-ESE-dilatation and by which therefore the uplifting of the NNE-SSW striking Santi Petri-anticline can be regarded as postvariscian. No north-directed vergencies could be observed in the central parts of the Beticum.

The annex contains descriptions of some conodonts, which to some part represent transitional types between species already known.

ZUSAMMENFASSUNG

Aus dem Paläozoikum von Málaga werden in der Umgebung von Ardales und Almogía einige Profile beschrieben. Über dem Leitthorizont der «Calizas alabeadas» treten in

(*) Traducción al idioma español realizada por la Leda en Cienc. Geolog. Dr. Carmen Martín y revisada por J. M. Ríos.

einer Folge von Grauwacken und Schiefen Kalklinsen auf. Durch Conodonten konnten in ihnen Gedinne, Unterems, Mitteldevon, hohes Adorf, Adorf bis Nehder, Hemberg und nicht näher bestimmbares Unterkarbon nachgewiesen werden.

Ein posttriadisches System von Abschlegungen wird beschrieben, das einer WNW-ESSE-gerichteten Dehnung zuzuordnen ist und damit die Aufbeulung des NNE-SSW streichenden Santi Petri-Gewölbes als postvariskisch datiert. Nordvengenzen konnten im zentralen Teil des Betikums nicht nachgewiesen werden.

Im Anhang werden einige Conodonten beschrieben, die z. T. Übergangsformen zwischen bereits bekannten Arten darstellen.

INTRODUCCIÓN

Hasta esta fecha se había prestado poca atención a la estratigrafía y a la estructura interna del Paleozoico (que aparece en una amplia extensión en la unidad tectónica del Bético de Málaga, Blumenthal, 1933) en la copiosa literatura sobre las Cordilleras Béticas. El interés se solía concentrar en el terreno mesozoico y terciario de esta sierra, así como en las zonas muy cristalinas de la bóveda de Sierra Nevada. El Paleozoico no metamórfico sólo fue estudiado con más detalle por dos investigadores. Blumenthal dió, ya en 1933 una primera subdivisión, basándose principalmente en criterios litológicos. Consiguió fechar por medio de fósiles como silurianas las «calizas alabeadas», cuyo significado como horizonte guía petrográfico apreció claramente. Después, en 1949, en su voluminosa monografía sobre el Bético entre los ríos Guadalhorce y Verde, pudo confirmar la serie que había establecido, e incluso precisarla estratigráficamente por nuevos hallazgos de fósiles.

Michelau (1942) da una litoestratigrafía muy detallada, pero este geólogo tampoco disponía sino de escasos hallazgos de fósiles, y algunos no muy convincentes, para datar esta clasificación.

Las causas de nuestros escasos conocimientos acerca de esta parte de las Cordilleras Béticas son: la falta o escasez de fósiles, la gran uniformidad litológica de la potente serie de grauwakas y pizarras y también la intensa fragmentación e imbricación tectónica del Paleozoico.

Es parecida la situación en la porción paleozóica del Rif marroquí, que se manifiesta, facial y estratigráficamente, como la contrapartida del Bético de Málaga. Los primeros investigadores del Rif, por ejemplo Blumenthal, Fallot & Marin y Schmidt-Thomé, no pasaron esencialmente de una clasificación litológica. Sólo muy recientemente se tiene conocimiento de nuevos hallazgos de fauna por Agard, Destombes, Milliard & Morin (1958) y Milliard (1959).

En el presente estudio se describen algunos cortes dentro del Paleozoico no metamórfico, en las cercanías de Almogía y Ardales, provincia de Málaga. Sobre la base de hallazgos de conodontos fue posible datar algunos yacimientos aislados de calizas dentro de la serie de grauwakas y pizarras y, como con-

secuencia, ofrecer nuevas posibilidades para el establecimiento de una secuencia estratigráfica. Los levantamientos de cortes y de una cartografía del área sobre fotografías aéreas a una escala aproximada 1 : 40.000, fueron hechos por uno de nosotros (F. Kockel) en abril de 1961. El otro colaborador (D. Stoppe) estudió las faunas de conodontos. Expresamos nuestro agradecimiento al Doctor Ziegler, por sus consejos en la determinación de las faunas, así como al Sr. Mollat, con quien se efectuaron estudios conjuntos en la zona de Marbella. También expresamos nuestro agradecimiento a la Bundesanstalt für Bodenforschung, que puso a nuestra disposición medios de instalaciones para la preparación técnica de las muestras, y al Sr. Deiters por la preparación de fotografías. Las faunas de conodontos se conservan en la Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover.

VISTAZO REGIONAL

Según Blumenthal (1930-1949) y Michelau (1942) el conjunto de la serie de estratos del Paleozoico de Málaga se puede subdividir en siete complejos litológicos:

- 7) Conglomerado poligénico.
- 6) Zona de grauwakas y pizarras superiores.
- 5) Zona de las «calizas alabeadas».
- 4) Serie de filitas.
- 3) Serie superior de paraneíses.
- 2) Mármoles de Marbella.
- 1) Serie inferior de paraneíses.

Esta clasificación general se ha visto nuevamente confirmada en el presente trabajo. Pueden ser observada por doquier, así por ejemplo, tanto en el borde norte del Bético cerca de Ardales (Blumenthal 1930, Kockel 1963), como en la costa mediterránea cerca de Marbella (Blumenthal 1949, y amable comunicación verbal del Sr. Mollat). Donde aparece de manifiesto con más claridad es en el flanco Este del anticlinal de Santi Petri (Michelau 1949). Es este un amplio elemento estructural que se extiende de NNE a SSW, entre el río Guadalhorce al W y el río Campanillas al E. En el núcleo de este anticlinal, de forma elíptico-alargada, afloran en amplias zonas los paraneíses superiores, que hacia su cubriente pasan a micacitas granatíferas y filitas. Hay que mencionar que las rocas presentan, hasta muy cerca, al cubriente de la serie de filitas, una fuerte influencia de metamorfismo de contacto, que produce la formación de potentes pizarras glandulares y agavilladas. La serie de calizas alabeadas yace en oposición casi tendida en la región de Santi Petri (ver figura 1). Las series más modernas se encuentran en una banda, atravesada por una densa red de fractura post-triásicas, entre el arroyo de Zafra al C y el río Campanillas al E, y más allá. Transgresivamente sobre el Paleozoico, se dispone una

serie preponderantemente clástica de edad permo(?)-triásica, que es típica del desarrollo del Mesozoico bajo de la zona bética. Los yacimientos triásicos están hundidos en forma de fosas, en disposición bastante tendida dentro del basamento paleozóico.

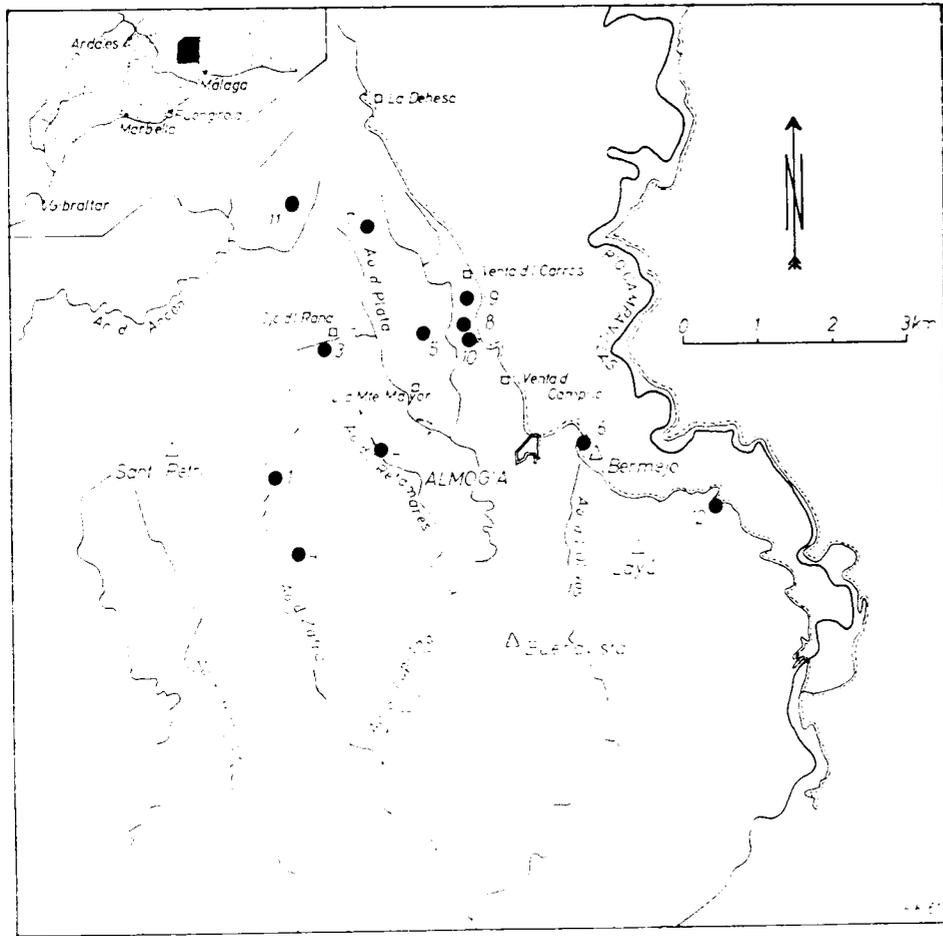


Fig. 1.—Panorama geográfico de la región estudiada

Los puntos señalados y numerados se refieren a los afloramientos descritos. En el planito de conjunto de la esquina superior izquierda se señala con punteado el Bético de Málaga.

LA SERIE DE FILITAS Y LAS CALIZAS ALABEADAS

No nos ocuparemos aquí de los tres complejos más profundos del Bético de Málaga. Tampoco entraremos en la discusión de la serie de filitas. Es en cambio interesante el paso de la serie de filitas a las calizas alabeadas.

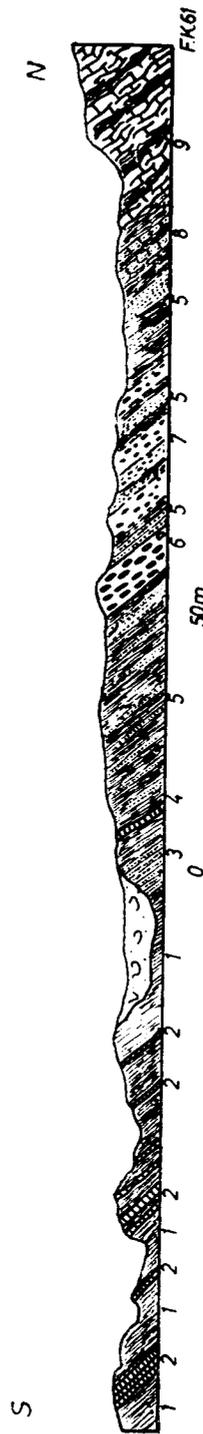


Fig. 2.—Serie superior de filitas del arroyo de las Cañas, en Carratraca

- 1) Filitas gris azuladas, de brillo plateado, muy suaves.
- 2) Cuarzitas en bancos delgados de color verdoso a blanquecino, con ligeros plegamientos, y en ocasión, estrujados distarmonicamente.
- 3) Filitas gris negruzcas, compactas y muy arenosas.
- 4) Banco compacto gris negruzco, muy cuarcelítico.
- 5) Filitas azul grisáceas, suaves, que alternan continuamente con grauwakas filádicas compactas, muy arenosas.
- 6) Conglomerado muy compacto. Los cantos son predominantemente de cuarzo. Inten samente apizarrado. Los cantos estrujados.
- 7) Alternancia entre filitas muy arenosas y bancos de conglomerados.
- 8) Bancos de grauwakas filádicas con ligero contenido calizo.
- 9) Calizas azul negruzcas oscuras, con lechos intermedios de filitas azul grisáceas, con transición hacia arriba a una serie de calizas puras («Calizas alabeadas».)

Para su más gráfica representación utilizaremos dos cortes. Uno de ellos está situado en el curso superior del arroyo de las Cañas al W de Carratraca, a unos 3,5 km. al SE del pueblo de Ardales (figura 2), y el otro en el curso medio del arroyo Zahurda, a uno 2,3 km. al E-NE de Ardales (figura 3). (Para la situación exacta de los cortes véase Kockel (1963), tabla III). La serie de estratos que aparece aquí, en el borde Norte del Pélico, se puede observar en forma similar en las laderas W de Santi Petri, pero allí no se aprecia

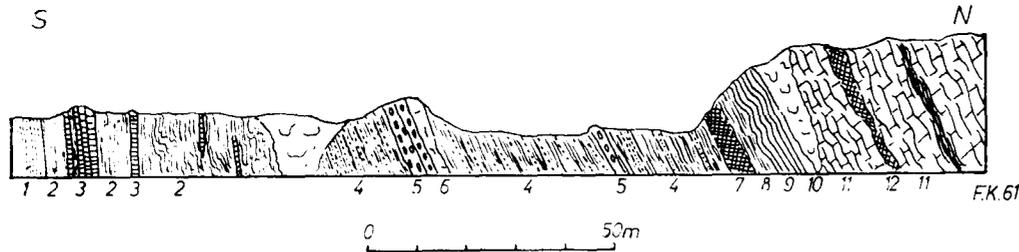


Fig. 3. Serie superior de filitas del arroyo Zahurda, al E. de Ardales

- 1) Filitas compactas con granitos pequeños, azul grisáceas.
- 2) Filitas suaves azul grisáceas, de escamas finas, con fuerte replegamiento y con venas de cuarzo.
- 3) Cuarzitas en lechos delgados, verdosas, a menudo trabajadas y estrujadas.
- 4) Pizarras arenosas fíldicas en placas finas, verdosas a marrón sucio, alternando rítmicamente con bancos delgados de Grauwakas cuarzíticas. Consecuentemente su aspecto es fajeado.
- 5) Conglomerado, muy apizarrado, con cantos rodados de hasta 20 cm. de cuarzo, cuarcita, grauwaka y mármol.
- 6) Filón de cuarzo, apizarrado, con inclusión de bandas filídicas.
- 7) Toba keratófirica (?), de color azul verdoso a azul violeta plateado, finamente fajeada, sin caliza, fractura astillosa.
- 8) Pizarras verdosas en placas finas.
- 9) Pizarras silíceas en bancos finos, intensamente replegadas, de color negro, gris y azulado.
- 10) Zona de trituración.
- 11) Calizas azul negruzcas, con anchas intercalaciones de pizarras. Calizas alabeadas típicas.
- 12) Caliza apizarrada, verdosa, con transición lateral a 11. Recuerda mucho al nivel 7.

tan claramente la diferenciación litológica, debido a la aureola de contacto, que en parte corta oblicuamente a los horizontes.

En la monótona serie de filitas, que sólo en algunas de sus hiladas muestra el típico brillo azul-plateado de las «pizarras color de humo», aparecen intercaladas, como rocas características, cuarcitas verdosas. Esta serie termina por un conglomerado de hasta 30 m. de espesor (6 y 7 de la figura 2, 5 de la figura 3), el cual se observa también en Santi Petri, a unos 50 m. por debajo de las calizas alabeadas. Contiene cantos rodados de cuarzo, cuarcita y grauwakas. En el arroyo Zahurda encontró el Sr. Dürr además un canto rodado

de mármol. La gran extensión regional de este conglomerado, que ya fue descrito por Michelau, permite sospechar la existencia de una interrupción, más que local, en la sedimentación. En el arroyo de las Cañas se intercalan, sobre el conglomerado, bancos de grauwakas cálcicas, que hacia arriba pasan a las auténticas calizas negras, nodulares, de la serie de las alabeadas.

En el arroyo Zahurda continúan, por encima de los conglomerados, pizarras filíticas, arenosas, laminares, y un banco de unos 4 m. de espesor de unas rocas finamente bandeadas de colores verde veneno y azul violáceo plateado. En lámina delgada se puede comprobar la existencia de cristales de sericita ordenada en capas, con abundantes inclusiones más bastas. Estas inclusiones están constituidas preponderantemente por cuarzo. Según la textura y el tipo de mineral, podría tratarse de una toba. Es indiscutible el parecido con las tobas keratófiricas del Harz (Comunicado amablemente por el doctor Eckhardt, de Hannover).

Directamente, debajo de los primeros bancos de calizas aparece una hilada de unos 7 m., de pizarras silíceas intensamente replegadas, de tonos en parte negros, en parte claros y hasta blanquecinos. Agard, Destombes, Milliard & Morin (1958) describen en el Rif, en Tetuán, pizarras silíceas en el yacente inmediato de un horizonte calizo, que evidentemente corresponde a las calizas alabeadas. En estas pizarras silíceas pudieron comprobar la existencia de graptolitos del Llandoveryense superior y del Taramon inferior. Como las faunas más bajas de las calizas alabeadas corresponden al Wenlockense superior (Kockel 1959), no es desacertada la comparación con las condiciones marroquíes.

Las calizas alabeadas constituyen una serie que llega a alcanzar espesores de hasta 500 m., de calizas nodulares oscuras con capas de grauwakas y pizarras, en las cuales aparecen intercalados ocasionalmente lentejones calizos más compactos. Han sido descritas ya suficientemente (Plumenthal 1930, 1949, Kockel 1958, 1959). En los lentejones calizos se pudieron determinar, por medio de conodontos, los tramos siguientes: Wenlockense superior Ludlowense medio, Ludlowense superior, el límite Siluriano-Devoniano, así como el Devoniano inferior, bajo y medio, y el Devoniano medio. Verdad es, que muchos de estos lentejones calizos ya no se encuentran en su ligazón estratigráfica normal, sino aparecen, como escamas, fuera de la serie de las calizas nodulares negras. Las calizas nodulares mismas resultaron totalmente exentas de fósiles, no obstante el gran número de muestras que se tomaron en la vertiente E. del arroyo de Zafra, en Santi Petri, y cerca de Ardales. En la zona del anticlinal de Santi Petri tampoco se encontraron lentejones calizos que contuvieran conodontos, de modo que tampoco se pudo establecer allí ninguna datación. El espesor de la serie calizas es sólo de unos 80 m. en la ladera E. del arroyo de Zafra (afloramiento 1 de la figura 1), pero crece en la región de

Santi Petri a más del doble. Por encima aparecen grauwakas ricas en feldespatos, con contenido calizo variable. Sin embargo, un trastorno importante que hace descender las calizas alabeadas al E. de Santi Petri contra un Paleozóico más alto, impide el establecimiento de un corte normal que no ofrezca dudas.

LAS GRAUWAKAS Y PIZARRAS SUPERIORES

a) *Serie Rana, horizonte de pizarras silíceas, y grauwakas de Retamares*

Michelau (1942) clasificó la serie de estratos sobre las calizas alabeadas, de arriba abajo, en:

Serie de pizarras y grauwakas alternantes.

Pizarras silíceas.

Pizarras y grauwakas subyacentes.

Calizas de Almogía.

Conglomerado nodular.

Pizarras silíceas y grauwakas alternantes.

Desgraciadamente, Michelau no indica la localidad, por lo que dicho corte tipo no se pudo volver a encontrar.

Hacia el curso medio del arroyo de Retamares (afloramiento 2 de la fig. 1), en el Cortijo de la Rana (afloramiento 3), en la laderas occidentales del arroyo de Plata y en las orientales del arroyo de Oliva (afloramiento 4) se encuentra, como elemento más profundo, una serie de grauwakas muy duras, con bancos bien definidos, de color gris negruzco, con contenido variable de caliza, y lechos intercalados de pizarra negruzca. Algunos bancos adoptan el carácter de calizas arenosas, impuras. El espesor mínimo de esta serie, que llamamos «serie Rana», es de unos 20 m., junto al Cortijo de la Rana. Es posible que corresponda a las partes más altas de las «calizas alabeadas», especialmente porque las calizas impuras, dentro de la serie, presentan gran semejanza con las calizas nodulares negras. Desgraciadamente aquí tampoco se encontraron fósiles.

Por encima de la «serie Rana» hay un horizonte muy marcado que puede ser seguido por toda la región. También en Ardales aparece en la misma posición. Consiste en un paquete de pizarras silíceas de 6 a 15 m. de espesor, en láminas muy finas y a menudo con fuerte replegamiento, y va acompañado de pizarras silíceas, claras y hasta blanquecinas. Las pizarras silíceas muestran con frecuencia una tonalidad rosa. Es típico el horizonte de pizarras silíceas junto al Cortijo de la Rana (afloramiento 3), así como en la ladera oeste del arroyo de la Plata. Un segundo horizonte de pizarras silíceas, señalado por Michelau a unos 30 m. por encima, no pudo ser observado. No es imposible que se trate en este caso de una duplicación tectónica.

Sobre las pizarras silíceas se superpone, en todos los cortes que se toma

ron en Almogía y Ardales, una serie de grauwakas de unos 40 m. de espesor, para las cuales se propone el nombre de «grauwakas de Retamares» (figuras 4 y 5). Este paquete de grauwakas, muy homogéneo, se caracteriza especialmente

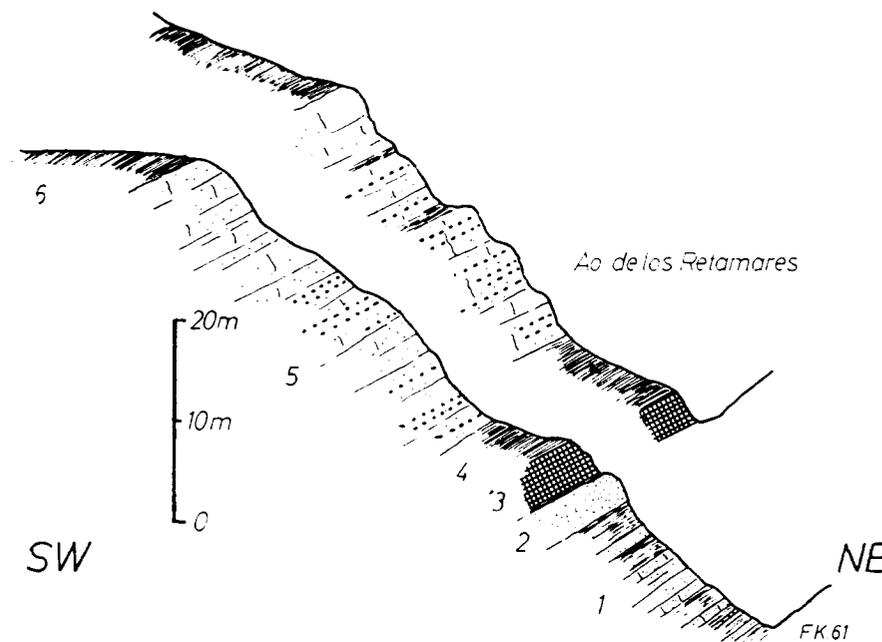


Fig. 4. —Dos cortes en la ladera W. del arroyo de los Retamares, curso superior, al W. de la cota 482. Distancia entre los cortes unos 500 m. (punto 2 de la fig. 1)

- 1) Alternancia entre pizarras de color azul oscuro y brillo negruzco, muy arenosas y ligeramente filadicas, y grauwakas muy compactas, azul-grisáceas y en parte ligeramente calizas (Serie Rana).
- 2) Banco de grauwakas, color marrón, poco consistentes.
- 3) Horizonte de pizarras silíceas. Pizarra silícea negra con intercalaciones de pizarras silíceas de colores gris claro a blanquecino, y en parte también rosa y violáceo, de brillo nacarado y fractura angulosa. Replegado.
- 4) Pizarras verde oliva a marrón; en parte con aspecto de cuero, y ligeramente arenosas.
- 5) Potente serie de grauwakas, en las que sólo se intercalan aisladas capas de pizarras. Las grauwakas son compactas, verde oliva a marrón, en bancos gruesos. El grano es grueso. En los dos tercios inferiores de la serie se intercalan con frecuencia horizontes de conglomerados, que se desvanecen lateralmente. Los conglomerados son de grano fino, los componentes, principalmente cuarzo. (Grauwakas de Retamares.)
- 6) Pizarras color verde oliva a gris negruzco, como las del tramo 4.

en sus dos tercios inferiores, por láminas conglomeráticas de acuñaamiento lateral. Estos conglomerados se componen principalmente de cuarzo, pero hay también pizarras silíceas. Los cantos rodados suelen estar deformados tectónicamente. Probablemente se trata del «Conglomerado nodular» de Michelau

Por encima de las grauwakas de Retamares sigue una potente serie de pizarras con grauwakas intercaladas. Todos los cortes están interrumpidos en esta serie, de modo que no se puede establecer ninguna secuencia para las partes superiores de Paleozóico.

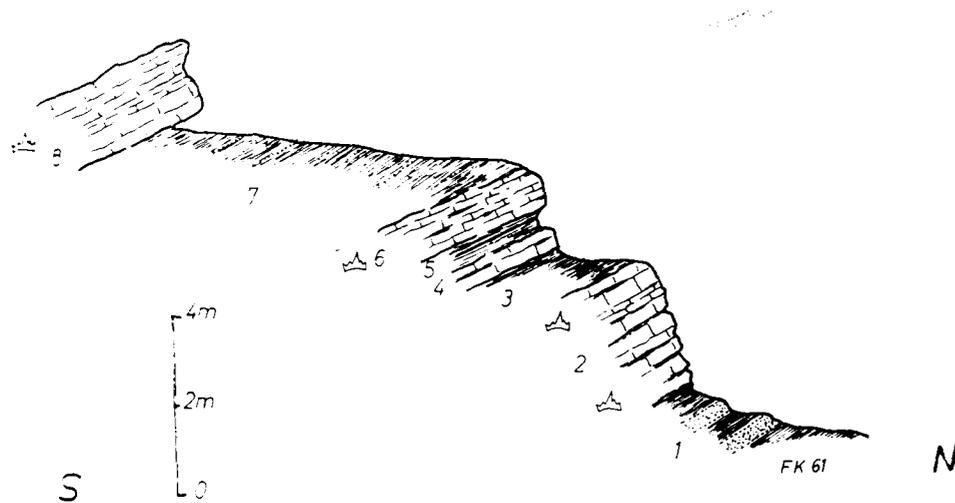


Fig. 5. — Corte en la cima del pequeño cerro, 100 metros al E. de la cota 498 y a unos 750 metros del Lagar de Monte Mayor, al NW de Almogía (punto 5 de la fig. 1)

- 1) Pizarras negras de tono verdoso cuando meteorizadas, en parte ligeramente despiñadas. Intercalaciones de algunos bancos compactos de grauwakas, cuyo espesor aproximado es de 10 cm.
- 2) Calizas almohadilladas, gris-azuladas con manchas rojizas. En bancos de 5 a 10 cm., en parte brechoides. Intercaladas algunas capas de pizarras calizas de placas finas y margas amarillentas, que se acuñan lateralmente.
- 3) Pizarras gris-verdosas, mal expuestas.
- 4) Calizas color gris-azulado claro, como las de 2.
- 5) Pizarras verdosas.
- 6) Caliza azul-grisácea almohadillada, con intercalaciones irregulares de margas.
- 7) Pizarras negras, que meteorizan a tono marrón cuero o marrón verdoso; intercaladas hiladas algo más arenosas.
- 8) Calizas azul-grisáceas, brechosas, endógenas, con manchas rojizas. En bancos de 50 cm. y fajado fino-nodular.

b) Los lentejones calizos

En la zona situada al E. de una línea trazada desde Buenavista al arroyo de la Plata, en una región caracterizada por numerosas fosas en que se preservaba el Triásico transgresivo, se manifiestan yacimientos de calizas entre grauwakas y pizarras indeterminables, los cuales a veces aparecen estrujados disharmónicamente fuera de la serie, en forma de escamas; nunca alcanzan gran extensión superficial. Hay que suponer que, ya en yacimiento primario,

se trataba de lentejones aislados. Estratigráficamente no deberían pertenecer a un nivel más bajo que las grauwakas de Retamares.

1) Devoniano muy bajo.

100 m. al E. de la cota 498, a unos 750 m. al Norte del Lagar de Monte Mayor, al NW de Almogía, se encuentra el corte de la figura 5 (afloramiento 5 de la figura 1), formando la cumbre de un pequeño cerro. La serie no parece trastornada, pero, debido a la fragmentación post-triásica, el corte no se deja encajar en un cuadro más amplio.

En la base del horizonte calizo 2 (véase figura 5) se encontró la siguiente fauna de conodontos:

(Muestra 7 S b alpha).

Prioniodina aff. *excavata* (Branson & Mehl 1934).

Spathognathodus remscheidensis Ziegler 1960.

Styliobda sp.

Datación: probablemente Gedinnense.

Según *Sp. remscheidensis*, podría tratarse de Gedinnense, pero tampoco debe desecharse totalmente la posibilidad del Ludlowense superior y Siegenense, ya que las formas de conodontos de estos pisos no son suficientemente conocidas.

3 m. por encima, en la parte más alta del horizonte 2, se encontró:

(Muestra 7 S b beta).

Hindodella sp. (= *H. n.* sp. Ziegler 1960, Tab. 15, fig. 4).

Ozarkodina cf. *media* Walliser 1957.

Ozarkodina denckmanni Ziegler 1956.

Ozarkodina cf. *regularis* Branson & Mehl 1934.

Prioniodina excavata (Branson & Mehl 1934).

Spathognathodus remscheidensis Ziegler 1960 (forma de transición a *Sp. frankenwaldensis* Bischoff & Sannemann 1958).

Trichodella inconstans Wegiser 1957 ?

Acrotretacea indet.

Datación: probablemente Gedinnense.

(Según *Sp. remscheidensis*, Ludlowense superior-Siegenense, probablemente Gedinnense).

En un banco de calizas (banco 6) 2 m. por encima, se encontraron:

(Muestra 7 S d).

Oncotodus? beckmanni Bischoff & Sannemann 1958.

Spathognathodus vel *Peickysgnathus* sp.

Datación: Ludlowense superior-Siegenense, probablemente Gedinnense.

En el horizonte calizo 8, en la parte más alta del corte, se encontró la siguiente fauna:

(Muestra 7 S e alpha).

Belodus triangularis Stauffer 1940.
Panderodus uncostatus (Branson & Mehl 1933).
Panderodus panderi (Stauffer 1940).
Plectospathodus sp. (deteriorado).
Prionodina bicurcata (Branson & Mehl 1933) subsp. indet.
Prionodina bicurcata bicurcata (Branson & Mehl 1933).
Spathognathodus sp. (deteriorado).
 Datación: Ludlowense a Emsense inferior.

Según las faunas, la totalidad de la serie alternante de calizas y pizarras pertenece, por tanto, al Devoniano muy bajo. Pero como las faunas de conodontos del Devoniano inferior y del Siluriano superior se conocen insuficientemente, tampoco debe excluirse totalmente la posibilidad de que su edad corresponda al Ludlowense superior.

2) Emsense inferior.

Junto a la curva muy pronunciada de la carretera de Málaga a Almogía, al NW. del Bermejo y al E. de Almogía (afloramiento 6 de la figura 1), aparecen aprisionadas entre dos fallas de dirección NE., unas calizas de tendida posición y bastante trastornadas. Son de color gris-azulado oscuro, de estratos finos (2 a 5 cm.), y alternan con hiladas de margas amarillentas que dan a las rocas un aspecto nodular. El espesor expuesto es de unos 3 m. En la base se encontró:

(Muestra S 3 a).

1 Ostracodo (núcleo petrificado en sílice).
Otarkodina cf. *media* Welliser 1957.
Oncotodus? *beckmanni* Bischoff & Sannemann 1958.
Panderodus sp.
Spathognathodus teurmi Bischoff & Sannemann 1958.

Y a un metro por encima:

(Muestra S 3 b).

Hindcodella sp.
Oncotodus? *beckmanni* Bischoff & Sannemann 1958.
Polygnathus sp. ex aff. *linguiformis* Hinde 1879 (deteriorado).
Spathognathodus frankenwaldensis Bischoff & Sannemann 1958.
 Datación: Emsense inferior.

(Según *Sp. frankenwaldensis* y *teurmi*, que alcanza desde el Siegenense hasta el Emsense inferior y el género *Polygnathus* que empieza en el Emsense inferior, las faunas deben corresponder al Emsense inferior).

Michelau, que cita este hallazgo como localidad tipo de sus calizas de Almogía, data estas calizas como Devoniano superior, basándose en un *Tentaculites*, que fue clasificado, con reservas, por R. Richter como *T. sulcatus* Roemer. Pero por las faunas de conodontos hay que descartar totalmente tal datación.

Junto al camino de los Pinos, saliendo de la cota 533, se extiende una estrecha cresta de calizas unos 300 m. en dirección NE. (afloramiento 7 de la figura 1). La parte del yacente es de color gris azulado claro y de lechos laminares. La parte superior, coronada por un cortijo, es sin estratificación distinta y de color gris-azulado oscuro. Una muestra de las zonas basales (muestra 9 'S) dio, además de una concha de ostracodo silicificada, unos fragmentos que probablemente son de *Polygnathus linguiformis* Hinde 1879, el cual aparece desde el Emsense hasta el Adorfense medio más bajo.

3) Devoniano medio.

Al W. de la carretera de Almogía a Villanueva de la Concepción, a unos 150 m. al NW. de la Venta del Medio (afloramiento 8 de la figura 1) se encuentran, en medio de pizarras verdosas, unos bloques de calizas del orden de dimensiones del metro cúbico, de color azul-negro, que presentan una estratificación del grosor del decímetro. A unos 3 m. por encima de ellas afloran en las tierras de labor pizarras silíceas. Una muestra dio:

(Muestra 9'2).

Hindcodella sp. indet.
Lonchodina sp. indet.
Ozarkodina sp. indet.
Polygnathus kockeliana Bischoff & Ziegler 1957.
Prionodina prona (Huddle 1934).
Roundya triangularis Bischoff & Ziegler 1957.
Spathognathodus bidentatus Bischoff & Ziegler 1957 (forma de transición a *Polygnathus kockeliana* Bischoff & Ziegler 1957).
Trichonodella? sp. indet.
 Agujas de esponjarios
 Datación: Eifelense, aproximadamente en su parte media, así como superior.

Por encima de Ardales, inmediatamente al pie meridional del monte del Castillo hay calizas con *Styliolinas* dispuestas en bandas finas y color azul-gris claro. Estas yacen sobre calizas alabeadas con buzamiento hacia el N. y que en las partes superiores contienen importantes intercalaciones de grauwakas. Las calizas con *Styliolinas* aparecen cubiertas, desde luego tectónicamente, por calizas no estratificadas, rojizas y brechoides, que constituyen el monte del Castillo mismo. Estas últimas tenían, además del *Michelinoceras* sp., conodontos del límite Ludlowense-Devoniano inferior, con *Ozarkodina* cf. *media* y *Spathognathodus* cf. *steinhornensis*. Las calizas de *Styliolinas* contenían además de:

(Muestra f 3 Kockel 1959, pag. 160).

Belodus sp.
Lonchodina cf. *richteri* Bischoff & Ziegler 1957.

Ozarkodina sp.
Polygnathus irregularis Hude 1879.
Rensselaeria sp.
Spathognathodus sp.

en una nueva muestra:

(Muestra 17 b).

Oncorodus? beckhami Bischoff & Sannemann 1958.
Pelckysgnathus cf. *primitiva* Bischoff & Ziegler 1957.
Syphobina sp.
 Datación: Devoniano medio.

Según *Pel.* cf. *primitiva* constituye probablemente el límite Devoniano medio-superior, pero esta forma aparece muy pocas veces en los cortes alemanes correspondientes.

4) Devoniano superior.

En el lado W. de la carretera de Almogía a Villanueva de la Concepción entre la Venta de los Carros y la Venta del Medio, se extiende una loma alargada, caracterizada por las cotas 459, 461 y 458. Está formada por un lecho de calizas, tendido y hasta ligeramente inclinado hacia el NE. y que al S., en la Venta del Medio, se resuelve en pequeños restos de erosión aislados. Las calizas varían entre azul-negras y azul-grisáceas y prestan en sus partes yacentes un banqueado fino. Hacia el cubriente se vuelven más gruesos los estratos, así como más oscuros y compactos. Su espesor total es de por lo menos 10 m. Por debajo aparece una serie de pizarras y grauwakas de edad desconocida: el cubriente es desconocido. En un corte en la cota 461, aproximadamente a mitad de distancia entre ambas ventas (afloramiento 9 de la figura 1), se encontraron en la base la siguiente fauna:

(Muestra 9/3 a).

Acodina, cf. *curvata* Stauffer 1940 (deteriorada).
Angulodus walrathi (Hibbard 1927).
Avignathus? sp. indet. (fragmento).
Apatognathus sp. indet. (fragmento).
Hindeodella brevis Branson & Mehl 1934.
Hindeodella germana Holmes 1928.
Icriodus alternatus Branson & Mehl 1934.
Icriodus sp. indet.
Ligonodina sp. indet.
Lonchodina sp. indet.
Nothognathella, cf. *abnormis* Branson & Mehl 1934.
Ozarkodina elegans (Stauffer 1938).
Palmatolepis marginata Stauffer 1938.
Palmatolepis rhenana Bischoff 1956.
Palmatolepis subrecta Miller & Youngquist 1947.
Palmatolepis triangularis Sannemann 1955 (sensu Helms 1959).
Palmatolepis sp. juv.

Polygnathus procerus Sannemann 1955.
Polygnathus sp. (forma de transición de *P. normalis* a *P. procerus*).
Prioniodina prona (Huddle 1934).

Datación: Adorfense superior (hasta el límite Adorfense Nehdenense).

8 m. por encima, una muestra dio la siguiente fauna:

(Muestra 9/3 b).

Ancyrodella, cf. *buckeyensis* Stauffer 1938.
Ancyrodella, cf. *nodosa* Ulrich & Bassler 1926 (deteriorada).
Ancyrognathus euglyphicus Stauffer 1938.
Ancyrognathus triangularis Youngquist 1945.
Bryantodus sp. indet.
Hindeodella sp. indet.
Icriodus sp. indet.
Ligonodina, cf. *robusta* Branson & Mehl 1934.
Lonchodina sp. indet.
Nothognathella abnormis Branson & Mehl 1934.
Ozarkodina regularis Branson & Mehl 1934.
Palmatolepis, cf. *flabelliformis* Stauffer 1938.
Palmatolepis marginata Stauffer 1938.
Palmatolepis rhenana Bischoff 1956.
Palmatolepis subrecta Miller & Youngquist 1947.
Palmatolepis, cf. *triangularis* Sannemann 1955.
Polygnathus amara K. J. Müller & E. M. Müller 1957.
Polygnathus ancyrognathoidea Ziegler 1959.
Polygnathus normalis Miller & Youngquist 1947.
Polygnathus procerus Sannemann 1955.
Prioniodina prona (Huddle 1934).
Scutulia sp. indet.

Datación: Adorfense superior (hasta el límite Adorfense Nehdenense).

Un pequeño bloque de calizas aislado por encima de la Venta del Medio dio una fauna similar (afloramiento 10 de la figura 1):

(Muestra 9/1 b).

Acodina, sp. indet.
Apatognathus sp. indet.
Hindeodella germana Holmes 1928.
Icriodus alternatus Branson & Mehl 1934.
Icriodus cornutus Sannemann 1955.
Icriodus? sp. (v. *Pelckysgnathus?*).
Lonchodina sp. indet.
Nothognathella abnormis Branson & Mehl 1934.
Nothognathella sp. indet.
Palmatodella orthogonica Ziegler 1958.
Palmatolepis crepida Sannemann 1955.
Palmatolepis flabelliformis Stauffer 1938.

Palmatolepis marginata Stauffer 1938.
Palmatolepis subrecta Miller & Youngquist 1947.
Palmatolepis triangularis Sannemann 1955.
Polygnathus normalis Miller & Youngquist 1947.
Polygnathus proccra Sannemann 1955.
Prioniodella acquidens Ulrich & Bassler 1926.
Prioniodina smithi (Stauffer 1938).
Spathognathodus sp. (n. sp.?).
Tentaculites

Datación: Adorfense superior (límite hasta Adorfense Nehdenense).

Del mismo bloque de calizas procede la siguiente fauna, de edad aproximadamente igual.

(Muestra 9/1 a).

Acodina sp. indet.
Ancyrodella buckeyensis Stauffer 1938.
Angulodus sp. indet.
Falcodus variabilis Sannemann 1955.
Hindeodella germana Holmes 1928.
Icriodus alternatus Branson & Mehl 1934.
Ligonodina sp. indet.
Nothognathella sp. indet.
Ozarkodina regularis Branson & Mehl 1934.
Palmatolepis marginata Stauffer 1938.
Palmatolepis subrecta Miller & Youngquist 1947.
Polygnathus, cf. *glabra* Ulrich & Bassler 1926.
Polygnathus normalis Miller & Youngquist 1947.
Polygnathus proccra Sannemann 1955 (forma de transición de *P. normalis*).
Prioniodina, cf. *mutabilis* (Branson & Mehl 1934).

Datación: Límite Adorfense-Nehdenense (según amable comunicación verbal del doctor W. Ziegler, Krefeld).

Al norte del Lagar de Fuente Infante afloran calizas en dos cimas pequeñas a ambos lados del arroyo, las cuales, petrográficamente, no se distinguen de la de la Venta de los Carros. (Afloramiento 11 de la figura 1.) Sin embargo, dieron una fauna más joven:

(Muestra 10/10)

Angulodus sp. indet.
Bryantodus sp. indet.
Centrognathodus? sp. indet.
Falcodus variabilis Sannemann 1955.
Hindeodella germana Holmes 1928.
Ligonodina monodentata Bischoff & Ziegler 1956.
Neoprioniodus armatus (Hinde 1879).
Neoprioniodus postinversus Helms 1959.

Nothognathella typicalis Branson & Mehl 1934.
Ozarkodina homoarcuata Helms 1959.
Palmatolepis distorta Branson & Mehl 1934.
Palmatolepis glabra pectinata Ziegler 1960.
Palmatolepis inflexa Müller 1956.
Palmatolepis minuta Branson & Mehl 1934.
Palmatolepis quadrantinodosa marginifera Helms 1959.
Palmatolepis rugosa grossi Ziegler 1960.
Polygnathus glabra Ulrich & Bassler 1926.
Roundya sp. indet.
Scaphognathus velifera Ziegler 1960.
Spathognathodus sp. juv.
Tripodellus tenuis Helms 1959.

Datación: Hemibergense inferior.

No se conoce hasta ahora la existencia de un Devoniano aún más alto, más que en yacimiento secundario. En la trinchera del ferrocarril de Fuen-girola, unos 25 km. al ENE. de Marbella (ver croquis de conjunto de la figura 1), pudo obtenerse, en el conglomerado poligénico (ver pág. 3), procedente de un canto rodado, la siguiente fauna:

(Muestra f 30, Kockel 1959, pág. 153.)

Ligonodina monodentata Bischoff & Ziegler 1956.
Ozarkodina arcuata (Branson & Mehl 1934).
Palmatodella delicatula Ulrich & Bassler 1926.
Palmatolepis gracilis Branson & Mehl 1934.
Polygnathus sp.
Prioniodina, cf. *smithi* (Stauffer 1938).
Roundya sp.
Spathognathodus crassidentatus (Branson & Mehl 1934).
Spathognathodus strigosus (Branson & Mehl 1934).
Spathognathodus spinulicostatus (Branson 1934).
Spathognathodus tridentatus (Branson 1934).

Datación: Dasbergense.

Con esto se cubren todos los tramos del Devoniano superior en facies caliza, excepto el Woeklumeriense.

5) La importancia de los hallazgos nuevos para la posición de las calizas alabacadas.

La presencia de estratos devonianos en la serie paleozóica del Bético se consideraba como cosa evidente hasta hace poco, a pesar de no poseer realmente pruebas faunísticas indiscutibles. Blumenthal (1930) menciona un ha-

hallazgo discutible de plantas en Gibralfaro (Málaga); el hallazgo de Tentaculites de Michelau ya se ha discutido antes. Solamente mediante el trabajo de Blumenthal (1949) quedó demostrada la existencia del Devoniano medio y superior, al menos en yacimientos secundarios. (Compárese pág. 2.) Muy recientemente Mac Gillavry, Roep & Geel (1960) encontraron Devoniano en las Cordilleras Béticas orientales, datado por medio de *Novakia*. Esta inseguridad general suponemos fue la que ha motivado a Meléndez (1953) a suponer, en su resumen paleogeográfico del Devoniano, la existencia de un

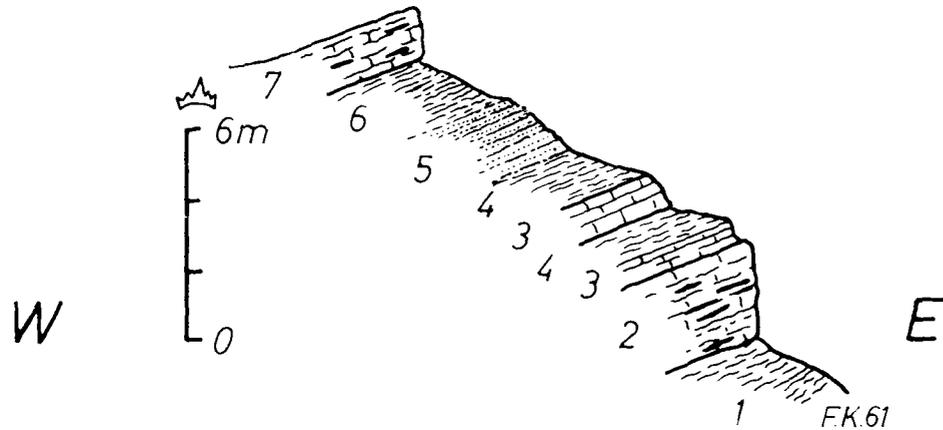


Fig. 6.—Corte por la ladera S. del arroyo de la Cañada de Zorrilla, en la curva de la carretera de Málaga a Almogía (punto 12 de la fig. 1)

- 1) Pizarras ligeramente filíticas.
- 2) Calizas azul grisáceas, intensamente replegadas. En la parte inferior en bancos finos; por encima en bancos más gruesos. Incluidos nódulos silíceos en disposición aureolar.
- 3) Calizas azul grisáceas en plaquitas sin nódulos silíceos.
- 4) Pizarras verde oliva, ligeramente filíticas.
- 5) Cuarzitas, grises o blanquecinas, laminares, de meteorización rojiza.
- 6) Pizarras marrón grisáceas, de brillo filádico.
- 7) Banco de caliza en placas finas, con bandas silíceas intercaladas e intensamente replegadas. Las calizas ya comienzan a presentar una ligera recristalización.

continente en la zona de las Cordilleras Béticas, concepto admitido también por Bubnoff (1956, pág. 224) para el Devoniano inferior.

En las inmediaciones de Ardales se encontraron, en las calizas que acompañan siempre las calizas alabeadas, además de faunas del Siluriano superior, otras del Devoniano inferior y medio (Kockel, 1958, 1959). Pero ya entonces se señaló que la posición de estas calizas dentro del corte era insegura, debido a los fuertes trastornos tectónicos de esta zona, situada inmediatamente al borde norte del Bético. No obstante se llegó a la conclusión, a base de la manifestación común de las calizas con fósiles junto con las «calizas ala-

beadas», que éstas últimas llegan hasta el Devoniano medio. Los últimos hallazgos en la región de Almogía hacen surgir, sin embargo, dudas sobre esta afirmación. No aparecen acompañadas por las típicas «calizas alabeadas», ni las calizas del Gedinnense del Lagar de Monte Mayor, ni las calizas del Emsense inferior de Bermejo, ni las calizas del Eifelense de la Venta del Medio. Estas, en cambio, aparecen más bien bastante más profundas, por debajo de las grauwakas de Retamares, de las pizarras silíceas y de la serie Rana.

Puede pensarse que las facies de las «calizas alabeadas» no constituya un horizonte stratigráficamente consistente. Esta idea ya fue manifestada por Blumenthal (1940). Sin embargo, es difícil imaginar que una facies tan característica como la de las calizas alabeadas en las laderas orientales del Santi Petri sea sustituida totalmente, ya al E. del arroyo de la Plata, por una facies de grauwakas y pizarras con lentejones calizos aislados. Por tanto hay que tener en cuenta la posibilidad de que los lentejones calizos devonianos, entre las «calizas alabeadas» de Ardales constituyan inclusiones tectónicas y que, por tanto, la edad devoniana de este horizonte calizo sea sólo aparente. Como hasta ahora no se ha podido encontrar una sucesión normal y completa en la región de Almogía, y como las calizas alabeadas mismas parecen estar desprovistas de fósiles, esta cuestión ha de seguir abierta.

b) Carbonífero inferior.

Junto a la curva cerrada que hace la carretera de Almogía a Málaga, en el fondo del valle del arroyo de la Cañada de Zorrilla se encuentra, inmediatamente debajo de la carretera, el corte presentado en la figura 6 (afloramiento 12 de la fig. 1). Toda la serie, tanto las calizas como las pizarras, presentan un grado de metamorfismo claramente más elevado que el de los afloramientos más al Noroeste. Las calizas, en delgado fajeado, llevan estrechos cordones de sílex y están intensamente replegadas, así como ligeramente recristalizadas. Las fajas de sílex siguen este replegamiento. Las pizarras intercaladas presentan un brillo filádico, procedente de moscovita. Llama la atención la asociación de cuarzitas claras (5 en la fig. 6), que ordinariamente sólo se conoce en la serie de filitas que stratigráficamente está situada a bastante mayor profundidad. A pesar de la considerable deformación de las rocas, el banco superior de calizas (7 en la fig. 6) dio un pequeño hallazgo de conodontos:

Muestra 14 2.)

- Gnathodus* sp. (en varios ejemplares)
- Hindcodella* sp.
- Polygnathus* sp.

A pesar de que la fauna está muy mal conservada, la presencia de *Gnathodus* sólo permite presuponer una edad del Devoniano superior (Wocklumeriense) o del Carbonífero. Las formas de *Gnathodus*, aunque no se pudo determinar las especies, hacen suponer una edad más moderna que el Culm I.

La deformación de los conodontos en estas calizas alcanza un grado muy avanzado. Están comprimidos, doblados y estirados. Conodontos con parecida deformación son descritos por Flügel & Ziegler (1957) en las calizas ligeramente metamórficas del paleozóico de Graz.

Michelau (1942) demostró la presencia del Carbonífero inferior en el Paleozóico de Málaga mediante los hallazgos de *Spirifer*, cf. *duplicosa* y *Ling-productus* sp., así como de corales del Viséano en los cantos del conglomerado poligénico. Milliard (1959) menciona hallazgos en el Rif marroquí, de algas, foraminíferos y corales en calizas, las cuales, por tanto, se pueden datar como Viséano superior hasta Namuriense inferior. Hay que considerar, al menos, la posibilidad de comparación de las calizas de la Punta Jaegerschmidt (Rif) con estas de la Cañada de Zorrilla.

El conglomerado poligénico

Que el conglomerado poligénico constituye junto a las «calizas albedadas», el elemento más característico del paleozóico malagueño, ha sido señalado varias veces ampliamente (Michelau 1942, Blumenthal 1949 y otros). Los cantos de calizas contenidas en el mismo, que destacan de los demás componentes (grauwaksas, pizarras, pizarras silíceas, cuarcitas y material cristalino) especialmente por su tamaño, ya han suministrado fósiles repetidas veces. Blumenthal (1949) describe *Clymenia* y corales procedentes del Devoniano medio de la región de Fuengirola; Koekel (1959) señala una fauna de conodontos del Dasbergense; Michelau (1942) corales del Viséano; Milliard (1959) Emericinios, Fenestellas, Paleotextularidos y Endotiridos del Carbonífero inferior del Rif; Mac Gillivray, Roep & Geel (1960) corales indeterminados y *Endothyra*?. Todos estos hallazgos permiten clasificar el conglomerado, sin ninguna duda, como postviséano.

El recubrimiento

Con el conglomerado poligénico se cierra la sedimentación en el geo-sinclinal varisco. En forma discordante se superpone al complejo plegado una serie clástica del Permiano (?) y el Triásico inferior. Por encima siguen dolomitas de Anisense y Ladinense y a su vez, y discordante, el Flysch del Terciario antiguo y molasas del Mioceno. No entramos ahora en detalles de es-

tas formaciones. Hacemos referencia a los estudios de Azéma (1960), Blumenthal (1930), Didon, Durand Delga, Fontboté, Magné & Peyre (1961) y Koekel (1963).

La estructura tectónica

Sólo haremos algunas observaciones referentes a la estructura de la zona entre el Santi Petri y el Río Campanillas, ya que no se han terminado las investigaciones. Toda la zona del Bético de Málaga estuvo probablemente sometida a una deformación relativamente débil de edad varisca y fue reformada una segunda vez durante el Mesozóico y Terciario. No se sabe mucho acerca de los efectos de la orogénesis varisca. Puede demostrarse la existencia de una discordancia angular bajo el conglomerado poligénico y bajo el Permo-triásico, pero las medidas angulares no son importantes. El Paleozóico presenta un esquema deformativo en ondas muy suaves, y los ángulos de buzamiento de las capas no pasan de 30°.

Después de la sedimentación del Triásico y antes de la transgresión del Oligoceno se produjo una notable fragmentación de la zona, debida a que tuvieron lugar numerosos descensos de bloques, lo que dio lugar a que el Triásico se hundiese en el basamento. Es difícil determinar hasta que punto estos trastornos (figura 7) se hayan podido manifestar también en el Paleozóico, debido a que los conocimientos que hasta la fecha tenemos de la serie estratigráfica son aún incompletos. Los grandes trastornos cartografiados al E. del Santi Petri y en el curso superior del arroyo de la Plata, por lo menos siguen en su dirección las transposiciones post-triásicas.

Llama la atención el hecho de que las fracturas que desplazan el Triás encajen muy bien en un plan unitario de tensiones. El diagrama de trastornos (figura 8) representa la dirección de arrumbamientos de 90° descensos medidos, generalmente de fuerte pendiente. Hay un máximo muy marcado coincidente con la dirección NNE.-SSW, y otro, correspondiendo a este, con la dirección WNW.-ESE. Otro par aparece desplazado a 45° con respecto del primero. Tal tipo de ordenación de trastornos es el que cabe esperar de un desgarramiento dirigido de WNW.-ESE.

La zona cubierta por el diagrama de trastornos está situada en el flanco E. del amplio abovedamiento del Santi Petri, cuyo eje se dirige de NNE.-SSW. Como consecuencia de un abollamiento de esta bóveda cabía esperar la aparición de un desgarre en el dominio central del flanco, de dirección WNW.-ESE. Como los sistemas de trastornos en la zona estudiada encajan bien en el plan general de tensiones que resultaría de un levantamiento del anticlinal de Santi Petri, no resultaría descaminado atribuir el origen del desgarre y fracturas observadas a tal tipo de movimiento. Este levantamiento tendría que haber sido post-triásico. Es muy poco frecuente encontrar en esta

parte de las Cordilleras Béticas elementos estructurales post-triásicos de orientación NNE, y aún menos de tal extensión superficial como el anticlinal de Santi Petri. Los plegamientos y escamas que se encuentran más al norte en el Mesozoico de este segmento de la cordillera están orientados aproximadamente de E — W, o sea casi perpendicularmente al eje del abovedamiento.

La causa del abovedamiento podría ser la implantación del granito varisco en su parte central, que se reconoce por su aureola de contacto. La estructura NNE., por consiguiente, habría sido reactivada después post-triásica.

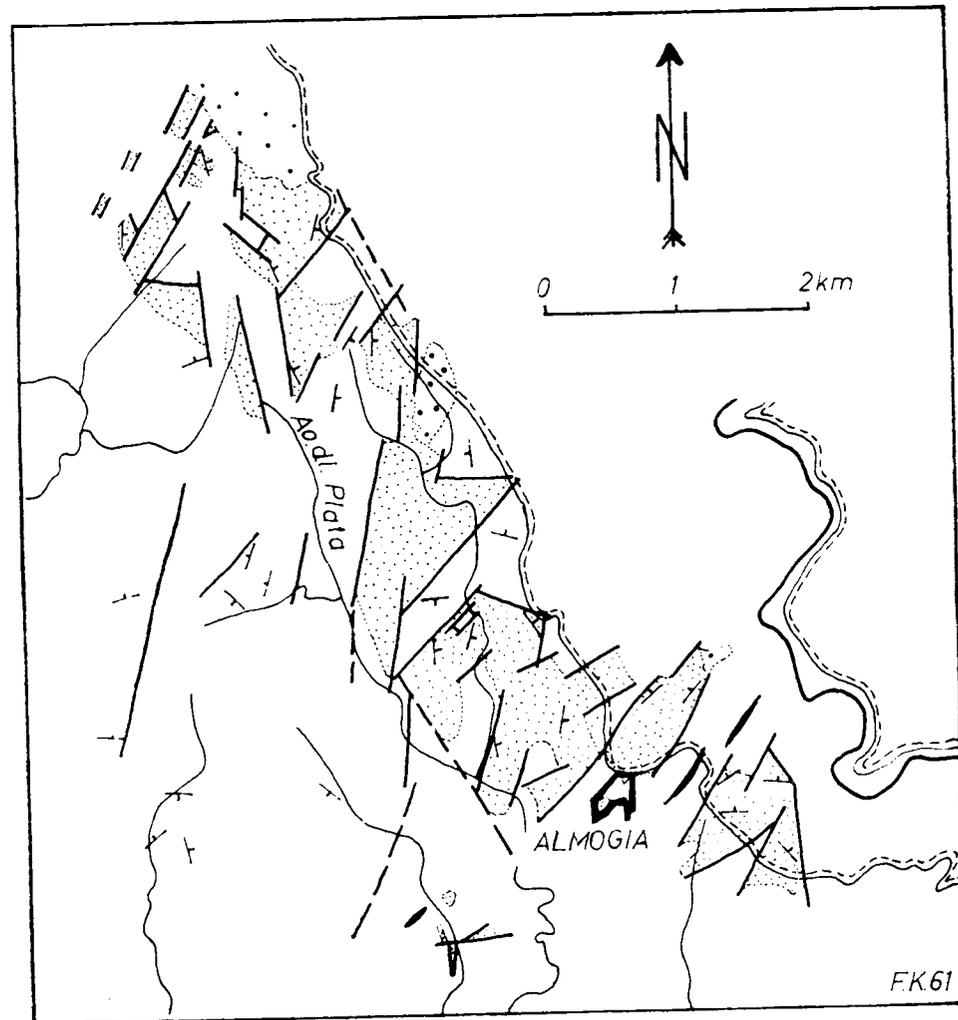


Fig. 7.—Croquis del panorama tectónico de la zona que se extiende entre el Santi Petri y el Río Campanillas

Blanco = Paleozoico sin subdividir.
 Punteado denso = Permotriás.
 Punteado leve = Cobertura más moderna (Terciario).

mente. Debe, sin embargo, mencionarse que no sean extrañas a las Cordilleras Béticas, estructuras cruzadas afines de edad indiscutible post-triásica. Debemos mencionar a este respecto la estructura transversal de Ardales-Carratraca y el borde de la Sierra Alcaparain, cabalgado en dirección WSW. (Kockel 1963).

Por el contrario, no se encuentran vergencias N, bien marcadas en el Triásico y Paleozoico, como eran de esperar realmente en una zona de recubrimiento de vergencia norte.

Nada acusa en estas zonas centrales del Pélico que fue transportado unos 50 km. al N. sobre el ante-país mesozoico (Fallot 1958) o que otras unidades de recubrimiento aún más altas hayan pasado por encima (Didon 1960).

En esto se diferencia la zona de Almogía de las partes meridionales del Bético, en la que a lo largo de la costa mediterránea, igual que junto al borde norte, en Ardales, se puede observar una intensa imbricación de vergencia norte. (Azema 1960, Blumenthal 1949.)

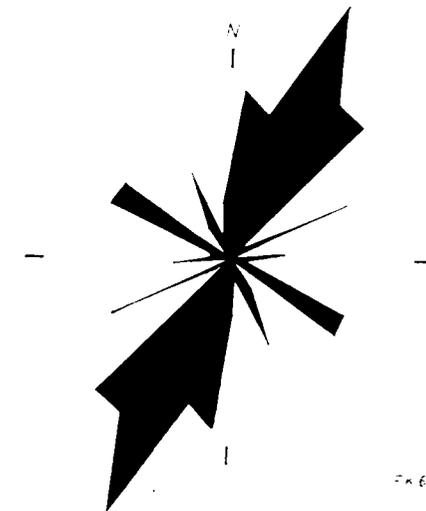


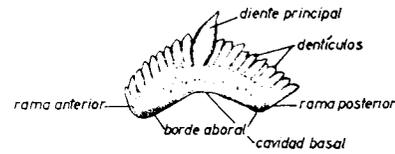
Fig. 8.—Diagrama de los trastornos correspondientes a los corrimientos post-triásicos. Establecido sobre las medidas de 90 localidades

ANEXO PALEONTOLÓGICO

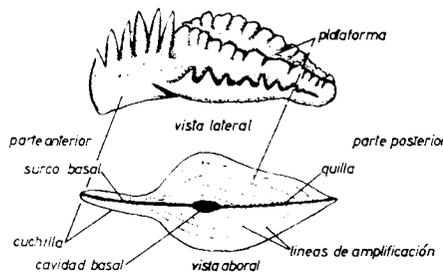
En los últimos años han sido dados a conocer los conodontos del Devónico europeo mediante los trabajos de Bischoff, Helms, K. J. y E. M. Müller, Sannemann y Ziegler, entre otros, por lo que haremos aquí frecuente referencia a esos estudios.

Aparece, que en el Paleozoico de las Cordilleras Béticas se encuentran por lo general las mismas asociaciones de faunas que en el Paleozoico de América del Norte, Europa central y SE. y Australia. Llama, sin embargo,

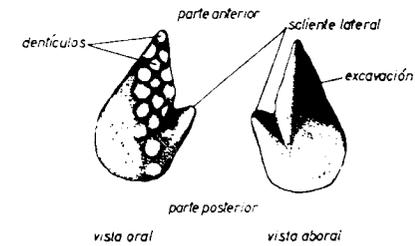
Género Ozarkodina



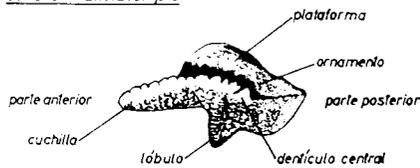
Género Polygnathus



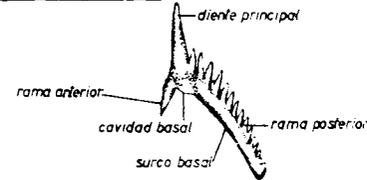
Género Icriodus



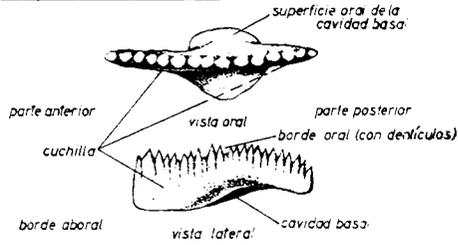
Género Palmatolepis



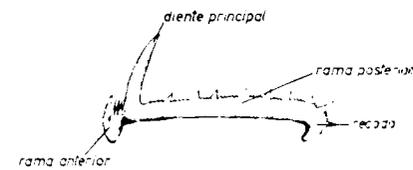
Género Prioniodina



Género Spathognathodus



Género Hindeodella



Género Paltodus

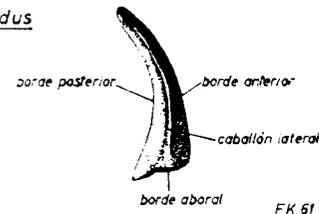


Fig. 9.—Explicación de la terminología utilizada en la descripción de los conodontos (según Bischoff & Ziegler y Rhodes)

la atención el hecho de que parece faltar el género *Icriodus* en las, en todo caso pobres, faunas del Devoniano inferior, no obstante ser este género una forma guía muy típica de Europa central. Este género parece tener una

cierta dependencia con respecto a las facies, ya que también falta en el Hartz en algunas faunas que son muy ricas en individuos.

A continuación se representan y describen algunas especies cuyo aspecto varía algo respecto a las formas hasta ahora conocidas, o de las que no se tienen descripciones recientes. El material disponible no es suficiente para un estudio paleontológico detallado. Los términos empleados en la descripción quedan aclarados en la figura 9.

Género Gnathodus Pander 1856.

Gnathodus sp. indet.

(Tabla 2, figura 10)

Todos los conodontos del Carbonífero inferior encontrados están deformados como consecuencia del metamorfismo y muestran señas de corrosión. Están recortados por finas grietas y fisuras y de la mayoría de los ejemplares sólo se encuentran fragmentos.

El ejemplar representado está aplastado lateralmente en el extremo posterior y no es posible determinar su especie. La cuchilla libre es más larga que la bóveda. Comporta unos 10 denticulos que van aumentando de tamaño hacia el extremo anterior, y que se prolongan por una serie de robustos nudillos hacia la parte posterior. Esta serie está acompañada de dos series paralelas de nudillos.

La forma primitiva de la cavidad basal no se puede reconocer debido a la fuerte distorsión. Un estrecho surco basal se extiende desde la cavidad basal al tercio posterior de la cuchilla libre.

Como ya se dijo anteriormente, no es posible la determinación de la especie, pero pueden eliminarse con seguridad las especies de *Gnathodus* conocidas en los tramos de *Wocklumeria* e inferior de *Gattendorfia*.

Género Hindeodella Ulrich & Bassler 1926.

Hindeodella n. sp.

(Tabla 1, figura 5)

1960 *Hindeodella* n. sp. Walliser—Ziegler 196., pág. 183, tabla 15, figuras 3-4.

Las dos ramas de esta especie llevan una denticulación alternada, o sea, que entre los denticulos mayores, inclinados hacia atrás, hay siempre 2-4 denticulos pequeños. Estos son más bajos que el diente principal, que está ligeramente inclinado hacia atrás y bajo el cual se puede reconocer una pequeña

cavidad basal. La rama posterior está doblada hacia abajo y, vista desde arriba, doblada hacia dentro.

Hay cierta concordancia, en la denticulación de las ramas, con *Hindocydella priscilla* Stauffer, pero la presente especie puede reconocerse fácilmente en la constitución de la rama anterior.

Género *Icriodus* Branson & Mehl 1934.

Icriodus cornutus Sannemann

(Tabla 1, figura 9)

1955 *Icriodus cornutus* n. sp.—Sannemann, pág. 130, tabla 4, figuras 19-21.

1956 *Icriodus cornutus* Sannemann—Bischoff, pág. 125, tabla 10, figura 12.

Esta forma puede distinguirse fácilmente de otras especies de *Icriodus* por la prolongación de la rama posterior en forma de cuerno dirigido hacia atrás. La cavidad basal, relativamente poco profunda pero ancha, comienza en el extremo anterior y se ensancha en la parte posterior.

Icriodus cornutus aparece en el Adorfense, Nchdenense y Hembergense.

Género *Nothognathella* Branson & Mehl 1934.

Nothognathella, cf. *abnormis* Branson & Mehl

1934 *Nothognathella* (?) *abnormis* n. sp.—Branson & Mehl, pág. 231, tabla 14, figuras 1-2.

1955 *Nothognathella abnormis* Branson & Mehl—Sannemann, pág. 132, tabla 6, figuras 16-17.

1957 *Nothognathella* (?) *abnormis* Branson & Mehl—Lys & Serre, pág. 1047, tabla 4, figura 6.

La rama posterior tiene una doblez lateral, aproximadamente en ángulo recto. En el lado interior de este doblez se encuentra un ensanchamiento en forma de plataforma (compárese Sannemann 1955, pág. 132). Los dientes son estrechos, la cuchilla es alta en la parte anterior, y hacia el extremo posterior, aproximadamente en el doblez, baja rápidamente. Los dientes aparecen fundidos entre sí, excepto los que están sobre el doblez. La forma presente se diferencia de los ejemplares descritos por Sannemann por la forma de la cuchilla.

Nothognathella abnormis es conocida hasta ahora en el Devoniano superior (Adorfense hasta Hembergense).

Género *Ozarkodina* Branson & Mehl 1933.

Ozarkodina, cf. *regularis* Branson & Mehl

(Tabla 1, figura 4)

1931 *Ozarkodina regularis* n. sp.—Branson & Mehl, pág. 287, tabla 23, figuras 13-14.

1955 *Ozarkodina regularis* Branson & Mehl—Sannemann, pág. 133, tabla 6, figuras 3, 5-7.

1959 *Ozarkodina*, cf. *regularis* Branson & Mehl—Helms, pág. 647, tabla 1, figura 7, tabla 4, figuras 13-15.

Las puntas de los dientes de la rama anterior, ampliamente fundidas entre sí, forman un arco regular. Los denticulos de la rama posterior, fundidos entre sí hasta las puntas libres, son de igual tamaño detrás del poderoso diente principal y sólo cerca del extremo posterior empiezan a disminuir rápidamente de tamaño. La cavidad basal está fuertemente ensanchada.

La presente forma, del Devoniano inferior, se diferencia de los ejemplares del Devoniano superior, descritos hasta la fecha, por su cavidad basal abultada y por los muy robustos dientes en la rama posterior.

Género *Palmatolepis* Ulrich & Bassler 1926.

Palmatolepis flabelliformis Stauffer

(Tabla 2, figuras 1-3)

1938 *Palmatolepis flabelliformis* n. sp.—Stauffer, págs. 436-437, tabla 53, figuras 4-9.

1938 *Palmatolepis flabelliformis* n. sp.—Stauffer, págs. 436-437, tabla 53, figura 14.

1956 *Palmatolepis flabelliformis* Stauffer—Bischoff, pág. 128, tabla 9, figuras 4-6, 10-11.

1959 *Palmatolepis flabelliformis* Stauffer—Panseri & Barsotti, págs. 160-161, tabla 2, figura 6.

Los ejemplares obtenidos coinciden con las formas descritas y representadas por Bischoff. Los ejemplares encontrados por Stauffer 1938 están en parte muy dañados, pero la figura 4 es la que mejor permite reconocer las características de la especie: los bordes de la plataforma están doblados hacia arriba, y con frecuencia aparecen adornados de nudillos o cortas quillas dispuestas perpendicularmente con respecto a los bordes. La cuchilla está do-

blada en forma plano-sigmoidal y se compone de denticulos fundidos entre sí, y que crecen primero rápidamente y después disminuyen de tamaño gradualmente hasta el denticulo central. Detrás del grueso denticulo central la cuchilla se prolonga en una serie de nudillos de disposición irregular hasta la punta posterior de la plataforma. El extremo posterior suele ser recto o bien está doblado ligeramente hacia arriba. La plataforma es lisa o adornada con pequeños nudillos.

Palmatolepis flabelliformis se distingue por sus bordes fuertemente doblados hacia arriba, de *Palmatolepis subrecta*, *Palmatolepis quadrantinodosalobata*, *Palmatolepis rhenana* y *Palmatolepis triangularis*. Los presentes ejemplares difieren, sin embargo, mucho de los descritos por K. J. Müller y E. M. Müller 1957 (tabla 139, figuras 3-6, tabla 142, figura 9) bajo la denominación «*Palmatolepis flabelliformis*», puesto que no tienen los bordes de la plataforma doblados hacia arriba.

Esta especie era conocida hasta la fecha como procedente del límite entre Adorfense y Neldense.

Palmatolepis marginata Stauffer

(Tabla 2, figura 4)

1938 *Palmatolepis marginatus* Stauffer n. sp.—Stauffer, pág. 437, tabla 53, figuras 3, 7, 8, 13, 17.

1959 *Palmatolepis*, cf. *marginatus* Stauffer, Panseri & Barsotti, páginas 161-162.

Palmatolepis marginata se distingue fácilmente por su plataforma fina, lisa o finamente granulosa. Esta es casi recta o ligeramente ondulada (especialmente en el lóbulo interior); el extremo posterior en algunos ejemplares está ligeramente estirado hacia abajo. El lóbulo interior y el extremo posterior están redondeados. La cuchilla consiste en denticulos fundidos entre sí, cuyo tamaño disminuye hasta el denticulo central. Desde el denticulo central se extiende una arista, compuesta de nudillos fundidos entre sí, que alcanza hasta el extremo posterior. En la cara inferior la cuchilla destaca con clara forma de quilla. Sannemann (1955, pág. 135) clasificó *Palmatolepis marginata* junto con *Palmatolepis subperlobata* Branson & Mehl. Pero según nos ha comunicado el Dr. Ziegler (Krefeld), de acuerdo con sus últimas investigaciones del Devoniano superior, está justificada la separación como especies independientes. *Palmatolepis marginata* se diferencia de *Palmatolepis subperlobata* por su lóbulo interior más pequeño y por su plataforma casi recta. El contorno de la plataforma es similar al de *Palmatolepis flabelliformis* Stauffer 1938, que se reconoce, sin embargo, fácilmente

por los bordes levantados de su plataforma. *Palmatolepis subrecta* Miller & Youngquist, puede distinguirse de *Palmatolepis marginata* por su plataforma más diferenciada y por su extremo posterior más agudo, doblado fuertemente hacia abajo; ambas especies están ligadas por formas de transición.

Palmatolepis marginata sólo se conoce en el límite entre Adorfense y Neldense.

Genus, *Panderodus* Ethington, 1959.

Panderodus panderi (Stauffer)

(Tabla 1, figura 1)

1949 *Paltodus panderi* n. sp.—Stauffer, página 427, tabla 60, figuras 8 y 9.

El diente está fuertemente doblado hacia atrás, y ligeramente hacia adentro. Las aristas anterior y posterior son muy agudas en la parte inferior; la parte inferior tiene dos estrechos caballos, que llegan hasta el punto donde está el doblez. La cavidad basal es relativamente ancha en la parte anterior, y estrecha en su tercio posterior. Stauffer encontró esta nueva especie en una fauna mixta de conodontos del Devoniano medio y del Ordovicense. En la muestra 7.8 e alpha aparece junto a formas del Devoniano inferior.

Panderodus unicosatus (Branson & Mehl)

(Tabla 1, figura 2)

1933 *Paltodus unicosatus* n. sp.—Branson & Mehl, página 42, tabla 3, figura 3.

1947 *Paltodus unicosatus* Branson & Mehl—Branson & Branson, pág. 554, tabla 82, figuras 6-8, 11-22.

1953 *Paltodus unicosatus* Branson & Mehl—Rhodes, página 298, tabla 21, figuras 84-88, tabla 22, figuras 155-156, tabla 23, figuras 214-16.

1957 *Paltodus unicosatus* Branson & Mehl—Walliser, página 43, tabla 2, figura 1.

1959 *Panderodus unicosatus* (Branson & Mehl).—Sweet, página 1057, tabla 131, figura 3.

1961 *Panderodus unicosatus* (Branson & Mehl).—Zdzisława Wolska, página 353, tabla 4, figura 3 a, b.

El ejemplar representado coincide ampliamente con el holotipo y los ejemplares de Rhodes y Walliser. Posee caballón, y el diente está doblado hacia atrás en su tercio superior.

Hasta la fecha se conocía el *Panderodus unicostatus* sólo en el Gotlandiense, pero aparece en la muestra 7/8 e alpha junto con formas del Devoniano inferior. Podría pensarse en una dependencia de facies similar a la del género *Icriodus* (Compárese página 26).

Género *Pelckysgnathus* Thomas 1949

Pelckysgnathus ?

(Tabla 1, figura 11)

El ejemplar representado lleva, a diferencia de otras especies del género, 5 denticulos robustos esferoidales, en una sola fila. La cavidad basal, algo asimétrica, comienza como un surco en el extremo anterior del conodonto, y es relativamente somera. En la cara superior, el conodonto aparece doblado ligeramente hacia un lado.

Esta forma representa una transición al género *Icriodus*. (Compárese Sannemann 1955, página 130).

Género *Polygnathus* Hinde 1879.

Polygnathus normalis Miller & Youngquist

(Tabla 2, figuras 8 y 9)

1947 *Polygnathus normalis* n. sp.—Miller & Youngquist, página 515, tabla 74, figuras 4, 5.

1956 *Polygnathus normalis* Miller & Youngquist—Bischoff, página 133, tabla 9, figura 18.

1957 *Polygnathus normalis* Miller & Youngquist—K. J. Müller & E. M. Müller, página 1089, tabla 135, figura 9, tabla 141, figura 3.

La característica principal de esta especie es la plataforma ancha, abombada, y ligeramente doblada hacia los dos y adornada con agudas costillas. La cuchilla libre se prolonga como una serie de nudillos hasta alcanzar el extremo posterior de la plataforma.

Las formas de transición a *Polygnathus proccra* Sannemann presentan una plataforma más estrecha, y las costillas no son tan pronunciadas como en *Polygnathus normalis*.

Polygnathus normalis comienza en el límite entre Devoniano medio y superior y es muy frecuente en el Adorfense.

Polygnathus proccra Sannemann

(Tabla 2, figura 6)

1955 *Polygnathus proccrus* n. sp.—Sannemann, página 150, tabla 1, figura 11 a, b.

1959 *Polygnathus proccra* Sannemann—Helms, página 652, tabla 4, figuras 1, 2.

Las características principales de la especie son la cuchilla libre alta y la plataforma, estrecha y esbelta, con bordes intensamente doblados hacia arriba. La superficie de la plataforma es lisa o ligeramente granuda. El extremo posterior es agudo y aparece un poco doblado en sentido lateral.

Esta especie está limitada al Adorfense superior y al Nehdenense inferior.

Género *Prioniodina* Ulrich & Bassler 1926

Prioniodina aff. *excavata* (Branson & Mehl)

(Tabla 1, figura 8)

Comp. 1933 *Prioniodus excavatus* n. sp.—Branson & Mehl, página 45, tabla 3, figuras 7, 8.

Comp. 1933 *Prioniodus? deflectus* n. sp.—Branson & Mehl, página 45, tabla 3, figuras 14, 15.

Comp. 1933 *Prioniodina excavatus* (Branson & Mehl)—Walliser, página 46, tabla 2, figuras 16, 17.

Comp. 1958 *Prioniodina excavata* (Branson & Mehl)—Bischoff & Sannemann, página 103, tabla 15, figuras 7, 10, 13.

Comp. 1960 *Prioniodina excavata* (Branson & Mehl)—Ziegler, página 192, tabla 15, figura 5.

(Lectotipo: ejemplar de Branson & Mehl, tabla 3, figura 8; comp. Walliser 1957, página 46.)

El denticulo principal del ejemplar representado está dirigido ligeramente hacia atrás. La rama anterior es muy corta. La rama anterior está ligeramente abombada lateralmente y presenta denticulación alternada, consistente en denticulos inclinados, cuyo tamaño crece hacia atrás, en cuya dirección se inclinan además. Entre ellos asienta cada vez un denticulo pequeño. La cavidad basal se prolonga en forma de surco por las ramas anterior y posterior y muere en el último tercio de la rama posterior.

En el caso de los dos co-tipos de Branson & Mehl se trata, por desgracia, de ejemplares muy deteriorados, que no dan una información concreta sobre la forma de la rama posterior. En nuestro ejemplar no se aprecia que tenga la rama anterior doblada hacia abajo, como observó Walliser en los suyos.

Prioniodina excavata se conoce hasta la fecha en el Gortlandense (desde el Wenlock) y en el Devoniano inferior.

Género *Spathognathodus* Branson & Mehl 1941

Spathognathodus bidentatus Bischoff & Ziegler
(Forma de transición a *Polygnathus köckeliana* Bischoff & Ziegler)

(Tabla 1, figura 10)

Comp. 1957 *Spathognathodus bidentatus* n. sp.—Bischoff & Ziegler, páginas 114-115, tabla 6, figuras 8-13.

Comp. 1957 *Polygnathus*, cf. *köckeliana* juv.—Bischoff & Ziegler, páginas 91-92, tabla 2, figura 14.

A pesar de que el presente ejemplar está estropeado, muestra sin embargo las características principales de la especie *Spathognathodus bidentatus*, como son los denticulos estrechos en la parte anterior, y anchos y bajos atrás. El borde oral está dirigido hacia abajo en ambos extremos del diente en la cara lateral. La cavidad basal, que es estrecha y simétrica, acaba en punta en el extremo posterior. El conodonto está ligeramente doblado. Un fuerte engrosamiento de los bordes laterales apunta a un desarrollo de una plataforma, lo que es indicio de transición al género *Polygnathus*. Bischoff & Ziegler 1957 (pág. 92) ya informaron acerca de esta transición.

Spathognathodus bidentatus y *Polygnathus köckeliana* quedan limitados a la parte media y superior del Eifelense.

Spathognathodus, cf. *primus* (Branson & Mehl)

(Tabla 1, figura 3)

Comp. 1933 *Spathodus primus* n. sp.—Branson & Mehl, página 46, tabla 3, figuras 25-30.

Comp. 1947 *Spathognathodus primus* (Branson & Mehl)—Branson & Branson, página 550, tabla 81, figura 2; tabla 82, figuras 29, 36, 37.

Comp. 1953 *Spathognathodus primus* (Branson & Mehl)—Rhodes, página 325, tabla 23, figuras 243, 256, 258, 259.

1957 *Spathognathodus*, cf. *primus* (Branson & Mehl)—Daciser, página 48, tabla 1, figuras 1, 2.

El ejemplar se diferencia de los fragmentos representados por Branson & Mehl y Rhodes, por la cavidad basal, relativamente grande y ensanchada hacia atrás, así como porque su extremo posterior está muy doblado. El extremo anterior comporta 7 denticulos muy grandes, cónicos, y el extremo posterior 3 denticulos sorprendentemente grandes, así como un denticulo pequeño. Por todo ello ofrece una gran semejanza con el *Spathognathodus*, cf. *primus*, que Walliser describió procedente de las calizas de Orthoceras (Wenlock-Ludlow).

Spathognathodus remscheidensis Ziegler

1960 *Spathognathodus remscheidensis* n. sp.—Ziegler, páginas 194-196, tabla 13, figuras 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 14.

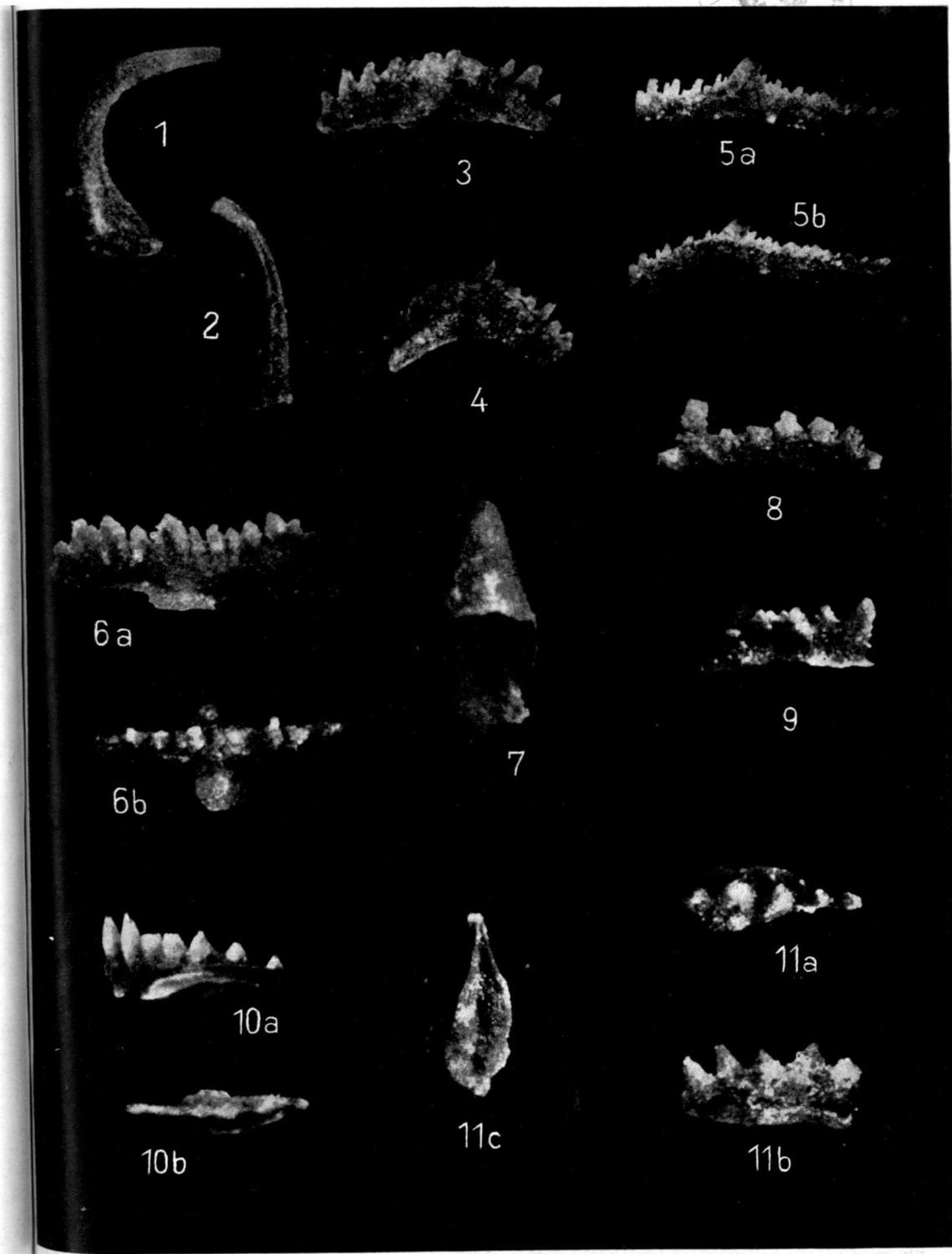
Esta forma se diferencia, según Ziegler, de sus especies emparentadas (*Spathognathodus frankenwaldensis* Bischoff & Sannemann, *Spathognathodus canadensis* Walliser, *Spathognathodus fundamentatus* Walliser), porque la cavidad basal es casi simétrica y está situada cerca del centro del conodonto, pero aún dentro de su parte posterior. Los denticulos de la cuchilla tienen tamaño desigual. El que está situado sobre la cavidad basal, así como los del extremo posterior, destacan por su tamaño. La forma representada constituye transición hacia *Spathognathodus frankenwaldensis*.

Spathognathodus remscheidensis se conoce hasta la fecha en el Gedinense inferior (comunicación verbal del Dr. Ziegler 1961).

BIBLIOGRAFÍA

- AGARD, J.; DESTOMBES, J.; MULLIARD, Y., & MORIN, P.: *Sur l'existence de Llandovery supérieur dans le massif paléozoïque interne du Rif au Nord du Tétouan* (Maroc septentrional). «C. R. Acad. Soc.», 246, pág. 2778-2780. Paris, 1958.
- AZÉMA, J.: *Sur la structure du secondaire et du nummulitique des environs de Molaga* (Espagne). «Bull. Soc. Géol. France.» (7), 2, págs. 340-344. Paris, 1960.
- BISCHOFF, G.: *Die Conodonten-Stratigraphie des rheno-kerwynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der Wöcklmeria-Stufe und der Devon-Karbon-Grenze*. «Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch.», 19, 64 págs., 1 fig., 2 tab., 6 tabl. Wiesbaden, 1957.
- BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: *Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons*. «Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch.», 22, 136 págs., 16 figs., 5 tab., 21 tabl. Wiesbaden, 1957.
- BLEMMENTHAL, M.: *Beiträge zur Geologie der betischen Kordilleren beiderseits des Rio Guadalquivir*. «Fol. Geol. Helv.», 23, págs. 43-289, 1930.

- BLUMENTHAL, M.: *Das Paläozoikum von Málaga als tektonische Leitzone im alpidischen Andalusien*. «Geol. Rdsch.», 24, págs. 170-187. Stuttgart, 1933.
- — *Estudios geológicos de las cadenas costeras al oeste de Málaga, entre rio Guadalhorce y el rio Verde*. «Bol. Inst. Geol. España», 62, págs. 1-191. Madrid, 1949.
- — FALLOT, P. & MARÍN, A.: *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif marroccain*. «Bull. Soc. Géol. France» (4), 30, págs. 659-736. Paris, 1930.
- BUBNOFF, S. v.: *Einführung in die Erdgeschichte*, 3. Aufl., 808 págs. Berlin, 1956.
- DIDON, J.; DURAND DELGA, M.; FONTBOTÉ, J. M.; MAGNÉ, J., & PEYRE, Y.: *El Oligoceno superior del Bético de Málaga (Andalucía)*. «Not. y Com. Inst. Geol. España», 61, págs. 115-130. Madrid, 1961.
- DIDON, J.: *Le flysch gaditan au Nord et au Nord-Est d'Algésiras (Prov. de Cadix, Espagne)*. «Bull. Soc. Géol. France» (7), 2, págs. 352-361. Paris, 1960.
- FALLOT, P.: *Les Cordillères Bétiques*. Cons. Sup. Invest. Cient. «Estud. geológicos», 8, páginas 83-172. Barcelona, 1948.
- FLÜGEL, H. & ZIEGLER, W.: *Die Gliederung des Oberdevons und Unterkarbons am Steinberg westlich Graz mit Conodonten*. «Mitt. Nat. wiss. Ver. f. Steiermark», 87, págs. 25-56, 5 tabl., 6 figs. Graz, 1957.
- HELMS, J.: *Conodonten aus dem Saalfelder Oberdevon (Thüringen)*. «Geologie», 8 págs. 634-677, 3 figs., 6 tabl. Berlin, 1959.
- KOCKEL, F.: *Conodonten aus dem Paläozoikum von Málaga (Südspanien)*. «N. Jb. Geol. Mh.», 6, págs. 255-262. Stuttgart, 1958.
- — *Conodontos del Paleozoico de Málaga*. «Not. y Com. Inst. Geol. España», 53, páginas 149-164. Madrid, 1959.
- — *Die Geologie des Gebietes zwischen Rio Guadalhorce und dem Plateau von Ronda (Südspanien)*. «Geol. Jb.», 80, Hannover, 1963.
- MAC GILLAVRY, H. J.; ROEP, T. B., & GEEL, T.: *Notes on the Betic of Málaga near Velez Rubio (SE-Spain)*. «Koninkl. Nederl. Akad. v. Wetenschappen». Serie B, 63, Nr. 5, págs. 623-626. Amsterdam, 1960.
- MELÉNDEZ, B.: *El Devónico en España*. «Gongr. Géol. Intern. Algier», 1952, Sect. II, Fasc. II. A'ger, 1953.
- MICHELAU, F.: *Das Paläozoikum der Betischen Ketten NW. von Málaga*. Dissertation Berlin (ungedruckt). Berlin, 1942.
- MILLIARD, Y.: *Sur la présence d'assises carbonifères dans le massif paléozoïque interne du Rif*. «C. R. Acad. Sc.», 249, págs. 1688-1690. Paris, 1959.
- PANSERI, C. & BARSOTTI, G.: *Conodontos y Ostrácosos devonianos de la región de Semara (Sáhara español)*. «Not. y Com. Inst. Geol. y Mm. de de España», 55, págs. 145-176, tabl. 1-4. Madrid, 1959.
- RHODES, F. H. T.: *Some British Lower Palaeozoic conodont faunas*. «Phil. Trans. Roy. Soc. London», 237, págs. 261-334, 20 figs., 4 tabl. London, 1953.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: *Sedimentation and Tektonik im Rif-Atlas (Span. Marokko)*. «Geol. Rdsch.», 33, Stuttgart, 1942.
- STAUFFER, U. R.: *Conodonts of the Olentangy Shale*. «Journ. Palaeont.», 12, págs. 411-443, tabl. 48-53. Tulsa (Oklahoma), 1938.
- VOGES, A.: *Conodonten aus dem Unterkarbon I und II (Gattendorfia- und Pericyclussife) des Sauerlandes*. «Pal. Z.», 33, págs. 266-314, tabl. 33-35, 5 figs., 1 tab. Stuttgart, 1959.
- ZIEGLER, W.: *Conodonten aus dem Rheinischen Unterdevon (Gedinne) des Remscheider Sattels (Rheinisches Schiefergebirge)*. «Pal. Z.», 34, págs. 169-201, tabl. 16-15, 2 figs., 3 tabl. Stuttgart, 1960.



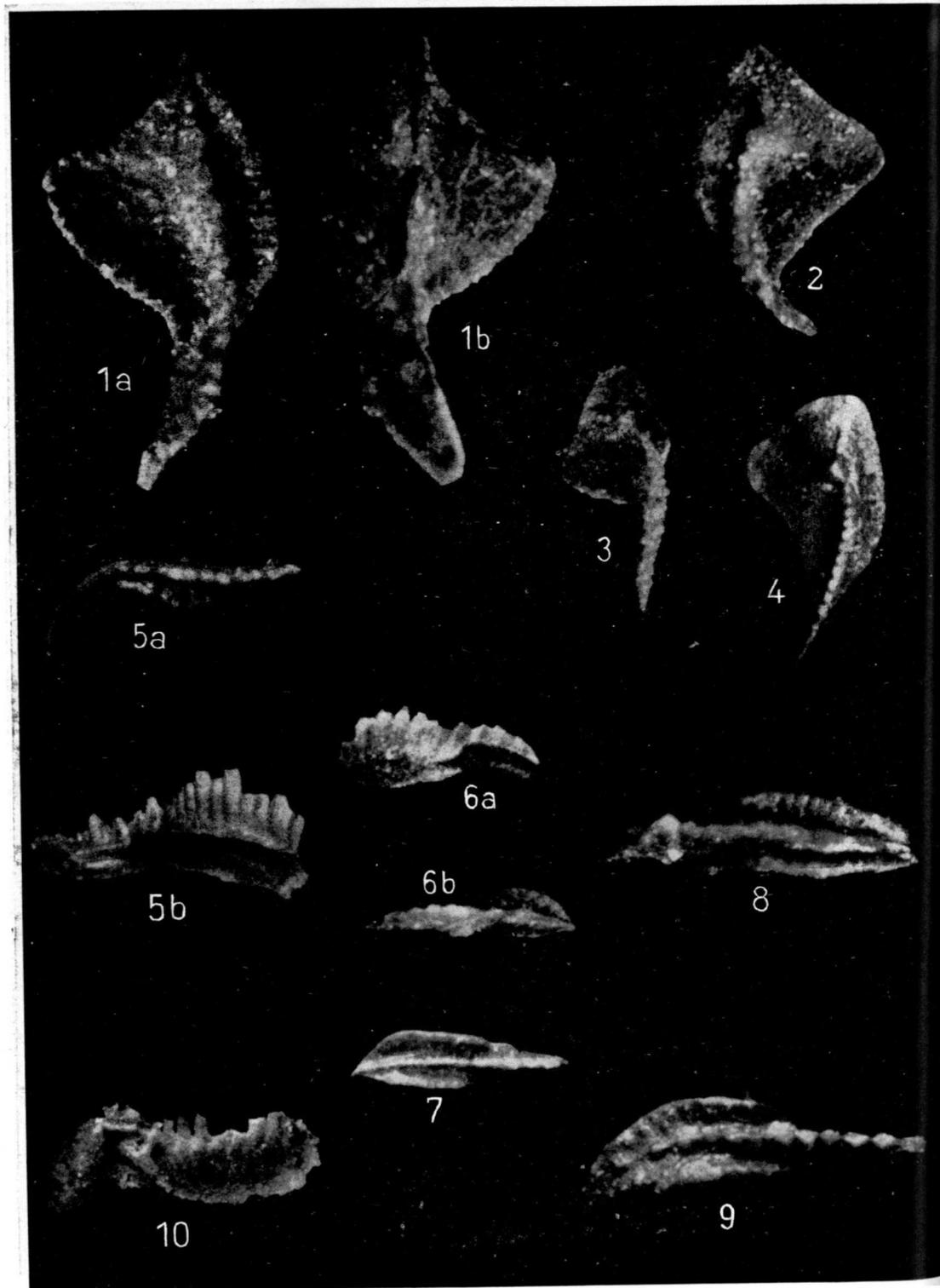
ACLARACION A LAS LAMINAS

LÁMINA 1:

- 1) *Panderodus panderi* (Stauffer). Vista lateral. 750 m. al N. el Lagar de Monte Mayor, al NW. de Almogía. (Culminación del corte.) (Muestra número 7/8 e alpha). 62 X.
- 2) *Panderodus unicastatus* (Branson & Mehl). Vista lateral. Mismo yacimiento. 62 X.
- 3) *Spathognathodus*, cf. *primus* (Branson & Mehl). Vista lateral. 750 m. al N. del Lagar de Monte Mayor, al NW. de Almogía. (2 m. por encima de la base del horizonte calizo número 2, muestra número 7/8 b beta.) 36 X.
- 4) *Ozarkodina*, cf. *regularis* Branson & Mehl. Vista lateral. Mismo yacimiento que 3. 36 X.
- 5) *Hindeodella* n. sp. a) vista lateral. b) Vista oblicua desde arriba. Mismo yacimiento que 3. 36 X.
- 6) *Spathognathodus remscheidensis* Ziegler. (Forma de transición a *Spathognathodus frankenwaldensis* Bischoff & Sannemann). a) Vista lateral. b) Vista por encima. Mismo yacimiento que 3. 36 X.
- 7) Braquiópodos (*Acrotretacea* indet.). Mismo yacimiento que 3. 36 X.
- 8) *Prioniodina* aft. *excavata* (Branson & Mehl). 750 m. al N. del Lagar de Monte Mayor, al NW. de Almogía. (Base del horizonte de cañizas número 2. Muestra número 7/8 b alpha.) 36 X.
- 9) *Icriodus cornutus* Sannemann. Bloque calizo en las inmediaciones de la Venta del Medio al SW. (Muestra número 9/1 b.) Vista lateral. 62 X.
- 10) *Spathognathodus bidentatus* Bischoff & Ziegler (forma de transición a *Polygnathus kockeliana* (Bischoff & Ziegler). a) Vista lateral; b) Vista por encima. 150 m. al NW. de la Venta del Medio, por encima de la carretera de Almogía a Villanueva de la Concepción. (Muestra número 9/2). 62 X.
- 11) *Pelekysgnathus?* sp. a) Vista por encima; b) Vista lateral; c) Vista por debajo. Bloque calizo en las inmediaciones de la Venta del Medio, al SW. (Muestra número 9/1 b). 62 X.

LÁMINA 2:

- 1-3) *Palmatolepis flabelliformis* Stauffer. 62 X.
- 1) Ejemplar grande, que muestra los robustos bordes del surco a) Vista por encima; b) Vista por debajo.
- 2) Otro ejemplar visto por encima.
- 3) Un ejemplar pequeño visto por encima. Bloque calizo en las inmediaciones del SW. de la Venta del Medio. (Muestra número 8/1 b).
- 4) *Palmatolepis marginata* Stauffer. Vista por encima. Mismo yacimiento que 5. 62 X.
- 5) *Nothognathella*, cf. *abnormis* Branson & Mehl. a) Vista por encima; b) Vista desde el lado interior. Yacimiento a mitad de distancia entre Venta del Medio y la Venta de los Carros, en el lado W. de la carretera de Almogía a Villanueva de la Concepción. (Muestra número 9/3 a). 62 X.
- 6) *Polygnathus procera* Sannemann. a) Vista lateral; b) Vista por encima. Mismo yacimiento que 5. 62 X.
- 7) *Polygnathus procera* Sannemann. (Forma de transición a *Polygnathus normalis* Miller & Youngquist.) Vista por encima. Yacimiento en las inmediaciones por el SW. y por encima de la Venta del Medio, bloque de caliza (Muestra número 9/3 a) 62 X.
- 8-9) *Polygnathus normalis* Miller & Youngquist (Forma de transición). Vista por encima. Yacimiento como 7. 62 X.
- 10) *Gnathodus* sp., deformado por metamorfismo. Vista lateral. Carretera de Málaga a Almogía (Muestra número 14/2). 36 X.



DR. JURGEN VON RAUMER (*)

Fribourg (Suiza) (**)

GEOLOGIA DEL ZOCALO CRISTALINO DE LA PENINSULA DEL BARBANZA, CERCA DE NOYA (LA CORUÑA)

R E S U M E N

La región investigada sufrió dos veces una deformación B-axial. A un plegamiento pregranítico (B) con dirección NNW-SSE, siguió otro (B') con la dirección NW-SE, el último de los dos depende en su forma del material y de la estructura primaria.

Durante la deformación de la dirección B', surgió el «granito de Barbanza», el cual asimiló grandes partes de las rocas de la cobertera, dando lugar a grandes englobamientos. Las rocas marginales comprenden, al lado de sedimentos metamórficos, un gneis glandular oscuro, derivado de un granito porfídico de biotita, y gneises glandulares claros con grandes feldespatos amigdalares. El granito gneisico de dos micas ocupa regiones mayores fuera de la Península de Barbanza (véase Tabla I), y ha sido denominado de diferentes maneras por los distintos autores que de él trataron. Forma una amplia estructura regional, y en ese sentido se pueden interpretar las texturas formadas por las biotitas y feldespatos potásicos que han sido reconocidos en el «granito de Barbanza».

Esta textura muestra la parte occidental de una amplia bóveda con inclinación hacia el Oeste, y con estructura en abanico de la biotitas. Se supone que esta estructura se continúa hacia el Este, ya fuera de la región estudiada.

En una fase posterior, después de haberse reducido la presión tectónica, se empazaron los granitos de grano grueso, a veces porfídicos. Estos granitos se encuentran en gran número siguiendo las direcciones tectónicas hacia el Norte y hacia el Sur hasta Portugal.

La composición varía según la distancia del contacto. En la región de Noya se encuentran todas las variaciones entre granito de biotita, granitos de dos micas y granitos de moscovita.

Diferentes condiciones de P/T y procesos autometasomáticos influyeron finalmente en la variable composición y aspecto de estos granitos posttectónicos, que tanto llamaron la atención de los diferentes autores.

La península del Barbanza, situada entre las rías de Arosa y Noya, al oeste de Santiago de Compostela y caracterizada por la predominancia de granitos

(*) E. autor agradece al Prof. I. Parga Pondal la ayuda prestada en la redacción de este trabajo.

(**) Institut de Mineralogie et de Petrographie de l'Université Fribourg, Suiza.

y rocas cristalinas, forman parte, geológicamente, de la zona castellano-galaica de Lotze (1945).

Prescindiendo de los recubrimientos recientes, la península está formada exclusivamente por rocas cristalinas que constituyen un amplio plutón compuesto, con sus rocas marginales. A consecuencia de una fuerte denudación afloran sus rocas con numerosas variantes, que caracterizan la zona aureolar del Plutón.

El «granito de Barbanza» ocupa la mayor parte de la Península (véase fig. 1). Está compuesto por estrechos y largos residuos de las rocas de la antigua cobertera, que corren de N.-W. a S.-E.

Al NE., el granito, está limitado por las rocas marginales de la zona metamórfica de Noya, mientras que al S.-W., en la parte de Corrubedo, se transforma en una variante de grano fino con muchos xenolitos y también migmatitas.

Finalmente se encuentran granitos más jóvenes en la parte S.-W. y también en la carretera de Noya a Boiro.

PETROGRAFÍA Y TECTÓNICA DEL «GRANITO DE BARBANZA»

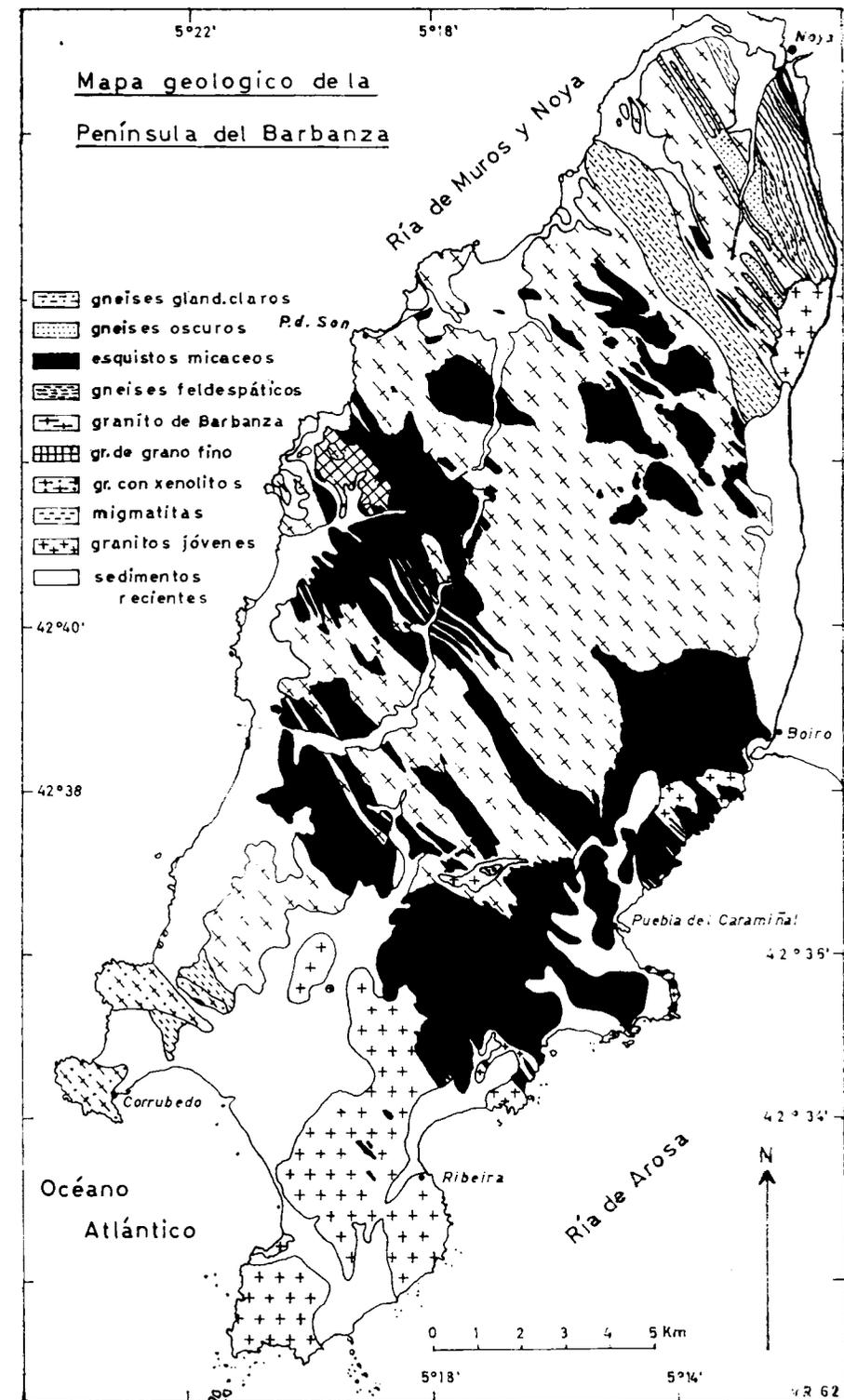
El «granito de Barbanza» es el granito principal de esta comarca. Forma parte del gran macizo granítico de N.-W. de España que fue llamado por Carlé (1945) «mittlerer Granit» y «Granit gneis» y fue descrito por Pargar-Pondal (1953, 1956) como «granito gneísico de dos micas» o «granito de Lage».

La roca es, en efecto, un granito gneísico normal, de dos micas y de grano grueso, cuyos componentes minerales cristalizaron según la secuencia normal o sea, Accesorios-Micas-Plagioclasas (An_{12-11})-Feldespatos potásicos-cuarzo. En ciertas partes las plagioclasas y las micas sufrieron una deformación ya en el momento de su cristalización, que los curvó intensamente en ciertas partes.

La roca, sin embargo, puede estar tectonizada parcialmente de forma tan intensa que las estructuras primarias pueden hallarse borradas por zonas miloníticas bien marcadas y delimitadas.

El granito muestra textura que se determina bien por las láminas de las biotitas y por las tablas del feldespato potásico.

Así se puede reconocer en toda la región estudiada que la biotita del granito tiene una disposición vertical. Los planos formados por las láminas de la biotita cortan al granito más o menos verticalmente pero su orientación varía de modo que en el S.-W. de la península llevan dirección N. 130° y al desplazarse hacia la parte N.-E. giran lentamente, orientándose hacia el N. 150°. Su buzamiento también varía, de modo que mientras en la parte S.-W. tienen



una inclinación muy fuerte hacia al NE., y en el centro son verticales; en la parte NE. se inclinan también fuertemente, pero hacia el SW. De este modo resulta una imagen espacial constituida por un abanico formado por las láminas de la biotita, el cual se halla algo abierto hacia el Norte.

Por el contrario, las tablas de feldespato potásico se ordenan con disposición horizontal formando una cúpula. En la mayoría de los casos se orientan situando la cara (010) en un plano imaginario que buza 10° hacia el Oeste y lleva una dirección N. 160°/170°. En este plano, sin embargo, se pueden reconocer ondulaciones que corren paralelas al plegamiento principal de toda la región.

Después del emplazamiento intrusivo y debido al aumento de la viscosidad, pudieron haberse originado diaclasas que se rellenaron posteriormente por los productos de la secuencia filoniana del granito.

Al «granito de Barbanza» de grano grueso, le sigue un granito de grano más fino que contiene un poco más de biotita que el granito principal, pero que por lo demás le es muy parecido. Este granito penetra por las fisuras del granito principal y lo divide en grandes bloques, que quedan como englobados en él con formas irregulares bien delimitadas. La ordenación de la biotita, antes descrita, se ve también en este granito de grano fino y ha debido originarse por lo tanto, durante o poco después de su emplazamiento.

Siguen después en estrecha secuencia temporal apatitas, pegmatitas y filones de cuarzo. En primer término se presenta un sistema de elementos con direcciones E-W y N-S, en el cual las pegmatitas prefieren las direcciones N. 80° a N. 100°. Siguen después otros sistemas de pegmatitas con dirección NW-SE y NE-SW, en el que dominan fuertemente las direcciones N. 45°/60°.

Esta última fase de pegmatitas está seguida por filones de cuarzo que utilizan para su emplazamiento los elementos tectónicos pre-existentes. Análogamente los numerosos resbalamientos de planos, que cierran este ciclo tectónico, se adaptan a las direcciones ya existentes del sistema. Localmente produjeron la fuerte milonitización ya mencionada del granito.

Estas zonas o superficies de resbalamiento deben considerarse como la reacción del cuerpo granítico rígido, en su última fase, a la presión deformativa aún existente.

LAS ROCAS DE LA ZONA DE CORRUBEDO

Particular consideración merece una pequeña región en el extremo más occidental de la península que estudiamos. Se encuentran aquí, cerca de Corrubedo, rocas que deben ser consideradas juntamente con el «granito de Barbanza». Se trata de granitos de grano medio que engloban numerosos xe-

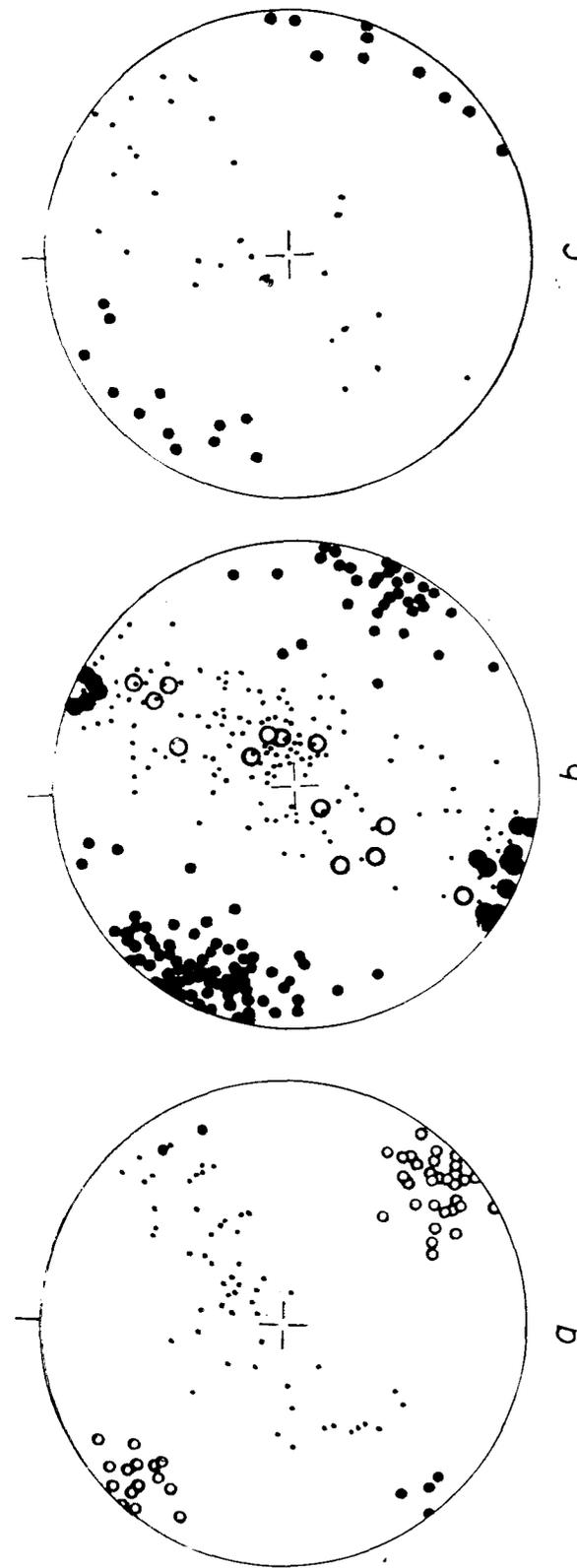


Fig. 2. Comparación de estructuras.

- a) Diagrama de conjunto de las estructuras del granito y rocas metamórficas.
 Puntos pequeños: Poles de los planos de dirección paralela a la esquistosidad.
 Círculos pequeños: Direcciones B' en las rocas metamórficas.
 Puntos grandes: Poles de los planos formados por las láminas de biotita en el granito de Barbanza.
 Diagrama de conjunto de todos los datos estructurales de los granitos ricos en xenolitos, de Corrubedo.
 Puntos pequeños: 167 polos de los xenolitos planos disociados.
 Puntos medios: 114 líneas visibles en los planos de los xenolitos (B').
 Puntos grandes: 16 polos de los planos formados por las biotitas en el granito.
 Círculos: Poles de los planos formados por los xenolitos en las distintas regiones.
 Diagrama de conjunto de las rocas metatectas de la zona de Corrubedo.
 Puntos pequeños: 27 polos de las bandas de biotita.
 Puntos medianos: 22 lineares visibles en las bandas de biotita.

xenolitos alargados y amigdalares, los cuales deben considerarse sin duda como residuos, de una roca anterior, marginal, que en su contacto con el granito fue hojaldrada de tal manera que solamente quedaron láminas finas y zonas aisladas incluídas en el granito. Según la intensidad de la deformación, los pequeños residuos de rocas extrañas recibieron formas elípticas y alargadas, que finalmente como cuerpos pasivos se adaptaron a la estructura plegada, adquiriendo una disposición ordenada. La deformación actuó durante el emplazamiento del granito, puesto que también los elementos filonianos fueron plegados juntamente con la roca encajante. La orientación de los xenolitos varia continuamente de una región dada hacia otra, en el sentido de dos grandes estructuras anticlinales que están determinadas por los xenolitos tabulares. Al lado de estas estructuras de plegamiento formadas por los xenolitos se encuentran otras determinadas por planos verticales debidas a las láminas de las biotitas del granito, que continúan aquí la estructura en abanico ya descrita del «granito de Barbanza» (véase fig. 2). Finalmente también se encuentran en la región de Corrubedo pequeñas zonas de migmatitas en las que se pueden reconocer en forma residual todas las estructuras que se presentan en las rocas metamórficas plegadas. Escasamente se encuentran en estas rocas, ya bien granitizadas, bandas de biotitas con lineación visible susceptible de ser medida. También aquí concuerdan los datos de las estructuras (véase fig. 2) con los de los granitos ricos en xenolitos y con los del «granito de Barbanza». Solamente hay una pequeña diferencia, debido a que las estructuras han sufrido algún desorden por causa de la granitización.

PETROGRAFÍA Y TECTÓNICA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS MARGINALES

Al lado del granito principal y sus variantes, llaman la atención los grandes residuos metamórficos que se encuentran rodeados por el granito, así como los que lo limitan por el Este.

Estas rocas, siempre fuertemente deformadas, comprenden en primer lugar esquistos micáceos con variable porcentaje de cuarzo, gneises feldespáticos de biotita, (Carlé, 1945: «geschiferter Biotitgneis») y «altester Granit», (Parga Pondal, 1953: «gneis de biotita»; 1956: «gneises cataclásticos de dos micas») y delgadas bandas de anfíbolitas intercaladas en los gneises feldespáticos de biotita.

Todas estas rocas se pueden considerar como productos metamórficos derivados de sedimentos. Los esquistos micáceos con variable contenido en cuarzo, corresponden originalmente a rocas arcillosas-arenosas. Los gneises feldespáticos de biotita, con su estructura residual, clástica, sedimentaria, muestran a veces una marcada estratificación bandeada, conteniendo capas

de lentejones de cuarzo o de restos de otras rocas. Debido a su alto contenido en feldespatos, estos gneises deben de considerarse como derivados metamórficos de arcosas con intercalaciones conglomeráticas.

Las delgadas bandas de anfíbolitas que se encuentran en estos gneises y que corren paralelos a la estructura sedimentaria, pueden considerarse, fundándose en su paragénesis mineral, como delgadas intercalaciones de materiales originariamente tobáceos.

Estas rocas metamórficas presentan las paragénesis minerales siguientes.

- a) Andalucita - Biotita - Moscovita - Cuarzo - Silimanita.
- b) Andalucita - Granates (Spesartina - Almandino) - Biotita - Moscovita - Cuarzo.
- c) Cuarzo - Moscovita - Biotita - Plagioclasa (An_{20}) - Granate.
- d) Cuarzo - Plagioclasa ($An_{20} - 33$) - Microclina - Moscovita - Biotita.
- e) Actinolita - Feldespato potásico - Plagioclasa ($An_{24} - 32$) - Biotita - Titanita.

O sea que pertenecen a la facies de Hornblenda - Cornubianita (Hornblende - Hornfels - Facies (Turner y Verhoogen, 1960, pág. 511-514) que caracteriza la aureola de contacto del granito.

Por último, además de las rocas metamórficas de origen sedimentario que acabamos de mencionar, pertenecen todavía al marco del «granito de Barbanza» otras rocas de grano grueso que son gneises glandulares feldespáticos de color claro, y también otros gneises glandulares feldespáticos de color oscuro con grandes tablas de feldespato potásico. Mientras que hasta ahora no se puede dar una exacta explicación de los gneises glandulares de color claro y grano grueso, los gneises oscuros glandulares y con grandes feldespatos hay que considerarlos como derivados de un granito porfídico, anterior, con gran porcentaje de biotita. Ambas rocas están cruzadas y divididas en trozos por filones e intrusiones del «granito de Barbanza», demostrándose así que son más antiguas que éste.

La historia tectónica de todas las rocas pertenecientes a la aureola granítica, es muy complicada; no obstante, la comparación de los diagramas estructurales de todos los datos medidos, da una imagen homogénea tanto para los englobamientos aislados como para toda la región estudiada.

A un antiguo plegamiento (B), pregranítico, con dirección N-S (N. 160°/170°) sigue otro plegamiento más moderno (B') con dirección NW-SE (N. 135°). Pliegues amplios y suaves (B') cruzan el granito con rumbo N. 135° y determinan la dirección de los residuos metamórficos englobados en el granito. También los pliegues de menor tamaño y micropliegues de estos englobamientos están orientados, por lo menos en parte, según (B').

Los pliegues (B) destacan sólo en alguna zona donde el plegamiento posterior (B') era mecánicamente imposible. Esto ocurre precisamente en los

bancos competentes de arcosas, cerca de Noya, que ofrecen una importante resistencia al plegamiento (B'). Estos bancos reaccionaron en bloques cambiando ligeramente la dirección, puesto que los bancos aislados, debido a su rigidez, no pudieron reaccionar individualmente.

Comparando los datos estructurales de las rocas anteriormente mencionadas se reconoce la uniformidad de la estructura tectónica regional (véase fig. 2).

TABLE I
Los granitos del NW de España

Carlé	Schmidt-Thomé	Lotze	Parga Pondal	Schermerhorn	Oen Ing Soen	García de Figueroa	Von Raumer
			Granitos de Traba			Granito rosa	Granito rosa, resultado por metasomatosis
Jünger Granit	Jüngerer Granit	IV	Granitos de dos micas	Younger granites	Younger, post-tectonic granites	Granito leucocrático	Granitos post-tectónicos de Ribeira y Moimenta
	Älterer Granit	III	Granitos postectónicos de biolite				Granito gneísico de dos micas de grano fino
Mittlerer Granit	Ältester Granit	II	Granito de Lage, granito gneísico de dos micas	Older granites	Older, syn-tectonic and late-syntectonic granites	Granito gneísico	«Granito de Barbanza», granito gneísico de dos micas
Ältester Granit		I	Granitos del complejo antiguo				

El plegamiento más reciente (B') de las rocas metamórficas tiene la misma dirección que las estructuras de la biotita en el granito, y tanto los xenolitos del granito de Corrubedo como sus estructuras migmatíticas responden a un mismo plano estructural, girando lentamente la dirección desde N. 135° al S.-W. hasta N. 150° al NE de la Península.

Las ondulaciones del plano formado por los feldespatos potásicos en el granito de Barbanza siguen también el plegamiento (B'). La estructura regional de abanico de las biotitas tiene que haber sido formada en una fase del granito, cuando la biotita tenía todavía la posibilidad de cristalizar en una dirección, influida por el plegamiento regional para formar esta amplia estructura. La intrusión y el metamorfismo son variscicos (Lotze, 1957-1959).

GRANITOS MÁS RECIENTES

Totalmente diferentes en su aspecto son los granitos de grano grueso que ocupan el extremo S.-W. de la Península, cerca de Ribeira y toda la costa SE, así como en la carretera de Noya-Boiro, en la parte de Moimenta.

Se trata de granitos de biotita de grano grueso, que en la zona marginal pueden contener también moscovita y pequeñas drusas de piritas o de cuarzo ahumado.

Por los análisis se ve que se trata de magmas relativamente alcalinos, pobres en calcio, con composición aplítico - granítica o engadinitico - granítica, o sea que pertenecen a la familia pacífica.

También en estos granitos se pueden comprobar direcciones preferidas por las tablas de feldespatos y por las láminas de biotita. Así, en la parte de Ribeira forman una cúpula con inclinación suave en todas direcciones. En cambio, cerca de Moimenta pueden distinguirse bien fenocristales de feldespato potásico primarios con disposición horizontal y tablas de feldespato potásico secundarios de origen endoblástico que ocupan planos verticales que cortan al granito en dirección N-S.

En una fase posterior, autometasomática, se formaron los granitos rosas, de aspecto filoniano, ligados principalmente a las diaclasas de la dirección NE-SW. Soluciones ascendentes reaccionaron con el granito de biotita transformándolo, en el borde de las diaclasas, en granito rosa con formación de epidota a costa de la biotita y del calcio de las plagioclasas. El color rosa se produjo por innumerables laminillas de hematites que se encuentran en los feldespatos.

BIBLIOGRAFÍA

- CARDOSO, G. M.; PARGA PONDAL, I. y LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: *Mapa geológico de España. Explicación de la hoja núm. 44. Carballo (Coruña)*. «Inst. Geol. Min. España», 198, H. Madrid 1953.
- CARLÉ, W.: *Ergebnisse geologischer Untersuchungen im Grundgebirge von Galicien (Nord-west-Spanien)*. «Geotekt. Forsch.» 6, 13-36, 1945.
- GARCÍA DE FIGUEROA, L. C.: *Los granitos del centro-oeste de España*. «Internat. geol. Congr. Rep. 21 session Copenhagen 1960. 1/», 131-137.
- LOTZE, F.: *Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta*. «Geotekt. Forsch.», 6, 78-92, 1945.
- LOTZE, F.: *Zbl. Geol. Paleont., I, 1957 referatas núms. 1939, 1940, 1941, 1942, id. 1959, referata núm. 2555*, (ideas críticas en cuestión de la edad de los granitos del NW de España).
- LOTZE, F. y SOBYV, K.: *Das Kambrium Spaniens, Teil I: Stratigraphie*. Akad. d. Wissenschaft. u. d. Lit., Mathem.-Naturw. Kl., Abh. núm. 6, Wiesbaden, 1961.

- OEN ING SOEN: *The intrusion mechanism of late-hercynian, posttectonic granite plutons of Northern Portugal*. «Geologie en Mijnbouw, New. Ser.» 22, 257-296. Gravenhage 1960.
- PARGA PONDAL, I.; LÓPEZ DE AZCONA, J. M. Y CARDOSO, G. M.: *Mapa geológico de España. Explicación de la hoja núm. 43. Lage (Coruña)*. «Inst. Geol. Min. España», 199H. Madrid 1953.
- PARGA PONDAL, I.: *Nota explicativa del mapa geológico de la parte N. O. de la provincia de La Coruña*. «Leidse geol. Mededelingen», 21, 467-484. Leiden 1956.
- VON RAUMER, J.: *Geologie des nordwest-spanischen Grundgebirges bei Noya (La Coruña)*. «Diss. Munster» 1961.
- VON RAUMER, J.: *Geologie des nordwest-spanischen Grundgebirges bei Noya (La Coruña)*. «N. Jb. Geol. Palaont., Mh.» 1962, 74 83.
- SCHERMERHORN, L. J. G.: *Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire-Sao Pedro do Sul-Satao region (Northern Portugal)*. «Thesis, Univ. of Amsterdam; Com. Serv. Geol.» Portugal, 37, 1959.
- SCHMIDT-THOME, P.: *Palaozoisches Grundgebirge und junges Deckgebirge im westlichen Zentralspanien (Provinz Salamanca und Cáceres)*. «Geot. Forsch.», 6, 1945.
- TURNER, F. J. Y VERHOOGEN, J.: *Igneous and metamorphic petrology*, 2.^a ed. New York (McGraw Hill Book Comp.) 1960.

JOSE SUAREZ FEITO

ESTIMACION DEL COSTE DE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE MINERALES DE URANIO Y SITUACION ACTUAL DE LAS RESERVAS

RESUMEN

En este trabajo se resume el estado actual en los principales países productores de uranio, del precio de los concentrados y situación de sus reservas.

RÉSUMÉ

Dans ce travail nous essayons de donner une vue d'ensemble dans les pays producteurs d'uranium plus importantes, sur le structure du prix de revient et reserves.

SUMMARY

In this work we present the actual state, structure of cost and reserves of the uranium concentrates in the main countries of production.

El período intensivo de investigación de los años precedentes, ha dado como resultado el descubrimiento y explotación de importantes criaderos de uranio, origen, a su vez, de una superproducción mundial de este elemento que no ha ido acompañada del desarrollo que se había previsto para la energía atómica. Las reducciones en los precios que, como consecuencia de este fenómeno se producen, hacen concebir fundadas esperanzas respecto a la disminución del coste del kilovatio-hora de origen nuclear.

En el reciente Congreso de Foratom, celebrado en París en septiembre último, al que tuve el honor de asistir, se expusieron estas ideas por varios conferenciantes, en especial por Vuchot y Gangloff, de cuyo trabajo (1) extraemos los conceptos más importantes.

(1) Circuit du minéral dans un ensemble minier.—Structure du prix de revient et reserves. M. VUCHOT: *Chef du Département des Explorations Minières* et M. GANGLOFF: *Adjoint au Chef du Département des Prospections et Recherches Minières*.

La complejidad de la economía minera en este caso, requiere para obtener conclusiones ponderadas, conocer lo mejor posible la relación entre los precios de venta y las reservas de uranio en función del mercado.

No solamente es necesario tener en cuenta las características del criadero y su método de explotación más conveniente, sino que también hay que considerar el lugar de tratamiento y de utilización, que hacen del transporte y del acondicionamiento factores muy importantes.

Es bastante corriente que la ley de los minerales uraníferos extraídos de la mina sea por término medio del orden del 1 por 1000, lo que hace que su transporte hasta la primera fase de tratamiento se efectúe con un peso 999 veces superior a la sustancia útil. Este peso va disminuyendo en operaciones sucesivas de purificación hasta alcanzar al final sólo algunas décimas de la cantidad de uranio.

PRECIOS DEL PRODUCTO OBTENIDO EN LAS DISTINTAS ETAPAS DE TRATAMIENTO

Estas etapas son: Investigación previa, labores mineras y preparación de minerales, explotación del criadero y obtención del concentrado en la planta de tratamiento químico.

El precio de cada una de ellas es la relación entre los gastos a que han dado lugar las distintas operaciones realizadas y el tonelaje producido.

Investigación previa

Es difícil determinar la cuantía de esta investigación, ya que no es proporcional al tonelaje reconocido. Depende de la clase de terreno que se estudie y del método empleado, siendo preciso compensar el trabajo infructuoso con el que ha dado resultados positivos.

Cuando se estudia un país inexplorado con índices favorables, el costo en relación con el tonelaje reconocido tiene poca importancia. Por el contrario, cuando se trata de investigar criaderos en profundidad en que hay que recurrir a métodos geofísicos y geoquímicos y a la realización de sondeos, los procedimientos resultan costosos y a menudo proporcionan resultados negativos.

Por lo que respecta a la Francia metropolitana, las reservas que se descubren anualmente por medio de esta investigación, sobrepasan al mineral explotado, por lo cual los gastos que origina aquélla se pueden considerar en equilibrio con la producción, y su relación al tonelaje producido se puede tomar como importe de la investigación de una tonelada de mineral, que oscila entre 8 y 12 NF.

Labores mineras y preparación de minerales

Los gastos que comprenden se refieren a construcción de pozos, instalaciones de extracción, preparación y tratamiento de minerales, trabajos de penetración en el criadero, etc., y varían considerablemente en función de las condiciones particulares del yacimiento y de su situación geográfica.

A continuación exponemos un cuadro orientativo sobre el orden de magnitud de las inversiones realizadas en tres complejos mineros del Comisariado de Energía Atómica de Francia.

Naturaleza de las inversiones	Cuantía de las inversiones en millones de NF.	Inversión por tonelada de capacidad anual de mineral en NF.
Complejo de Vendee (Capacidad anual: 300.000 T. mineral, 300 T. de U.)		
Minas.....	10	33,5
Talleres y fábricas.....	24	79,5
Total.....	34	113,0
Complejo de Bessines (Capacidad anual: 600.000 T. mineral, 900 T. de U.)		
Minas.....	16	26,6
Talleres y fábricas.....	52	86,6
Total.....	68	113,2
Complejo de Forez (Capacidad anual: 180.000 T. mineral, 330 T. de U.)		
Minas.....	14	72,2
Talleres y fábricas.....	29	161
Total.....	43	233,2

En este cuadro, se puede observar que las inversiones en preparación y tratamiento de minerales, son dos veces superiores a las relativas a las instalaciones mineras propiamente dichas.

En el cuadro que sigue, se indican algunos datos conocidos de plantas de preparación y tratamiento de Estados Unidos.

Plantas	Capacidad anual	Inversión	Inversión por tonelada anual
Shirley Bassin.....	135.000 T	10 M de NF	74 NF
Falls City.....	60.000 T	10 M de NF	165 NF
Cunnison.....	60.000 T	10 M de NF	165 NF
Total de 27 plantas....	6 750.000 T	726 M de NF	107 NF

Comparando los dos cuadros anteriores, se ve que, tanto en Estados Unidos como en Francia, las inversiones correspondientes a la preparación y

tratamiento de minerales están comprendidas entre 75 y 165 NF. por tonelada de capacidad anual de mineral tratado. Los complejos mineros mencionados disponen de reservas que permiten la amortización entre diez y veinte años.

Por ello, la carga de inversión por tonelada de mineral, se puede estimar entre 10 y 15 NF, que es algo superior a la que corresponde a la investigación, aunque del mismo orden.

Explotación del criadero

Comprende los trabajos en cantera y las labores mineras subterráneas.

Aproximadamente, en Francia el precio de arranque de la tonelada bruta en canteras (3 a 5 NF.), es de 8 a 10 veces menor que en los trabajos subterráneos y sólo es interesante su beneficio cuando existe una relación entre estéril y mineral no superior a 8 ó 10.

En esta nación, el precio del arranque en las minas de uranio está actualmente comprendido entre 35 y 50 NF. la tonelada, siendo de hacerse notar que no son de esperar rebajas apreciables en el futuro, por lo irregular de la mineralización de los distintos criaderos.

En el conjunto de las divisiones metropolitanas del C. E. A., la cuantía de los trabajos de explotación varía por tonelada de mineral entre 60 y 80 NF. (1), que se distribuye de la forma siguiente:

Trabajos preparatorios y delimitación de filones, pozos, galerías, sondeos, etc.	15,5 NF.
Entretimiento	7 »
Arranque	38 »
Talleres de preparación de minerales	7 »
Transporte de minerales	2,5 »

Total:	70 NF

Hay que señalar que el precio del transporte es reducido en Francia, porque las plantas de tratamiento se han podido instalar en las proximidades de los complejos mineros.

En el caso de países poco industrializados, la explotación es solamente posible si la importancia del criadero permite, cuando menos, situar a pie de mina una planta para la obtención de preconcentrados. Como ejemplo, puede proponerse el yacimiento de Mounana en Gabón, donde el preconcentrado elaborado es un uranato con un contenido de uranio comprendido entre el 30 y el 35 por 100. El precio del transporte de este preconcentrado a la fábrica de Guegnon en Francia es, aproximadamente, de 350 NF. por tonelada.

(1) Se puede adoptar como término medio, un valor de 70 NF.

Planta de tratamiento

El precio del tratamiento químico en fábrica depende de la naturaleza de los minerales y de la ley. Para las tres plantas existentes en Francia, los costos proporcionales a los tonelajes tratados son de la forma

$$C_p = a + bt$$

en la que *t* es la ley expresada en kilos por tonelada y *a* y *b* coeficientes que varían, respectivamente, entre 16 y 21 y entre 2 y 4, según las plantas y los minerales.

Los costos fijos técnicos repartidos sobre el tonelaje correspondiente a la capacidad de las fábricas, son algo superiores a la mitad de los costos proporcionales.

En total, teniendo en cuenta los gastos generales, así como diversos de gestiones administrativas y financieras, el precio del tratamiento químico de los minerales es del orden de 50 a 60 NF. por tonelada. Se observa, pues, que el importe total correspondiente a las operaciones de preparación y tratamiento de minerales, es del mismo orden que el del conjunto de los trabajos mineros propiamente dichos. Hay que señalar que las operaciones de preparación y tratamiento del mineral se realizan con rendimientos globales de alrededor del 90 por 100.

Valor del concentrado

El precio de venta del concentrado con una ley mínima del 60 por 100 de metal, es actualmente en el mundo occidental del orden de 8 a 10 dólares por libra de U₃O₈.

Este precio corresponde a un producto intermedio en el proceso total para la obtención del uranio. Posteriormente, hay que proceder al tratamiento metalúrgico que nos proporciona el metal nuclearmente puro y a la fabricación de elementos combustibles. La reducción del costo de estas dos operaciones es de tanta importancia como la de producir concentrados de uranio más baratos.

LEYES LÍMITE A CONSIDERAR

A partir de lo indicado anteriormente, una tonelada de roca uranífera, se considera en primera aproximación como mineral, si satisface a la desigualdad siguiente:

$$A + E + Tr + C < ? t P$$

en la cual,

- A = Amortización a aplicar a una tonelada de mineral.
- E = Coste de explotación.
- Tr = Coste de transporte.
- C = Coste del tratamiento para obtener un concentrado de diuranato o de nitrato de uranio.
- t = Ley de uranio metal.
- P = Cotización mundial del uranio.
- ρ = Rendimiento global de las diversas operaciones de explotación, preparación y tratamiento.

La ley límite a considerar es aquella para la cual se anula el beneficio económico.

Como se sabe, se designa por mineral bruto, el que se obtiene directamente en el arranque, y por mineral neto el producido una vez que se ha separado el estéril.

Se designa como rendimiento en peso, la relación del peso del mineral neto al mineral bruto, y rendimiento en metal la proporción entre el peso del metal contenido en el mineral neto y en el mineral bruto.

Por consiguiente, es preciso separar en un mineral o en un yacimiento los valores superiores o inferiores a *t*. Esta operación no es posible, ya que tanto las diferentes partes del yacimiento como los lotes de mineral, no son productos homogéneos de ley uniforme, sino que los contenidos se reparten según una cierta ley de distribución. Para saber el rendimiento al fijar una ley límite de explotabilidad, es preciso conocer, o al menos representar lo más correctamente posible esta ley de distribución.

En ciertos casos, es posible conocer un reparto sencillo y aproximado de ciertas leyes, por ejemplo, las leyes de valor cero. Dicho reparto puede estar relacionado con algún carácter físico que permita clasificar el estéril. Así, puede ser factible establecer para una faja del criadero de granulometría dada, que todos los productos que poseen el elemento interesante, tienen una densidad superior a la densidad llamada límite. Para la separación, después de efectuado el arranque, éstos minerales se tratan por procedimientos gravimétricos, que se encuentran entre los más corrientes aplicados en minería, independientemente de la consideración de la ley límite de explotabilidad.

También es posible correlacionar ciertas leyes con la dureza dada. Posteriormente al arranque, los minerales se someten a una trituración selectiva.

En estos casos sencillos, el enriquecimiento del mineral se realiza despreciando un producto de valor nulo o siempre muy inferior al valor crítico, que equivale a los costos subsiguientes de tratamiento, pero que es solamente una parte de los materiales de valor menor que el referido valor crítico.

Para despreciarlos en su totalidad, lo que constituye evidentemente el caso óptimo, es preciso conocer mejor la distribución de las leyes.

Siempre, pues, es necesario saber esta ley de repartición para evaluar el contenido de una masa de mineral *in situ*, y, por consiguiente, para llevar a cabo la oportuna separación respecto a la ley límite. Normalmente, la citada ley de distribución no se conoce sino de una forma aproximada, y lo que realmente se considera es una ley de probabilidad de la distribución de los contenidos.

Se ha podido comprobar que para muchos criaderos metálicos, el reparto de las leyes es susceptible de una representación lognormal (Krigé y De Wijs para algunos yacimientos de oro, de Rand, y G. Matheron para ciertos criaderos de plomo y cinc de Argelia). Esto es de aplicación igualmente en el caso de los criaderos de uranio franceses.

Como es sabido, una población estadística lognormal está definida por dos parámetros, que son la ley media *m* y la varianza *Var*.

Este último parámetro se puede calcular, si las muestras son características y en número suficiente (arranque en una galería, macizos, etc.) o bien ser estimado por la fórmula aproximada de Wijs, si, por el contrario, las muestras no están bien definidas o se hallan en número reducido (tramos o pilares).

La expresión:

$$\text{Var} = \alpha \frac{\text{Vol. de la zona considerada}}{\text{Vol. de la muestra}}$$

denominada dispersión absoluta, es característica de un yacimiento y varía muy poco de unos a otros, por lo menos, por lo que se refiere a los criaderos filonianos de uranio franceses. Su valor para los más importantes se indica a continuación.

Ecarpière	0,076
Les Sagnes	= 0,10
Brugaud	0,098

En rigor, la distribución lognormal no se aplica más que a poblaciones correspondientes a elementos de volumen *in situ*. De hecho, la experiencia demuestra que las leyes de las vagonetas llenas con el material extraído, se reparten muy aproximadamente según la ley lognormal.

*Determinación de la ley límite *in situ**

Se trata, en la medida de lo posible, de explotar solamente aquellas partes del criadero con ley favorable, dejando las restantes sin arrancar.

La ley límite *in situ* t_{is} viene dada por la expresión

$$t_{is} = \frac{E + Tr + C}{R \cdot P}$$

siendo

E = Suma de los costes de arranque, extracción y preparación.

Tr = Coste del transporte.

R = Rendimiento global de explotación y tratamiento.

C = Coste de tratamiento químico.

P = Precio del metal contenido en el concentrado.

La dificultad principal, es valorar la ley de una parte del criadero *in situ* piso, macizo, tramo o pilar, a partir de las muestras tomadas.

El conocimiento de la ley de probabilidad de distribución del contenido medio, permite determinar la probabilidad para que sea sobrepasada una cierta ley crítica dada previamente, a partir de la ley media.

Así, por ejemplo, se puede afirmar que para las minas de uranio de Francia, la estimación de la ley de un macizo standard de 40 x 60, basada en el estudio de una población de 200 canales con espaciado de un metro sobre sus cuatro caras, o en la totalidad de las vagonetas con el arranque preliminar, conduce a una varianza global suficientemente reducida (del orden de 0.05) para que se pueda asegurar con una probabilidad de 84 por 100, que la ley verdadera no será inferior en más de 0.1 por 1000 a la ley estimada, en la gama de minerales de 0.5 a 0.6 por 1000 de contenido medio, que justifica la ley límite adoptada.

Se dispone de esta manera, de los elementos de juicio para valorar el mineral *in situ*, su ley y el tonelaje del material, así como para determinar la precisión con que ha sido hecha esta evaluación. Es entonces cuando se puede decidir sobre los macizos que es conveniente abandonar. Sin embargo, el problema de la determinación de la ley límite se complica algo porque en la práctica surgen consideraciones adicionales. Así, con frecuencia existe tendencia a estudiar el interés relativo para un macizo dudoso, de una explotación integral y de una explotación selectiva con abandono de pilares.

Consideremos una explotación integral con un gasto D_1 que produce T_1 toneladas de mineral con ley t_1 y una explotación parcial con un gasto D_2 con producción de T_2 toneladas de ley t_2 . El coste marginal por tonelada de las abandonadas eventualmente resulta a

$$\frac{D_1 - D_2}{T_1 - T_2}$$

siendo su ley de

$$\frac{T_1(t_1) - T_2(t_2)}{T_1 - T_2}$$

La fórmula general permite calcular su valor medio. Si este valor es positivo, la solución 1 es preferible a la 2.

Es preciso arrancar y extraer la totalidad del macizo teniendo en cuenta las consecuencias a las que conduce esta solución por lo que respecta al precio del metal producido, dentro del cuadro de la operación considerada aisladamente.

Hay que distinguir, pues, entre la determinación de la ley límite en un macizo y en un pilar.

En realidad, cuando se trata de un pilar, cada vez hay que realizar los oportunos estudios. Hay que diferenciar el pilar situado entre dos subniveles de explotación, cuyo abandono constituye, en general, un trastorno. En este caso, se puede considerar que no hay economía notable en los gastos de explotación por el abandono de este pilar. Aun en el caso de tramos ascendentes con relleno se puede, o bien abandonar un pilar, lo que complica la explotación, o arrancarlo y abandonarlo en los escombros, que es la solución que se adopta con más frecuencia.

Existen también pilares laterales, que corresponden a escamas que precisan una preparación adicional, los cuales justifican con anterioridad una clasificación que sea comparable a la del macizo.

Determinación de la ley límite del mineral extraído

Entre todas las cargas de las vagonetas, las únicas que se consideran como mineral, son aquellas que pueden soportar los gastos de transporte y tratamiento. La previsión de resultados relativa a la fijación de la ley límite, se hace de acuerdo con lo precedentemente expuesto; las leyes del material de las vagonetas constituyen los términos de una población estadística log-normal, cuya varianza se calcula por la fórmula de Wijs.

La ley límite viene definida por la expresión.

$$T_{me} = \frac{\text{coste (tratamiento + transporte)}}{\% \text{ de la preparación} \times \% \text{ químico} \times \text{precio del metal}}$$

En el caso del uranio, esta determinación para cada vagoneta es tanto más interesante cuanto que la discriminación y orientación automática de las mismas, se realiza mediante paso a través de un túnel con instalación de tubos léiger.

En la distribución lognormal, la finura y el valor del estriado están caracterizados fundamentalmente por la importancia de la varianza. Esta varía en sentido contrario a la dimensión de la unidad de estriado. Es interesante, pues, utilizar vagonetas o skips suficientemente pequeños, aunque este punto de vista ha de ser tenido en cuenta junto con otras consideraciones, tales como el coste de las técnicas mineras, que conducen a conclusiones opuestas.

Se puede explotar al máximo esta ventaja, por medio del estriado radiométrico sobre una cinta, que es posible llevar a cabo en el caso del uranio.

En rigor, si a la fijación de la ley límite *in situ* sigue la del mineral extraído, de la misma forma que si la determinación vagoneta por vagoneta se prosigue con otra en cada trozo de mineral, la ley límite es algo diferente de la indicada más arriba y debe tener en cuenta los efectos de la clasificación posterior, que supone para cada fracción de mineral *in situ* las cargas de transporte y químicas. Así, si designamos por r_p y r_m los rendimientos en peso y metal en una clasificación del mineral extraído que tiene de ley media la ley límite *in situ* antes calculada t_{is} , la nueva ley que tiene en cuenta los efectos de la clasificación del mineral extraído, viene dada por la fórmula

$$T_{is2} = \frac{E + (tr + C) r_p}{R P r_m}$$

RESERVAS, EXPLOTABILIDAD EN FUNCIÓN DE LA COTIZACIÓN

Los criterios que se han utilizado para definir el mineral y los parámetros que permiten precisar las condiciones económicas de la explotación, deben tenerse, asimismo, en cuenta cuando se trata de definir las reservas. Las cifras correspondientes no tienen significación, sino en la medida que permite considerar a estas reservas como explotables, fundada, al menos, en los precios adoptados en las transacciones comerciales.

Al hablar de reservas hay que subrayar los métodos de evaluación, o más exactamente, la probabilidad de existencia de las reservas calculadas. Esta probabilidad es tanto mayor cuanto más finos y extensos han sido los trabajos realizados en la investigación de cada criadero.

En las cifras que se indican a continuación, se supone que los tonelajes expresados tienen, aproximadamente, la misma probabilidad de existencia.

Sentado ésto, las reservas mundiales de uranio, prencindiendo de la U. R. S. S. y países satélites, se podían evaluar en 1960 entre 800.000 y 900.000 toneladas, consideradas como explotables, con cotizaciones comprendidas entre 8 y 10 dólares por libra de U_3O_8 .

La parte más importante de estas reservas, se reparte entre un número reducido de países, de la forma siguiente:

Canadá	300.000 T. de U.
Estados Unidos	185.000 » » »
África del Sur	285.000 » » »
Francia (incluidas las producciones de Gabon y Madagascar)	30.000 » » »
Europa, excepto Francia	10.000 » » »
Australia	9.000 » » »

Seguidamente se expresan las producciones de 1959, año en que fueron máximas, y las que se prevén para 1967, cuando las medidas de restricción ya tomadas, habrán alcanzado su plena eficacia.

Esta baja de bastante importancia según expresan las cifras siguientes, se deriva, como se sabe, del aplazamiento o nueva estructuración de los programas de construcción de reactores de potencia, así como de una disminución en la utilización militar del uranio.

	1959	1967
Canadá	12.000	1.000
Estados Unidos	14.300	12.200
África del Sur	4.750	1.600
Francia	800	1.600
Australia	750	500
Varios	2.500	1.000 ?
	35.100	17.900

La producción permanecerá a nivel de 1967 hasta los años 1970 o 1975, época en que se sitúa el punto de partida para el aumento de las necesidades civiles.

El descenso que actualmente tiene lugar, hace que las reservas sean abundantes, con lo que se ha de originar una reducción en los precios, de 10 y aún de 12 dólares a 8 dólares, a partir del comienzo del año próximo.

Examinemos brevemente la situación en cada uno de los países principales productores.

Canadá:

El único distrito minero cuya actividad sobrepasará el año 1966 es el de Blind River, cuyas reservas son aún considerables (próximas a las 300.000 T.) y cuyo criadero es bastante uniforme y con ley constante, aunque baja (del orden de 1.2 por 1000). La economía de la explotación no es posible sino en gran escala (plantas de 2.700 a 5.000 toneladas día). El minero ca-

nadiense no tiene, pues, el recurso de responder a una baja en las cotizaciones con una elevación en la ley límite de explotabilidad.

Además, el programa de contratos americanos dará lugar a una disminución de la producción y, como consecuencia, al cierre de 16 fábricas de las 19 que funcionaban en 1959.

Las tres plantas que permanecerán en actividad en 1966, estarán entonces totalmente amortizadas, lo que permitirá a los canadienses producir uranio a un precio muy reducido: 5 dólares por libra de U_3O_8 dejaría todavía algún beneficio.

Pero a este precio, en el que no está incluida ninguna carga de amortización ni financiera, la capacidad de producción disponible será del orden de 4.500 a 5.000 toneladas anuales y las reservas accesibles sin nuevas inversiones sólo serán de algunas decenas de millares de toneladas.

En consecuencia, si hacia 1970 ó 1975 Canadá quiere hacer frente a la demanda entonces creciente, aumentando de nuevo su producción, precisará abrir nuevas minas y construir o reequipar sus plantas. En estas condiciones, el precio de venta del uranio deberá ser notablemente superior a 5 dólares, y, sin duda, del orden de 8 dólares.

Estados Unidos:

A diferencia de Canadá, los Estados Unidos no reducirán su producción entre 1966 y 1970 en las mismas proporciones. Los criaderos explotados tienen leyes comprendidas entre el 2 y el 4,50 por 1000, estableciéndose la media en 2,45 por 1000, muy superior a las leyes de Blind River en Canadá. Como, por otra parte, los contratos entre la A. E. C. y los productores garantizan un precio de 8 dólares, el minero americano no tiene que preocuparse en elevar su ley límite de explotabilidad, cosa que sólo haría para aumentar sus ganancias, pero que iría en detrimento de una correcta explotación de las reservas disponibles.

Es probable que después de 1966, los productores americanos puedan ofrecer precios inferiores a 8 dólares, una vez que se hayan amortizado totalmente un buen número de plantas.

Pero en 1970, y teniendo en cuenta las producciones del presente decenio, las reservas de Estados Unidos serán aproximadamente de 100.000 toneladas y sobre la base de las necesidades nacionales que podrían alcanzar a las 20.000 toneladas anuales, se ve que las reservas americanas representan solamente la producción de algunos años.

Quedan todavía a Estados Unidos posibilidades de importancia en forma de recursos potenciales (cifrados en 400.000 toneladas), en las cuales las condiciones del criadero serían análogas a las de las reservas actualmente conocidas y explotadas, siendo las profundidades comparables. Sin embargo, antes de explotar estas reservas potenciales, será necesario delimitarlas y

reconocerlas, realizando trabajos de prospección, sondeos, etc., cuyos gastos no podrán amortizarse con un precio inferior a 8 dólares.

Con posterioridad a 1970, una cotización inferior a 6 dólares convertiría en inexplotables una gran parte de las reservas potenciales citadas.

Africa del Sur:

Según se sabe, el uranio acompaña al oro en los conglomerados de Witwatersrand. Los yacimientos se caracterizan por su regularidad («reefs»), pero también por su bajo contenido en uranio (de 0,15 por 1.000 a 0,50 por 1.000 de U_3O_8), situándose la media en 0,23 por 1.000. Por añadidura, estas minas son de gran profundidad (600 a 2.500 m.).

Pero lo que caracteriza sobre todo las condiciones económicas de la explotación del uranio, es el hecho de que todos los gastos de amortización de las instalaciones mineras y, con algunas excepciones, los gastos de arranque, extracción y trituración, los paga el oro. De esta forma, el uranio se produce a un precio que varía entre 5 y 2,7 dólares.

La relación entre el uranio y el oro en casi todas las minas explotadas por uranio, subordina la producción de éste a la del oro, que tiene muy pocas probabilidades de aumentar de una manera sensible, con lo que la producción de uranio no puede acrecentarse de una forma sustancial.

Las reservas de Africa del Sur se estiman en 282.000 toneladas de uranio, cifra que corresponde en gran parte a la cantidad de mineral accesible en las minas actuales. Las reservas totales son, sin duda, notablemente superiores.

La producción de sus 17 plantas que en 1960 fue de 4.800 toneladas de uranio, disminuirá progresivamente hasta 1600 toneladas en 1966, nivel en el que permanecerá, probablemente, durante algunos años, no subsistiendo sino cinco fábricas en funcionamiento; especialmente, todas las plantas que tratan mineral de ley inferior al 0,2 por 1.000, serán cerradas.

Sin embargo, las restricciones en este país tendrán consecuencias menos importantes que en Canadá, ya que no implicarán el cierre o desmantelamiento de las minas, y Africa del Sur podrá lanzar de nuevo una producción elevada al mercado en el momento oportuno, a un precio muy reducido. Como hemos indicado, esta producción no podrá exceder, sin duda, de 5.000 a 7.000 toneladas de uranio por año.

Francia:

Dadas las características geológicas de los criaderos de este país, las reservas explotables y las capacidades de producción serían afectadas de una manera muy sensible por las variaciones del precio del uranio y de la ley límite de explotabilidad.

La cifra de 30.000 toneladas de uranio, corresponde a reservas que razo-

nablemente se espera explotar y tratar a un precio del orden de 8 dólares por libra de U_3O_8 , en vigor después de 1.º de enero de 1963, contando con márgenes suficientes para continuar la amortización de las instalaciones y reconstituir las reservas.

A diferencia de Estados Unidos, donde el precio podrá descender, al menos durante algunos años, a 6 dólares sin que sean gravemente afectadas las reservas explotables, en Francia la disminución de un dólar tendría por efecto suprimir de las mismas una gran parte de los minerales con una ley media aproximada del 1 por 1.000.

Se podrían valorar las consecuencias de diferentes escalas de precios, lo que conduciría a la conclusión de que, por ejemplo, a 4 dólares la libra de U_3O_8 , las reservas serían del orden de 6.000 toneladas de uranio, sin que a este precio se pudiesen iniciar nuevos reconocimientos.

Como se puede observar por lo expuesto, existe una relación muy importante que hay que tener en cuenta, entre las reservas explotables y la ley límite que se considere.

CONCLUSIONES:

Del conjunto de consideraciones anteriores, se pueden sacar algunas conclusiones de orden general sobre la importancia de las reservas en función del mercado, considerando, igualmente, la evolución de las capacidades de producción.

Canadá:

Podría mantener durante quince años una producción comprendida entre 4.500 y 5.000 toneladas a un precio muy bajo (5 dólares/libra de U_3O_8). Todo aumento de la producción implicaría un incremento hasta 8 dólares/libra de U_3O_8 .

Estados Unidos:

Podrían producir durante algunos años a 6 dólares/libra de U_3O_8 , pero a este precio no sería posible aumentar las reservas conocidas.

África del Sur:

No tiene problema de reservas a largo plazo y puede producir a precio reducido una cantidad comprendida entre 5.000 y 7.000 toneladas anuales.

Francia.

No es posible la explotación de la parte fundamental de sus reservas mas que a un precio mínimo de 7 dólares, y su producción anual de 1.600 tone-

ladas de uranio no puede asegurarse teniendo en cuenta las fábricas existentes, sino a 8 dólares/libra de U_3O_8 .

En definitiva, parece que para satisfacer la expansión que se espera a partir de los años 1970 a 1975, el precio del uranio en sus concentrados deberá ser, al menos de 8 dólares/libra de U_3O_8 .

Todavía se puede sacar otra conclusión si comparamos los recursos energéticos debidos a las reservas de uranio a 8 dólares, con los representados por los combustibles clásicos: carbón, petróleo y gas.

Las reservas de combustibles fósiles, expresadas en toneladas de carbón equivalente, se calculan en 700.000.000.000.

Admitiendo que las reservas de uranio sean del orden de 1.000.000 toneladas, en el estado actual de las técnicas de utilización de este uranio, se indican a continuación las equivalencias uranio-carbón, según los sistemas adoptados:

Uranio natural-grafito:

Una tonelada de uranio = 10.000 toneladas de carbón.

Uranio enriquecido-agua ligera:

Una tonelada de uranio = 15.000 toneladas de carbón.

Uranio enriquecido-agua pesada:

Una tonelada de uranio = 30.000 toneladas de carbón.

Según estas cifras, el millón de toneladas de uranio, no corresponderían sino a 10.000.000.000 ó a 30.000.000.000 de toneladas de carbón, según las técnicas actuales de producción de energía nuclear, lo que significa muy poco en relación con las 700.000.000.000 que representan los combustibles fósiles.

Hasta el momento presente, se puede, pues, considerar que las reservas de uranio son aún relativamente poco importantes. Para aumentar estas reservas de una forma apreciable por un factor 20 o superior, es necesario poner a punto los reactores reproductores, en los cuales se trabaja intensamente, en especial, en Inglaterra (Dounreay).

No obstante, como la instalación de estos reactores no es inmediata, para asegurar el porvenir de la energía atómica en un plazo más o menos largo, que dependerá de los estudios que se realicen sobre el plutonio como combustible, es necesario seguir uno de los dos caminos siguientes:

1.º Considerar como utilizables las reservas ya conocidas, aunque no cubricadas, de ley muy baja: las pizarras negras uraníferas de las cuales existen en Estados Unidos cantidades muy importantes (400.000 T.); las pizarras de Suecia, el uranio de los fosfatos de Estados Unidos, África del Norte, etcétera, y de otros yacimientos. Todas estas reservas que proporcionarían varios millones de toneladas de metal tienen, sin embargo, una característica común, que es la de que no pueden ser explotadas sino a precios considerablemente superiores a los citados anteriormente, y que se pueden calcular

entre 16 y 50 dólares por libra de U_3O_8 . Esta perspectiva que, en principio, es sombría y poco realista, si se tiene en cuenta que el carácter competitivo o no de la energía nuclear viene determinado actualmente por ligeras variaciones del precio del Kwh. producido, hay, no obstante, que considerarla, habida cuenta del reducido impacto del precio del uranio sobre el de la energía.

Se ha podido demostrar (F. Callot, «Annale des Mines», 138, III), que un aumento de un 10 por 100 en el precio del uranio, no tendría más que una repercusión de 0.1 por 100 sobre el precio de la energía en el caso de reactores reproductores en 1970, de 0,5 por 100 en las pilas de agua pesada, y de 1 por 100 en las de agua ligera.

2.º Continuar la investigación mediante estudios geológicos y de prospección de nuevos distritos uraníferos, capaces de proporcionar metal a precios del mismo orden que los que han regido en los primeros decenios de la energía nuclear, con objeto de que el coste del combustible no influya de una manera importante en el precio de la electricidad.

Recibido. 5-X-1962.

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA (*)

UNA TECNICA NUEVA DE EXCITACION DE CRUDOS PETROLIFEROS

SUMMARY

It is exposed a technic of direct excitement with intermittent arc of petrolic products, with sensibilities of 10^{-8} and with dispersions varying from 70 % for 10^{-7} up to 4 % for 10^{-9} .

The sample flows on the lower electrode, which is of graphite, by gravity. On the upper one, of the same material, there is a coaxial drill-hole through which it is made the suction of the gas, avoiding in this way the inflammation of the sample.

ANTECEDENTES

Un problema al que venimos prestando atención desde hace unos años es a la determinación espectroquímica directa con excitación por chispa de los cationes en los productos petrolíferos, desde los crudos hasta sus derivados, para evitar toda manipulación y contaminación o pérdida de elementos, durante la preparación a la que se tendría que someter la muestra.

En la bibliografía se encuentran múltiples citas, de todas conocidas, sobre el análisis directo de los diversos productos petrolíferos, desde el conocido disco girante de aplicación universal, hasta los de electrodos taladrados con copa para depósito de la muestra, preparados en serie por varias firmas industriales.

Consecuencia de estas investigaciones fueron los trabajos presentados por nosotros en los Coloquios de Lieja (1958) y Lucerna (1959), el primero para la valoración espectroquímica directa y rápida del plomo tetraetilo en las gasolinas, y el segundo para el análisis cuantitativo de los cationes en los aceites lubricantes, encaminado este último al estudio de los procesos de desgaste.

(*) Comunicación presentada en la *International Conference on Spectroscopy*, celebrada en Maryland en junio de 1962.

ARTIFICIO DE EXCITACION

Hemos considerado que podía tener interés el lograr un aumento de las sensibilidades de nuestras técnicas, desde el punto de vista de su aplicación a los crudos petrolíferos, con el fin de suministrar datos interesantes a las refinerías de petróleos y a los investigadores en el campo de la geoquímica.

El primer paso necesario en este sentido para el aumento de sensibilidad es la sustitución de la excitación por chispa por la de arco intermitente. Esta operación nos plantea dos problemas, la alimentación continua, uniforme y suficiente, y el no deterioro de los electrodos auxiliares. La alimentación continua la hacemos por gravedad según describimos anteriormente, de una manera regular. Al sustituir la excitación de chispa por la de arco intermitente, se aumentó la sensibilidad de una manera considerable con la cual, en muchos cationes, llegamos a identificar directamente con emulsión fotográfica el $0.01.10^{-6}$. Esta excitación presenta un inconveniente no apreciado en la chispa, que era la inflamación de la muestra: por ello pusimos

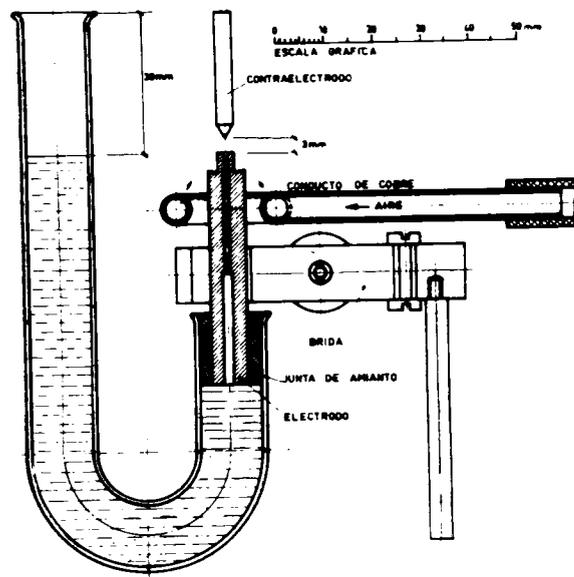


Fig. 1

alrededor del electrodo auxiliar inferior un anillo de cobre perforado, por el que incide sobre el punto de excitación un haz de dardos de aire que impiden se inflamen los hidrocarburos. Con esta técnica (fig. 1.) hicimos varias determinaciones, pero apreciamos que cuando se calentaban

los electrodos en algunas ocasiones, se inflamaba el crudo, caían gotas, e incluso había proyecciones que ensuciaban el puesto de trabajo, aunque sin pérdida de precisión. Esto nos obligó posteriormente a perfeccionar esta técnica (fig. 2.^a), y consistió en que la corriente de aire de refrigeración,

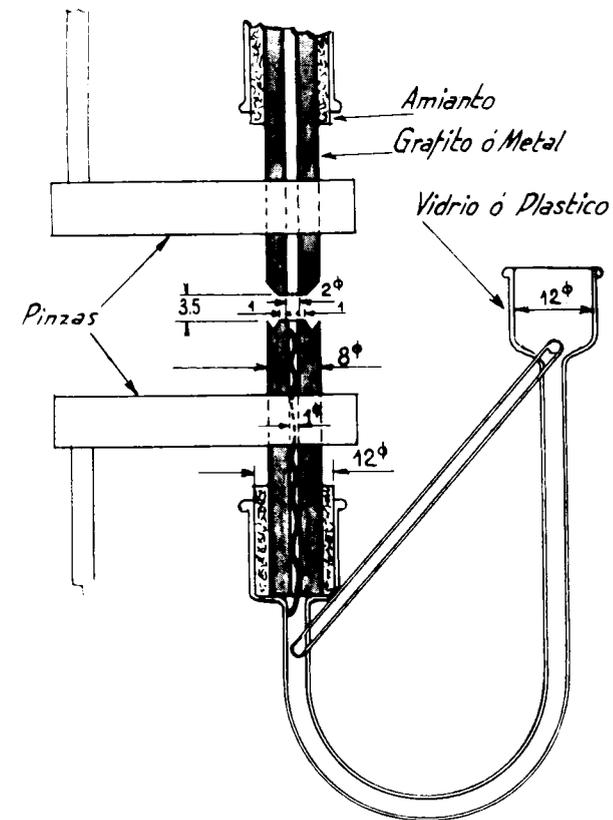


Fig. 2

en lugar de ser lateral que fuese coaxial por el electrodo superior, o sea que se recurría a la absorción en lugar de la inyección. De este modo desaparece totalmente la combustión del crudo. El taladro del electrodo inferior, que se hace con una broca de 1 mm. de diámetro, da lugar a demasiada salida de crudo cuando se calientan los electrodos de grafito, y si son de carbón se obstruyen al usar arco intermitente, por la carbonización del hidrocarburo; por ello hicimos sobre el primitivo sistema de excitación tres modificaciones: La primera consistió en una comunicación de la parte más alta de la columna caliente con la parte alta del depósito, con lo cual se establece una circulación en la muestra cuando se calienta; la segunda, en

reducir la sección útil del taladro del electrodo inferior, con el fin de que no brote la muestra en exceso; esto se logra con la introducción de un hilo de cobre, hasta 2 mm. por debajo de la altura de la cara superior del electrodo que se excita, con lo cual sólo fluye el crudo necesario, el diámetro que hemos utilizado es de 1 mm. para el taladro del electrodo y de 0,65 para el alambre, lo que equivale a un taladro útil de 0,76 mm. de diámetro, pero hemos podido apreciar, que con una broca de 0,7 se cae el crudo, mientras que con este artificio la alimentación es la necesaria. La tercera, en dar al electrodo inferior en su frontal superior una pequeña cavidad, con el fin de que durante el tiempo que precede al encendido, se llene de crudo y dé una excitación más uniforme.

CONDICIONES DE EXCITACIÓN

Para que las condiciones de excitación fuesen las óptimas, se fue actuando sobre las diversas variedades en que se podía intervenir.

El aparato empleado fue un Q.24 y el circuito eléctrico de excitación Durr de arco intermitente.

Diafragma

Apreciamos que el mejor diafragma previo era el rectangular de 5 milímetros para obtener la máxima sensibilidad, debido a que el mayor que tiene el banco óptico, que es el circular de 15 mm. de diámetro, obliga a una separación muy grande de los electrodos, con disminución de la nitidez de las líneas y fidelidad del análisis.

Separación de electrodos

Estudiadas separaciones entre los electrodos auxiliares de 2-3-3,5-4-5 milímetros, se apreció que la mejor era la de 3,5 mm.

Intensidad

El aparato está equipado con un circuito de 3 o de 5 Å y de dos de 5 Å teóricos, en total 15 Å. Con el de 3 Å resulta la excitación insuficiente, la de 5 Å es la más adecuada y con 10 Å los electrodos se obstruyen debido a que hay gran consumo de ellos y una carbonización simultánea del crudo.

Adoptado el de 5 Å como óptimo vimos que la intensidad real de la corriente eléctrica es inferior a la teórica, debido al aumento de resistencia producida por la activación de la circulación de la columna gaseosa debido a la succión, por ello queda reducida a 3,5 Å.

Diámetro y forma de electrodos

En la descripción anterior, dimos cuenta de que el diámetro interno del electrodo inferior es de 1 mm., con un artificio de reducción de diámetro útil, por la introducción de hilos calibrados, que en nuestro caso eran de cobre, cuyo diámetro y número es función de la viscosidad de los productos petrolíferos.

El diámetro interno del electrodo superior es de 2 mm.; si es menor se producen obstrucciones en la succión, y si es mayor el arco no resulta tan estable.

Los diámetros exteriores son los corrientes de los electrodos normales de nuestro laboratorio, 8 mm., con los cuales se acoplan bien al artificio de alimentación y el de succión, efectuando el cierre con pasta de amianto.

El electrodo inferior tiene un semianillo en su frontal superior de 2 milímetros de profundidad, que se llena automáticamente de la muestra durante la excitación.

El electrodo superior, aparenta en su punta un tronco de cono, para estabilidad de la excitación.

Preencendido

Una vez preparado cada artificio con su muestra, son necesarios unos veinte o treinta segundos para que ésta se asome por la cara superior del electrodo inferior; no obstante, se debe dejar como mínimo hasta un minuto, para que rebose la muestra y quede lleno el semianillo que tiene practicado en dicha cara, indispensable esta circunstancia para la emisión uniforme. Se ha de tener en cuenta al llenar la copa-depósito de muestra, que la altura del nivel en la misma sea de 3 mm. por encima de la cara libre superior del electrodo inferior.

Preexposición

Para la fluencia normal de la muestra se necesita una preexposición de cincuenta segundos, tiempo necesario para el calentamiento de los electrodos de grafito.

Exposición

La exposición mejor es la de cinco minutos de duración; con mayores duraciones suben los fondos y con menores se pierde sensibilidad.

PREPARACIÓN DE ESCALAS

La preparación de las escalas tiene dos finalidades: apreciar la sensibilidad de la técnica y deducir la finalidad de la misma. Esta preparación se hace en general a base de naftenatos de los cationes que deseamos estudiar, en concentraciones de 0,1 por 100 a 0,01 p. p. m., haciendo los escalones en 0,1-0,0316-0,01-0,00316 ... por 100.

Para hacer el estudio de la fidelidad, es necesario mantener constante la concentración del elemento utilizado como de referencia, que lo fue el manganeso; por ello se añade como diluyente en cada escalón un crudo que contiene Mn en la proporción de 0,1 por 100, preparado de antemano con el correspondiente naftenato.

De esta manera hemos apreciado se llega con densidades de ennegrecimiento bastante buenas a la concentración de $0,1 \times 10^{-6}$ y para identificación cualitativa a $0,01 \times 10^{-6}$ y que en elementos poco sensibles por técnicas de arco, en general, se pueden valorar bien hasta 10^{-6} .

Para estudiar el límite de sensibilidad, es necesario tomar algunas precauciones, dada la dificultad de encontrar crudos que carezcan de los elementos a estudiar, hay algunos cationes, como el vanadio, que aparecen en todas las muestras en la proporción de decenas e incluso centenas por millón, por ello no se ha efectuado el estudio de este elemento.

CURVAS DE CALIBRACIÓN

Para el trazado de las curvas de calibración hemos utilizado ocho elementos, procurando que sean de condiciones de excitación diferente con el fin de darles más variedad. Los elementos seleccionados fueron: Aluminio, Calcio, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Cinc y Circonio y como de referencia el Manganeso. Este estuvo siempre en la proporción de 1 en mil y aquellos en la concentración de 10^{-3} a 10^{-8} . Los términos se prepararon por diluciones sucesivas a partir de 1 en mil con un crudo, petrolífero carente de esos elementos, al que se le había puesto naftenato de manganeso en la proporción de 1 en mil, de esta manera se redujeron los errores en la preparación de la escala. Los únicos términos utilizados, a los efectos de este artículo, fueron múltiplos de 10 para reducir las dimensiones y número de los estados.

De cada término se obtuvieron dos espectrogramas, y los valores consignados en el cuadro primero son la medida de ambos. Por tanto, en la placa fotográfica se obtuvieron 12 espectros.

Las líneas utilizadas fueron las de mayor sensibilidad, aunque no sean las más adecuadas, ya que nuestro deseo era alcanzar sensibilidad elevada. En el caso del manganeso recurrimos a una bastante sensible pero no última.

Las líneas fueron: Al = I-3092,71; Ca = II-3933,66; Co = I-3453,50; Cu = I-3247,54; Fe = 3020-49; Pb = I-2833,07; Zn = I-3345,05; Zr = II-3391,97; Mn = 2794,81.

Los espectrogramas se obtuvieron con el filtro de platino 4-20-100, lo que permitió fotometrar la línea de Mn en el escalón 20 por 100 y la del Calcio en la del 4 por 100; las demás lo fueron en el de 100 por 100 de transmisión.

En el estado número 1 figuran las medias de dos desviaciones de cada línea, los logaritmos de éstas y las diferencias de los logaritmos de las desviaciones del elemento a valorar. Con estos valores se han trazado las correspondientes curvas de la figura 3 y en ellas se aprecia la continua disminución de las relaciones de los ennegrecimientos con la concentración, lo que indica se tiene sensibilidad para valorar estos elementos hasta el 10^{-8} . Desde luego las pendientes son muy pequeñas para las concentraciones entre 10^{-3} a 10^{-8} , pero hemos de tener en cuenta que para ellas no se puede pedir mucha precisión. Para las concentraciones mayores se aprecia la bondad de las curvas, aunque debían de haberse obtenido con líneas menos intensas, pero el objeto fundamental de esta aportación es reducir al mínimo la dificultad de los análisis, por ello no se utilizan diferentes líneas, según las concentraciones.

FIDELIDAD

De los mismos elementos utilizados para las curvas de calibración se ha establecido la fidelidad para concentraciones de 10^{-3} a 10^{-8} inclusive. Con este fin se obtuvieron en una misma placa para cada concentración 10 espectrogramas. De cada placa se estableció un cuadro en el que figuran las desviaciones, sus logaritmos, la diferencia con el correspondiente al elemento de referencia, el valor medio de estas diferencias y la dispersión deducida por la diferencia entre el valor encontrado y el considerado como más probable.

Con el fin de que las desviaciones galvanométricas no fueran demasiado pequeñas por corresponder a las líneas de densidad elevada, las fotometrías se hicieron con los siguientes escalones: Calcio en el 4 por 100, Hierro y Plomo en el 100 por 100 y los demás elementos en el escalón 100 por 100 para concentraciones de 10^{-8} a 10^{-5} y en el 20 por 100 para 10^{-3} y 10^{-2} .

Las dispersiones de los logaritmos de los cocientes de las desviaciones las consignamos en el cuadro número 8, las cuales son un índice de la fi-

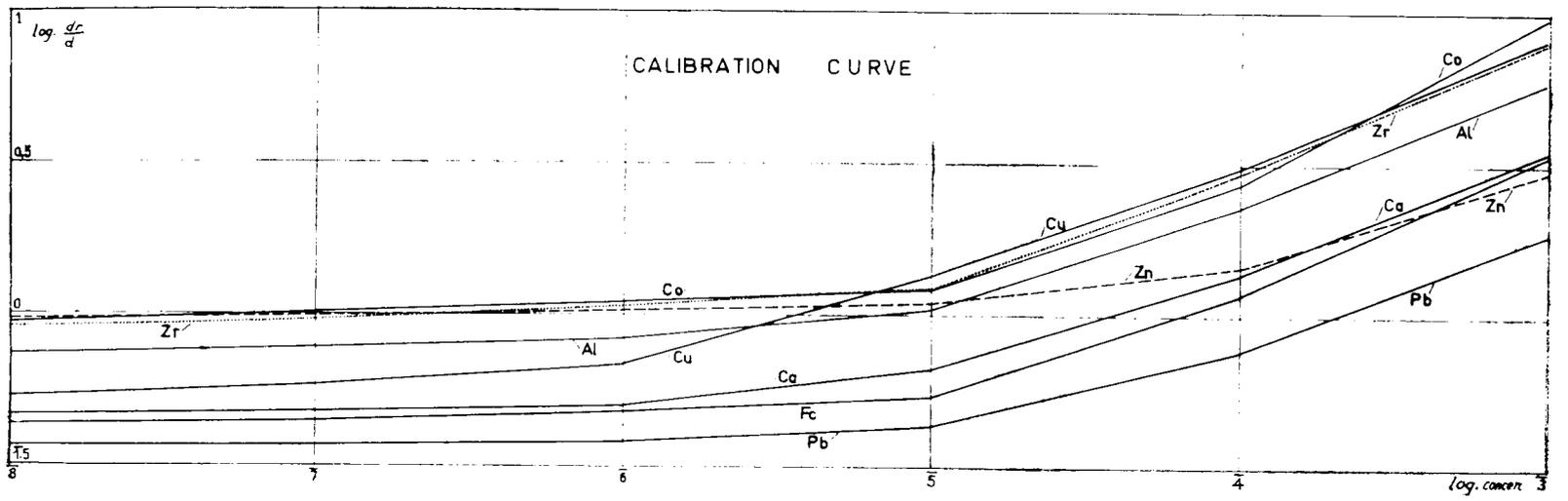


FIG. 3

Núm. 1. General para trazado de curvas de calibración.

Concen	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Pb	Mn/Zn	Mn/Zr																
10 ⁻⁸	33,8	1,529	45,4	1,658	72,3	1,859	35,6	1,551	62,8	1,798	77,0	1,891	92,4	1,965	34,0	1,541	36,5	1,562	1,871	1,670	1,978	1,731	1,638	1,564	1,988	1,967
10 ⁻⁷	33,8	1,529	42,9	1,632	69,8	1,844	33,2	1,521	57,1	1,756	74,4	1,872	90,4	1,956	33,4	1,527	34,3	1,535	1,879	1,685	0,008	1,773	1,657	1,573	0,002	1,994
10 ⁻⁶	33,9	1,530	40,2	1,604	66,6	1,823	30,5	1,484	48,9	1,689	70,3	1,847	87,7	1,943	32,2	1,505	31,1	1,492	1,926	1,707	0,046	1,841	1,683	1,587	0,022	0,038
10 ⁻⁵	33,8	1,528	32,2	1,508	50,7	1,705	27,6	1,441	24,6	1,392	61,9	1,792	77,6	1,890	30,3	1,481	27,3	1,436	0,020	1,823	0,087	0,136	1,736	1,638	0,047	0,092
10 ⁻⁴	31,6	1,499	13,8	1,139	22,9	1,360	11,6	1,063	10,2	1,000	26,8	1,429	41,0	1,613	21,8	1,338	10,5	1,023	0,360	0,139	0,436	0,491	0,070	1,386	0,161	0,476
10 ⁻³	29,1	1,464	4,9	0,698	8,3	0,918	3,0	0,473	3,5	0,544	8,6	0,932	15,5	1,191	0,6	0,982	3,6	0,561	0,771	0,546	0,991	0,920	0,532	0,273	0,482	0,903

10⁻⁸, número 55

Núm. 2. Fidelidad para concentración de 10⁻⁸

Número	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Pb	Mn/Zn	Mn/Zr																
1	34,5	1,537	4,2	1,623	71,5	1,854	33	1,518	57,5	1,759	71,5	1,854	88	1,949	33	1,518	33,5	1,525	1,917 26	1,683 4	0,017 12	1,778 48	1,683 31	1,523 7	0,019 3	0,011 5
2	33,5	1,525	4,1	1,613	66,5	1,822	32,5	1,512	50,5	1,703	68,5	1,835	83	1,919	32	1,505	33	1,519	1,912 21	1,703 12	0,013 8	1,822 4	1,696 24	1,606 6	0,020 2	0,006 10
3	27,5	1,439	35	1,544	56,5	1,752	28	1,447	45,5	1,658	57	1,755	76,5	1,883	26	1,415	27	1,431	1,895 4	1,687 4	1,992 13	1,781 45	1,684 30	1,556 44	0,024 2	0,008 8
4	27,5	1,439	35,5	1,550	55	1,740	58	1,447	42	1,023	54	1,732	74,5	1,872	26,5	1,423	26,5	1,423	1,889 3	1,699 8	1,992 15	1,816 10	1,707 7	1,567 33	0,016 6	0,016 9
5	28,5	1,454	36	1,556	56,5	1,752	28	1,447	40	1,602	51,5	1,711	69,5	1,841	27,5	1,439	27	1,431	1,898 7	1,702 11	0,007 2	1,852 26	1,743 29	1,613 13	0,015 7	0,023 7
6	27,0	1,431	36	1,556	56,5	1,752	27,5	1,439	39,5	1,596	52,5	1,720	69,5	1,841	25	1,398	26	1,415	1,875 16	1,679 12	1,992 13	1,835 9	1,711 3	1,590 10	0,033 11	0,016 9
7	28,5	1,454	37,5	1,574	58,5	1,767	28	1,447	42	1,623	53,5	1,728	69	1,838	27	1,431	27	1,431	1,880 11	1,687 4	0,007 2	1,831 5	1,726 12	1,616 16	0,023 1	0,023 7
8	26,0	1,414	35	1,544	52,5	1,719	25,5	1,407	35	1,544	49,5	1,693	62	1,792	25	1,398	25	1,398	1,870 21	1,695 4	0,007 2	1,870 4	1,721 7	1,622 22	0,016 6	0,016 9
9	21,5	1,439	34	1,581	58	1,763	26,5	1,423	39	1,591	52,5	1,720	63,5	1,802	26	1,415	26	1,415	1,903 17	1,676 15	0,016 9	1,848 22	1,719 5	1,637 37	0,024 2	0,024 8
10	25,5	1,406	35	1,544	51,5	1,711	25	1,398	38,5	1,585	45	1,653	64	1,806	24	1,380	25	1,398	1,862 29	1,695 4	0,008 3	1,821 15	1,753 39	1,600 0	0,026 4	0,018 2
Media																			1,891 0,016	1,691 0,008	0,005 0,008	1,826 0,012	1,714 0,018	1,600 0,019	0,022 0,005	0,016 0,005

Número	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/i b	Mn/Zn	Mn/Zr
1	32	1,505	40	1,591	64	1,806	30	1,477	50	1,698	67	1,826	77	1,886	30	1,477	31	1,491	1,914 12	1,699 11	0,028 9	1,807 20	1,679 25	1,609 34	0,028 2	0,014 5
2	38	1,579	44	1,643	80	1,903	37	1,568	62,5	1,795	70	1,845	88	1,944	35	1,554	36	1,556	1,936 10	1,676 34	0,011 8	1,784 43	1,734 20	1,635 8	0,025 1	0,023 4
3	40	1,602	46	1,663	82,5	1,916	39	1,591	58,5	1,767	79	1,897	91	1,959	68	1,580	39	1,591	1,939 13	1,686 24	0,011 8	1,835 8	1,705 9	1,643 0	0,022 4	0,011 8
4	39	1,591	46	1,663	79	1,897	37	1,568	61	1,785	78	1,892	91	1,959	37	1,568	38	1,580	1,928 2	1,694 14	0,023 4	1,806 21	1,699 15	1,632 11	0,023 3	0,011 8
5	40	1,602	46	1,663	79	1,897	39	1,591	62	1,792	78	1,892	91	1,959	39	1,591	39	1,591	1,939 13	1,705 5	0,011 8	1,810 17	1,710 4	1,643 0	0,011 15	0,011 8
6	39	1,591	46	1,663	79	1,897	36	1,556	60	1,778	78	1,892	87	1,939	35	1,554	38	1,580	1,928 2	1,694 16	0,035 16	1,813 14	1,699 15	1,652 9	0,037 11	0,011 8
7	37	1,568	45	1,653	70	1,845	35	1,544	48	1,681	70	1,845	82	1,913	35	1,554	36	1,556	1,915 11	1,723 13	0,024 5	1,887 40	1,723 9	1,655 12	0,014 12	0,012 17
8	38	1,579	46	1,663	72	1,857	37	1,568	53	1,724	73	1,863	85	1,929	36	1,556	37	1,568	1,916 10	1,722 12	0,011 8	1,855 2	1,716 2	1,650 7	0,023 3	0,011 8
9	37	1,568	43	1,663	66	1,819	35	1,544	53	1,724	69	1,838	83	1,919	33	1,519	33	1,519	1,905 21	1,749 39	0,024 5	1,844 17	1,730 16	1,649 6	0,049 23	0,049 30
10	38	1,579	44	1,643	67	1,826	37	1,568	57	1,756	68	1,832	83	1,919	35	1,554	34	1,531	1,936 10	1,753 43	0,011 8	1,823 4	1,747 33	1,660 17	0,025 1	0,048 29
Media																			1,926 0,011	1,710 0,021	0,019 0,009	1,827 0,021	1,714 0,016	1,643 0,011	0,026 0,008	0,019 0,013

Número	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Pb	Mn/Zn	Mn/Zr
1	29,5	1,470	40	1,602	59	1,770	30,5	1,484	48	1,681	70,5	1,848	87,5	1,942	32,5	1,512	31	1,491	1,868 6	1,700 12	1,986 9	1,789 14	1,622 19	1,528 18	1,958 5	1,979 9
2	31	1,491	41	1,613	62	1,792	31,5	1,498	49	1,690	71,5	1,854	89	1,949	33,5	1,525	33	1,518	1,878 4	1,709 3	1,992 3	1,801 2	1,637 4	1,542 4	1,966 3	1,793 3
3	28	1,447	39,5	1,597	55	1,740	29	1,462	47	1,672	70	1,845	86	1,935	31,5	1,498	30,5	1,484	1,850 24	1,707 5	1,985 10	1,775 28	1,602 39	1,515 31	1,949 14	1,963 7
4	31	1,491	41	1,613	62	1,792	31,5	1,498	49	1,690	71	1,851	88	1,944	34	1,531	33	1,519	1,878 4	1,699 13	1,993 2	1,801 2	1,640 1	1,547 1	1,960 3	1,972 2
5	31	1,491	41	1,613	61	1,785	31	1,491	48,5	1,686	71,5	1,854	87	1,940	34	1,531	32,5	1,512	1,878 4	1,706 6	0,000 5	1,805 2	1,637 4	1,551 5	1,960 3	1,979 9
6	33	1,519	45	1,633	65	1,812	34	1,531	52	1,716	73	1,863	90	1,954	35,5	1,550	35	1,544	1,866 8	1,707 5	1,988 7	1,803 0	1,656 15	1,565 19	1,969 6	1,975 5
7	33	1,519	44	1,643	64	1,806	33,5	1,525	51	1,708	73,5	1,866	90,5	1,957	36	1,556	30,5	1,584	1,876 2	1,713 1	1,994 1	1,811 8	1,653 12	1,562 16	1,963 0	1,935 35
8	29,5	1,470	40,5	1,607	54	1,732	30	1,477	48	1,681	70	1,845	87	1,940	32	1,505	32	1,505	1,863 11	1,738 26	1,993 2	1,799 4	1,625 16	1,530 16	1,965 2	1,965 5
9	32	1,505	42	1,623	61	1,785	31,5	1,498	49	1,690	71,5	1,854	90	1,954	34,5	1,538	34	1,531	1,882 8	1,720 8	0,007 12	1,815 12	1,651 10	1,551 5	1,967 4	1,974 4
10	34	1,531	43	1,633	65	1,812	23	1,519	50	1,699	73	1,863	91,5	1,961	36,5	1,562	36	1,556	1,898 24	1,719 7	0,012 17	1,832 29	1,688 47	1,570 24	1,969 6	1,975 5
Media																			1,874 0,009	1,712 0,008	1,995 0,007	1,803 0,010	1,641 0,016	1,546 0,014	1,963 0,005	1,970 0,008

Número	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Pb	Mn/Zn	Mn/Zr
1	57	1,618	56	1,742	22,5	1,352	50,5	1,703	61	1,491	35	1,544	50,5	1,703	35,5	1,550	54	1,732	1,870 10	0,266 20	1,915 24	0,127 48	0,074 7	1,915 24	0,068 42	1,886 17
2	54	1,602	56,5	1,752	22,5	1,352	51,5	1,711	31,5	1,498	34,5	1,537	52,5	1,720	34,5	1,537	52	1,716	1,850 10	0,250 4	1,891 10	0,104 25	0,065 2	1,882 9	0,065 55	1,886 17
3	53	1,550	49	1,690	18,5	1,267	47,5	1,676	30,5	1,484	30	1,477	46	1,662	28,5	1,454	51	1,707	1,860 0	0,283 37	1,874 7	0,066 13	0,073 6	1,888 3	0,096 14	1,843 26
4	45	1,643	56,5	1,752	21	1,322	54	1,732	36	1,556	35	1,544	53,5	1,728	29	1,462	53,5	1,728	1,891 31	0,321 75	1,911 30	0,087 8	0,099 32	1,915 24	0,181 71	1,915 46
5	54	1,602	57	1,755	22	1,342	55,5	1,744	35,5	1,550	35,5	1,550	51,5	1,711	31	1,491	57	1,755	1,847 13	0,260 14	1,858 23	0,052 27	0,052 15	1,891 0	0,111 1	1,847 22
6	45	1,607	57	1,755	25	1,397	53	1,724	33	1,518	34,5	1,537	51,5	1,711	30,5	1,484	53	1,724	1,852 8	0,210 36	1,883 2	0,089 10	0,070 3	1,896 5	0,123 13	1,883 14
7	44	1,574	51,5	1,711	23,5	1,371	50	1,698	31	1,491	33	1,518	50	1,698	28,5	1,454	50,5	1,703	1,863 2	0,203 43	1,876 5	0,083 4	0,056 11	1,876 15	0,120 10	1,871 2
7	44	1,585	52,5	1,720	25	1,397	53	1,724	32,5	1,511	33,5	1,525	50,5	1,703	30,5	1,484	51,5	1,711	1,865 5	0,188 58	1,861 20	0,074 5	0,060 7	1,882 9	0,101 9	1,874 5
9	37	1,544	48,5	1,695	21	1,322	46	1,662	30,5	1,484	30	1,477	44,5	1,648	26	1,414	49,5	1,694	1,859 1	0,222 24	1,882 1	0,060 19	0,067 0	1,896 5	0,130 20	1,850 19
10	41	1,544	50	1,698	19,5	1,290	48	1,681	31,5	1,498	31	1,491	47	1,672	27	1,431	51,5	1,711	1,846 14	0,254 8	1,863 18	0,046 33	0,053 14	1,872 19	0,113 3	1,833 36
Media																			1,860 0,009	0,261 0,031	1,881 0,015	0,079 0,019	0,067 0,009	1,891 0,011	0,110 0,022	1,869 0,020

Número	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Pb	Mn/Zn	Mn/Zr																
1	41,5	1,618	56	1,748	22,5	1,352	50,5	1,703	31	1,491	35	1,544	50,5	1,703	35,5	1,550	54	1,732	1,870 10	0,266 20	1,915 34	0,127 47	0,074 7	1,915 24	0,068 42	1,886 17
2	40	1,602	56,5	1,752	22,5	1,352	51,5	1,711	31,5	1,498	34,5	1,537	52,5	1,720	34,5	1,537	52	1,716	1,850 10	0,250 4	1,891 10	0,104 25	0,065 2	1,882 9	0,065 45	1,886 17
3	35,5	1,550	49	1,690	18,5	1,267	47,5	1,676	30,5	1,484	30	1,477	46	1,662	28,5	1,454	51	1,707	1,860 0	0,283 37	1,874 7	0,066 13	0,073 6	1,888 3	0,096 14	1,843 26
4	44	1,643	56,5	1,752	21	1,322	54	1,732	36	1,556	35	1,544	53,5	1,728	29	1,462	53,5	1,728	1,891 31	0,321 75	1,911 30	0,087 8	0,099 32	1,915 24	0,181 71	1,915 46
5	40	1,602	57	1,755	22	1,342	55,5	1,744	35,5	1,550	35,5	1,550	51,5	1,711	31	1,491	51	1,755	1,847 13	0,260 14	1,858 23	0,052 27	0,052 15	1,891 0	0,111 1	1,847 22
6	40,5	1,607	57	1,755	25	1,397	53	1,724	33	1,518	34,5	1,537	51,5	1,711	30,5	1,848	53	1,725	1,852 8	0,210 36	1,883 2	0,089 10	0,070 3	1,896 5	0,123 13	1,883 14
7	37,5	1,574	51,5	1,711	23,5	1,371	50	1,698	31	1,491	33	1,518	50	1,698	28,5	1,454	50,5	1,703	1,863 2	0,203 43	1,876 5	0,083 4	0,056 11	1,876 15	0,120 10	1,871 2
8	38,5	1,585	52,5	1,720	25	1,397	53	1,724	32,5	1,511	33,5	1,525	50,5	1,703	30,5	1,484	51,5	1,711	1,865 5	0,188 58	1,861 20	0,074 5	0,060 7	1,882 9	0,101 9	1,874 5
9	35	1,544	48,5	1,685	21	1,322	46	1,662	30,5	1,484	30	1,477	44,5	1,648	26	1,414	49,5	1,694	1,859 1	0,222 24	1,882 1	0,060 19	0,067 0	1,896 5	0,130 20	1,850 19
10	35	1,544	60	1,698	19,5	1,290	48	1,681	31,5	1,498	31	1,491	47	1,672	27	1,431	51,5	1,711	1,846 14	0,254 18	1,866 18	0,046 33	0,053 14	1,872 19	0,113 3	1,833 36
Media																			1,860 0,009	0,261 0,031	1,881 0,015	0,079 0,019	0,067 0,009	1,891 0,011	0,110 0,022	1,869 0,020

Número	Mn		Al		Ca		Ca		Cu		Fe		Pb		Zn		Zr		Logaritmos desviaciones galvanométricas							
	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	d	log d	Mn/Al	Mn/Ca	Mn/Co	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Pb	Mn/Zn	Mn/Zr
1	33	1,518	5,5	0,740	9,5	0,997	14	1,146	10	1,000	8	0,903	17	1,230	41	1,612	14,5	1,161	0,778 1	0,539 8	0,372 10	0,500 15	0,615 22	0,288 11	1,906 1	0,357 16
2	34	1,531	5,6	0,748	9	0,977	14	1,146	10	1,000	8,5	0,929	18,5	1,267	42	1,623	14,5	1,161	0,783 3	0,554 7	0,392 10	0,538 23	0,602 9	0,271 6	1,908 3	0,370 3
3	31,5	1,498	5,2	0,716	9,0	0,954	13,5	1,130	9,5	1,977	8	0,903	16,5	1,217	40	1,602	13	1,113	0,782 2	0,544 3	0,368 14	0,521 6	0,595 2	0,281 4	1,896 9	0,385 12
4	31	1,491	5,2	0,716	8,8	0,944	13	1,113	9,5	0,977	8	0,903	16	1,204	40	1,602	13	1,113	0,775 5	0,557 10	0,378 4	0,514 5	0,588 5	0,287 10	1,889 16	0,378 5
5	31,5	1,498	5,2	0,716	9,0	0,954	12,5	1,096	9,5	0,977	8	0,903	16,5	1,217	37,5	1,574	12,5	1,096	0,782 2	0,544 3	0,402 20	0,521 6	0,595 2	0,281 4	1,924 19	0,402 29
6	31	1,491	5,2	0,716	8,8	0,944	13	1,113	9,5	0,977	8	0,903	16	1,204	37	1,568	13	1,113	0,775 5	0,547 0	0,378 4	0,514 1	0,588 5	0,287 10	1,923 18	0,378 5
7	30,5	1,484	5,1	0,707	8,8	0,944	12,5	1,096	9,5	0,977	8	0,903	16,5	1,217	38	1,580	13	1,113	0,777 3	0,540 7	0,388 4	0,507 8	0,581 12	0,268 19	1,904 1	0,371 2
8	30	1,477	5,0	0,698	8,5	0,929	12	1,079	9	0,954	7,5	0,875	16	1,204	37	1,568	13	1,113	0,777 1	0,548 1	0,398 14	0,523 8	0,602 9	0,273 4	1,909 4	0,364 20
9	31	1,491	5,2	0,716	8,8	0,944	13,5	1,130	10	1,000	8,5	0,929	16,5	1,217	39,5	1,597	13,5	1,130	0,775 5	0,547 0	0,361 21	0,491 24	0,562 31	0,274 3	1,894 11	0,361 12
10	30	1,477	5,0	0,698	8,5	0,929	12,5	1,096	9	0,954	7,5	0,975	16,5	1,217	38,5	1,585	13	1,113	0,779 1	0,548 1	0,381 1	0,523 8	0,602 9	0,260 17	1,892 13	0,364 9
Media																			0,780 0,003	0,547 0,004	0,382 0,010	0,515 0,010	0,593 0,010	0,277 0,009	1,905 0,009	0,373 0,011

Núm. 8. Dispersiones en los valores de los logaritmos de las relaciones de desviaciones.

Elem.	Al	Ca	Co	Cu	Fe	Pb	Zn	Zr	Ctg
10^{-8}	0,016	0,008	0,008	0,012	0,018	0,019	0,005	0,005	50
10^{-7}	0,011	0,021	0,009	0,021	0,046	0,011	0,008	0,013	16
10^{-6}	0,009	0,008	0,007	0,010	0,016	0,014	0,005	0,008	8
10^{-5}	0,009	0,013	0,016	0,009	0,005	0,021	0,012	0,008	3,3
10^{-4}	0,009	0,031	0,015	0,019	0,009	0,011	0,022	0,020	2,5
10^{-3}	0,003	0,004	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,011	2

Núm. 9. Dispersiones de los logaritmos de las concentraciones.

Elem.	Al	Ca	Co	Cu	Fe	Pb	Zn	Zr
10^{-8}	0,800	0,400	0,400	0,600	0,900	0,950	0,250	0,250
10^{-7}	0,176	0,336	0,144	0,336	0,256	0,176	0,128	0,208
10^{-6}	0,072	0,064	0,056	0,080	0,128	0,112	0,040	0,064
10^{-5}	0,030	0,043	0,053	0,030	0,017	0,069	0,040	0,026
10^{-4}	0,022	0,077	0,038	0,047	0,022	0,027	0,055	0,050
10^{-3}	0,006	0,008	0,020	0,020	0,020	0,018	0,018	0,022

Núm. 10. Dispersiones de las concentraciones.

Elem.	Al	Ca	Co	Cu	Fe	Pb	Zn	Zr	Media
10^{-8}	530	150	150	300	700	800	80	80	350
10^{-7}	50	120	40	120	80	50	35	60	70
10^{-6}	18	16	14	20	35	30	10	16	24
10^{-5}	7	10	13	7	4	17	10	6	10
10^{-4}	5	19	9	11	5	7	14	12	10
10^{-3}	2	2	5	5	5	4	4	5	4

delidad. Al multiplicar estos logaritmos por la tangente de la curva de calibración obtenemos las diferencias entre los logaritmos de las concentraciones deducidas a la más probable consignadas en el cuadro número 9, y los antilogaritmos de estas cifras deducida la unidad y multiplicados por 100 dan las dispersiones de los valores deducidos para las concentraciones.

Estas dispersiones están resumidas en el cuadro número 10 y su valor medio llega a 350 para la concentración de 10^{-5} y bajan rápidamente al 4 por 100 del contenido en elemento para concentraciones de 10^{-4} y 10^{-3} .

CONCLUSIÓN

Queda expuesta una técnica de excitación directa de los crudos petrolíferos en arco intermitente y electrodos de grafito con sensibilidades de 10^{-8} y con dispersiones en los valores que varían del 70 por 100 del contenido en elementos para concentraciones de 10^{-7} a 4 por 100 para las de 10^{-4} y 10^{-3} .

JEAN BOULIN (*)

LA BÉTICA DE MALAGA A LOS ALREDEDORES DE VELEZ-MALAGA (PROVINCIA DE MALAGA, ESPAÑA)

R É S U M É

Il est possible de distinguer, au sein du Bétique des environs de Vélez-Málaga, trois ensembles lithologiques superposés qui sont de haut en bas: 1) une série schisto-gréseuse à lentilles de «calizas alabeadas» d'âge dévono-dinantien; 2) la série de Vélez-Málaga, schisto-quartzitique, d'âge probablement triasique et 3) une série métamorphique profonde comprenant des séricitochistes, des micaclistes et des gneiss.

El Primario de los montes de Málaga, donde la región de Vélez constituye el extremo oriental, ha sido descrito por M. Blumenthal (1) con el nombre de «Bética de Málaga». Pertenece a una unidad estructural actualmente superior, la capa de Málaga, que representa el elemento más interno del sistema bético.

Los terrenos que lo constituyen están representados no solamente por el gran afloramiento de la región entre Málaga y Vélez-Málaga, sino también más al Noroeste (Ardales) y al Oeste (Casares). Son conocidos más al Este, en la región de Motril y también en el Rif interno de Marruecos.

Estos terrenos comprenden típicamente una formación paleozoica, no metamórfica, sobremontando un complejo metamórfico de micaesquistos y de neis. El Paleozoico está representado por una alternancia esquisto-areniscosa, pasando en lo alto a los conglomerados grises, ellos mismos sobremontados por las formaciones conglomeráticas y areniscosas rojas características del Permo-trías. Los lentejones calizos, las «calizas alabeadas», insertadas en diferentes niveles de la serie esquisto-areniscosa han dado, en la región de Ardales, las faunas de Conodontos del Devónico superior (2). Además, una abundante microfauna del Carbonífero inferior ha sido des-

(*) Traducción de la «Soc. Geol. de France C. R.», 1961, núm. 10, 18 de diciembre, páginas 291-293, por María Concepción López de Azcona Fraile, doctora en Ciencias Geológicas.

cubierta en un paraje calizo incluido en los conglomerados grises de la cumbre de la serie infra-permiana (3), donde se puede admitir la edad devono-dinantiense.

El complejo metamórfico está bien desarrollado entre Nerja y Torre del Mar, y en las motañas, dominando Vélez al Este. Corresponde a los «esquistos cristalinos» de M. Blumenthal. El límite entre este complejo y el Paleozoico no metamórfico ha sido definido en esta región por la «Misión de Andalucía» en 1889 y parcialmente continuado por J. P. Copponex en 1958 (4). Pasará por este último en los alrededores de Torre del Mar y seguirá el curso inferior del río de Vélez, donde será enmascarado por las formaciones plio-cuaternarias de la Vega, después del curso del río de Benamargosa.

Este límite está jalonado por una serie esquistito-cuarcítica particular, no señalada aún en esta parte de la Bética. Comprende principalmente de la parte inferior a la superior:

— Esquistos cloritosos verdosos, sobremontando sericito-esquistos gris-negrucos del complejo metamórfico y algunas veces recorridos como ellos por numerosos filones de cuarzo de exudación.

— Esquistos plateados blanquecinos o verdosos, cuarcitas sericíticas blanquecinas, finos conglomerados con cemento cuarcítico y elementos cuarzosos en almendra.

— Esquistos sericíticos violáceos, de aspecto suave, muy fisibles, dando un suelo friable de color azul violáceo muy característico.

Esta sucesión corresponde, con toda probabilidad, a la serie tipo, pero es difícil observarla en un mismo lugar completa. Aparece enmascarada por los fenómenos de milonitización a veces muy intensos y probablemente laminados de manera que se observa solamente en la mayor parte de los casos los elementos de esta sucesión. Es a estos mismos fenómenos a los que parece lógico ligar las variaciones del espesor de la serie esquistito-cuarcítica observables de un afloramiento a otro. Además, si el paso al complejo metamórfico inferior parece tranquilo, el contacto con la serie superior está marcado por una milonitización, pudiendo afectar a los esquistos y areniscas del Paleozoico no metamórfico.

La serie esquistito-cuarcítica no parece pasar al Oeste la aglomeración de Benajarafe, donde es claramente visible a uno y otro lado de la desembocadura del Arroyo de Benagalbón. Reaparece más al Este, a lo largo del litoral, en los alrededores de la Torre del Jaral, y presenta huellas de una milonitización particularmente intensa. Está bien representada en la orilla derecha del curso inferior del río de Vélez. Más al Norte, se la puede encontrar de nuevo en el Cerro de Cutar, en cuya parte alta la arenisca y los esquistos del Paleozoico reciente reposan sobre los sericitoesquistos gris negruzcos del com-

plejo metamórfico por intermedio de algunos metros de esquistos sericíticos violáceos.

El conjunto esquistito-cuarcítico está, por tanto, petrográfica y estructuralmente individualizado de una manera clara, pero en ausencia de fauna, sólo la comparación con las facies idénticas encontradas en las regiones vecinas puede conducir a una atribución estratigráfica aceptable.

Estas facies no son desconocidas en la zona bética:

— En el dominio de las Alpujarras, J. P. Copponex (4) cita, al norte de Motril, las «filitas» azuladas, satinadas, pasando hacia lo alto a las calizas y dolomías por intermedio de cuarcitas blancas sericíticas, de filitas verdosas y de yeso. El se basa en la presencia de éstas y de los Megalodons descubiertos en las dolomías subyacentes para atribuir al conjunto una edad triásica probable.

— En la «zona de Casares», debajo de un Paleozoico reconocido, se individualiza una serie soportando «cuarcitas rosas o blancas verdosas, filadidos azules violáceos pasando a gris plateado por acrecentamiento de metamorfismo: las calizas metamórficas y dolomías contienen Lamelibranquios y estructuras muy particulares atribuibles a algas». Los autores que la han descrito (5) atribuyen a esta serie una edad «permo-triásica a triásica».

— En la zona interna del Rif, Y. Milliard (6) describe los esquistos epimetamórficos «color humo» en zona de cuarcitas, entre Ceuta y Benzou, sobre los que reposan en continuidad las dolomías triásicas con Diplopores.

Estas homologías de facies entre ciertas series triásicas del Rif interno y de la Bética occidental (Casares) por una parte, y de la serie esquistito-cuarcítica de Vélez-Málaga por otra, parecen bastante claras y autorizan la atribución probable de éstas al Triás.

Es posible, por consiguiente, distinguir en la Bética de los alrededores de Vélez-Málaga, tres conjuntos litológicos superpuestos, que son de arriba abajo:

1) una serie esquistito-areniscosa con lentejones de «calizas alabeadas», edad devono-dinantiense;

2) la serie de Vélez-Málaga, esquistito-cuarcítica, de edad probablemente triásica, y

3) una serie metamórfica profunda que comprende los sericitoesquistos los micaesquistos y los neis.

La serie devono-dinantiense cabalga tectónicamente la serie triásica de Vélez-Málaga. La presencia de trazas de milonitización en la base de la serie esquistito-areniscosa superior y en el seno de la serie esquistito-cuarcítica triásica inferior y las variaciones del espesor, son argumentos en favor de esta interpretación.

Las relaciones entre la serie de Vélez, epimetamórfica, y los esquistito-cristalinos y sericitoesquistos que la sobremontan no son visibles más que

localmente en la región aquí considerada. No aparecen con claridad. Parece, no obstante, probable que la serie de Vélez pase normalmente a la serie metamórfica donde constituirá la cumbre, como en la región de Casares (5) y en el Rif. La confirmación de esta hipótesis en la región de Vélez-Málaga subrayará aún la notable unidad litológica y estructural del Primario bético-rifeño.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BEUMENTHAL, M. (1930): *Beiträge zur Geologie der bêtischen Cordillere beiderseits des rio Guadalhorce*, «Ecl. geol. Helv.», vol. 23, págs. 41-203.
- (2) KOCKEL, F. (1959): *Conodontos del Paleozoico de Málaga*, NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MIN. ESP., núm. 53, págs. 149-164.
- (3) AZUMA, J. (1961): *Etude géologique des abords de Málaga (Espagne)*, Dipl. Sup., Paris.
- (4) COPPONEX, J. P. (1958): *Observations géologiques sur les Alpajarrides occidentales (Cordillères bêtiques, Espagne)*, «Bol. Inst. geol. y Min. Esp.», t. 70, págs. 1-114.
- (5) DÉRR, S., HOEPPENER, R., HOPPE, P. et KOCKEL, F. (1961): *Géologie des Montagnes entre le rio Guadalhorce et le Campo de Gibraltar (Espagne)*, Mémoire Prof. Paul Faliol, Paris, t. I (en imprenta).
- (6) MILLIARD, Y. (1959): *Les massifs métamorphiques et ultrabásiques de la zone paléozoïque interne du Rif*, «Not. Serv. géol. Maroc.», t. 18 (Notes et Mém., núm. 147), págs. 125-160.

Recibido: 10-X-62.

JEAN PHILIPPE MANGIN (*)

«LA FASE TECTOGENICA PIRENAICA EN LOS PIRINEOS»
Y LOS CONGLOMERADOS DE POBLA DE SEGUR
(LERIDA, ESPAÑA)

R É S U M É

Le conglomérat de Poble de Segur est un témoin remarquable des mouvements tardifs généraux si bien désignés par le terrain dans le domaine occidentale et qui couronnent, en l'achevant, le continuum orogénique qui a formé les Pyrénées au Nummulitique.

El profesor L. U. de Sitter ha tenido, hace poco (1), la gentileza de observar mis datos sobre la geología pirenaica y, al mismo tiempo, de suministrar-me la ocasión inesperada de confirmarlos para la zona Este de Aragón, datos que no pensaba publicar hasta más adelante. Sin detallar aún aquí los resultados obtenidos en mis últimas investigaciones, amablemente apoyadas por la *Comisión Nacional de Geología*, me contentaré con volver brevemente sobre el «conglomerado de Poble de Segur».

Esta formación, que se extiende a los límites de Cataluña y Aragón, forma parte de numerosas capas conglomeráticas que se suceden allí en el Nummulítico; en medio de estos terrenos, sean marinos, sean continentales subacuáticos, testimonios a menudo más climáticos que tectónicos, uno corresponde sin duda a la pudinga septentrional de Palassou, pero los «conglomerados de Poble de Segur» son los más elevados de la serie. Su edad es, desde hace tiempo, objeto de *investigaciones, aún no se ha llegado a una datación directa sin dudas*; la última, suministrada por nuestro colega holandés, no escapa a esta imprecisión, puesto que, en el fondo, la verdadera indicación suministrada por los pólenes es que no son ni paleocenas ni neógenas; por el contrario, el estudio del terreno suministra *un hecho cierto* para una datación indirecta limitando al Sud-Este el país cretáceo de Poble de Segur, el borde terciario muestra en Oliana un notable anticlinal en el corazón del Bartoniano (per

(*) Traducción de la «Soc. Geol. de France C. R.», 1962, núm. 1, 22 de enero de 1962 página 13, por María Concepción López de Azcona Fraile, doctora en Ciencias Geológicas

fectamente datado, después de mucho tiempo, por los nummulites característicos), rodeado de una potente serie de areniscas, molasas y conglomerados que el aspecto general parece indicar que son de edad oligocena: *o es sobre este conjunto plegado sobre el que se extiende casi horizontalmente el «conglomerado de Pobla de Segur»*. Esta posición tectónica indudable está muy bien expuesta en el mapa de la provincia de Lérida (2), y nuestros colegas españoles han deducido muy justamente que los conglomerados de Pobla de Segur están colocados al menos en la parte alta de la serie oligocena local («conglomerados transgresivos»). Estoy completamente de acuerdo con sus opiniones, bien apoyadas en los hechos, la edad real de estas capas detríticas está, en efecto, comprendida entre el Oligoceno «medio» y el Mioceno terminal.

El conglomerado de Pobla de Segur es, por tanto, un testigo notable de los movimientos tardíos *generales*, si bien designados por el terreno en el dominio occidental que coronan, en el final, el «continuum» orogénico que ha formado los Pirineos en el Nummulítico (3). Los movimientos anteriores repuestos en su contexto permiten ver desde un nuevo aspecto la estructura de la cadena pirenaica; volveré sobre esto.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) SITTER, L. U. DE (1961): *La phase tectogénique pyrénéenne dans les Pyrénées méridionales*. «C. R. somm. S. G. F.», págs. 224-225.
 (2) ALMELA A. y RÍOS, J. M. (1947): *Explicación del Mapa geológico de la provincia de Lérida*. Madrid, Inst. Geol. y Minero de España.
 (3) MANGIN, J. PH. (1959): *Données nouvelles sur le Nummulitique pyrénéen*. «B. S. G. F.», (7), I, págs. 16-30.

Recibido, 10 X 1962.

PIERRE SOUQUET (*)

EL CENOMANENSE ENTRE LOS VALLES DEL SEGRE Y DE LA NOGUERA RIBAGORZANA (PROVINCIA DE LERIDA Y HUESCA, ESPAÑA)

RÉSUMÉ

Le but de la présente note est, d'une part, de préciser l'extension verticale du Cenomanien sur la bordure septentrionale de la zone synclinale de l'Aragon (synclinal d'Orgaña, anticlinal de Boixols-Montanisell), et, d'autre part, de signaler l'existence de cet étage sur la bordure méridionale de cette même zone synclinale (pli-faïlle du Montsech, dôme de Tolva).

El objeto de la presente nota es, por una parte, precisar la extensión vertical del Cenomanense en el borde septentrional de la zona sinclinal de Aragón (sinclinal de Orgaña, anticlinal de Boixols-Montanisell), y, por otra, señalar la existencia de este piso en el borde meridional de esta misma zona sinclinal (pliegue falla del Montsech, domo de Tolva).

En el sinclinal de Orgaña y en el anticlinal de Boixols-Montanisell, el Cenomanense ha sido después de mucho tiempo identificado por G. Astre y M. Dalloni (1), en la parte superior de una potente serie margosa comprendida entre las calizas urgonianas y las del Cretáceo superior. Por consiguiente, estas últimas calizas han sido, en su totalidad, llevadas bien al Coniaciense (2), bien al Campaniense (3). Pude establecer que en realidad su base es aún Cenomanense.

Encima de las margas cenomanenses, la serie caliza se descompone de la manera siguiente:

1. Calizas grises microcristalinas, con restos de Rudistas y microfauna cenomanense: *Præakveolina cretacea*, *P. tenuis*, *P. brevis*, *P. iberica*, *Ovalveolina ovum* y escasas *Chrysalidina* sp. 8 a 10 m.

(*) Traducción de la «Soc. Geol. de France C. R.», 1962, núm. 2; 5 de febrero de 1962, pág. 50 y 51, por María Concepción López de Azcona Fraile, doctora en Ciencias Geológicas.

2. Calizas ocreas o gris claro, con grano y microfuna poco característica que podría ser del Turonense: *Pithonella* sp., *Stomiosphaera* sp. y *Globotruncana* sp. 15 a 20 m.

3. Calizas margosas, con grano fino, formando un talud en el acantilado calizo, igualmente ricas en Fisurinas y encerrando de nuevo *Micraster* sp., en su base, en el valle Flamisell. 20 m.

4.º Calizas gravosas, muy fosilíferas, encerrando especialmente numerosos Foraminíferos como *Vidalina hispánica*, *Cuneolina* sp. e Hippurites coniacienses: *Orbignya practoucasi* Touc. y *O. resecta* Defr.; en Santa Fé de Orgaña, esta última forma asociada con *Vaccinites moulinsi* d'H. Firm., en el meridiano de Montanisell; al W de dicho meridiano, estas mismas calizas encierran, en su parte superior, *Vaccinites beaussetensis* Touc., del Santoniense y en Montagu lo mismo que en San Corneli, gruesos Lacazines (*L. elongata* M. CH.) de la misma edad 100 a 150 m.

Por consiguiente, las calizas del Cretáceo superior que suceden a las margas cenomanenses, son cenomanenses en su base; coniacienses en la parte media, encima de la intercalación calcáreo-margosa, y santonienses en la parte superior, por lo menos al oeste del meridiano de Montanisell. El límite superior del Cenomanense no ha podido ser precisado; su definición está unida al difícil problema de identificación del Turonense, donde no se ha probado la existencia de ninguna fauna.

En el borde meridional del área sinclinal de Aragón, el Cenomanense es conocido solamente en la Sierra de Tup, donde ha sido recientemente señalado (4). Se marca, con una extensión localmente limitada, la base de una transgresión sobre el Dogger. Es aún desconocido en el Montsech y el domo de Tolva, y puede estar ausente en las sierras más meridionales y las sierras subpirenaicas aragonesas.

La Sierra del Montsech corresponde a un pliegue-falla alargado de Este a Oeste, de unos 48 kilómetros, entre los meridianos de Benavent de Tremp y de Viacamp, donde el pliegue se introduce bajo el Oligoceno discordante. El flanco norte del pliegue soporta encima del Trías, una potente serie de capas jurásicas y cretáceas, inclinadas 45° al Norte. Las margas areniscosas y lignitosas del Albo-Aptense son sobremontadas por calizas que han sido atribuidas al Coniaciense, puesto que encierran un nivel bastante elevado de Hippurites de esta edad, donde el estudio de las microfaunas me ha permitido reconocer el Cenomanense, y sin duda también el Turonense, en una cornisa de una caliza gris clara, maciza, comprendida entre las margas albo-aptenses y el primer banco de Hippurites.

Los cortes del Río de Meyá y de las Nogueras Pallaresa y Ribagorzana permiten apreciar en esta cornisa la sucesión siguiente:

1. Calizas grises, microcristalinas, con restos de Rudistas y con microfauna cenomanense característica: *Pracalveolina cretacea*, *P. tenuis*, *P. brevis*, *P. iberica*, *Ovalveolina oxum* y *Globotruncana* sp. 5 metros.

2. Calizas ocreas con grano fino y microfauna poco característica: *Pithonella ovalis*, *Stomiosphaera* sp., *Tritaxia* sp., *Globigerina* sp. y formas monocrenadas y bicrenadas de *Globotruncana* sp. 10 m.

Al Oeste del hundimiento del pliegue del Montsech, una elevación axial vuelve a traer los mismos terrenos cretáceos al domo de Tolva. En el flanco sur de éste, constituyen una serie regular en contacto anormal con las arcillas triásicas del centro del pliegue. La base inferior de esta serie, un banco calizo de unos 20 metros de potencia, en contacto por falla con las formaciones triásicas, ha sido atribuida al Aptense y al Albense en la Hoja de Benabarre, del Mapa Geológico de España a escala 50.000. Donde los cortes efectuados a lo largo de los ríos Cajigar y Seco, me han permitido conocer la misma sucesión que la descrita anteriormente en el Montsech. El Cenomanense está, aun aquí, caracterizado por una fauna rica en Alveolínidos, en la base de un asiento calizo, que por su parte superior, no suministró más que Fisurinas y secciones indeterminables de Globotruncánidos.

Así se prueba la existencia del Cenomanense en la Sierra del Montsech y en el domo de Tolva. Pero, como para las regiones más septentrionales, el límite superior del piso no puede ser precisado, las microfaunas son poco características y las macrofaunas escasas o ausentes, encima de las bases indudablemente cenomanenses.

Los cortes descritos en los bordes del área sinclinal del Aragón, en su terminación oriental, muestran sensiblemente la misma sucesión de niveles. Merece señalarse que no es el único en toda la extensión de esta área sinclinal. En efecto, el Cenomanense está tal vez ausente, en el borde meridional, en el sur del Montsech, en las Sierras de Montroig, Carbonera, Os y Trago, igual que al oeste del Montsech, en las Sierras sud-pirenaicas aragonesas. El Cenomanense se sigue, por el contrario, en el borde septentrional, al oeste de la Noguera Ribagorzana; pero se presenta bajo facies diferentes, como mostrarán los trabajos posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- (4) ASTRE, G. (1920): *Sur les petites Orbitolines du Santa Fé d'Orgaña*. «B. S. G. F.» (4), XXXIX, págs. 305-319.—DALLONI, M. (1930): *Etude géologique des pyrénées catalanes*. «Niger», Imp. Carbonell, 373 págs. 1 carte.

- (2) DALLON, M. (1930): *Op. cit.*
 (3) ALMELA, A. y RÍOS, J. (1947): *Explicación de Mapa geológica de la provincia de Lérida.* «Inst. Geol. y Min. de España», 193 páginas, 1 carta.
 (4) GUÉRIN-DESJARDIN, B. et LAUREILLE, M. (1961): *Etude géologique dans les Pyrénées catalanes entre les ríos Segre et Llobregat.* «Rev. Inst. Fr. Petr.», t. XVI, número 9, págs. 922-939, 2 pls., 1 carta.

Recibido: 15 octubre 1962.

YVES RANGHEARD (*)

LOS YACIMIENTOS FOSILIFEROS DEL OXFORDIENSE SUPERIOR DEL SUR DE LA ISLA DE IBIZA (BALEARES)

R E S U M É

Au SW. de la ville d'Ibiza s'étend une colline: le Puig de los Molinos. Au sommet du versant abrupt, nous avons découvert un gisement fossilifère dans les calcaires noduleux et la fausse-breche; nous en avons également trouvé un autre dans les mêmes niveaux, au pied du versant, au bord de la mer. On a trouvé exactement ces mêmes niveaux à Cabo Faleó, extrémité la plus méridionale de l'île.

Al suroeste de la ciudad de Ibiza se extiende una montaña: El Puig de los Molinos. En la costa, al este de la Playa de Figueretas, esta montaña tiene una cañera que permite observar las calizas en losetas negruzcas del Malm medio y superior, visible en un espesor de unos 30 metros; están bien estratificadas y tienen un buzamiento de unos 35 grados hacia el Sudeste. Aparecen sobremontadas por dos niveles, un poco aplastados, que tiene cada uno un espesor de 2 metros aproximadamente: uno, constituido por calizas nodulosas gris-azul y otro, encima, por una falsa brecha rojiza. Dicho conjunto se presenta recubierto por dolomías gris-negro, prolongándose hacia el Sudeste con un buzamiento de 55 grados, atribuido por los autores al Triás. Esta serie trastocada pertenece a la concha de Ibiza (Este y Sudeste de la isla).

En la cumbre de la abrupta vertiente (X = 1.043,450; Y = 491,075), hemos descubierto un yacimiento fosilífero en las calizas nodulosas de la falsa brecha; también encontramos otro en los mismos niveles, al pie de la vertiente, en el borde del mar.

Recogimos en la falsa brecha roja *Sowerbyceras tortisulcatum* (d'Orb), *Callyphylloceras disputabile* (Zittel), *Ptychophylloceras jaraense* (Waagen), *Partschiceras argoviense* Coll., *Lytoceras orsini* Gemm., *Trimarginites arolica* (Oppe.), *Taramelliceras flexuosa* Münster, *Hibolites hastatus* (Blainv).

(*) Traducción de la «Soc. Geol. de France C. R.», 1962, núm. 2; 5 de febrero de 1962, páginas 43, por María Concepción López Azcona Fraile, doctora en Ciencias Geológicas.

Las calizas nodulosas gris-azuladas nos han dado: *Holcophylloceras mediterraneum* (Neum.), *Sowerbyceras tortisulcatum* (d'Orb.), *S. protortisulcatum* (Pomp.), *Trimarginites arolica* (Opp.), *Ochetoceras hispidum* (Opp.), *Taramelliceras anar* (Opp.), *Alligaticeras birmensdorfensis* (Moesch).

Encontramos exactamente estos mismos niveles en Cabo Falcó, el extremo más meridional de la isla, donde se puede observar la misma sucesión de lechos en serie invertida. Los dos niveles tienen un espesor que varía de 3 a 8 metros. La falsa brecha roja está sobremontada por 10 metros de dolomías, que coronan el relieve. Las calizas nodulosas azules sobremontan aquí las calizas en losetas visibles, en un espesor de 80 metros.

P. Fallot (2) ha encontrado fósiles en estos niveles, que atribuye a la zona con *Gregoryceras transversarium* (Argoviense) y a la zona con *Epipeltoceras bimammantum* (Rauraciense) del Oxfordiense superior. La fauna que hemos recogido, comprende más de 200 muestras, nos ha suministrado un gran número de especies, la mayoría de ellas ya señaladas por este autor.

En la vertiente sur de Cabo Falcó (X = 1.038,625; Y = 482,975) y en el acantilado, más al Norte, donde afloran estos niveles (X = 1.038,525; Y = 483,050), la falsa brecha roja nos ha dado: *Nautilus (Pseudaganides) ledonicus* de Lor., *Holcophylloceras mediterraneum* (Neum.), *Sowerbyceras tortisulcatum* (d'Orb.), *S. protortisulcatum* (Pomp.), *Ptychophylloceras jaraense* (Waagen), *Partschiceras madagascariense* (Coll.), *Lytoceras orsini* Gemm., *L. polyanchomenum* Gemm., *Trimarginites henrici* (d'Orb.), *T. arolica* (Opp.), *Taramelliceras (Taramelliceras) fichtleri* (Opp.), *T. (Proscaphites) oculata* (Bean), *Dichotomosphinctes wartae* (Bukowski), *Discosphinctes lucingensis* (Favre), *Arisphinctes plicatilis* (Sow.), *A. cf. navillei* (de Riaz no Favre), *Belemnites (Rhopaloteuthis) sauzanai* (d'Orb.).

Las calizas nodulosas encierran: *Holcophylloceras mediterraneum* (Neum.), *Sowerbyceras tortisulcatum* (d'Orb.), *S. protortisulcatum* (pompeckj), *Partschiceras cf. argoviense* Coll., *Phylloceras plicatum* Neum., *Lytoceras orsini* Gemm., *Trimarginites henrici* (d'Orb.), *T. arolica* (Opp.), *Ochetoceras canaliculatum* (von Buch), *Taramelliceras bachianum* (Opp.), *T. callicerum* (Opp.), *Gregoryceras transversarium* (Quenst.), *G. riasi* (Petitclerc), *Euaspidoceras oegir* (Opp.), *E. cf. perarmatum* (Sow.), *Lissoceratoides erato* (d'Orb.), *Alligaticeras birmensdorfensis* (Moesch), *Dichotomosphinctes deberti* (de Riaz), *Discosphinctes lucingensis* (Favre), *D. cf. tyrrhenum* (Gemm.), *D. cf. jelski* (Siemiradzki), *D. virgulatus* (Quenst.), *D. sp.*, *Larcheria schilli* (Opp.), *Divisosphinctes cf. bifurcatus* (Quenst.), *Arisphinctes cf. navillei* (de Ruiz no Favre), *A. sp.*, *Perisphinctes kiliani* (de Riaz), *Ausscites (?) argoviensis* Dreyfuss, *Belemnites (Rhopaloteuthis) sauzanai* (d'Orb.), *Hibolites (Rhopaloteuthis) hastatus* (Blainv.) (3).

Aunque estos dos niveles son diferentes litológicamente, su estudio paleontológico muestra que pertenecen a una misma zona del Oxfordiense supe-

rior: la zona con *G. transversarium*. La frecuencia de *Dichotomosphinctes Divisosphinctes* con formas del grupo de *D. bifurcatus* (Quenst.) nos autoriza a situar dichos niveles en la parte alta de esta zona, es decir, en la zona de *Dichotomosphinctes wartae*. El nivel de la falsa brecha roja representa la base, y el de las calizas nodulosas la cumbre. En este último nivel, la existencia de *Divisosphinctes cf. virgulatus* (Quenst.) permite admitir la posibilidad de un desbordamiento muy ligero de este nivel sobre la zona con *Epipeltoceras bimammantum*. Estos niveles fosilíferos encontrados en el sur de Ibiza representan, por tanto, la parte superior de la zona con *G. transversarium* del Oxfordiense superior.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) El Oxfordiense está comprendido aquí en un sentido amplio, tal como lo ha precisado W. J. Arkell («Jurassic geology of the world», 1956).
- (2) FALLOT, P. (1922): *Etude géologique de la Sierra de Majorque*, Thèse. Paris, et Liège.
- (3) Quiero manifestar mi agradecimiento a M. Henri Tintant por haber comprobado amablemente mis determinaciones.

Recibido. 15-X-62.

ANTONIO DUE ROJO, S. I.,
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

NUEVOS RECURSOS DE LA INVESTIGACION GEOLOGICA

RESUMEN

La geología moderna tiene que enfrentarse con nuevos problemas; por tanto han nacido técnicas también nuevas. En esta reseña se exponen algunos aspectos peculiares en que se manifiesta tal innovación indispensable: así las investigaciones de laboratorio en micropaleontología, prospección geoquímica, palinología y otras semejantes. Igualmente los recientes trabajos sísmológicos han aportado nuevos datos para una mejor inteligencia del estado físico del interior de la Tierra; la hidrología está resolviendo cuestiones prácticas por procedimientos novísimos, y la antigua controversia acerca de la habitabilidad planetaria sigue hoy ocupando a los investigadores en la interpretación de hechos tales como el origen posiblemente orgánico de inclusiones meteoríticas.

SUMMARY

Modern geology has to deal with new problems; hence new techniques are born to day. In this report such geological investigations will be related concerning paleontology, geochemical prospecting, micropaleontology and the like; recent work on seismology has afforded a better understanding of physical conditions in the interior of the Earth, whereas special trends guide the geologist in hydrological problems and continues the old controversy on extraterrestrial origin of tektites and meteoric microfossils.

La novedad a que alude el título de estas líneas se refiere unas veces al objeto mismo de las investigaciones geológicas actuales, que antes apenas ocupaba la atención de los geólogos y ahora llega a ser preferentemente estudiada; otras veces ocurre que se han perfeccionado los instrumentos y medios de observación, con lo que el descubrimiento de hechos interesantes imprime dirección diferente a los trabajos científicos, o simplemente las necesidades actuales han obligado a intensificarlos en algún terreno determinado. Ocupa un lugar preferente en nuestros días el análisis microgeológico, en particular en la rama paleontológica; y en otras diversas se puede afirmar que con el progreso creciente de la técnica se amplían mucho

los horizontes para el investigador, que puede así cultivar campos antes desconocidos o profundizar fructuosamente en los que durante largos años habían sido cultivados sin tanto provecho; ni faltan casos en que los métodos clásicos han cedido con ventaja su puesto a otros más complejos, que exigen en el geólogo conocimientos más vastos y en sus laboratorios la creación de nuevas secciones.

MICROFÓSILES

Al hablar de fósiles se suscita fácilmente la imagen de grandes esqueletos de mamíferos o reptiles; rara vez se piensa vulgarmente en esqueletos, para cuyo estudio sea necesario el microscopio y hasta el electrónico. Y, sin embargo, la paleontología moderna avanza hoy preferentemente los minúsculos restos de animales o plantas de épocas remotas; y ello por varias razones obvias: se les encuentra con gran facilidad y abundancia; son desde hace años un valioso auxiliar de la prospección petrolífera, como indicadores del proceso estratigráfico, y su estudio, recientemente intensificado, derrama mucha luz sobre el problema de los cambios estructurales y climatológicos en pasadas eras; por último, gracias a su pequeñez, tienen sobre otros fósiles la indiscutible ventaja de la integridad: entre tantos, no suelen faltar casi nunca ejemplares completos en abundancia, en vez de fragmentos de laboriosa reconstrucción.

Lo más frecuentemente se trata de conchas de moluscos o esqueletos silíceos o calizos de diminutos animales marinos, que aparecen en los sedimentos, ya actuales en el fondo del mar, ya en estratos que antes lo eran y hoy pertenecen a plegamientos continentales; las partes blandas del organismo han desaparecido, llevándose consigo más de una vez el secreto de la configuración primitiva de ese organismo. Hay que exceptuar aquí a los granos de polen, de que se trata a continuación, porque esos están provistos de una capa externa resistente a la acción de los elementos y del tiempo, por largo que sea. Son especialmente útiles los caparazones fosilizados de seres vivientes que existieron durante periodos cortos, puesto que permiten establecer diferencias muy exactas entre estratos de diversa formación y edad: por ejemplo, para fijar la correspondencia entre capas hoy dislocadas por plegamientos, que pueden hallarse a grandes distancias mutuas y, sin embargo, pertenecen al mismo estrato primitivo; de aquí el nombre de indicadores que se da a esos fósiles (5).

Se ha dicho de esta rama especial de la paleontología que en ella el geólogo tiene que ser buen «detective»; necesita deducir de esas estructuras orgánicas, reducidas hoy al esqueleto o caparazón, la adaptación del ser vivo al medio ambiente, y reconstruir éste por analogía con lo que ocurre hoy

en circunstancias semejantes o en organismos parecidos, teniendo en cuenta las posibles variaciones debidas a la evolución: cualquier indicio, por insignificante que parezca, puede conducir a provechosas conclusiones.

Hasta hace poco no se había caído en la cuenta de las ventajas de este estudio, o se hacía con poco cuidado, de donde se originaron errores de apreciación. Citaremos el ejemplo de los cocolitos o placas discoidales de carbonato cálcico; son planctónicos, es decir, que las corrientes oceánicas en que suelen flotar los esparcen por todos los océanos, en cuyo fondo se han ido depositando durante 500 millones de años, y en un centímetro cúbico de sedimento se pueden encontrar 800 millones de ejemplares; su tamaño obliga a emplear en el microscopio aumentos del orden del millar de veces. Como se hallaban en las capas someras del fondo marino, se admitió durante mucho tiempo que eran organismos actuales, y hasta se ignoraba a qué ser vivo correspondían sus restos, puesto que las más finas redes no lograban capturar nada que se les pareciera, hasta que por fin fue hallado el organismo completo, no en una red artificial, sino en un filtro natural: el tubo digestivo de un pez acantopterigio muy común, llamado salpa. Recientemente, el microscopio electrónico ha revelado que en su extremada pequeñez, los cocolitos poseen una estructura orgánica sorprendentemente compleja y se espera que ulteriores estudios conduzcan a una correlación sedimentaria que abarcará igualmente a los continentes y a los océanos.

Otro grupo de seres vivos, algo mayores que los cocolitos, son los discoasterios, en forma estrellada, como su nombre lo indica, cuya extensísima distribución sedimentaria sugiere también un régimen de vida planctónico; aunque conocidos desde hace un siglo, no se les utilizó como indicadores estratigráficos porque se tenía la impresión errónea de que todas las especies conocidas vivieron ininterrumpidamente desde hace sesenta millones de años hasta su definitiva extinción; la realidad es que sufrieron una rápida evolución y algunas especies constituyen excelentes fósiles-guías: la forma más antigua presentaba 24 rayas o puntos y hace 20 millones de años ese mismo número había descendido a 6, y en la actualidad son únicamente 5 muy finas; aunque se ignora la fecha de su extinción, si como se sospecha, ocurrió exactamente antes del comienzo del Pleistoceno, el discoasterio de cinco rayas ocupará un puesto importante como indicador de ese límite crucial del tiempo geológico.

El objeto más frecuente del estudio y análisis de los micropaleontólogos suelen ser las diatomeas, los radiolarios, conodontos, ostracoides y foraminíferos; todos ellos, excepto las diatomeas, son de un tamaño suficientemente grande (relativamente), para poder observarlos al microscopio con aumentos moderados, de 30 a 100 veces, condición práctica cuando se trata de analizar centenares de ejemplares, como ocurre en los laboratorios de muchas compañías petrolíferas. Como muchas especies de diatomeas viven

exclusivamente en agua dulce, en tanto que todos los radiolarios son de agua salada, hay aquí ya un criterio fácil para distinguir los sedimentos lacustres de los marinos. Sabido es que las diatomeas se encuentran a veces en cantidades fabulosas formando gruesos estratos de diatomita, y por ser ambas clases de fósiles solubles en el agua, ya que lo es el ópalo de que están fabricados, tienen el inconveniente de faltar allí donde fuera más de desear su presencia como indicadores.

Los conodontos son pequeños objetos planos de fosfato cálcico en forma de dientes con uno o más puntos a semejanza de los dientes de los vertebrados: han sido descritos numerosos géneros y especies (algunos en trabajos publicados en estas páginas) a partir de su descubrimiento hace más de un siglo, pero nadie sabe a qué clase de organismo pertenecen y su extinción se remonta al Triásico, a unos 240 millones de años. La variación de forma de los conodontos de un nivel a otro en sedimentos antiguos los han hecho especialmente útiles en la geología del petróleo, ya que aparecen frecuentemente entre los materiales sacados en las perforaciones explorativas.

Respecto de los ostracoides no hay misterios: muchos de estos extraños animales, emparentados con los cangrejos y langostas, viven todavía, y se dan donde quiera que encuentran agua, sea dulce, salobre o marina: son los únicos crustáceos bivalvos, como las ostras, y sus conchas varían entre el medio milímetro y los tres o cuatro. Aparecen por primera vez en los sedimentos del Cámbrico, al principio de la era Paleozóica, hace por lo menos 450 millones de años: desde entonces ha habido notable variedad de forma en sus valvas en cuanto a figura y ornamentación, y algunas especies han vivido solamente en cortos intervalos de tiempo: la investigación actual de su *habitat* en mares, canales, estuarios, lagos y lagunas es de gran valor para determinar las condiciones en que vivieron esas mismas especies en la antigüedad. Tienen un inconveniente en medio de tantas ventajas: escasean relativamente mucho y, por tanto, no es dado utilizarlos siempre que fuera de desear.

Entre todos los microfósiles provechosos para la investigación geológica están en primera línea los foraminíferos, sobre los que hay disponibles verdaderas montañas de datos informativos: sus géneros y especies han sido ampliamente descritos en el gigantesco catálogo, que ya alcanzó el volumen 69 de su publicación y sigue creciendo con nuevas descripciones (1). Atendiendo a los materiales de su estructura se clasifican en calcáreos y arenosos, según que formen sus conchas con sales calizas procedentes, por precipitación, de la misma agua del mar, o de granos de arena, escamas de mica, espículas de esponjas u otros materiales de desecho, cementados con secreciones de carbonato cálcico o sales de hierro. El tamaño oscila entre 0.2 y 2.0 milímetros para la mayoría: hay excepciones de tipos gigantes, ya extinguidos, que superaban los 15 centímetros de diámetro. La uni-

dad arquitectónica es la denominada «cámara» o celdilla, única en pocas especies y múltiple en casi todas, con variedad infinita de combinaciones capaz de poner a prueba el ingenio del más tenaz topologista: precisamente esta versatilidad geométrica es la que ha hecho posibles tantos millares de especies como han ido apareciendo y extinguiéndose sucesivamente en el decurso de los últimos 500 millones de años. Suelen ser estructuras sencillas y el tema dominante es una serie de cámaras dispuestas en espiral: con el crecimiento va aumentando su número, y la figura resultante se asemeja a la de cada celdilla individual: el sentido de la espiral, como en los moluscos, unas veces es hacia la derecha y otras hacia la izquierda.

Casi todos viven en el fondo del mar, y aunque algunos se adhieren a las rocas, la mayor parte circulan libremente mediante pseudópodos, a la prudente velocidad de algunos mm/h, que naturalmente no favorece una difusión muy extensa: pero desde hace unos cien millones de años, en el Cretáceo superior, algunas especies se hicieron planctónicas, y aunque sólo constituyen el 1 por 100 de las conocidas, el enorme volumen de espacio así abierto a su expansión, les facilitó una proliferación realmente extraordinaria, hasta el punto de que llegan a formar el 99 por 100 de los fósiles hallados en sedimentos marinos: de ahí los gruesos estratos formados por su acumulación, muchos de los cuales, hoy emergidos, son enormes depósitos calizos. En la actualidad, grandes extensiones del fondo del mar reciben incesantemente una lenta pero constante lluvia de sus conchas, de las que se compone el 30-50 por 100 de los sedimentos (12).

A causa de la rápida sucesión de especies a través de las edades geológicas, los foraminíferos están idealmente adaptados a las necesidades de los investigadores geólogos, así en el campo teórico como en el práctico, lo que explica la preferente atención que dedican a su estudio. Pero no se limita su utilidad a la de valiosos indicadores estratigráficos: proporcionan también interesantes claves en otros problemas científicos, por ejemplo en geología oceánica: son tan numerosas las especies clasificadas y estudiadas en los sedimentos, que es posible una cartografía de su distribución geográfica, ya que algunas viven únicamente en latitudes bajas, otras abundan más en latitudes medias, y otras en las elevadas; y por tratarse de organismos planctónicos, ello parece implicar una indicación evidente acerca de la temperatura superficial de las aguas en épocas anteriores, y de hecho se les captura vivos con redes especiales en la zona fótica (hasta los 100 metros de profundidad a donde llega todavía la luz).

Sin embargo, estos ejemplares vivos, que confirman la teoría, ofrecen un aspecto desconcertante: sus conchas son de paredes delgadas y transparentes, mientras que las del mismo tipo sacadas del fondo están densamente incrustadas de carbonato cálcico o calcita. En un principio se creyó que esas conchas ya vacías sufrían un proceso de precipitación caliza después

de posarse en el fondo; pero la oceanografía ha demostrado que, por el contrario, a grandes profundidades el carbonato cálcico se disuelve mucho más a prisa que se precipita. Por fin el laboratorio de Lamont halló la solución verdadera después de un atento análisis de la distribución de ese carbonato cálcico en las conchas individuales, diferente para cada fase de su proceso: la calcita es más gruesa en las celdillas que se forman al principio y disminuyen de un modo continuo a medida que se desarrolla la espiral; es decir, que el animal vivo precipita la cal en estado adulto, y, en cambio, los ejemplares cogidos en la zona fótica son demasiado jóvenes. Recientemente, por medio de redes de plancton especiales, sumergidas hasta los 500 metros, han capturado ejemplares de caparazón denso, lo que prueba, además, que los adultos son capaces de vivir a tan considerable profundidad. Las crías recién nacidas suben a la región superior, se nutren allí de diatomeas y otros organismos fotosintetizadores, y luego bajan de nivel para completar su ciclo vital; lo cual no es obstáculo para admitir el criterio arriba citado de su relación con la temperatura superficial, puesto que cada individuo pasa forzosamente en aguas someras el período crítico de su existencia.

Al mismo tiempo se explica así un enigma hasta hace poco insoluble: el de la desconcertante distribución de la especie *Globorotaria Menardi*, muy abundante en los sedimentos marinos al sur y al suroeste de las Islas Canarias, y completamente ausentes al norte y al nordeste, a pesar de que la corriente de las Canarias los arrastraría consigo si viviesen siempre en la zona fótica; parece ser que al sumergirse en la segunda fase de su vida, alcanzada ya la madurez, entran bajo el dominio de una contracorriente profunda que las lleva consigo y a la generación siguiente, en sentido contrario. Por observaciones directas no se ha comprobado aún la presencia de esa corriente, pero la sugiere, independientemente de este argumento biológico, el análisis especulativo de la circulación atlántica.

Para la geología histórica tiene este descubrimiento un especial interés: si los foraminíferos pasan una parte de su vida a 500 metros de profundidad, hay que revisar los cálculos que determinan la temperatura de las aguas en épocas remotas, basados en la medida de isótopos del oxígeno en las conchas fósiles: la técnica parte del hecho de que en aguas más calientes predominan ligeramente los isótopos más pesados, y al revés en las frías: para ello es indispensable conocer la profundidad a que se hallan esos organismos cuando incorporan el oxígeno del medio ambiente, y es bien sabido que en cualquier latitud la temperatura del agua profunda es baja... (4).

PALINOLOGÍA

La lluvia de polen sobre el suelo, donde los factores geológicos lo someten a diversos procesos de sedimentación y arrastre, constituyendo un dato importante para la solución de no pocos problemas paleoclimatológicos y ecológicos, así como también es una clave para problemas de geología estratigráfica e histórica; en nuestros días se ha dado un vigoroso impulso al estudio de la palinología (del griego *palyncein* = espolvorear), que además del polen propiamente dicho incluye el de esporas, semillas, etc...: entre otras razones obvias, por ser este dato de gran utilidad práctica en la prospección petrolífera. A ello ha contribuido, a más de la meritoria labor de insignes especialistas, la publicación de numerosos diagramas de polen, fruto de diligentes trabajos sobre extensas regiones del globo terrestre y se han resuelto por ese camino dificultades que hasta hace poco tenían perplejos a los geólogos.

Una de ellas ha sido la del transporte del polen a grandes distancia del que se citan ejemplos notables que al mismo tiempo parecían comprometer la adecuada reconstrucción, por este valioso medio, de la flora y clima del pasado. Por ejemplo, los vientos del W. llevan esta lluvia polinífera desde América del Norte hasta el centro del Atlántico, y las turberas de las islas Feroe, desprovistas de todo arbolado, abundan en polen de cóniferas que sólo se crían a distancia de 400 - 600 kilómetros al este del chipicélago; y lo que es más de admirar, en la isla Tristán de Acuña se halla, también en turberas posglaciales, polen procedente de árboles situados a 4.500 kilómetros al W, donde se hallan los bosques más cercanos a ella, en América del Sur. Sin embargo, no hay que temer perturbación alguna de los cálculos estadísticos: la experiencia y los diagramas citados han enseñado a distinguir fácilmente la lluvia polinífera local de estas aportaciones extranjeras, y por lo general el predominio del elemento indígena se manifiesta con evidencia; el criterio de distinción, aplicable legítimamente a los procesos antiguos, está fundado en lo que ocurre en la actualidad, de comprobación sencilla en casos dudosos, porque los factores han sido siempre los mismos y semejantes sus efectos.

Al estudiar por métodos palinológicos la evolución y ecología, es frecuente tropezar con un obstáculo que en otros terrenos de la geología histórica sería difícilmente superable: la imposibilidad de determinar, en el estado actual de esta técnica, la especie vegetal de donde proceden los granos de polen; a lo más se llega a conocer el género y a lo sumo el grado de especies a que puede pertenecer. Este problema, que se está procurando resolver respecto de la flora presente, también imperfectamente cono-

a veces en este particular, se agudiza respecto de la prehistórica: los tipos de polen y esporas desconocidos abundan más en el Cenozoico más antiguo que en el más reciente, y aunque algunos se han podido relacionar con generos actuales, propios de climas tropicales, por desgracia su polen es poco conocido de nuestros botánicos; por supuesto vale lo dicho especialmente para el polen o esporas de plantas ya completamente extinguidas.

Se ha comprobado en algunos casos una evolución secular en la morfología polínica; por ejemplo, la pared interna (endexina) de los granos del tipo Utenolofonte, que aumenta el espesor desde el Cretácico superior hasta el Terciario medio; pero, en general, suele conservarse una estructura inalterada desde los comienzos del Terciario hasta nuestros días.

Una causa más sutil de error en esta materia es una especie de inversión en los estratos polimíferos, que no se encuentran en el orden y posición que tuvieron al principio, sino que por diversos agentes han sido dislocados o por lo menos mezclados de un depósito a otro: la arquitectura del conjunto ha sido retocada y los estratos han sufrido una resedimentación (reworking, rebedding). En Europa se hallaron tales depósitos de polen pertenecientes a árboles de zonas templadas en arcillas lacustres de las más antiguas épocas de la última glaciación, y se aceptó el hecho como prueba de que esa vegetación crecía al borde de los hielos en retirada; hasta que ulteriores investigaciones comprobaron que se trataba de una aportación de sedimentos de la era Terciaria, provocada precisamente por corrientes del deshielo. Anomalías parecidas se han localizado en América y atribuido ya a su verdadera causa: resedimentación fluvial y hasta artificial en algún caso, por haberse mezclado inadvertidamente materiales procedentes de la perforación de pozos de petróleo (10).

PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

En la abadía francesa de Royaumont (Beauvais) se celebró en 1959 un coloquio, del que este año se acaba de publicar la referencia, donde varios profesores de diversas instituciones científicas expusieron sus puntos de vista acerca de los fundamentos, aplicaciones, prácticas y resultados obtenidos en la prospección bioquímica, biogeoquímica y geobotánica, así como también acerca de la técnica en sus diferentes aspectos de recolección y ordenación de datos, cálculos y estadísticas, y análisis de laboratorio; se examinaron, en particular, las aplicaciones al descubrimiento de minerales de uranio, cobre, plomo, zinc, tungsteno, molibdeno, etc...

En estas mismas páginas ya dimos cuenta en general, y ahora los completamos, de estos métodos de prospección, que si bien comenzaron a ponerse en práctica a principios del presente siglo, no lo fueron seriamente y

sobre base solidamente científica hasta hace unos diez años. No fue difícil que a alguien se le ocurriera la idea fundamental de que los yacimientos minerales, enmascarados por formaciones superpuestas, pudieran revelar su presencia mediante variaciones pequeñas, pero sistemáticas, de la composición química de los materiales accesibles en sus inmediaciones (rocas de formación aneja al yacimiento, suelos, residuales o no, constituidos posteriormente, aguas que hubieran atravesado la región mineralizada, vegetales de raíces profundas...). Como ocurre en la dosificación de la radiactividad, también en un terreno que se trata de investigar, hay un «fondo normal» de composición química media, y variaciones o anomalías geoquímicas que en este caso resultan de una especie de dispersión procedente del foco de mineralización sobre los materiales que le rodean, y que pueden revelar su presencia, bien directamente (trazas de zinc relacionables con la blenda) o indirectamente, como ocurre con los llamados metales indicadores (trazas del mismo zinc o de plomo, reveladoras a veces de yacimientos de oro o plata); estos últimos son especialmente útiles por ser más fáciles de descubrir, y su área de distribución más extensa y significativa que los minerales directamente buscados.

Por lo demás, y esto es común a todos los casos, los métodos de prospección geoquímica tienen la ventaja de ser relativamente poco costosos y, como hizo notar el profesor Rouhault, este recurso fácil, puesto a la disposición del geólogo, vale la pena de ser utilizado, incluyendo sus principios y técnicas en los cursos normales de las Escuelas Superiores de Minas.

A propósito del uranio, Grimbert, del Comisariado francés de energía atómica, declaraba que en este país, a causa de la heterogeneidad de la vegetación, resulta más fácil el análisis de los suelos y de las aguas que el de las plantas, sin que por eso se pierda nada de la exactitud y alcance de los resultados, ya que se ha comprobado que el contenido mineral de la tierra superficial viene a ser el mismo que el que las raíces proporcionan a las ramas y a las hojas; pero hay regiones donde no ocurre lo mismo: en el Colorado los análisis vegetales han permitido delimitar formaciones uraníferas situadas a 25 metros por debajo de las capas estériles, y una prospección por medio de vegetales indicadores dió igual resultado favorable a 15 metros; la especie que sirvió de guía en este segundo caso fue la *Astragalus Pattersonii*, que lo es también para el silencio. Parecidos éxitos se han obtenido en el Canadá y en la U.R.S.S. para yacimientos de plomo, cobre y zinc.

Exponiendo Webb las técnicas biogeoquímicas, parte del principio obvio de que el contenido de metal en una planta está en función del que se encuentra en el volumen a donde alcanzan las raíces y de su concentración; pero hay numerosos factores que complican el cuadro y dificultan el aná-

lisis: cuantía de metal «disponible» respecto de la cantidad global existente, según se trate de una u otras especies vegetales; acidez del suelo; diversidad de concentración en unas u otras partes del vegetal, etc...

No obstante, hay tipos de depósitos metalíferos especialmente apropiados para su descubrimiento por vía vegetal, cuales son, entre otros, las arcillas ricas en aluminio, las pegmatitas con abundante contenido de tierras raras, y los minerales de uranio y vanadio. La relación calcio / zinc se considera como el más seguro criterio de mineralización: un aumento de 50 por 100 en dicha proporción significa una anomalía *posible* y si es de 100 por 100, *probable*. Este método será igualmente aplicable en casos excepcionales: cuando el foco de dispersión se encuentre a profundidades económicamente inaccesibles para el análisis directo de suelos o rocas, pero dentro del alcance de las raíces, o cuando la acumulación verificada en los órganos vegetales es suficiente para un análisis fácil y demasiado escasa en los materiales del suelo superficial.

Según Osberger, la concentración metalífera en las plantas puede depender a su vez de la topografía, época del año, clima y pluviosidad, espesor y género de formación de las capas no consolidadas, de la circulación de las aguas subterráneas, etc... Las hojas contienen, en general, mayor cantidad de metales, pero su contenido es sensiblemente más variable que el de las ramas, entre las cuales se ha comprobado que las de un año son las más a propósito para la prospección. Para eliminar posibles errores recomienda emplear solamente una o dos clases de plantas, limitarse a las de una misma edad, y a ser posible, hacer la recolección entre aquéllas que están en iguales condiciones topográficas, climatológicas (microclima), de drenaje, pH, etcétera...

A su vez, Webb hace notar que antes del análisis mismo la sola presencia, distribución, abundancia y modo de crecimiento de determinadas especies vegetales, constituyen ya una útil indicación de la riqueza mineral subyacente; y recomienda el estudio de esta relación planta-subsuelo como valioso auxiliar de orientación previa; en esta materia los métodos estadísticos modernos pueden tener provechosas aplicaciones. En cuanto a los trabajos de laboratorio, además de los métodos ordinarios (químicos, calorimétricos, cromatográficos, fluorimétricos y polarográficos) es bien sabido que los espectrográficos tienen la primacía por su exactitud y hasta «elegancia» en la obtención de dosificaciones, a veces simultáneas, de varios elementos; de hecho se están empleando fructuosamente en no pocos países (9).

HIDROLOGÍA

Hace ahora un siglo que la Hidrología comenzó a formar un cuerpo de doctrina, y su desarrollo como ciencia teórica y práctica data de los últi-

mos cuarenta años, con un estudio más atento del ciclo hidrológico terrestre: almacenamiento atmosférico, glaciológico, subterráneo, lacustre, fluvial y marítimo; y distribución, variable en cada región, aunque sustancialmente la cantidad global de agua permanezca constante. Este último aspecto, el más práctico, es el que modernamente reclama el trabajo científico de los hidrólogos, auxiliados por la meteorología, climatología, oceanografía, geología, ecología, geoquímica y geomorfología; pues aunque el agua de cada localidad se determina por el factor clima, éste depende a su vez de la situación geográfica y de puesto ocupado dentro del mapa de la circulación general del agua, cuyas líneas, a modo de isobaras, son también modificadas por la fisiografía regional y local; pero a igualdad de todas estas condiciones, la estructura geológica del terreno es la que mayor interés ofrece a los técnicos: la porosidad y trasmisibilidad de los materiales rocosos determinan el volumen de almacenamiento útil y el régimen de distribución en el movimiento subterráneo y superficial de las aguas, así como también hay que tener en cuenta las pendientes de las montañas y de los cauces fluviales, la clase de vegetación, etc...

Atendida la importancia que en la vida moderna tiene el aprovisionamiento de agua, lo que principalmente se estudia estadísticamente es la tendencia de los factores enumerados hacia el futuro, deducida de un número suficiente de años pasados, incluyendo la mecánica y control de la transpiración y evaporación, flujo y calidad del agua al fluir por medios no saturados, difusión por cauces abiertos, transporte de sedimentos y efectos de las mudanzas evolutivas del ambiente hidrológico; naturalmente se estudian también las intervenciones artificiales, tales como el desplazamiento de masas en canales, embalses, etc... desalinización de aguas saladas o simplemente duras, recuperación de las residuales o absorbidas por los vegetales, y métodos de revestimiento de cauces para impedir las filtraciones.

Para que sea válida la predicción basada en estadísticas no basta el escaso tiempo durante el cual se han ido haciendo medidas aplicables a este fin: datos climatológicos, volumen de los cursos fluviales, etc... Retrocediendo mucho se logra a veces una visión de conjunto, gracias a la geocronología y otras ramas de la investigación geológica, tales como la dendro-cronología: la reconstrucción del proceso anterior, harto laboriosa si se aspira a puntualizar pormenores, así generales como locales, es la medida del valor que tendrán los pronósticos hoy enunciados. Pero una vez en posesión de datos históricos o prehistóricos suficientes, las novísimas técnicas (períodogramas, periodoscopia, correlogramas y espectros de distribución de frecuencias) descubren útiles recurrencias cíclicas, y los progresos incesantes en el conocimiento directo de las causas físicas han mejorado todavía más el valor objetivo de las predicciones.

Como se ve, son muchas las ciencias auxiliares de la hidrología, que

complican notablemente el plan de sus actividades; y, sin embargo, es urgente tal estudio en gran escala y se está aplicando en nuestros días por medio de sintetizadores electrónicos que sirven para predecir el futuro de los depósitos freáticos en su relación con las aportaciones salinas del mar próximo, con la vegetación a orillas de los ríos, y, sobre todo, con el uso y abuso que la industria hace de semejantes recursos naturales (8).

LA REGIÓN «BLANDA» DEL MANTO TERRESTRE

Se ha hecho notar por no pocos geofísicos que las condiciones físicas del interior de nuestro planeta nos son menos conocidas que las de estrellas alejadas muchos años de luz; e igualmente paradójico es el hecho de que la región situada a pocos centenares de kilómetros de la superficie del globo es más problemática y suscita más controversias científicas que las de mayor profundidad. En particular sucede esto con la zona denominada «de velocidad reducida» o capa plástica del manto en su límite con la corteza (7); su misma existencia se había puesto en duda desde que en 1926 sugirió Beno Gutenberg una teoría en este sentido, apoyada en razones deducidas de penosos trabajos sobre sismogramas todavía imperfectos y cuando los estudios de conjunto sobre el resultado de su comparación dejaban mucho que desear. Hoy, sobre datos recientes más completos y mejor sintetizados, ha habido que darle la razón y hacer justicia a una labor tan benemérita; el perfeccionamiento de los aparatos modernos de registro y las técnicas actuales en la investigación han dado una vez más en este terreno, como en tantos otros, frutos que ya es posible recoger y que prometen en el futuro interesantes ilustraciones sobre el problema geofísico de los procesos tectónicos del pasado y del porvenir.

Desde los comienzos de la ciencia geológica, relacionada también con las teorías astronómicas de los últimos siglos, diversos hechos parecían contradecirse entre sí, y eran aducidos a favor o en contra del estado físico del interior de la Tierra: grado geotérmico, volcanes, plegamientos y grietas, isostasia, reacción continental bajo el peso de los hielos durante las glaciaciones y ulterior recuperación de nivel tras el deshielo, favorecían a los defensores del estado líquido o, al menos, plástico, mientras que la exigua marea cortical y la propagación de ondas sísmicas transversales parecían excluirlo en absoluto. Hoy, con mejor conocimiento de causa y a la vista de esquemas y curvas estadísticas muy elocuentes, las doctrinas físico-químicas actuales han puesto en claro esa aparente contradicción, distinguiendo, ante todo, las nociones de plasticidad que antes daban lugar a confusión y equívoco: un cuerpo plástico como el vidrio y la pez se comportan como sólidos en procesos rápidos y como fluidos en los lentos; por

eso transmite ondas transversales y soportan cargas por breve tiempo y, en cambio, a la larga ceden, fluyen y se deforman.

Bajo la acción de elevadas temperaturas y enormes presiones, los materiales de esa zona de Gutenberg adquieren una plasticidad que coincide con los hechos observados, pero si se trata de fenómenos mecánicos violentos y repentinos, como las sacudidas sísmicas, se originarán hasta la profundidad comprobada de 700 kilómetros. Más aún, semejante plasticidad así entendida no se opone a lo admitido por algunos geólogos, en virtud de datos experimentales de última hora, de que el basalto subyacente a las capas exteriores no es propiamente vítreo, sino genuinamente cristalino; puesto que en tal clase de materiales puede darse la requerida fluidez al ser calentados: en tal caso la fusión en los bordes de los cristales individuales les permitirían resbalar y deslizarse unos sobre otros.

En cuanto a la discontinuidad de Mohorovicic, donde antes veían los geólogos a un tiempo el límite inferior de la corteza sólida y el de la región físicamente rígida, hoy se considera, con suficiente garantía de certeza, que no marca un cambio brusco de estado físico, sino un verdadero cambio de composición química; de aquí el vivo interés con que se aguarda el momento de explorar directamente esa zona misteriosa y sacar de ella muestras que diriman la controversia.

La primera prueba positiva presentada por Gutenberg en apoyo de su teoría fue el evidente decremento de amplitud en las ondas longitudinales que afloran a las estaciones sismológicas desde distancias epicentrales comprendidas entre los 100 y los 1.000 kilómetros, de modo que al millar de kilómetros esas aptitudes son cien veces menores que a los cien, y a partir de los mil vuelven a crecer bruscamente (6). La explicación física hoy admitida coincide sustancialmente con la propuesta por el gran sismólogo, y una serie de esquemas gráficos, semejantes a los que ilustran la transmisión del rayo de luz al pasar por medios de diferente índice de refracción, explican igualmente las observaciones sismográficas y permiten delimitar con suficiente aproximación la profundidad a que se hallan las regiones de mayor plasticidad. Subrayamos la suficiencia de tales determinaciones, porque como era de temer, la estructura interna de esas regiones no está definida en todas partes con rigor geométrico: hay porciones del globo donde es mayor o menor el espesor de las partes «blandas» respecto del valor medio estadístico; y precisamente esas discrepancias motivaron la incredulidad de algunos sismólogos: Gutenberg asignaba a esa capa un espesor medio del orden de los 100 kilómetros, centrado hacia los 150 de profundidad, donde la velocidad de transmisión era un 6 por 100 más reducida que la observada inmediatamente debajo de la discontinuidad de Mohorovicic; para recuperarla había que descender hasta unos 250-300 kilómetros.

Pero llegaron las explosiones nucleares de nuestros días, y por fin se lo-

gró comprobar experimentalmente la teoría de Gutenberg valiéndose de sismógrafos apropiados, además de la ventaja, inapreciable en sismología, de conocerse de antemano y con exactitud el tiempo, energía desarrollada y posición geográfica del foco del terremoto artificial. así se ha podido puntualizar que esa zona se extiende desde los 60 a los 250 kilómetros de profundidad; de paso se ha llegado a la conclusión descorazonadora de que hasta tal punto absorbe las ondas de una explosión nuclear, que constituye un serio obstáculo para su detección sismográfica.

Otro argumento de la misma especie ha contribuido a probar que dicha zona es una realidad geofísica; y se ha obtenido con el uso, desde hace algunos años, de sismógrafos especiales de larguísimo periodo propio, particularmente apropiado para el registro de las ondas sísmicas superficiales; aunque éstas, por definición, siguen la superficie terrestre sin penetrar en el interior, sin embargo, «sienten» y revelan las propiedades elásticas de las capas subyacentes hasta una profundidad que depende de su longitud de onda: cuanto más larga, tanto más profundo es su alcance. Ahora bien, como en general la elasticidad del medio crece con la profundidad, las ondas muy largas se propagan más aprisa que las cortas, y así las de longitud diferente, que salen juntas del foco, sufren una dispersión que las va separando durante el camino; y un análisis de esta dispersión ha mostrado que la elasticidad de este modo comprobada no aumenta de un modo continuo a medida que ahondan las trayectorias, sino que decae visiblemente en la zona citada.

Estudios de este género, realizados en el Instituto Tecnológico de California y en la Universidad de Columbia, acaban de comprobar por primera vez que la zona de velocidad reducida se encuentra bajo los océanos lo mismo que bajo los continentes; algunas de las ondas empleadas con este fin habían dado la vuelta a la Tierra siete veces. Lo que sí se ha visto por este medio es que el amortiguamiento sufrido es mayor bajo los océanos, indicio de que las conocidas diferencias de estructura en uno y otro caso no son exclusivas de la corteza superior, sino que se extienden por lo menos un par de centenares de kilómetros en el mismo manto.

La prueba definitiva llegó con el megasismo chileno del 22 de mayo de 1960, que como se hizo notar, fue capaz de poner en vibración a todo el globo terrestre, como una gigantesca campana; ahora bien, el tono de ésta, o sea la frecuencia de sus vibraciones, depende de sus propiedades elásticas: a igualdad de forma y tamaño, la de bronce emitirá una nota diferente a la de acero. A partir de los sismogramas en que se registraron estas vibraciones «libres» producidas a escala mundial, y mediante un laborioso cálculo matemático, es posible determinar la estructura elástica de la Tierra vibrante: ese trabajo se ha realizado y demuestra la necesidad de admitir la zona indicada para explicar la frecuencia observada. De paso

conviene notar que la transmisión por vía microsísmica de las fluctuaciones de la presión atmosférica confirman este resultado, y hasta es de justicia mencionar aquí la nomenclatura propuesta por el geólogo J. Barren en 1914, y, por tanto, anterior a los trabajos de Gutenberg, de llamar astenosfera (del griego, *asthenos* = débil) a la región inmediatamente inferior a la litosfera, con un límite muy marcado a los 100 kilómetros: en realidad comienza antes, como queda indicado, pero no hay allí un cambio brusco, sino una transición gradual.

Lo dicho acerca del concepto de rigidez y plasticidad se aplica igualmente a la misma génesis de los terremotos: basta hojear las reseñas sísmicas anuales que suelen publicarse (3) para advertir, aun sin trazar gráfica alguna, un máximo manifiesto de frecuencia de sacudidas violentas en los primeros 100 kilómetros de profundidad focal; la curva desciende marcadamente a partir de ese valor *h* y tiene su mínimo entre los 200 y los 300; vuelve a crecer un poco hasta un máximo secundario hacia los 400, y fluctúa un tanto antes de anularse por debajo de los 700. Los factores que determinan esta facilidad o dificultad de producirse desequilibrios internos y consiguientes sacudidas de carácter mecánico, son evidentemente la temperatura y presión, conjugados con el punto de fusión de los materiales del manto.

En efecto, la elasticidad decrece cuando está próximo el punto de fusión, pero el aumento de presión lo eleva proporcionalmente y renace la elasticidad: lo más probable es que a 60 kilómetros prevalece ya la temperatura, y por eso a partir de esa cota los materiales se van ablandando, hasta que a los 200 se invierte el sentido del proceso por dominar ya la presión, que eleva el punto de fusión a un ritmo más rápido que el aumento de temperatura; algunas experiencias recientes de laboratorio hechas con rocas sometidas a altos grados de calor y elevadas presiones, confirman lo dicho y han permitido por extrapolación asignar los 100 kilómetros como lugar donde la rigidez parece ser mínima.

Hugo Benioff, del Instituto Tecnológico de California, ha descubierto una notable indicación de discontinuidad en el límite superior de la zona de Gutenberg: estudiando un gran número de terremotos en el cinturón circumpacífico, logró asociar algunos sismos a ciertas estructuras de falla: una de estas sesies ocurrió en Sudamérica entre los años de 1906-1942 y connotan una gran falla a lo largo de la costa occidental del continente, con una longitud de 4.500 kilómetros y una profundidad de 600. Los terremotos analizados se dividen en tres grupos: los de foco más superficial, a menos de 70 kilómetros, los de 70-250 y casi 300, y los de 300-600; la comparación de estos tres grupos reveló una semejanza muy marcada entre los de profundidad extrema y media, pero ninguna con los superficiales. En particular, los primeros experimentan un cambio repentino y en el mismo sen-

tido en 1921 en la cuantía relativa de energía liberada, sin correspondencia alguna con los últimos; como si algo se hubiera roto a un nivel independiente del de los superficiales. Por otra parte, al hacer una representación tridimensional de los focos sísmicos, advirtió que los situados por debajo de los 250 kilómetros caían dentro de un plano de unos 900 kilómetros de anchura y un buzamiento de 33°, que en los más profundos resultaba ser de 60°.

En 1957, el vulcanólogo ruso G. S. Gorshkov descubrió que las ondas transversales de los terremotos japoneses no llegaban a la península de Kamchatka cuando pasaban por el cinturón volcánico que hay entre ella y el Japón; de donde se dedujo la existencia de bolsas de magma líquido hasta una profundidad de 55 kilómetros, que las absorbía. En general se admite que los sísmos asociados con actividades volcánicas se originan entre esos 60 y 200 kilómetros de profundidad, o lo que es lo mismo, que los volcanes están relacionados con la zona en cuestión; de modo que la distribución geográfica de los volcanes viene a ser un índice del predominio térmico sobre la presión a que antes aludíamos, y que esa zona sería la fuente del magma balsático primario. La consecuencia final para el geólogo se puede resumir así: los recientes datos e investigaciones parecen demostrar que la clave de no pocos procesos hoy debatidos, tales como la orogenia, fallas y grietas corticales, e incluso deriva continental, no se ha buscar precisamente en la discontinuidad de Mohorovicic, sino algo más abajo, en ese límite mal definido y en manera alguna uniformemente distribuido por la Tierra, entre la litosfera rígida y la astenosfera blanda (2).

En los laboratorios de la General Electric se han hecho experiencias encaminadas a corregir los cálculos anteriores relativos a las temperaturas en el interior de la Tierra en función de las presiones allí ejercidas sobre sus materiales. Se partía del punto de fusión del hierro bajo una presión de 150.000 atmósferas a que se llegó mediante hornos especiales, destinados a la obtención artificial de diamantes; ese punto de fusión en tales condiciones resultó ser de 1.722° C contra los 1.530 a la presión ordinaria. Extrapolando este resultado se han podido calcular las temperaturas a que estaría sometido el hierro bajo cuatro millones de atmósferas en el centro y de 3.0-1.35 millones entre él y la corteza; las cifras son: temperatura en el mismo centro = 3.480° y en el límite que separa al hierro sólido del líquido, 2.610. Es de notar que las computaciones anteriores daban para el manto entre tres y cuatro mil, de suerte que el calor central parecía haber sido sobreestimado (13).

TECTITAS Y METEORITOS

Continúa en la actualidad la discusión acerca del enojoso problema del origen de las tectitas, varias veces mencionado en estas reseñas; y cree-

mos merecer el calificativo de enojoso el enigma geológico de que se hallen en la Tierra materiales minerales cuyo origen no es dado aún determinar, dividiéndose las opiniones entre una procedencia puramente extraterrestre: sea lunar o cometaria, y una participación material de nuestro planeta, aunque hayan intervenido en su formación factores interplanetarios. Como estamos en la era de los satélites artificiales, y sus órbitas, velocidades y demás caracteres han pasado de las revistas especializadas a la prensa diaria, se dispone de nuevos y valiosos elementos de juicio aplicables al caso, que lo han hecho objeto de interesantes investigaciones.

El principal campo de aparición de tectitas ha sido últimamente bien delimitado y se encuentra al sureste del Asia y en Australia; comprende la península malaya, la isla de Java, las Filipinas, el sur de Australia y Tasmania; un área elíptica cuyo eje mayor es de unos 8.000 kilómetros y el menor de 4.000, con unos 25 millones de kilómetros cuadrados. En Australia meridional la densidad de distribución de estos objetos se ha estimado en 100 kilogramos por kilómetro cuadrado; en Australia septentrional, no los hay. En Filipinas esta densidad parece ser mayor y de hecho en las cercanías de Manila se ha recogido más de una tonelada; pero atendida la dificultad de hallarlas en aquella región, cubierta en gran parte por las aguas y donde abundan las selvas o parajes desiertos de suelo inestable, 100 toneladas parecen pocas y 10.000, excesivas; un millar se considera una estima prudente.

Ahora bien, ¿cómo se puede concebir que una masa de mil toneladas de silicato llegue a ser arrancada de una vez de la Luna, como se ha pretendido? Es imaginable, sin duda, un proceso capaz de ello, pero en tal caso muchos objetos semejantes y de composición diversa seguirían la misma suerte y sus tamaños serían también diferentes, desde muy grandes hasta muy pequeños; y si así fue, ¿dónde están los restantes? Lo más obvio parece ser que llegaran a nosotros en forma de meteoritos con distribución terrestre uniforme. Se ha sugerido que la aportación lunar sería de un material esponjoso y de poca densidad; una especie de conglomerado hecho de ese polvo lunar que en espesor todavía desconocido cubre la superficie de nuestro satélite, y por tanto incapaz de penetrar en la atmósfera al modo de los meteoritos ordinarios. De todos modos, subsiste el enigma de cómo pudo adquirir ese polvo la indispensable velocidad de escape (2,4 km/s) y salir de la Luna en una pieza; y mucho menos verosímil es que hubiera sido despedido por partes y luego se hubiera aglomerado en el espacio intermedio.

Otro problema es el de la órbita seguida hasta llegar a la Tierra y rozarla tangencialmente, como lo sugiere la forma en que se hizo la distribución anotada; lo mucho que hoy se sabe acerca de posibles órbitas de salida y entrada, de espirales previas, rozamientos atmosféricos, etc..., hacen esta

hipótesis altamente improbable. La salida de la Luna tendría que haber sido una eyección en todos los sentidos, con igual probabilidad para cada dirección posible, en cuyo caso la mayor parte se perdería en el espacio interplanetario, puesto que un pequeño exceso en la velocidad de escape las dispersaría fuera del sistema Tierra-Luna y solamente una pequeña porción llegaría hasta nosotros; de donde se sigue lógicamente que la cuantía global hubo de ser extraordinariamente grande: estas y otras dificultades, bien razonadas hoy, han restado verosimilitud a la hipótesis del origen lunar de las tectitas.

En cuanto al origen cometario, tiene a su vez ventajas, pero también inconvenientes: el núcleo de un cometa con densidad del orden de un gramo por centímetro cúbico podría haber rozado la Tierra con velocidad de varias decenas de kilómetros por segundo, de modo que comprimiría el aire ante sí y se comprimiría a sí mismo igualmente, con elevación considerable de la temperatura durante una fracción de segundo; en la región alcanzada por este aterrizaje violento se produciría una fusión de los materiales terrestres de la corteza terrestre hasta una profundidad moderada; los gases producidos serían proyectados al exterior y se perderían parcialmente en el espacio exterior; pero otros arrastrarían consigo fragmentos terrestres, los acelerarían a grandes velocidades y después de elevarlos a grandes altitudes los derramarían a considerable distancia del lugar de la colisión, puesto que no lograrían fácilmente comunicales la suficiente velocidad para su escape. El cráter así producido no sería muy profundo y los caracteres de las tectitas encontradas, así como su distribución geográfica, coinciden mejor con esta teoría que con la meteórica ordinaria.

Pero no faltan dificultades, las tectitas son notablemente «secas» y todas las rocas terrestres superficiales contienen apreciables cantidades de agua; otro tanto se diga de la composición isotópica del oxígeno, que no coincide con las características terrestres, como tampoco la composición estrictamente química: esta última dificultad ha sido parcialmente resuelta en un trabajo reciente de H. P. Schwartz (*Nature*, 194, 8: 1962) al establecer suficientes analogías entre una y otra clase de materiales, y acaso las condiciones violentas del proceso de colisión podrían explicar la deshidratación y aun las mismas alteraciones isotópicas. Objeciones, en una palabra, mucho menos graves que lo es en la hipótesis lunar la extraña distribución observada en la Tierra (14).

Numerosos análisis de tectitas han revelado en ellas hasta ahora la presencia del CO, CO₂ y H₂; incluso moléculas de agua posiblemente absorbida del exterior a través de las paredes de las burbujas donde se han encontrado. En ellas la presión de los gases es del orden de 10⁻³ de atmósfera; pequeñas cantidades de argón y neón han sido igualmente identificadas, probablemente procedentes de nuestra atmósfera, atendida la gran permeabili-

dad del material vítreo de las tectitas para tales gases; en cambio no es aplicable esta solución al oxígeno atómico, asimismo identificado, y, que por tanto, hubo de incorporarseles durante su misma formación, terrestre o planetaria. Los análisis más recientes se han hecho con espectrógrafos especiales, sobre un ejemplar del Museo Nacional de los Estados Unidos, en cuyo interior se había descubierto por métodos adecuados una cavidad de casi un centímetro cúbico y que debidamente localizada se sometió a la acción de un oscilador de gran potencia (11).

En mayo de 1962, bajo la presidencia de H. C. Urey, autor de la referencia que extractamos aquí (15), celebró la Academia de Ciencias de Nueva York una reunión donde se presentaron interesantes comunicaciones con motivo de haberse hallado presuntas formaciones orgánicas o fósiles extraterrestres en el seno de meteoritos (condritas carbonáceas) así como otros compuestos hidrocarbonados, por un grupo de investigadores de la Universidad de Fordham, Nueva York: B. Nagy, D. J. Hennessey, G. Claus y W. G. Meinschein, los cuales, a raíz del descubrimiento, dieron cuenta de él con toda moderación y reserva, a pesar de lo cual la prensa diaria recogió la noticia quizá desorbitándola un poco, como es frecuente en casos semejantes; en realidad, la lectura de nueve densas columnas de letra menuda en la revista «Science», desilusionan al lector que busque en ellas la confirmación de un hecho sensacional: en concreto, fue escaso el fruto de una discusión en que se expusieron numerosas opiniones contrarias o dispares.

El hallazgo de algo semejante en meteoritos antiguos era algo conocido y objeto de comentarios científicos; Julio Verne, en su célebre novela «De la Tierra a la Luna», laureada por la Academia francesa, se hacía ya eco a fines de siglo pasado de las opiniones de su tiempo, y ponía en boca de Miguel Ardan, como argumento decisivo a favor de la existencia de vida extraterrestre, que se habían encontrado compuestos del carbono en los meteoritos, hecho inexplicable en la hipótesis contraria. Hoy se hila más delgado: una de las comunicaciones, presentada por J. Oro a la sesión que citamos, trata precisamente de la síntesis no biológica de la deoxiribosa y las purinas en el ambiente primitivo de la Tierra, en sus primeras fases abióticas, a partir de compuestos sencillos de carbono; asimismo R. Berger, de la Compañía Lockhead, había sintetizado acetona, acetamida y urea, bombardeando con protones a 77° K el metano, amoníaco y agua; por último, S. W. Fox, de la Universidad del Estado de la Florida, describe la preparación de ciertos artefactos orgánicos, que llama microesferas, mediante aminoácidos tratados a elevadas temperaturas, y de los que afirma poder identificarse con los ahora hallados en los meteoritos.

En la Universidad de Chicago se habían hecho y estudiado descubrimientos semejantes, de los que F. W. Fitch y E. Ander dedujeron la distinción de dos clases de elementos discutiblemente procedentes de seres vivos:

unos, de morfología muy acusada y origen indudablemente biológico, que nunca se encontraron en las preparaciones micrográficas de Chicago y eran extraordinariamente raras en las de Fordham: con una sola excepción, todas las partículas de este género mostraban clara analogía con elementos terrestres contaminantes en los meteoritos, tales como granos de polen de plantas bien conocidas, traídos por el viento; otra clase de partículas de morfología poco definida, la había en las micrografías de Chicago, aunque no tantas como las 1.700/mg. presentadas por el grupo de Fordham: si bien el análisis posterior hacía dudar de su procedencia biológica, ya que se notó en ellas falta de fluorescencia a los rayos ultravioletas, disolución fácil en los ácidos, densidad igual a la de los silicatos contenidos en el meteorito, y defecto de teñido con tinturas biológicas, o lo que es equivalente, se teñían de un modo atípico; finalmente, ausencia de pruebas de la presencia del ácido deoxirribonucleico, que en un principio se creyó contenían.

Algunas de estas apreciaciones, a juicio de los técnicos de Fordham, no concuerdan con los resultados del análisis verificado en tales objetos por medio del espectógrafo de masas, la cromatografía y otros métodos químicos y mineralógicos, así como también es altamente persuasiva la semejanza con microfósiles de origen terrestre, y, en cambio es muy improbable la contaminación alegada, por hallarse en el seno de los meteoritos a gran profundidad relativa; y, en cambio, gracias a ello pudieron ser protegidos del calor de fricción en su caída y conservarse sin detrimento.

Los restantes miembros del coloquio adujeron diversas razones en pro y en contra, al mismo tiempo que presentaban resultados de investigaciones propias de índole parecida, así respecto de la semejanza con partículas biológicas conocidas, como acerca de la condición de indígenas o adventicias. Medidas hechas con posterioridad a esta reunión, parecen descartar la hipótesis del polen contaminante, a causa de la diferencia de tamaño entre el ciertamente terrestre, y estas partículas, muchos menores. En este punto los pareceres se inclinaban preferentemente a favor de la genuinidad, pero sin que se presentasen argumentos definitivos. En opinión del mismo Urey, que tuvo ocasión de estudiar por sí los documentos micrográficos de Fordham, hay que tener en cuenta lo que observó en los cortes examinados: el objeto estudiado presenta una especie de pared envolvente y unas como espinas o espículas y protuberancias en su superficie, todo ello encerrado en una región profunda, como queda dicho, y embebido entre masas de silicatos minerales; una de estas partículas, según parecer unánime, es de origen biológico, y si esto se confirma plenamente y se hallan otras semejantes, conduciría a una conclusión afirmativa en la cuestión propuesta. En lo que sí convienen todos ellos es en la necesidad de ulteriores investigaciones intensivas por parte de microbiólogos, geoquímicos y otros cultivadores de estas

ciencias recién nacidas; pero en su estado actual todavía no se puede dar una respuesta decisiva (15).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) «Am. Mus. Nat. Hist.»: *Catalogue of foraminifera, 1940...*
- (2) ANDERSON, D. L.: *The plastic layer of the earth mantle*, «Sc. Amer.», v. 207, n. 1, págs. 52-59, julio 1962.
- (3) DUE, A.: *Notas sísmicas de 1951... 1961*, «Rev. de Geofísica», vv. XXXI, 1952-1962.
- (4) ERICSON, D. B. y WOLLIN, G.: *Microfalcontology*, «Sc. Amer.», v. 207, n. 1, págs. 96-106, julio 1962.
- (5) GLAESSNER, M. F.: *Principles of microfalcontology*, J. Wiley and Sons, 1947.
- (6) GUTENBERG, B.: *Physics of the earth interior*, Academic Press, Inc., N.Y., 1950.
- (7) — — — *Low-velocity layer in the earth, ocean and atmosphere*, «Science», v. 131, n. 3405, págs. 959-965, abril 1960.
- (8) HENDRICKS, E. L.: *Hydrology*, «Science», v. 135, n. 3505, págs. 699-705, marzo 1962.
- (9) KAHN, J. L.: *A propos de la prospection géochimique*, «Rev. Q.Q. Scientif.», año 23, págs. 262-270, abril 1962.
- (10) MARTIN, P. S. y GREY, J.: *Pollen analysis and the Cenozoic*, «Science», v. 137, n. 3524, págs. 103-111, julio 1962.
- (11) O'KEEFE et al.: *Gases in tektite bubbles*, «Science», v. 137, n. 3525, pág. 228, julio 1962.
- (12) PILLEGER, F. B.: *Ecology and distribution of recent foraminifera*, John Hopkins Press, 1960.
- (13) STRONG, H. M.: *Les températures du noyau terrestre*, «La Nature», v. 87, n. 3295, pág. 608, noviembre 1959.
- (14) UREY, H. C.: *Lifelike forms in meteorites*, «Science», v. 137, n. 3530, págs. 623-628, agosto 1962.
- (15) — — — *Origin of tektites*, ibid. n. 3532, págs. 746-748, sept. 1962.

Noticias

DATOS ESTADISTICOS

PRODUCCION FRANCESA DE URANIO ENRIQUECIDO

La Comisaria Francesa de Energía Atómica ha comenzado a construir en Pierrelatte, en la orilla del Ródano, algunos kilómetros al Norte de Aviñón, una instalación industrial para la producción de uranio 235 enriquecido. Su coste total será de 4.500 millones de NF (54.000 millones de pesetas); tendrá un personal permanente de 5.000 técnicos, y sus gastos de funcionamiento se elevarán a 6.000 millones de pesetas anuales.

LA SIDERURGIA ITALIANA

Gracias a la ampliación de su capacidad, la industria siderúrgica italiana ha logrado, en julio pasado, una producción de arrabio de 336.000 toneladas, o sea, 29,7 por 100 más que en el mismo mes del año anterior. En cambio, a causa de las huelgas, la producción de acero bruto aumentó sólo en 2,1 por 100, de 793.000 a 810.000 toneladas.

PRODUCCION DE PETROLEO

	(MILLONES DE TONELADAS)		
	1950	1955	1961
<i>América del Norte:</i>			
Estados Unidos.....	271,1	334,9	353,5
Canadá	3,7	17,4	30,7
México	10,3	12,6	15,2
	285,1	364,9	399,4
<i>América del Sur:</i>			
Venezuela.....	78,2	112,4	151,0
Argentina.....	3,5	4,5	12,5
Colombia	4,8	5,8	7,5
Trinidad	3,0	3,5	6,6
Brasil	—	0,3	4,7
Perú	2,0	2,3	2,6
Chile	0,1	0,8	1,2
Otros	0,5	0,9	0,8
	92,1	130,5	186,9

(MILLONES DE TONELADAS)			
	1950	1955	1961
<i>Europa Occidental:</i>			
Alemania...	1,1	3,1	6,2
Austria...	1,5	3,7	2,4
Francia...	0,1	0,9	2,1
Italia...	—	0,2	2,1
Holanda...	0,7	1,0	2,1
Inglaterra...	—	—	0,1
	3,4	8,9	15,0
<i>Bloque soviético:</i>			
U. R. S. S.	37,9	70,8	166,0
Rumania...	4,2	10,6	11,6
Otros...	1,1	3,5	10,5
	43,2	84,9	188,1
<i>África:</i>			
Salvador...	—	—	15,6
Egipto...	2,3	1,8	3,7
Nigeria...	—	—	2,2
Gabón-Congo...	—	—	0,9
Otros...	0,1	0,2	0,6
	2,4	2,0	23,0
<i>Oriente Medio:</i>			
Koweit...	17,3	54,8	83,0
Arabia Saudita...	26,2	47,5	68,5
Irán...	32,3	16,2	58,8
Irak...	6,5	33,6	49,0
Koweit (zona neutral)...	—	1,4	8,7
Qatar...	1,6	5,4	8,3
Bahrein...	1,5	1,5	2,2
Otros...	—	0,2	0,5
	85,4	160,6	279,0
<i>Extremo Oriente:</i>			
Indonesia...	6,4	11,8	20,6
Borneo británico...	4,3	5,3	4,1
Japón...	0,3	0,3	0,6
Otros...	0,7	1,3	1,6
	11,7	18,7	26,9
<i>Total mundial...</i>	523,3	770,5	1.118,3

Indices de producción

	1950	1955	1961
<i>América del Norte</i> ...	100	127,9	140,0
Estados Unidos...	100	123,5	130,4
<i>América del Sur</i> ...	100	141,1	202,9
Venezuela...	100	143,7	193,0
<i>Europa occidental</i> ...	100	261,7	441,1
<i>Bloque soviético</i> ...	100	196,5	435,4
U. R. S. S.	100	186,8	437,9
<i>África</i> ...	100	83,3	958,3
<i>Oriente Medio</i> ...	100	188,0	326,7
Koweit...	100	316,7	479,7
Arabia...	100	181,3	261,4
Irán...	100	50,1	182,0
Irak...	100	516,9	753,8
<i>Extremo Oriente</i> ...	100	159,8	229,9
Indonesia...	100	184,3	321,8
<i>Total mundial</i> ...	100	147,1	213,7

Porcentajes de producción por zonas

	1950	1955	1961
América del Norte...	54,4	47,4	35,8
América del Sur...	17,6	16,8	16,8
Europa occidental...	0,6	1,5	1,3
Bloque soviético...	8,2	11,0	16,8
África...	0,4	0,3	2,0
Oriente Medio...	16,5	20,6	24,9
Extremo Oriente...	2,3	2,4	2,4
<i>Total mundial</i> ...	100,0	100,0	100,0

LA INDUSTRIA QUIMICA EUROPEA

1.ª Parte. — *Tendencias generales de la industria química de los países de la OCDE.*

En 1960, el valor de la producción de los antiguos países de la OCDE ascendió a 19.750 mill. de dólares (frente a 17.500 mill. en 1959), lo que equivale a un aumento de 13 por 100, que es el más alto desde 1954, año en el que el aumento registrado con respecto al año anterior fue de 15 por 100.

El valor añadido de la industria química europea en 1960 fue de 8.700 mill. de dólares (7.000 mill. en 1959), lo que representa un aumento del 14 por 100 con respecto a este

último año. El 80 por 100 de la producción correspondió al Reino Unido (25 por 100), Francia (16 por 100) e Italia (14 por 100).

Siguen Bélgica, España y Holanda, a cada una de las cuales corresponde de 3 a 4 por 100 de la producción total. El 10 por 100 restante se reparte entre los once países restantes.

La producción de la industria química creció a ritmo más veloz que la de la industria en general, habiendo experimentado un aumento de 14 por 100 entre 1959 y 1960.

En lo que respecta a la demanda de productos químicos, el valor del consumo interno de los países europeos de la OCDE ascendió a 18.006 millones de dólares, frente a 15.650 millones en 1960.

Por regla general, y con algunas contadas excepciones, el suministro de materias primas fue, en 1960, el suficiente para satisfacer la demanda de la industria, desapareciendo algunas escaseces registradas en 1959, sobre todo en el caso del naftaleno y sus derivados. La obtención de productos químicos orgánicos, a partir del petróleo, continúa aumentando a un ritmo más acelerado que la de los derivados del carbón, y, en Alemania y Reino Unido, las producciones de compuestos químicos orgánicos derivados del petróleo ascendieron, respectivamente, a 45 y 50 por 100 de la total.

En lo que concierne al consumo de energía eléctrica, la industria química europea usó de 11 a 12 por 100 del consumo total.

Los precios de los productos químicos registraron una pequeña alza de 1959 a 1960, que osciló entre 1 por 100 (Suiza, Reino Unido, Bélgica, Italia, Irlanda y Noruega) y 3 por 100 (Portugal y Francia). No obstante, en los siguientes países se registró una baja general de los precios: Austria, -1 por 100 y Holanda, -3 por 100.

En los seis primeros meses del 1961, la producción de la industria química de los países de la OEEC aumentó en 6 por 100 con respecto a la del mismo periodo de 1960, y aunque esta cifra es inferior a la registrada en años anteriores, es bastante mayor que la del 5 por 100, que corresponde al aumento de la producción industrial total de 1960 a 1961 (primer semestre).

Por otra parte, aunque la tendencia a una baja de los precios continuó acentuándose en la primera mitad de 1961, las inversiones continuaron creciendo al mismo ritmo que en el año precedente, sobre todo en el sector de la petroquímica. En 1960, Europa contaba con 62 factorías petroquímicas, distribuidas como a continuación se indica: Francia, 26; Reino Unido, 11; Alemania, 10; Italia, 10; Países Bajos, tres; España, una, y Bélgica, una.

En lo que respecta al comercio de productos químicos, los aumentos registrados por las importaciones y exportaciones de los países miembros no son tan acusados como en otros años, ya que en su inmensa mayoría oscilan entre 1 y 10 por 100. Los países que registran incrementos mayores de las exportaciones con respecto al primer semestre de 1960, fueron: Italia, 30 por 100, y Holanda, 14 por 100, mientras que Austria acusó el mayor aumento en las importaciones: 15 por 100. Por último, España registró un aumento considerable de las exportaciones, pero de resultados de los efectos de la política de liberalización, sobre todo de las importaciones.

La política de inversiones se ha llevado por esta empresa de acuerdo con un programa muy realista. Se ha procurado atender a ampliar aquellas instalaciones en que se fabrican productos por los que la demanda ha mostrado marcada preferencia. Igualmente se ha procurado que una buena parte de las inversiones se tradujese en medidas racionalizadoras capaces de contrarrestar el alto nivel de los salarios, que, como puede verse fácilmente por lo expuesto, ha constituido y constituye un motivo de preocupación y cuidados por parte de los directores de producción de la industria química alemana. Las inversiones se han realizado aproximadamente en un 50 por 100, con cargo a las amortizaciones. El resto se ha obtenido mediante una ampliación de capital y créditos a largo plazo. No puede pasarse tampoco por alto, en el caso de Hoechst, que 120 mills. DM de la cifra global de inversiones han tenido como destino los centros de investigación de la empresa. En cuanto a las inversiones en el

exterior, la cifra se ha reducido notablemente frente al año anterior, pues de 61 mills. DM se ha pasado a 18 mills.

El que, a pesar de todas las dificultades, los beneficios líquidos hayan pasado de 107 mills., en 1960, a 126 mills., con incremento del 17.4 por 100, habla elocuentemente en favor de la buena organización empresarial de Hoechst. Por consiguiente, el dividendo repartido a los accionistas de la empresa se ha mantenido en un 18 por 100. Las perspectivas favorables han continuado durante los primeros meses del año 1962, con un nuevo aumento de la cifra total de ventas y ampliación de la capacidad de producción, que permitirá un ulterior incremento de las ventas, lo que no supone más que adaptarse a las necesidades impuestas por una creciente demanda.

LOS MINEROS DE CARBÓN DE ALEMANIA OCCIDENTAL

De 1.º de enero de 1958 a la misma fecha de 1962, 125.000 mineros alemanes, de ellos 90.000 de trabajos subterráneos, han abandonado las minas de hulla en Alemania occidental.

LA INDUSTRIA PETROLIFERA HOLANDESA

La existencia de petróleo en el subsuelo holandés es conocida desde 1923, pero no se inicia la explotación propiamente dicha hasta que se descubren los yacimientos de la provincia de Drente, donde fue localizado el importante campo petrolífero de Schoonebeek. La capa petrolífera se encuentra en este yacimiento a una profundidad de 650 a 900 metros de profundidad y tiene un espesor que llega en algunos puntos a 40 metros. La producción, centrada en un principio sobre la zona de Drente, se ha visto notablemente incrementada en fecha reciente por importantes reservas en la región occidental del país, donde ha sido posible alcanzar, en 1960, una producción de 983.771 t. en una zona que cubre 510.272 acres y excede de las 933.898 t. obtenidas en los primitivos yacimientos holandeses. En ellos había en explotación, a fines de 1960, 290 pozos, frente a 90 en la nueva zona petrolífera occidental. Esto ha hecho que en dicho año se alcanzase una cifra total de producción de toneladas 1.918.000. Esta cantidad representa un aumento de 8,2 por 100 con relación al año precedente, achacable principalmente al 35,1 por 100 de aumento en la producción de la zona occidental, ya que el importante campo de Schoonebeek, no solo no aumentó, sino que disminuyó en un 10 por 100 su producción respecto a la lograda en 1959.

Holanda es un país de considerable consumo de productos petrolíferos. De 4.929.000 toneladas consumidas en 1957, se ha pasado, siguiendo una línea de incremento constante, a 7.693.000 toneladas, en 1960. De este total, casi la mitad corresponde a consumo de «fuel oil», con 3.587.000 toneladas, siguiéndole en importancia el de aceites pesados, con 2.263.000 toneladas y el de gasolina, con 1.215.000 toneladas. Holanda, ofrece perspectivas de un mercado aún más importante para los productos petrolíferos.

Son tres las refinerías importantes establecidas en Holanda: la «Shell Nederland Raffinaderij N. V.»; la «Esso Nederland N. V.»; y la «Caltex (Nederland) N. V. Petroleum Maatschappij». Las tres están situadas en la región de Samen, con emplazamientos en Pernis y Botlek, en las proximidades de Rotterdam.

Los 23 millones de toneladas anuales de productos elaborados en las refinerías holandesas cubren con exceso las necesidades de consumo del país. La operación de productos petrolíferos viene aumentando ininterrumpidamente desde 1956. En dicho año, se llegó a la cifra de 9.47 millones de toneladas, pero en 1960 pasa a 12.77 millones de toneladas, cuyo valor se cifra en 24.225 millones de pesetas. El contingente principal de las exportaciones corresponde al «fuel oil», que, en el referido año de 1960, representó con 6 mi-

iones de toneladas, casi la mitad de los productos exportados. Las exportaciones petrolíferas holandesas están principalmente destinadas a los países europeos, que las absorben casi en su 90 por 100, siendo los principales clientes Bélgica, Suiza, la República Federal Alemana y los países escandinavos.

Entre los oleoductos figura el que enlaza a Rotterdam con la región del Ruhr y garantiza el suministro de crudos a algunas de sus refineras. Dicho oleoducto tiene una longitud de más de 300 Km. y un diámetro superior a los 60 cm. El petróleo circula a una velocidad de 1 m. por segundo, pudiendo transportarse 8,5 millones de toneladas anuales, cifra que, mediante la instalación de bombas adicionales, podrá ser incrementada en el futuro hasta 20 millones de toneladas anuales.

PRODUCCION DE ACERO

La producción de acero de Estados Unidos en 1961, se elevó a 88.917.000 toneladas, inferior a la de 1960 (90.068.000 toneladas), pero superior a la de 1959 (85.773.000 toneladas).

La de la Unión soviética pasó de 60 millones de toneladas en 1959, a 65,3 en 1960 y 70,7 millones de toneladas en 1961.

SIDERURGIA ITALIANA

Las factorías siderúrgicas dependientes de la empresa estatal italiana Finsider, del grupo IRI, han registrado en 1961, un aumento de la producción de arrabio de 16,6 por 100, llegando a 2,65 millones de toneladas; de 13 por 100 (5 millones de toneladas), de la de acero bruto, y de 9,5 por 100 (4 millones de toneladas), de la de productos laminados. La participación del grupo en la producción total italiana de arrabio es de 86 por 100, en la de acero bruto, de 54,8 por 100 y en la de productos laminados, de 55,2 por 100.

PRODUCCION DE ACERO EN LOS PAISES DE LA CECA

En marzo, la producción de acero bruto en los países de la Comunidad Europea del Carbón y el Acero (CECA), se elevó a 6,4 millones de toneladas, en comparación con 5,73 en febrero y 6,78 en marzo de 1961. El aumento fue importante en todos los países; en Italia alcanzó una cifra máxima de 150.000 toneladas.

IMPORTACIONES DE MINERAL DE HIERRO EN INGLATERRA

Las importaciones británicas de mineral de hierro español en el primer semestre del año actual se cifran en 55.000 toneladas, 10.400 menos que en el mismo periodo de 1961; según informa el Iron and Steel Board.

COTIZACION Y COMERCIO

PRECIO DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA

Según manifestación del director de la sección de industria y economía del Euratom, Michaelis, entre la energía eléctrica de origen atómico y la convencional, existe actualmente una diferencia de precio de 10 a 30 por 100, si se calcula el coste del combustible de las centrales térmicas en 810 pesetas tonelada.

COTIZACION DE METALES Y PETROLEOS

	30-12-59	1-1-62	28-6-62	2-8-62	30-8-62
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	12,50	12,50	11,50	11,50	11,50
Londres (£ por Tn.).....	95 1/4-95 1/2	71 3/8-71 1/2	67 1/2-6	65 1/4-65 3/8	63 7/8-64 1/2
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	28,10	26	24,—	24,—	24,—
Londres (£ por Tn.).....	187	186	130,—	180,—	180,—
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	212-214	191-193	193-19	193-196	193-196
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.)...	72	59	61 1/2	61 1/2	61 1/2
VOLFRAMIO					
Londres (£ por Tn.).....	147-152	104-107 1/2	80-82	57-67	62 1/2-72 1/2
PETROLEO					
Nueva York (£ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3,05-3,25	3,05-3,25	3,10	3,10	3,10
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra)...	98,75	120,62	112	109,50	108,87
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	26	31	29,12	28,50	28,37
Londres (£ por Tn.).....	256 1/2-257 1/2	229 1/2-229 3/4	234-234 1/4	234-234 1/4	234-234 1/4
PLOMO					
Nueva York (centavos por libra)...	12	10,25	9,50	9,50	9,50
Londres (£ por Tn.).....	74 1/4-72 1/2	59 1/4-59 3/8	56 1/4-56 1/2	50 3/4-51	51 3/8-51 1/2

PRODUCCION BRITANICA DE ACERO

No es de esperar que la producción británica de acero alcance en 1962 el nivel del año anterior, de 22.009.000 toneladas (24.310.000 toneladas en 1960). En los cinco primeros meses del año actual, la producción lograda corresponde a una cifra anual de 21.290.000 toneladas (24.640.000 toneladas en 1961). La producción de 1961 utilizó sólo el 83,3 por 100 (en 1960 el 94,25 por 100) de la capacidad global disponibles.

DERECHO DE EXPORTACION DEL OXIDO FERRICO

El Decreto de 8 de agosto (B. O. 9-8-62) por el que se establecen derechos arancelarios a la exportación de óxido rojo de hierro en bruto (óxido férrico), dice lo siguiente:

Las especiales circunstancias que concurren en el comercio del óxido rojo de hierro en bruto (óxido férrico) y la conveniencia de facilitar a la industria nacional el abastecimiento de dicha primera materia, con destino a su transformación y consiguiente exportación, hacen aconsejable establecer derechos arancelarios que graven la exportación del referido mineral.

Artículo primero.—Se establecen derechos arancelarios a la exportación de óxido rojo de hierro en bruto (óxido férrico). Su cuantía será de doscientas cincuenta pesetas por tonelada, peso bruto, de mineral exportado.

Artículo segundo.—El presente Decreto entrará en vigor el mismo día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

BAJA EN EL PRECIO DEL PETROLEO

La Unión soviética ha anunciado que está dispuesta a suministrar a Europa occidental petróleo a la mitad del precio que exige a sus satélites, los países del bloque oriental.

DIFICULTADES PARA CREAR UNA COMUNIDAD ENERGETICA EUROPEA

Una de las condiciones inexcusables para la perseguida unificación de la producción energética en Europa occidental es la introducción de diversas modificaciones en el texto de los acuerdos que rigen la vida a sus diversas comunidades económicas. Esta idea revisionista está en el ánimo de los interesados, últimamente, se han alzado voces en Luxemburgo en pro de ella, al objeto de obtener una mayor capacidad de maniobra en el mercado del carbón, aunque, por diversas razones, no haya plasmado tal iniciativa en resoluciones concretas. Algunos planes, como el formulado por Alemania occidental para la constitución de una asociación racionalizadora de la industria del carbón y el de las asignaciones para primar la producción carbonífera en dicho país, por valor de 200 millones DM, previstas por el Gobierno federal alemán, plantean problemas de difícil solución por estar en contradicción flagrante con el texto del Tratado de Roma.

En una conferencia pronunciada recientemente en Londres, Jean Couture, director adjunto de «Charbonnages de France», ha expresado un juicio desfavorable sobre la ordenación actual del mercado europeo del carbón y aunque se muestra favorable a la adopción de medidas encaminadas a la creación de una Comunidad europea de la Energía, no ha dejado de señalar las graves dificultades, sobre las que se ha insistido ya antes y que habrá que vencer para lograr este objetivo.

CIERRE DE MINAS DE CARBON EN ALEMANIA OCCIDENTAL

En Alemania occidental, se ha abogado frecuentemente por el cierre de ciertas minas de carbón con la intención de que, al disminuir la oferta, mejorase la situación del mercado de este combustible.

A juicio del presidente de la Federación de Minas del Ruhr Dr. Helmuth Burchhardt,

se debe proseguir la racionalización de la producción, pero no simplemente cerrando las minas menos rentables, lo que, en opinión de los técnicos, no llevaría al resultado deseado, sino más bien concentrando la producción en las mejores, aunque ciertamente también esto llevará, en el futuro, al cierre de ciertos pozos, cuyo número no es posible predecir todavía y destacó el hecho de que, como consecuencia de la llamada «racionalización negativa», en los pozos cerrados en la región del Ruhr desde 1957, han quedado sin explotar 3.300 millones de toneladas de carbón, reservas que equivalen a 20 por 100 de las actualmente en explotación, calculadas en 16.500 millones.

BLENDAS DEL VALLE DE ARAN

La Delegación francesa ha declarado a la Delegación española que, conforme a las disposiciones contenidas en precedentes Acuerdos, Francia espera recibir la totalidad de la producción de las minas del valle de Aran explotadas por la sociedad Minera de Vitoria, cuya instalación ha sido suministrada en su mayor parte por Francia. Esta declaración se realizó con motivo del Acuerdo Comercial Hispano Francés del 24 de octubre de 1962.

PRORROGA DE LA SUSPENSIÓN DEL DERECHO FISCAL A LA IMPORTACION DE PLOMO

Como consecuencia de la prórroga, por seis meses, de la suspensión del Impuesto sobre la Fundación del General sobre el Gasto para el plomo, decretada el 28-6-62, se suspende por el mismo plazo la aplicación del derecho fiscal a la importación de este metal.

PRORROGA DE LA SUSPENSIÓN DE DERECHOS ARANCELARIOS DEL COQUE

Únicamente las importaciones de coque efectuadas por coquerías siderúrgicas se beneficiarán de la suspensión de los derechos arancelarios, prorrogándose, hasta el 20 de noviembre próximo. La suspensión queda anulada para la importación de hullas coquizables destinadas a las coquerías siderúrgicas. Todo según el decreto de 11 de agosto.

LA EMPRESA ITALIANA DE PETROLEO «ENI»

El ENI se ha convertido, en un serio competidor de las grandes compañías petrolíferas internacionales a las que disputa su parte en la explotación de los yacimientos petrolíferos, tanto de Irán como del próximo Oriente, de África, lo mismo que de América del Sur y de Europa. Fundado en 1953 para controlar la participación del Estado italiano en diversas sociedades dedicadas al aprovechamiento del gas natural y del petróleo, así como su coordinación y desarrollo, tiene actualmente intereses en más de 80 sociedades, en su mayoría controladas por las cuatro siguientes, las principales de las que constituyen este gran consorcio:

1.ª La «Azienda Generale Italiana Petroli» (AGIP): explotación de refinerías y comercialización de productos derivados del gas natural y del petróleo.

2.ª La «AGIP Mineraria»: prospección y explotación de yacimientos de gas natural y petróleo en Italia y en el extranjero.

3.ª La SXAN: transporte de gas natural y petróleo en buques cisternas y a través de óleo y gasoductos.

4.ª La «Azienda Nazionale Idrogenazione Combustibile» (ANIC): construcción y explotación de industrias petroquímicas.

CRIADEROS

GAS NATURAL EN GRONINGA

El Gobierno holandés se propone poner en explotación el importante yacimiento de gas natural descubierto en la provincia de Groninga por los consorcios «Royal Dutch Shell» y «Standard Oil». Sus reservas se calculan en 400.000 millones de m³, o sea el doble que las de Lacq. La explotación, en la que el Estado está interesado con un 50 por 100, bien directamente o por mediación de las «Houillères nationales», podría producir, en un plazo de cinco años, 8.000 millones de m³, que equivalen al 27 por 100 aproximadamente del consumo anual energético holandés. Se proyecta instalar una factoría de aluminio en Groninga. Una parte importante de la producción podría ser exportada, particularmente a Alemania.

LA EXTRACCION DE PETROLEO EN ALEMANIA OCCIDENTAL

En la actualidad se tiende en la República federal alemana a aumentar la profundidad de las perforaciones que se realizan para la prospección de yacimientos petrolíferos, con lo que se inicia una nueva época en la historia de la industria del petróleo alemana, ya que ésta deberá enfrentarse en el futuro con problemas técnicos y financieros considerablemente más complejos que los que hasta ahora le afectaban.

En 1961, la producción de petróleo en la República federal alemana fue muy considerable, pues alcanzó las 6.204.458 de toneladas, con un aumento de 12,2 por 100 respecto al año 1960, en el que el aumento de la producción respecto al precedente sólo equivalió a 8,4 por 100. En el curso del próximo quinquenio se espera conseguir una producción de 7,1 millones de toneladas, siempre que prosigan las actividades de prospección y beneficio de los yacimientos al ritmo actual, lo que podría ser obstaculizado por haberse previsto para principios de 1964 la supresión de los aranceles aduaneros para las importaciones de crudos.

Las reservas comprobadas hasta ahora en territorio de Alemania occidental ascienden a unos 106 millones de toneladas.

DIFICULTADES EN LA INDUSTRIA MINERA ALEMANA (1)

Siguen en aumento las dificultades que viene experimentando una parte de la industria minera de Alemania occidental. La minas de hulla no son únicas en quejarse de dificultades de venta: mientras el carbón va siendo sustituido, pese a todas las contramedidas, por el aceite combustible, más barato y cómodo, las minas de hierro van resultando cada vez más antieconómicas a causa de la competencia de los minerales extrajeros, más ricos y de precios más favorables. Recientemente, también la minería de los metales no férricos, sobre todo plomo y cinc, ha sido afectada por una crisis que, a diferencia de la

(1) Del «Bol. de Inf. Extran. del Patronato Juan de la Cierva» núm. 282-15, noviembre, 1962.

hulla y el mineral de hierro, es provocada no por falta de rentabilidad de la industria alemana, sino por perturbaciones de la competencia internacional.

Las grandes acerías del Ruhr han asestado recientemente un golpe a la minería alemana de hierro decidiendo fundir en lo sucesivo solamente mineral extranjero después de emplear hasta ahora 40 a 50 por 100 de mineral alemán, pues el empleo de éste, que tiene, en general, una calidad inferior, supone pérdidas en la explotación. La parte del mineral alemán en la fundición ha descendido de 52 por 100 en 1959 a 7 u 8 por 100 en 1961. La consecuencia de esto ha sido el cierre de las minas no rentables. A pesar de los intensos esfuerzos de racionalización, las pequeñas empresas mineras de Alemania occidental no han podido hacer frente a la competencia extranjera.

En la minería de los metales no férricos, la causa de la crisis es la baja de precios del plomo y cinc, producida con medios no tanto artificiales, en la bolsa de metales de Londres, baja fundada en el exceso de producción mundial de ambos metales (2). Además, la competencia internacional está falseada por fuertes proteccionismos, como subvenciones, aranceles aduaneros, contingentes de importación y exenciones tributarias, en países tales como Estados Unidos, Australia, Congo, el bloque oriental y otros. Ya, con la caída de precios de 1957, hubo que cerrar 12 de 21 minas en la República federal alemana y reducir el personal de las mismas de 7.300 a 3.500, y aún hay que contar con nuevos despidos. Por eso, la industria minera de los metales no férricos de Alemania occidental ha pedido al Gobierno aranceles aduaneros «antidumping» y de compensación frente a determinadas naciones. También la industria minera no férrea de la Comunidad económica Europea ha elevado a la Comisión de Bruselas una memoria pidiendo protección para el plomo y el cinc en el territorio de los Seis.

PERSPECTIVAS PETROLIFERAS EN LA U. R. S. S.

Si los crudos petrolíferos representan hoy uno de los recursos energéticos de mayor importancia para los países altamente industrializados, no cabe duda de que las disponibilidades energéticas petrolíferas de la URSS vienen en franco apollo de su política de expansión industrial.

Reservas, producción y explotación de yacimientos.—Los importantes yacimientos petrolíferos rusos en explotación apenas representan una fracción del total que se presume encierra en el subsuelo de la Unión soviética. Según cálculos geológicos, de 40 millones de Km² de rocas sedimentarias con contenido de crudos, 11 millones están situados en territorio soviético. Los importantes descubrimientos realizados durante 1960 en algunas zonas de la Unión (República rusa, Turkmenistán, Ucrania y Kazajistán) hacen que sea hoy y posible en Rusia seleccionar para una explotación inmediata los yacimientos de mayor rendimiento. Si a esto se une el empleo de nuevos métodos para un mejor aprovechamiento de los pozos, no constituirá, por tanto, ninguna sorpresa que, en el periodo de 1956-60, se haya llegado a un incremento anual medio de la extracción de crudos de 15 millones de toneladas, con una puesta en explotación media anual de 2.250 pozos en el periodo indicado, representando el rendimiento de cada nuevo pozo que entra en servicio ocho veces el logro en 1936-40. En cuanto a la inversión de capitales necesaria por tonelada de petróleo extraída, se ha conseguido, en el periodo indicado, una reducción de 60 por 100 con respecto al bienio 1951-53, resultando a la vez una reducción del coste de producción de 40 por 100 entre los años 1951-60.

(2) Del «Bol. de Inf. Extran. del Patronato de Juan de la Cierva» núm. 281 de noviembre de 1962.

Con referencia concreta a la *producción*, se alcanzaron en 1960 148 millones de toneladas frente a los 31 millones de toneladas logrados en 1950. Los objetivos, de acuerdo con el actual plan septenal, son doblar la producción de crudos, esperándose que, hasta 1965, se habrá conseguido la cifra de 240 millones de toneladas.

El refinado de productos petrolíferos.—Las grandes disponibilidades de crudos plantean *problemas de cantidad y calidad* en la elaboración de los productos que llegan a las refinerías. Por un lado, hay que hacer frente a la creciente cantidad de materia prima disponible como consecuencia de los nuevos e incesantes descubrimientos de yacimientos. Por otro lado, los perfeccionamientos tecnológicos, en la construcción de motores principalmente, determinan inenudables necesidades de mejorar calidad de los combustibles y lubricantes que estos modernos y perfeccionados motores requieren. Últimamente, la industria de automóviles soviética empieza a producir coches de turismo de lujo cuyos motores consumen combustible con un índice de octanos entre 90 y 96. Principal hincapié habrán de hacer asimismo las refinerías soviéticas en la elaboración de aceites Diesel para satisfacer, en las necesarias condiciones de calidad, el considerable incremento que de los productos Diesel se viene haciendo en la URSS. En el plan septenal antes indicado se prevé un incremento aún mayor en el consumo de aceite pesado, calculándose que, hacia 1965, se habrá multiplicado por 10, con respecto al año 1940, el índice de producción de aceite pesado a partir de crudos. Ahora bien, estos crudos contienen una elevada proporción de azufre, lo cual hace que muchos de los aceites pesados utilizados contengan hasta 1 por 100 de azufre, que requerirá el empleo de lubricantes adecuadamente mezclados con aditivos para reducir el desgaste en los motores. Así, pues, mediante estos lubricantes con aditivos contenido de azufre, se conseguirá aprovechar al máximo las grandes reservas de crudos que el subsuelo ruso contiene. Queda, con ello, claramente evidenciado que las refinerías soviéticas necesitan imperativamente mejorar la calidad de los crudos. Con esta finalidad se están montando nuevas instalaciones de hidrogenación.

Pero, aparte del problema de calidad, existe también el de cantidad. Es preciso aumentar la capacidad de producción de las refinerías soviéticas. En el cuadro del plan septenal, esta expansión se prevé que será de 130 por 100. Se pretende lograr este incremento mediante dos procedimientos: construcción de nuevas instalaciones y reacondicionamiento de las antiguas. Respecto a las nuevas unidades de refinado proyectadas —principalmente en la República rusa, Ucrania, Bielorrusia y Uzbekistán—, se tienden a la construcción de grandes unidades de producción, capaces de elaborar de 12 a 18 millones de toneladas anuales. Evidentemente el empleo de grandes unidades de refinado, no solamente se traduce en inversiones de capital relativamente menores, sino que su coste de explotación arroja coeficientes muchos más bajos, aparte de que el rendimiento es mucho más elevado. Si a una instalación de refinado con una capacidad de producción de 600.000 toneladas anuales se le asigna un índice de 100 en cuanto a necesidad de inversión, de capital, coste de explotación y rendimiento por operario, resulta que, en una instalación de una capacidad de un millón de toneladas, este índice 100 se habrá convertido en 92 en cuanto a inversión de capital, en 76,5 por lo que al coste de explotación se refiere y en 175 en relación con el rendimiento. A medida que la capacidad de la instalación aumenta, los índices respectivos resultan mucho más favorables, de forma que en una instalación de 6 millones de toneladas, el índice de inversión de capital será de 55,5, el de explotación de 34,2 y el de productividad de 1.400. No es preciso, pues, insistir más para comprobar que el sistema de grandes unidades refinadoras es incuestionable más ventajoso. Complemento de estas grandes instalaciones será el perfeccionamiento de sus sistemas de control y la implantación en la mayor medida posible, de la regulación automática en sus procesos de trabajo.

Petroquímica. También se prevé en el plan septenal soviético el acelerado desarrollo de la industria petroquímica, hasta el punto de que su producción bruta total se espera que

aumente al triple. Para ello se piensa hacer uso de las no pequeñas disponibilidades de gas natural que encierra el suelo de la URSS. Para 1965, se espera obtener 150.000 millones de m³ de gas natural. Diversos procesos petroquímicos en que se elaboran materias primas con un elevado contenido de hidrocarburos no saturados serán llevados a cabo en las refinerías soviéticas. Tampoco hay que perder de vista que la desparafinación de los crudos con carbamida será empleada como procedimiento de obtención de combustibles de reducido punto de solidificación. Esta desparafinación con carbamida se calcula que puede proporcionar de 8 a 10 por 100 de parafinas blandas, que constituyen una excelente materia prima para la industria petroquímica.

no sólo de aumentar su producción de crudos, sino, al mismo tiempo, de elevar su capacidad de refinado y la calidad de los productos elaborados, y conseguirlo, además, en condiciones económicas ventajosas.

YACIMIENTOS MINERALES EN EL NORTE DE CANADA

Hace tiempo que se conoce la existencia de yacimientos de cobre y zinc en la región del Labrador, que se extiende desde el Golfo de San Lorenzo hasta el Estrecho de Hudson, pero el mineral tiene comúnmente un contenido en hierro inferior a 50 por 100, lo que requiere una previa concentración para su aprovechamiento, que influye desfavorablemente en los costes de producción. Por eso, las posibilidades de exportar este mineral son muy reducidas, ya que, sobre todo, la industria siderúrgica europea puede adquirir minerales de hierro en Suramérica y África, con contenido de dicho material del 65 por 100.

En el verano de 1961, 250 ingenieros y técnicos de la «International Nickel Co. of Canada Ltd.» (INCO) que, con 20 aviones, exploraban la región del Lago Contonoyto, en los territorios suroccidentales, en busca de yacimientos de níquel, dieron con un *yacimiento de mineral aurífero*. La INCO ha obtenido una concesión para la prospección en una zona de unos 380 km² al norte de Yellowknife, junto al gran Lago de los Esclavos, cuyo subsuelo contiene de 50 a 75 millones de toneladas de minerales auríferos, con una proporción de oro de 21 g. por tonelada, que, en algunos lugares llega a ser de 85 a 141 g. El valor global de las reservas de este yacimiento se calcula en 1.500 millones \$ (90.000 millones de pesetas).

Dicha firma invierte anualmente unos 40 millones \$ (600 millones de pesetas) en trabajos de prospección. Mediante esta labor pudo ser descubierto el *gran yacimiento de níquel de Thompson*, en la zona norteña de Manitoba, que podrá producir unos 33 millones de kilogramos anuales de este metal. Se asegura que podrá ser explotado a pleno rendimiento tras la inversión de 200 millones \$ (12.000 millones de pesetas).

La «Crest Explorations Co.», filial de «California Standard Oil Corp.», ha descubierto un *yacimiento de mineral de hierro* en el territorio del Yukon, yacimiento que se extiende a lo largo de 200 km., con un espesor de los filones de 45 a 60 m. y que cuenta con unas reservas mínimas de 20.000 millones de toneladas. Dicho yacimiento está situado a 320 km al norte de las minas de Keno Hill, que se hallan comunicadas con la autopista de Alaska por un ramal de carretera de 300 kilómetros.

El mineral contiene un 50 por 100 de hierro y muy poco fósforo y azufre, lo que lo hace muy apto para la producción de acero, que podría ser embarcado en el puerto libre de hielos de Skagway, en Alaska.

NOVEDADES INDUSTRIALES Y CIENTIFICAS

PLANTA DE AMONIACO EN TRINIDAD

La W. R. Grace & Co. de Nueva York anunció un nuevo concepto en la producción y distribución de amoníaco para una importante fábrica de Point Lisas, Trinidad.

Los planes prevén la ampliación de la actual planta en Point Lisas que producirá 200.000 toneladas anuales (ahora 35.000). El amoníaco será despachado a todo el mundo en forma de gas licuado en barcos-cisternas especialmente proyectados para bajas temperaturas.

Según declaró el presidente de la División de Productos Nitrogenados de Grace, «será la primera vez que se hacen embarques internacionales por vía marítima de grandes cantidades de amoníaco licuado. En lo pasado, el amoníaco era convertido en abono de estado sólido, como el sulfato de amoníaco, nitrato de amoníaco o urea antes del embarque».

La Grace opina que este adelanto en la distribución de amoníaco anhidrido será beneficioso en muchas regiones del mundo donde la producción de este producto es muy costosa por insuficiencia de materia prima. La elección recayó en Trinidad, por disponer de gas natural a bajo costo y puerto de aguas profundas.

CENTRALES NUCLEOELECTRICAS FRANCESAS

Se calcula en Francia, que en 1965, el 5 por 100 de su producción total, y en 1975, la cuarta parte de su demanda de energía, podrán ser cubiertas por las centrales electrónucleares. En el último año, en el desarrollo de estas se han invertido unos 15.000 millones de pesetas, o sea, más de 337,5 pesetas por habitante.

CONVENIO ENTRE ARGENTINA Y EL EURATOM

Se ha celebrado un convenio de ayuda mutua entre la Comunidad europea de Energía atómica (EURATOM) y Argentina para el desarrollo de la energía nuclear con fines pacíficos. Euratom ayudará a Argentina en la prospección y explotación de sus yacimientos de uranio, de los cuales existen muchos en este país. Habrá también entre ambas partes un intercambio regular de científicos, materias primas y material de investigación. Este convenio es el primero que Euratom celebra con un país sudamericano. Su duración será de veinte años.

CENTRALES ELECTRONUCLEARES EN GRAN BRETANA

En un plazo de tres años serán puestas en servicio, en Gran Bretaña, centrales de energía nuclear con una potencia total de 3.600 MW. En 1970, la producción de electricidad en las centrales nucleares británicas será, según cálculos autorizados, tan barata o más que en las convencionales.

LOS OLEODUCTOS DEL BLOQUE ORIENTAL

Un convenio firmado en 1958, bajo los auspicios del Comecon, entre la U. R. S. S., Polonia, Hungría, y la República democrática alemana sentó las bases del oleoducto interna-

cional, de 5.000 km. de longitud, que enlazará a estos países. Comienza en los Urales, en el territorio del Volga, en las cercanías de Kuibishev, atraviesa la República rusa soviética de Ucrania, y se divide en dos ramales: el septentrional atraviesa Polonia y termina en Schwert sobre el río Oder, en Alemania oriental; el meridional llega a Bratislava, para alimentar los centros industriales checoslovacos, y otra, a Hungría.

Sobre la base de este oleoducto se han elaborado grandes proyectos de desarrollo de la industria petrolífera y petroquímica de los países que atraviesa. En Polonia se construirá, una gran refinería en Plock, donde a partir de 1965 se producirá gasolina, lubricantes, aceite pesado, parafina, betún, cera, etc., y también polietileno, caucho sintético y otros productos químicos. A Alemania oriental, donde la producción química se habrá duplicado, según se calcula, en 1965, se prevé que el oleoducto proporcionará por lo menos 4 millones de toneladas anuales de petróleo ruso, aparte de 1,3 millones de toneladas transportadas por barco o ferrocarril. En Schwedt se está construyendo, desde 1959, una gran factoría petroquímica con un coste de 12.000 millones DM, la cual tendrá en 1963 una capacidad de 4 millones de toneladas, que se elevará a 8 millones de toneladas en los cinco años siguientes, en el que se producirán materias primas sintéticas y plásticas.

ABONO SINTETICO EN COLOMBIA

Se ha montado en Barrancabermeja (Colombia), una planta de fertilizantes, con una capacidad anual de 150.000 toneladas anuales, que empezará a funcionar este año. El costo es de 16,5 millones de dólares; el periodo de su realización fue un decenio.

El amoníaco se obtendrá sintéticamente, el hidrógeno se extraerá del gas natural local y el nitrógeno por licuación y fraccionamiento del aire.

La capacidad de la fábrica es de 50 toneladas de amoníaco, y de 150 de ácido nítrico diárico, las que se utilizarán para una producción también diaria de 100 toneladas de nitrato amónico y 30 de urea.

AMONIACO A PARTIR DEL PETROLEO

«Imperial Chemical Industries, Ltd.» (ICI) ha resuelto cerrar, en el año próximo, dos de sus antiguas fábricas de amoníaco que emplean coque como materia prima, y crear otras tres factorías en las que esta producción se hará por un nuevo procedimiento, empleando petróleo. Este proceso, empleado ya en otros países (Francia, Italia y EE. UU.), ha permitido reducciones de precio y agudizado la competencia en el sector de los fertilizantes sintéticos. Aunque, con él, ICI podrá mantener su predominio en el mercado británico, se cuenta con que se enfrentará con dificultades en los extranjeros.

CUMPLE UN AÑO LA ESTACION METEREOLÓGICA AUTOMÁTICA NUCLEAR

Hace un año la primera estación automática para informes meteorológicos movida por energía nuclear, comenzó a transmitir señales sobre el tiempo a la Oficina Meteorológica de Estados Unidos, desde la Isla Axel Heiberg, al noroeste de Canadá, a solo 1120 kilómetros de distancia del Polo Norte. La estación fue construida por la Martín Company, para la Comisión de Energía Atómica y el Observatorio Meteorológico de los Estados Unidos. En agosto 1961, la estación fue transportada por un poderoso rompehielos a la remota

isla del Artico, donde fue instalada por un grupo de técnicos de la Oficina Meteorológica de los Estados Unidos, del Departamento de Transporte de Canadá y la Martin Company.

NUEVO METODO PARA IDENTIFICAR EL BERILO

La oficina de Minas de Estados Unidos, descubrió recientemente un rápido y simple método para determinar la cantidad de berilo existente en una muestra de mineral. El berilo es la única fuente mineral comercial del metal berilio, sumamente útil para muchas aplicaciones especiales en vuelos a velocidad elevada y en la energía nuclear. El berilio es utilizado en aleaciones con metales como cobre y níquel, a fin de endurecerlos y hacerlos más resistentes. El nuevo método viene a ser un perfeccionamiento de las técnicas antiguas y permite el atacado de los granos de berilo en cada muestra sin que se disuelva ninguno de los minerales presentes. De acuerdo con el nuevo procedimiento de la Oficina, las muestras son colocadas en una solución caliente de hidróxido de sodio. Esta ataca cristales de berilo de cada muestra, los cuales entonces se tiñen de azul intenso de manera que pueden ser contados fácilmente a través de un microscopio. Los métodos anteriores para identificar el berilo y el análisis cuantitativo eran dificultosos, requiriéndose siempre los servicios de un mineralogista especialmente adiestrado. Mediante el nuevo proceso, el berilo es fácil y exactamente identificado. El ataque y la coloración duran alrededor de diez minutos.

EL ESTRONCIO 90 EN LAS LLUVIAS

Se ha observado en Fayetteville (Arkansas), una concentración elevada de estroncio 90 en el agua de lluvia, después de la serie de pruebas nucleares realizadas por la URSS en 1961. Como comentario tranquilizador, existe la demostración de que la limpieza de estas armas nucleares es del orden de cinco veces, la correspondiente a los materiales ensayados por el mismo país durante el bienio 1957-58.

CENTRAL ELECTRONUCLEAR EN ALEMANIA FEDERAL

La Comisión atómica alemana ha recomendado al Gobierno federal y a los de los Estados alemanes (Länder) interesados la construcción de una gran central electronuclear de 237.000 kilowatts de potencia, con un coste de 340 mill. DM (5.100 mill. de ptas.), que se cubrirá con 100 mill. DM del capital propio de las empresas constructoras «Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke» y «Bayernwerk», 63 mill. DM de créditos del ERT, subvenciones de la Comunidad atómica europea, y 110 mill. DM obtenidos en el mercado de capitales, con garantía del Estado. Además, se prevé que el Gobierno federal contribuirá con una suma no superior a 100 mill. DM durante quince años, a cubrir el riesgo financiero del funcionamiento de la instalación. Hasta ahora, la República federal ha contribuido con 1.000 millones DM (15.000 mill. de ptas.) aproximadamente al fomento de la investigación y la técnica nucleares, participando con el 70 por 100 el Gobierno federal, y con el 30 por 100 los de los Estados alemanes.

REUNIONES CIENTIFICAS

COLOQUIO SOBRE EL ANALISIS POR ESPECTROSCOPIA Y DIFRACCION DE RAYOS X

Del 2 al 5 de octubre se celebró el Coloquio de Análisis por Espectroscopia y Difracción de Rayos X. En la Sección inaugural, presidida por el Dr. Gutiérrez Ríos, habló dicho señor sobre la importancia en la actualidad de las técnicas de fluorescencia y de difracción de rayos X.

El Dr. De Vries, sobre la «Propiedad de los rayos X», dijo, que cuando se bombardea un metal con electrones acelerados, provoca la emisión de rayos X, en espectro continuo, conteniendo todas las longitudes de onda y las líneas características.

La interacción de estos rayos X, por lo tanto, puede dar un espectro secundario donde se encuentra: a) Los rayos X difusos de la misma energía (la difracción). b) Los rayos X con energía reducida (el efecto Compton). c) Los rayos X característicos por estos átomos (el efecto fotoeléctrico). Este último efecto se explica por la teoría de las capas electrónicas del átomo.

El Dr. Ingeniero Doestel, pronunció una conferencia sobre la teoría de difracción de los rayos X, exponiendo los fundamentos de la misma.

El Dr. De Vries habló también sobre «Aplicaciones prácticas de la espectrografía y de la difracción de rayos X». Dijo que la difracción de rayos X se emplea para encontrar la estructura cristalina, las deformaciones de las estructuras, identificación de las sustancias y la valoración de las sustancias en la mezcla. La sensibilidad es del orden del 1 por 100. La espectroscopia de rayos X da un análisis elemental rápido, no destructivo y sencillo. Se aplica sobre todo en los análisis de rutina. La sensibilidad es para todos los elementos más pesados que $Z = 11$, de alrededor de algunas p. p. m. La precisión de un análisis varía entre 0,1 --1 por 100 real. Puede ser empleada para los metales, los polvos y las soluciones. Para un análisis cuantitativo, es preciso trazar curvas de valoración con ayuda de las muestras tipo.

El Ingeniero Caeymaex hizo una serie de «Consideraciones Teóricas del empleo de espectrómetros de rayos X». Consideró los métodos de análisis (dispersivo y no dispersivo) y de excitación (tubos de isótopos radiactivos y de rayos X). La elección del anticátodo y de la alta tensión de excitación. Los criterios para la elección de los cristales y de los colimadores; y el espectrometro de vacío o de atmósfera de helio.

La comunicación del Sr. Tertian, que versó sobre un punto concreto de la puesta en práctica del análisis de fluorescencia, se refirió a la intensidad de la radiación de fluorescencia emitida por la muestra.

El Ingeniero Blanquet, presentó una «Regla de cálculo para la fluorescencia de rayos X». La describió como aparato que permite visualizar los principales factores y tomar en consideración en el curso de la puesta a punto de un método de análisis por fluorescencia de rayos X, o de ayudar o detectar los espectros cualitativos.

El ingeniero Caeymaex, trató de la «Detección de rayos X con el empleo del discriminador de amplitudes». Habló de la interacción del cuarto X con un gas, contadores proporcionales y escalas de flujo gaseoso.

Formación de la impulsión eléctrica, relación entre la amplitud de la impulsión y de la energía de cuanto. Ley de distribución de las amplitudes.

Empleo de la selección de amplitud. Determinación de la amplitud media de lo impulsos y ancho del canal.

A continuación trató de los «Factores que intervienen en la valoración». Estos diversos factores vienen a complicar el análisis cuantitativo. Son de orden físico (efecto interelemental), de orden químico (constituyentes diferentes-homogeneidad) y de orden mecánico (superficie estado de la superficie) - (tamaño de los granos - distribución del tamaño medio) (densidad).

A referirse el Ing. Tectian de la preparación material de las muestras, consideró los casos en que fuesen gaseosas, líquidas o sólidas, y en este último caso la influencia del tamaño del grano y de la superficie.

El Dr. De Vries hizo unas consideraciones sobre estadística de computado y fidelidad de los resultados analíticos. Dijo que los errores totales de un análisis se componen de tres grupos: los errores instrumentales, los errores de la muestra y los errores estadísticos de computado. Estos últimos errores pueden ser previstos, dependen solamente del número de golpes registrados. Las fórmulas derivadas, dan la relación entre la intensidad característica, el fondo continuo y los tiempos necesarios para computar los dos y el error teórico. Indica las posibilidades para disminuir los errores y para comparar el error práctico y el error teórico.

El límite de detectabilidad es definido, e indica un método para encontrar este límite.

Los Sres. Hautecler, Lesir, Hans y Hancart trataron del «Análisis cuantitativo rápido en minerales de hierro y aglomerados por fluorescencia de rayos X». Estudian en detalle los diferentes parámetros susceptibles de influir en la fidelidad y la exactitud de la valoración. Han puesto a punto la valoración de hierro, la cal, la sílice y el fósforo, en numerosos minerales ricos y pobres. Los resultados obtenidos después de varios meses de trabajo con fluorescencia de rayos X, han puesto en evidencia un método rápido y preciso, susceptible de competir con los métodos químicos y físico-químicos.

Una interesante aportación a la verificación industrial, fue la comunicación de la Srta Ing. C. Fagot sobre «Análisis por fluorescencia de rayos X, del silicio, hierro, aluminio, titanio y calcio en las basitas». También desde el punto de vista de elementos minerales en las plantas, dio una disertación de la aplicación industrial de la espectrometría de rayos X el Dr. Chaussidon y en los metales preciosos el Ingeniero Faulesque.

El Ingeniero Caeymaex expuso el «Goniómetro a posición fija para la valoración de uno o dos elementos», el cual es de gran utilidad para el caso de muchos análisis.

El Dr. J. L. de Vries mostró el espectrógrafo automático 1210 PW, el cual dio cuentas sobre su empleo para análisis cuantitativos de rutina y para análisis cuantitativos.

El Ingeniero Caeymaex, trató del análisis continuo por rayos X. Dijo que un control automático de producción supone en ciertos casos el análisis continuo de soluciones y suspensiones de uno o varios elementos. Para ello dió muestra del modo de presentación de las muestras; correcciones por cambio de densidades y sedimentación. Sobre las aplicaciones al análisis de materiales de interés industrial nuclear, habló el Dr. Bermúdez Polonio, que explicó con detalle la aplicación de la técnica de fluorescencia por rayos X para análisis de circonio, hafnio, uranio y del torio, y la aplicación a la determinación del espesor del aluminio en los combustibles de reactores nucleares por medio de la técnica de absorciometría y de radiación de fluorescencia. Se expusieron las dificultades que presenta el análisis del sistema circonio-hafnio. El análisis de uranio y torio por espectrometría de rayos X, presenta un interés especial, en cada caso señala las interferencias que se pueden presentar, recomendó un patrón interno más convenientes y apoyándose por datos experimentales dio algunas características de una importancia prácticamente decisiva. Explica la determinación de espesores de aluminio para los elementos combustibles a base de uranio.

La teoría del análisis cuantitativo por difracción fue tratada por el Dr. De Vries; dijo que la intensidad de una raya de difracción depende de la estructura de la red, del número de redes que son irradiadas, de los factores geométricos y de la absorción en la muestra. Esta

intensidad puede ser registrada por contadores o por emulsiones fotográficas. Solamente los planos que son orientados en ángulo correcto pueden dar lugar a una reflexión.

Para relacionar la intensidad encontrada con la concentración se puede emplear el cálculo (la austenita residual en los aceros), la comparación con las muestras o de método para corregir la absorción de cálculo por medida (el patrón interno o patrón externo).

Del interesante tema del estudio difractométrico en serie de las muestras geológicas, trató el Dr. Sahores.

El Prof. J. Hancart, trató de «Aplicación de estas técnicas de difracción de Rayos X en productos siderúrgicos». En primer lugar, indicó que para la buena marcha de un horno alto, como para su rentabilidad, es esencial se pueda conocer rápidamente la reductibilidad de los minerales de hierro y aglomerados que contiene. Es posible actualmente determinarla por experiencias de laboratorio, pero estas últimas desgraciadamente son muy lentas. El autor hace la pregunta de si no sería posible determinar la reductibilidad con la ayuda de una ecuación, donde los diferentes parámetros puedan ser obtenidos muy rápidamente a partir de medidas efectuadas en laboratorio. Tal ecuación ha podido ser establecida. Entre otros parámetros intervienen los que contienen las leyes de magnetita y hematita del producto. No existe actualmente ningún método práctico susceptible de dar tales valoraciones; el solo método que *a priori* es susceptible de suministrar los resultados deseados es la difracción de rayos X. Este método permite, en efecto, valorar específicamente y puede por tanto ser muy rápido, con la condición de utilizar una instalación adecuada.

Desgraciadamente, uno de los métodos físicos de análisis, el método por difracción necesita un calibrado previo para paliar estas circunstancias. Se puede creer que es suficiente recurrir a muestras sintéticas, pero este procedimiento conduce a resultados completamente erróneos, o causas, como el diferente poder reflector entre productos sintéticos y productos industriales. El trabajo expuesto por el autor, muestra que es posible tener patrones directamente a partir de productos industriales, utilizando a la vez los datos suministrados por la difracción, así como ciertos resultados determinados por vía química. Tres métodos originales de calibrado fueron utilizados. En segundo lugar, la valoración rápida de la cal libre CaO y del hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) en las escorias del convertidor, tiene una gran importancia para el acerista. Existe un método químico (método de glicoletileno) que permite resolver parcialmente el problema, pues ello, le falta la rapidez y no da la suma CaO (OH)₂. Esta es la razón por la cual el autor ha pensado en la difracción de rayos X para resolver este problema. Los resultados obtenidos muestran que en este método es particularmente bien adaptado al problema.

De la aplicación de la difracción de Rayos X a los minerales arcillosos, trató el señor Martín Vivaldi. Dijo que presenta problemas característicos, que por otro lado dan lugar a simplificaciones más importantes. En primer lugar, la parte arcillosa del suelo o de un sedimento está constituido por partículas de un tamaño inferior a dos micrones, que da lugar a espectros de difracción. En segundo lugar, una de las causas más importantes de error, la difracción por rayos X de las muestras, desaparece o es muy reducida; la razón es que todo el mineral de arcilla son silicatos, de óxidos o de hidróxidos de los metales bastante ligero como el aluminio, el hierro y el magnesio. El hierro puede tener un coeficiente de absorción más elevada, pero se elimina esta deficiencia utilizando la radiación apropiada. Para la identificación y la determinación de este grupo de minerales, se utiliza preferentemente las reflexiones de base, a causa de sus parecidos estructurales, las reflexiones de índice general coinciden en la mayor parte de los casos. Pero estas reflexiones de base son precisamente, en muchos casos, las más débiles de ellas, y hacen difícil su utilización, incluso para un simple análisis cualitativo. Se puede facilitar el estudio empleando agregados orientales, fáciles de preparar gracias a la posibilidad de laminar la mayor parte de los minerales de arcilla. El problema en todo caso es opuesto al caso general en que se tiende a evitar la orientación de la mues-

tra. Es preciso un procedimiento que permita conocer el grado de orientación. La técnica Weisenberg ha sido especialmente utilizada para este género de estudios, y en la actualidad propone el autor continuar utilizando la técnica general de contadores.

Han efectuado análisis cuantitativos de mezclas complejas de minerales arcillosos cristalizados por el método fotográfico con patrón interno, y evitando la medida de la posible orientación y realizando la mezcla en tubos de plástico especiales de manera de obtener muestras reproducibles. Se han preparado mezclas artificiales de haloisita, montmorillonita, gibsitita y alunita con caolín y con sepiolita como patrón interno. Las correlaciones entre razones de intensidad para la línea 001 del mineral y la línea 110 de la sepiolita y el porcentaje de mineral, han mostrado una buena relación lineal sin orientación preferentemente manifiesta. Se ha operado a partir de intensidades integradas en lugar de medir solamente la altura de los máximos. Se ha llegado a la determinación del alófono, donde se conocía la presencia por diferentes razones.

El análisis mineralógico de arcillas pide, en general, tratamientos apropiados, tales como: fijar una humedad relativa, tratar la muestra por medios térmicos o con ácidos, o bien preparar complejos arcillo-líquidos orgánicos. Corrientemente es necesario conocer el complejo de cambio iónico.

Estas son, en fin, las irregularidades frecuentes en este tipo de minerales y las sustituciones isomorfas. Estas pueden conducir con un análisis conveniente a aclarar el problema. Las sustancias isomórficas pueden arrastrar errores considerablemente si no se les estudia lentamente.

Terminó el interesante Coloquio que comentamos con una comunicación sobre el goniómetro de textura, de la que dio cuenta el Ingeniero Grobís.

ACTO ACADÉMICO EN DIJON

Con objeto de dar una mayor solemnidad a la inauguración de los nuevos edificios de la Ciudad Universitaria de Dijon (Facultad de Derecho, Pabellón «Buffon», Biblioteca Universitaria, etc.), el Claustro de esta Universidad propuso al señor Ministro de Educación de Francia, y éste aprobó, el nombramiento de varios doctores «Honoris causa».

El día 6 de octubre, por la mañana, tuvo lugar la inauguración de los magníficos edificios, que aparecen perfectamente acondicionados y dotados para su mayor eficacia, y por la tarde se efectuó en el Teatro Municipal la solemne apertura de curso bajo la presidencia del Director General de Enseñanza Superior y con asistencia de muchas personalidades políticas y académicas, tanto del país como extranjeras.

Tras los discursos de los diferentes Decanos, Rector de la Universidad y Director General, tuvo lugar la entrega de diplomas y emblemas a los nuevos doctores «Honoris causa», que son los siguientes: M. Renard, de Lieja; Cleve Stepeslewis y M. Kaldor, de Cambridge; F. Gilliard, de Lausana; M. Guyenhem, de Ginebra; O. Lauge, de Varsovia; Rector Jawheiss, de Colonia; M. Duprier, de Lovaina; Von Euler, de Estocolmo; G. Sansone, de Florencia, y el Director del Instituto Geológico y Minero de España señor Almela.

Al final, el Prof. Euler dió las gracias en nombre de todos los galardonados, por el gran honor que se les había concedido.

I COLOQUIO INTERNACIONAL DE O. P. EN TERRENOS YESIFEROS

TEMA PRIMERO

Los yesos y las vías de comunicación.

- 1.º Davidson, Donald, T., y Mateos, M. (U. S. A.)
«El yeso como aditivo en los suelos estabilizados».
- 2.º García Yagüe, A. (España).
«Aplicación del método eléctrico resistivo a la determinación del estado de los revestimientos en túneles».
- 3.º Gevin, P. (Francia).
«El papel del yeso en los corrimientos de terrenos».
- 4.º Macau Vilar, F. (España).
«Yesos de segunda formación en el interior de un pliegue-falla muy tectonizado, localizados en la excavación de un túnel de ferrocarril».
- 5.º Mayer, A. (Francia).
«Carreteras de yeso en Hassi Messaoud».

TEMA 2.º

Los yesos y las obras hidráulicas.

- 1.º Biadene Nino, A. (Italia).
«Las construcciones hidráulicas y los terrenos yesíferos». Obras de la Sociedad Adriática de Electricidad.
- 2.º Bovio, J. M.ª (España).
«Corrección de las filtraciones de los yesos de la ladera derecha del pantano de Alloza».
- 3.º Cuadrado, E., y Vidal, M. (España).
«Tramos en zonas yesosa del canal bajo del Taibilla».
- 4.º Díaz Ambrona, D., Monso J. y Catalán, J. (España).
«Aguas seienitas en el canal de Estremera».
- 5.º Faci, G. y Delgado, C. (España).
«Ensayos de revestimientos en el canal Imperial de Aragón en terrenos yesíferos».
- 6.º Hue, F. (España).
«Medio siglo de experiencia de un canal en terreno yesoso».
- 7.º Klein Ira, E. (U. S. A.)
«Problemas de cimentaciones y aguas subterráneas, relacionados con la presencia de yeso en obras de ingeniería hidráulica», realizadas por el United States Bureau of Reclamation en la San Luis Unit del Central Valley Project, en California, Estados Unidos.
- 8.º Lambert, A., y Raud, J. (Argelia).
«Instalaciones hidroeléctricas del Agrioun y del Djen Djen, en Argelia».
- 9.º Leveque, P. (Francia).
«Resultados de observaciones geológicas y de algunas medidas geotécnicas sobre las series yesíferas del atlas marroquí y del Rif».
10. Loiri, A. (Italia).
«Treinta años de servicio de la galería de desviación (Central Hidroeléctrica «drovo barno»), que atraviesa una formación de anhidrita».

11. Llamas, M. R. (España).
«Sobre las causas de las averías en los canales que atraviesan terrenos yesíferos y sus posibles soluciones».
12. Macau Vilar, F. (España).
«Coluviones yesosos en el cauce del Esgueva».
13. Macau Vilar, F. y Campos Guereta, V. (España).
«El canal del Guadalcaén, en el Keuper yesífero de Jerez de la Frontera».
14. Pedro, J. M. (España).
«El problema de la ubicación de obras en yesos, resuelto».
15. Sáenz García, C. (España).
«Resolución de las dificultades ofrecidas por la presencia de yesos en las obras del salto de Cofrentes».
16. Ureña, K. (España).
«Canal de Los Monegros, su conservación y explotación en terreno yesífero».
17. Valmaña, C. y Llamas, M. R. (España).
«Resultados de la experiencia de los problemas que han planteado los terrenos yesíferos en el canal de Urgel (Lérida), a lo largo de cien años».
18. Ramírez, A. (España).
«El canal de Ríaza y las margas yesíferas del Mioceno continental».

TEMA 3.º

Obras urbanas en terrenos yesíferos.

- 1.º Paz Maroto, J. y Paz Casañé, J. M.ª (España).
«Influencia del terreno yesífero en ciertas obras municipales».

TEMA 4.º

Agresividad de las aguas selenitosas sobre los conglomerados.

- 1.º A. T., N. C. (Francia).
«Selección de un aglomerante hidráulico para obras en terrenos agresivos».
- 2.º Campo, M. (España).
«Influencia de las aguas selenitosas en las variaciones de volumen que experimentan diversas clases de cemento durante el fraguado y primeras horas de su endurecimiento».
- 3.º Catalán, J., Alonso, J. y Benayas, J. (España).
«Acción sobre varios tipos de hormigones de diversas clases de aguas».
- 4.º Cussino, L. (Italia).
«Experimentos sobre la protección contra los sulfatos, ejercida por el hierro en el cemento portland».
- 5.º Derqui, F. (España).
«Protección en terrenos yesíferos mediante inyecciones».
- 6.º Derqui, F. (España).
«Obras y circunstancias de posible aplicación a vanguardia».
- 7.º Ferrari, F. (Italia).
«Cemento férrico puzolánico de elevada resistencia a la acción de las aguas minerales sulfatadas».
- 8.º García de Paredes, P. (España).

«Influencia que el tipo de conglomerante ejerce en la durabilidad de los hormigones frente a los sulfatos».

- 9.º García Yagüe, A. (España).
«Resistividad de las aguas selenitosas».
10. Guillaume, M. (Francia).
«Los cementos puzolano-metalúrgicos y los trabajos en presencia de aguas selenitosas».
11. Guma, J. (España).
«El cemento aluminoso en los terrenos yesíferos».
12. Peña, C. de la (España).
«Acción de las aguas selenitosas sobre probetas de mortero de pequeña sección».
13. Río, A., Celani, A. y Angeletti, L. (Italia).
«Cemento puzolánico de alta resistencia química para obras en terrenos yesíferos».
14. Serret, A., y Anguita, F. (España).
«Estudio de la influencia del yeso en las mezclas de arcilla-cemento para inyecciones».
15. Soria, F. (España).
«Un supercemento portland resistente a los sulfatos».
16. Uria, J. J. (España).
«Agresividad de las aguas selenitosas sobre las distintas clases de aglomerantes».
17. WITTEKIND, T. W. (Alemania).
«Un cemento para suelos y aguas sulfatadas».

TEMA 5.º

El yeso como material de construcción.

- 1.º Calleja, J. (España).
«El yeso como constituyente de los conglomerantes hidráulicos».
- 2.º Campo, M. del (España).
«El yeso como material de construcción. Su normalización».
- 3.º Eymar, J. M.ª (España).
«El yeso en la prefabricación».
- 4.º Merle, Ph. (Francia).
«La Geofísica y la localización del yeso como material de construcción».

TEMA 6.º

Geología del yeso en relación con las obras públicas.

- 1.º Aguila, A. del (España).
«Exploraciones recientes en el subsuelo yesífero de Madrid (capital)».
- 2.º Almela, A. (España).
«Tectónica yesífera de la cuenca del Ebro».
- 3.º Bomer, B. y Riba, O. (España).
«Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra».
- 4.º Haudor, J. y Sarrot-Reyauld, J. (Francia).
«Comportamiento de las formaciones del Triás yesífero de la ladera oeste de la Coddilla de Belledonne y en el Dome de la Mure (Isère) Francia».
- 5.º Hernández-Pacheco, F. (España).

«Carácter de los plegamientos del Neógeno de la depresión del Tajo».

6.º López de Azcona, J. M. (España)

«Estudio geoquímico de los yesos de España peninsular».

7.º Magin, J. Ph. (Francia).

«El yeso en las formaciones oligocenas de la Ribera navarra».

8.º Martínez, A. (España).

«Extensión y características geológicas de los terrenos yesíferos en Asturias».

9.º Pérez Mateos, J., Catalán, J. y Alonso, J. (España).

«Yesos en la cubeta del Ebro».

10.º Reig, F. (España).

«Distribución de las formaciones de yesos en la Península ibérica y sus efectos en las Obras Públicas».

11.º Riba, O. y Llamas, M. R. (España).

«Los terrenos yesíferos, triásicos y terciarios de las proximidades de Estada (Huesca)».

12.º Sáenz García, C. (España).

«Los yesos de la facies wealdica española».

13.º Sahores J. (Francia).

«Contribución al estudio de los fenómenos mecánicos que acompañan la hidratación de la anhidrita».

14.º Virgili, C. (España).

«Los niveles salinos del Triás del nordeste de España».

TEMA — VARIOS

1.º Allard, J. y Pascaud, E. (Francia).

«Reconocimiento de los suelos yesíferos por el estudio de la vegetación natural».

2.º Derqui, F. (España).

«La inyectora San Román (según su uso) en España, Bélgica e Inglaterra».

3.º Derque, F. (España).

«Algunas contribuciones españolas para el progreso de la ingeniería de los suelos y cimentaciones».

4.º García Yagüe (España).

«Estudio de la influencia del yeso en la resistividad de las mezclas de arcilla y cemento».

5.º Vidal, M. (España).

«La importancia del terreno para las obras trascendentes en grado sumo si contiene yesos».

OBJETO DE LA INGENIERIA SEISMICA

Según el informe emitido por la Misión de la UNESCO para el estudio sísmico del Mediterráneo y el Oriente Próximo, el campo de la Ingeniería Sísmica comprende los cuatro objetivos siguientes:

A) *Medida de los movimientos del suelo causados por la acción de los terremotos.*— Se ha supuesto mucho tiempo que los registros de los sismógrafos contienen toda la información necesaria para los ingenieros, pero los sismólogos deben facilitar al ingeniero información sobre la posibilidad de que ocurran terremotos en un área dada y en un intervalo de tiempo, y otras mediciones adicionales deben ser realizadas por los ingenieros mismos. Para determinar las respuestas de una estructura a los efectos de un terremoto, debe conocerse la aceleración del suelo en función del tiempo. Esa información se obtiene mediante un instrumento llamado acelerógrafo.

B) *Propiedades de los materiales componentes de una estructura.*—La elasticidad, peso, ductibilidad, esfuerzo resistente, etc., son elementos que el ingeniero debe evaluar, así como los tipos y métodos usualmente empleados. Muchos materiales que son buenos para resistir cargas estáticas, no se comportan satisfactoriamente frente a los esfuerzos laterales dinámicos que producen los terremotos. Por eso se deben estudiar sistemas de refuerzo de tales materiales tradicionales o métodos de construcción que permitan económicamente una resistencia suficiente a los terremotos.

C) *Respuesta dinámica de las estructuras a los movimientos sísmicos.*—Una vez conocidas las características de los movimientos del suelo y las propiedades dinámicas de la estructural, hay que calcular los esfuerzos y deformaciones de la estructura a causa de los seísmos.

D) *Normas para construcción y sistemas de inspección.*—Esos códigos deben tener presente el deseo de un daño mínimo compensado con factores económicos; incluir los últimos resultados de los estudios teóricos balanceados con la facilidad de su aplicación; y la inclusión de una serie completa de tipos de edificios y estructuras en oposición con las ventajas de brevedad y de claridad.

RECOMENDACIONES PARA ESPAÑA POR LA MISIÓN DE LA UNESCO

La misión de la UNESCO para el estudio sísmico del Mediterráneo y el Oriente Próximo, emitió las recomendaciones siguientes para España:

1. Deben instalarse acelerógrafos en las áreas sísmicamente activas del país donde se realizan grandes construcciones; deben considerarse las localidades de las cercanías de Málaga, Granada y Alicante.

2. La Comisión de normas seismo-resistentes del Ministerio de la Vivienda debiera adoptar un código basado en el Uniform Building Code de USA, nuevo código francés (P. S. 62) o alguno similar moderno, con los coeficientes sísmicos especificados para varias regiones del país, de acuerdo con los mapas de intensidad sísmica existentes.

3. Los laboratorios de ingeniería de estructuras, en Madrid, deben empezar a investigar la resistencia de materiales y estructuras para cargas típicas de los terremotos. La instrucción sobre estructuras dinámicas e ingeniería sísmica debe incluirse en los programas de las Escuelas de Ingeniería Civil, y en los cursos de las Escuelas de Arquitectura se debe discutir sobre construcciones resistentes a terremotos.

SEMINARIO DE SEISMOLOGIA E INGENIERIA SEISMICA

Del 21 al 24 de mayo se celebró en Roma, el Seminario de Seismología e Ingeniería Sísmica, con la participación de 13 países y asistencia de 23 miembros.

Los temas tratados fueron: A) Seismología (Observatorios e instrumentos) ponente Bath.—B) Datos sísmicos (Tipos y condiciones de los mapas y estudios seismotectónicos) ponente Kaurose.—C) Ingeniería Sísmica (Sistema de cálculo y normas seismo-resistentes) ponente Clough.—D) Especiales (Problemas de formación y especialización de seismólogos) ponente Linehan.

REUNION DE LAS ASOCIACIONES DE SEISMOLOGIA Y FISICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA

Con motivo de la XIII Asamblea General del Neógeno Geodésico y Geofísico Internacional, que tendrá lugar en Berkeley (USA), del 15 al 31 de agosto de 1963, se celebrará la Reunión de esta Asociación, al mismo tiempo que en ella se estudiarán los siguientes puntos: A) Estudios sísmicos del manto superior. B) Estudio de la corteza terrestre para la propagación de ondas sísmicas. C) Ondas superficiales y oscilaciones libres de la Tierra. D) Intensidad y energía de los seísmos; unificación de las escalas de magnitud y de intensidad. E) Seismología planetaria, más especialmente propiedades sísmicas de la Luna, y procedimientos de estudio. F) Mecanismo en el foco de los seísmos; propiedades de series de réplicas; energía liberada; concentración de la actividad sísmica en ciertas regiones. G) Seismología experimental por explosión; diferencia entre los seísmos y las explosiones subterráneas; ondas sísmicas engendradas por las explosiones de elevada altitud. H) Estudios teóricos de la propagación de ondas sísmicas. I) Aplicación de los calculadores electrónicos al cálculo de los epicentros y de otros problemas seismológicos. J) Movimientos de mareas.

También con motivo de estas reuniones tendrá lugar el día 21 de agosto un simposium dedicado al estudio del manto superior terrestre.

VI CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS PIRENAICOS

Se ha celebrado en Pau y Lourdes del 11 al 16 de septiembre, participando en él más de 250 congresistas. Estos Congresos se celebran cada cuatro años, organizados por la Unión Internacional de Estudios Pirenaicos.

El Congreso tiene siete secciones: Geología y Geofísica; Meteorología, Edafología, Mineralogía, Botánica y Zoología; Antropología, Etnología y Prehistoria; Geografía y Economía; Arqueología, Arte, Historia, Derecho y Documentación pirenaica; Filología; Historia Literaria y Folklore pirenaico. Se presentó un número muy elevado de comunicaciones en cada una de las Secciones. El Congreso se desarrolló dentro de un ambiente de la máxima cordialidad entre colegas franceses y españoles, que desde 1950, fecha en que se celebró el Primer Congreso de Estudios Pirenaicos en San Sebastián, vienen trabajando en estrecha conexión para promover los estudios pirenaicos en los dos países.

L ANIVERSARIO DEL DESCUBRIMIENTO DE LA DIFRACCION DE LOS RAYOS X POR LOS CRISTALES

En Munich tuvieron lugar los actos conmemorativos del descubrimiento por Von Laue de la difracción de los rayos X por los cristales, durante los días 25 a 31 de julio. En la primera sesión, que fue dedicada a recordar los antecedentes y consecuencias posteriores del famoso descubrimiento, intervinieron distintas personalidades científicas y representativas del país donde tuvo lugar el acontecimiento, y a continuación se dio una serie de conferencias de tipo general por los más destacados especialistas en difracción de rayos X.

Los días siguientes se dedicaron a un Simposium sobre «Recientes avances en la investigación de estructuras cristalinas» y a un Coloquio sobre programación mediante calculadoras IBM, tipo 1620.

I REUNION NACIONAL DE GEOLOGIA

Con la participación de un nutrido grupo de geólogos extranjeros y españoles, ha tenido lugar en Oviedo, entre los días 15 a 27 de julio pasado, la I Reunión Nacional de Geología, organizada por la Facultad de Ciencias de la capital asturiana.

Las comunicaciones presentadas, durante las distintas sesiones, el atractivo de las bien seleccionadas excursiones y las documentadas explicaciones de los Profs. Llopis Lladó y Martínez Alvarez, durante los itinerarios realizados en estas últimas, han contribuido a mantener ininterrumpidamente el interés de cuantos hemos tenido el placer de asistir



Grupo de participantes durante una de las excursiones de la I Reunión Nacional de Geología.

a las jornadas de la Reunión, buena parte de cuyo éxito se debe, justificadamente, a la infatigable labor del Prof. Llopis Lladó al frente de la Comisión Ejecutiva.

Es de esperar que el magnífico precedente sentado por la I Reunión Nacional de Geología sirva de aliciente para que, en un futuro próximo, sean organizadas reuniones análogas que permitan el intercambio de los conocimientos adquiridos por quienes, interesados en los problemas geológicos de la Península, forzosamente deben limitarse a estudiar limitadas áreas de ella.

La I Reunión Nacional de Geología se ha desarrollado como exponemos sucintamente a continuación:

Día 15. Concentración de los participantes en la Facultad de Ciencias. Palabras de bienvenida y organización de las sesiones con intervenciones de los Sres. Llopis, Fourmarier, Pruvost y Almela Samper.

Por la tarde, inauguración de las sesiones científicas con la presentación de las siguientes

tes comunicaciones: 1. «Estudio geológico de la zona Poferrada-Tremor de Abajo (León)» por A. Almela Samper y J. del Valle de Iersundi. 2. «Contribución al estudio de la flora fósil de Tineo (Asturias)», por Concepción Álvarez Ramis. 3. «Structural Evolution og the Leonides in the Cantabric Mountains», por L. U. Sitter. 4. «Sobre la Paleotectónica hercínica de Asturias», por N. Llopis Lladó y «Sobre la estratigrafía y tectónica del borde E. del Naranco», por N. Llopis Lladó y R. Peláez Pruneda. 5. «Fusulinid correlations as an aid to the study og the Yuso group of the Carboniferous of N. E. León and N. W. Palencia», por A. C. van Ginke. 6. «El yacimiento de Trilobites del Cámbrico medio de Presa (Monte Pruida, Castropol, Asturias)», por B. Meléndez y I. Aserio Amor. «Un Euripterido nuevo del Westfaliense de Ablana (Mieres, Asturias)» y «Nuevo yacimiento de Trilobites del Cámbrico medio de Trevias (Luarca, Asturias)», por B. Meléndez. 7. «Lamprófidos mangerótico en un berrocal del río Espinarejo (Infiesto, Asturias)», por J. Mulas Sánchez. 8. ..., por J. Gómez de Larena.

Día 16. Excursión al Pto. de Pajares, para estudio del Westfaliense de la cuenca central asturiana, bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

Después del almuerzo, descenso hasta Budongo y Villamanín, a petición del Prof. De Sitter, para observación del Cámbrico y del frente del supuesto manto de Correcilla, donde la caliza de Lláncara se apoya horizontalmente sobre el Namuriense.

Día 17. Excursión al Cabo Peñas, para estudio del Cámbrico, Ordovicense, Devoniano y Carbonífero costeros, bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

Día 18. Excursión a Grado, La Cabruñana y Salas, para estudio del Devoniano, Ordovicense y Westfaliense, bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

Día 19. Simposio sobre el Carbonífero, en la Facultad de Ciencias, con presentación de la comunicación: 9. «Paleobotanical dating of Upper Carbonifrous folding phases in N. W. Spain», por R. H. Wagner. Y discusión general sobre el Carbonífero asturiano.

Día 20. Excursión a Las Nanas, Proaza y Pto. Ventana, para estudio de Siluriano, Devoniano y Carbonífero Inf., bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

Día 21. Excursión a Luarca y Boal, para estudio del Cámbrico y Ordovicense y del plutón granítico de Boal y sus yacimientos de wolfram, bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

Día 22. Continuación de las sesiones en la Facultad de Ciencias con presentación de las comunicaciones siguientes: 10. «Deux types faciel dans le Devonien des Montagnes Cantabriques», por Aárt Brouwer. 11. «Province ferro-magnésifère viséenne de la Mésogée du S. W.», por André Ovtacht. 12 «El borde meridional del macizo paleozoico astur en las proximidades de La Robla (León)», por V. Pastor Gómez. 13. «Rasgos geológicos de Galicia», por I. Parga Pondal. 14. «El borde hercínico en el N. E. de Galicia», por L. Sánchez de la Torre.

Día 23. Excursión a Soto, Chimillera, Rioseco, Arquero, Tarna y Torrasco, para estudio del reborde oriental de la cuenca hullera, bajo la dirección del Prof. Martínez Alvarez.

Día 24. Excursión a Cangas y Ribadesella, para estudio de la estratigrafía y tectónica de la rama N. de Asturias, bajo la dirección del Prof. Martínez Alvarez.

Día 25. Por la mañana, subida al Naranco, para estudio de su tectónica, bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

Por la tarde, continuación de las sesiones en la Facultad de Ciencias, con presentación del resto de las comunicaciones. 15. «Contribución al Carbonífero de la Provincia de Córdoba» (Yacimientos fosilíferos del Cerro de los Pradillos y del Santuario de Linares), por R. Cabanás. 16. «Contribución al estudio de la flora carbonífera del O. de Asturias», por Carmen de la Vega Rollán.

Conclusiones y resultados. Palabras del Prof. Fourmatier sobre su impresión con respecto a la estratigrafía y tectónica de la cuenca asturiana y discusión general.

Día 26. Excursión a La Espina, El Rodicoi, La Florida, Fuelo y Pola de Allande, para estudio del Estefaniense y del Precambriano, bajo la dirección del Prof. Llopis Lladó.

V. P.

PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE EL PLOMO

Durante los días 8 al 12 de octubre ha tenido lugar en Londres el Primer Congreso Internacional sobre el Plomo, en el que se han dado más de 250 delegados de 26 países.

El Sr. Stubbs, Director General del Lead and Zinc Development Association, en su charla de apertura del Congreso, dijo que los «stocks» de los productores de plomo de todo el mundo, habían disminuido de 413.000 a 355.000 toneladas, en el periodo de tiempo comprendido entre enero y julio del año en curso, aunque la producción está todavía a un nivel muy alto. Durante los últimos diez años el mundo ha consumido unos 22 millones de toneladas de plomo nuevo, cantidad igual a la consumida en los años comprendidos entre las dos guerras mundiales y mayor que el consumo total del siglo XIX. Año tras año el consumo mundial ha ido incrementándose, alcanzando en 1961 la cifra de 2.7 millones de toneladas de plomo refinado, siendo de esperar que este año superará de nuevo esta cifra. Los países recientemente formados y en vías de desarrollo, consumen menos de 100 gr. de plomo por persona y año, mientras que las cifras correspondientes a Inglaterra y USA son de 5 y 4 Kg. respectivamente. Mr. Stubbs terminó diciendo que aunque el plomo es uno de los metales más antiguos, todavía era de los más importantes y que estaba encontrando continuamente nuevas aplicaciones en la tecnología moderna.

El programa del Congreso incluyó numerosas visitas de gran interés, a diversas fundiciones, refinarias, fábricas de cables, y de baterías, así como al British Non Ferrous Metals Research Association y a las instalaciones de la U. K. Atomic Energy Authority.

CONFERENCIAS SOBRE INVESTIGACION Y PROSPECCION MINERA.

Con la cooperación del Instituto Geológico y Minero de España y la Escuela Superior de Ingenieros de Minas, se ha organizado un cursillo de conferencias y una exposición, ambos en este último Centro, con la colaboración del Bureau de Recherches Geologiques et Minières (B. R. G. M.), Compagnie Generale de Geophysique (C. G. G.) y Sofremines, del verino país francés.

Los actos, que tuvieron lugar durante el mes de octubre, comenzaron con un discurso inaugural del Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Prof. Jorissen, quien destacó que los técnicos que iban a participar en las reuniones, hablarían sobre la investigación minera y de aguas, destacando que ésta tiene cada vez más trascendencia en todas partes y desde luego en nuestro país, donde grandes regiones podrían transformarse si pudieran alumbrarlas para regadío e incluso son necesarias para el abastecimiento de la población. Las precipitaciones atmosféricas sobre determinadas zonas son siempre escasas y no hace falta insistir sobre la irregularidad después de un verano tan seco como el que se acaba de sufrir.

También manifestó que nos hablarían de investigación minera, tema de actualidad creciente, porque los yacimientos clásicos de minerales no férricos, ricos en su día, fueron

descubiertos con relativa facilidad por simple prospección que pudiéramos llamar visual, están agotados o se están agotando, como sucede, por ejemplo, con los plomos de Linares y La Carolina. Hoy día las explotaciones de yacimientos ricos se han sustituido por grandes masas poco mineralizadas, cuya localización se hace de manera muy diferente, acudiendo a todos los recursos de investigación que ofrece la técnica moderna. Pero donde adquiere más importancia esta investigación moderna y por procedimientos geofísicos, es en zonas poco conocidas, muy alejadas y donde lo que se llama prospección, directa o visual, tendrían dificultades insuperables. Así por métodos aeromagnéticos se han podido descubrir importantes yacimientos de minerales de hierro de gran riqueza, muy codiciados por las ventajitas que supone su tratamiento en las plantas siderúrgicas para aumentar el rendimiento del horno alto y disminuir el consumo de coque en el mismo, ventaja que compensa sobradamente el mayor costo de explotación y de transporte, debido a su alejamiento. Este es un hecho de gran trascendencia que para nosotros tiene el gran inconveniente de dificultar la explotación y venta de mineral de hierro, cuya ley sobrepasa poco el 50 por 100, mientras aquellos yacimientos africanos y americanos, dan un mineral con el contenido de 60 a 65 por 100 de hierro. Dentro de lo que son los métodos de investigación, ya se sabe que el descubrimiento de campos de petróleo está basado en la investigación geofísica como preliminar a toda campaña de los sondeos, que por supuesto, nada debe hacerse en este género de prospección por reconocimientos directos.

Por fin el ciclo de conferencias, tocará algunos temas de ingeniería civil, y a este propósito, que en España tenemos una gran especialidad en los trabajos geológicos y racionales con el aprovechamiento hidroeléctrico y en especial con el estudio de las rocas en que se estriban las presas de nuestros embalses.

Al final agradeció a los técnicos que intervendrían en el coloquio, las enseñanzas que difundirían.

D. M. Angel, hizo una presentación de en qué consiste las actividades de la B. R. G. M., el cual es un establecimiento público nacional francés de carácter industrial y comercial, y está encargado de promover la investigación y explotación del recurso del subsuelo con exclusión de los hidrocarburos.

En el campo de la hidrología realizan inventario de las reservas hidráulicas, así como el establecimiento de fichas y datos de fotos y forma los mapas isopiezométricos y de altura de agua disponible, efectuando también los estudios de las características hidrológicas de las capas

La entidad no sólo trabaja en Francia, sino en toda Europa, Asia, Africa, América y Oceanía.

El Ingeniero M. Castany desarrolló el tema «Investigación y explotación de las aguas subterráneas en zona árida». Dijo que los conocimientos de las reservas de agua superficiales y subterráneas, la valoración de sus reservas y su puesta en explotación racional son de una importancia capital para el desarrollo agrícola, económico e industrial de una región. Su explotación, sobre todo en las zonas áridas o en donde todas las reservas de agua deben ser utilizadas con un máximo de rendimiento, presentando problemas técnicos que los investigadores y las empresas que las financian en el curso de los últimos años las han abordado con método. Las aguas subterráneas representan una riqueza natural limitada, capital corrientemente constituido en el curso de numerosos millares de años y difícil de aumentar. Esta herencia debe ser administrada con prudencia.

Los resultados de los estudios geológicos e hidrológicos y el inventario de las reservas hidráulicas, permiten elaborar mapas de síntesis y de las características de los horizontes acuíferos, donde el conjunto constituye la cartografía de las aguas subterráneas. Permite el estudio de las capas a escala regional o global. Esta representación es la más importante, por que es el Mapa Morfológico de la superficie piezométrica del horizonte acuífero o mapa

de curvas isopiezas, son indispensables para el estudio de comportamiento de las capas acuíferas y para el establecimiento de un programa de trabajo y el estudio complementario.

Las características hidrogeológicas son determinadas por los estudios en laboratorio, y sobre todo por ensayos sobre el terreno, donde lo más corriente son los aforos sobre los pozos y perforaciones, y los cálculos de velocidades reales con los indicadores.

Los ensayos de aforos sobre los pozos o perforaciones por el método de equilibrio permiten determinar el consumo instantáneo. El gasto crítico y el rendimiento de la captación, en el instante en que se efectúa el experimento. Los resultados obtenidos no pueden ser aplicados a un periodo anual largo. Una explotación racional arrastraría, pues, ensayos repetidos a varios lugares de la capa acuífera, y más particularmente desde un nivel piezométrico mínimo. Por otra parte, obtendremos vagas indicaciones sobre las características hidrogeológicas esenciales, porosidad eficaz, coeficiente de permeabilidad, reservas. Los ensayos de aforo con piezómetros permiten calcular las características hidrogeológicas y las reservas explotables de los horizontes acuíferos.

La puesta en valor de una región necesita datos precisos sobre las investigaciones de aguas subterráneas y su explotación racional; ésta reposa sobre la ejecución de un estudio geológico racional. La experiencia adquirida permite conducir este estudio con método y un máximo de eficacia. La explotación, un estudio global de las capas acuíferas basado en el inventario de las reservas hidráulicas, que conducen a síntesis con objetivo esencial, la cartografía de las aguas subterráneas, implantada por ensayos de aforos, ejecutados en los puntos minuciosamente elegidos, lo que permite llegar a un creciente precio de las reservas en aguas subterráneas y fijar el programa nacional de su explotación. El Ingeniero Duprat desarrolló el tema «Los ejemplos de aplicación de la prospección geofísica de la investigación de aguas». Entre lo que presentó, figura el caso de aluviones descansando sobre un substrato arcilloso o calizo; el caso de una falla en el techo de formaciones calizas sobre-cementadas por arcillas y margas y la localización de formaciones de agua dulce, entre una zona salada y una región estéril.

A continuación los Ingenieros Terrier y Guerrier, consideraron el caso de una explotación minera, en la cual desarrollaron un estudio geológico de la misma y la manera de ponerla en valor y llevarla a una explotación racional. El Ingeniero Leveque, habló de la aplicación de la geología a la energía nuclear y a la ingeniería. De la ingeniería civil se refirió principalmente a los trabajos hidráulicos, y en cuanto se refiere a la ingeniería nuclear, a todo aquello íntimamente relacionado con la instalación de centrales nucleares, la utilización de las aguas subterráneas de sus inmediaciones, la prevención contra desplazamientos de terrenos y el posible alojamiento de los productos radioactivos que carezcan de interés nuclear.

Durante el curso hubo una nutrida asistencia de ingenieros y universitarios de todas las especialidades, los que felicitaron a los participantes de la misma, por sus interesantes disertaciones.

RESERVAS MINERAS

RESERVA EN LA PROVINCIA DE ALMERÍA

Por Orden del Ministerio de Industria, de 18 de junio de 1962, se ha resuelto: Ampliar en toda su extensión la Orden ministerial de 28 de marzo de 1962 a los yacimientos de espato fluor comprendidos en la zona reservada a favor del Estado de la Sierra de Gádor, de la provincia de Almería, según el perímetro que designa en la Orden ministerial de 21 de abril de 1955, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de fecha 27 del propio mes y

año. Mantener las restantes condiciones fijadas en la mencionada Orden ministerial por la que se estableció la reserva. Encomendar al Instituto Nacional de Industria la ejecución de las labores de investigación y, en su caso, explotación de la nueva sustancia reservada.

INVESTIGACION Y EXPLOTACION DE YACIMIENTOS DE CARBÓN RESERVADOS A FAVOR DEL ESTADO

Orden del Ministerio de Industria, de 21 de julio de 1962, por la que se encomienda al Instituto Nacional de Industria la investigación y, en su caso, explotación de los yacimientos de carbón en determinadas zonas reservadas de la provincia de Sevilla. Este Ministerio, a propuesta de la Dirección General de Minas y Combustibles, y de acuerdo con el informe del Instituto Geológico y Minero de España y el dictamen del Consejo Superior de Minería, ha resuelto Encomendar al Instituto Nacional de Industria la investigación, y, en su caso, explotación de los yacimientos de carbón que puedan existir en las zonas reservadas a favor del Estado, por Ordenes ministeriales de 7 de marzo de 1953 y 18 de diciembre de 1956, en la cuenca de Villanueva del Río y valle del Viar, respectivamente, de la provincia de Sevilla. Una vez realizada la investigación de las zonas mencionadas se delimitarán las áreas verdaderamente interesantes para su aprovechamiento, estableciéndose la reserva definitiva a favor del Estado y procediendo la Jefatura del Distrito Minero a su demarcación, previamente al comienzo de los trabajos de explotación.

PRORROGA DE LA RESERVA DE UNA ZONA DE LA PALMA (TENERIFE)

Por Orden del Ministerio de Industria, de 14 de septiembre de 1962, se prorroga la reserva a favor del Estado de los yacimientos de toda clase de sustancias, incluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en una zona de La Caldera de Taburiente, de la isla de La Palma (Tenerife), habiéndose prorrogado la de los yacimientos de toda clase de sustancias, en los propios términos que se indicaban en la Orden que estableció la misma.

Notas bibliográficas

CARTOGRAFIA

F. MACAU VILAR y O. RIBA ARDERIU: *Situación, característica y extensión de los terrenos yesíferos en España*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre de 1962.

Tras una introducción sobre el interés e importancia que el conocimiento de la situación, características y extensión de los terrenos yesíferos tienen tanto para los científicos en general, como para los técnicos de muchas especialidades y en particular los proyectistas y constructores de obras, presentan los autores un mapa a escala 1:1.000.000 de España, con la situación de dichos terrenos, sobre un fondo tomado del mapa de la misma escala del Instituto Geológico y Minero.

La distribución y presentación de éstos, se ha hecho atendiendo a criterios de extensión, cuantitativos, tectónicos y cronológicos, explicando las normas seguidas para la confección del mapa.

Se detallan las características estratigráficas de las diversas formaciones yesíferas españolas en el Triás, en los terrenos terciarios y en los cuaternarios.

Se dan algunas valoraciones numéricas sobre la extensión absoluta y relativa de los afloramientos yesíferos en las diversas provincias del país.—L. F.

MACAU VILAR, FEDERICO: *Transformación de mapas teóricos en mapas de aplicación*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G) 59, páginas 225-242, 1961.

Expone el autor el interés que encierra poder dar para una región cualquiera no sólo el Mapa Topográfico y Geológico, sino también el de Materiales de Construcción, el de Caracteres Hidrológicos y el de Excavaciones y Cimientos.

Para la confección de estos mapas de geología aplicada, es necesario establecer previamente una clasificación que se detalla en el texto; así para el de «Materiales de Construcción» se hace la distinción de quince grupos de materiales; para el mapa de «Caracteres hidrológicos» se clasifican los terrenos en ocho grupos, dando para cada uno sus características hidrológicas con relación a la cantidad de agua que pueden proporcionar, al tipo de rocas que lo constituyen, productividad de pozos y manantiales, y calidad del agua proporcionada, y para el «Mapa de Excavaciones y Cimientos» se clasifican los terrenos en doce grupos según sus resistencias para las cimentaciones y por los caracteres que ofrecen para su excavación.

Acompañan el trabajo a título de muestra dos series completas de estos mapas de geología aplicada, una correspondiente a los alrededores de Salamanca y la otra a Boñar, para cuya confección se ha partido del Mapa Topográfico del Instituto Geográfico y Catastral a escala 1/50.000.—L. F.

CRIADEROS

SANDIER, J.: *Mise en valeur des gisements métallifères. Estimation «Exploitation» Traitement des Minerais.* Prefacio del Prof. L. Neltner. Editeurs, Masson et Cie. Un volumen de 150 págs. con 80 figuras, cuadros (18.0 × 25), 1962.

Teniendo en cuenta que con el avance de las ciencias geológicas y de las técnicas mineras, cada vez se ha de ir más a la especialización, y que ya se da el caso, tanto en Francia, como en nuestro país y en otros que van al frente de la minería y la geología, la tendencia a conceder los títulos de doctores en geología en las Universidades y de ingenieros de minas en las Escuelas técnicas, el autor apreció la necesidad de editar un manual que pudiese poner al geólogo al corriente de los conocimientos mínimos para poder apreciar la importancia económica e industrial de un criadero que ha descubierto, y al minero recordarle los conocimientos adquiridos en la Escuela.

La obra está dividida en seis capítulos: 1.º Investigación minera y reservas, en el que se trata de la definición de mineral y de yacimiento; las etapas de la investigación minera, sus medios; nociones de las reservas.

2.º Estimación de los criaderos minerales, en el cual se dan normas para el desmuestre; las técnicas de valoración y el planeamiento de la valoración por sondeos.

3.º Los métodos de explotación en las minas metálicas, donde trata de los filones subverticales poco potentes; de las capas horizontales o subhorizontales poco potentes y de los filones potentes y masas; las explotaciones a cielo abierto, finalizando con el ejemplo de organización de una mina.

4.º La concentración física de los minerales; comienza por la trituración, molienda y cribado; el movimiento de sólidos en los fluidos; la clasificación, la separación de líquidos densos; las cribas de pistón, las mesas de sacudidas, los ciclones, la flotación, el estriado radiactivo, las técnicas de representación de las operaciones de concentración de minerales; concentración química y metalúrgica de los minerales desde el punto de vista de obtención del metal.

5.º Datos de economía minera; el cual comienza con unas ideas sobre precios de coste de las investigaciones, explotación y tratamiento; coste del transporte de minerales; mercados de minerales y concentrados, así como su posible estudio de la evolución con el tiempo.

6.º Referencias de la legislación minera francesa y disposiciones de seguridad.

Todos los capítulos se complementan con una amplia información bibliográfica, y en varios se dan ejemplos interesantes de la aplicación de lo que en los mismos se expone.

La obra a que nos referimos es, como dice su prologuista, «un instrumento útil» y dada la orientación de la información de los geólogos universitarios de nuestro país, la consideramos indispensable para todos aquellos que se dedican a estudios geológicos desde el punto de vista de un posible interés minero.—L. DE A.

CRISTALOGRAFIA

AMORÓS J. L. y CANUT M. L.: *El polimorfismo del nitrato amónico.* «Bol. R. Soc. Hist. Nat.» (G), núm. 60, págs. 15-40, 1962.

Se estudia con detalle las transformaciones polimórficas que se presentan en el NO_3NH_4 . El NO_3NH_4 funde a los 170° C. y presenta por debajo de esta temperatura los cambios de fase a presión de una atmósfera y en función de la temperatura.

Describen los autores las estructuras cristalinas de las distintas fases del nitrato amónico en función de la temperatura: la fase I estable entre 125° y 160° C., es cúbica; la fase II estable entre 125° y 84,2° C., metaestable hasta 50° C., es tetragonal; la fase III estable entre 84,2° y 32,3° C. tiene simetría rómbica; la fase IV estable entre 32,3° y -18° C. es estable a temperatura ordinaria, y la fase V es estable por debajo de -18° C.

Se hace un estudio de las variaciones de las propiedades físicas en las distintas fases sólidas del NO_3NH_4 .

El conocimiento de las estructuras de las diferentes fases del nitrato amónico ha permitido establecer las relaciones existentes entre propiedades ópticas y estructura de este nitrato.—L. F.

AMORÓS J. L., RIAÑO E. y ALONSO J. J.: *La formación de triquitos y otras particularidades de crecimiento en el fosfato monopotásico.* «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), 59 págs. 57-166, 1961.

En el presente trabajo se estudian con detalle al microscopio electrónico las figuras de corrosión de un cristal de PO_4HK_2 crecido rápidamente; también se estudian distintas formaciones de triquitos. Las figuras de corrosión y la formación de triquitos confirman la complejidad del crecimiento del fosfato monopotásico.—L. F.

AMORÓS, J. L.: *Notas sobre la Historia de la Cristalografía y Mineralogía. II. El «Lapidario» de Alfonso X el Sabio.* «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), 59, 131-155, 1962.

Se comenta el «Lapidario» de Alfonso X el Sabio, que contiene la descripción de más de 300 piedras. El «Lapidario» es un tratado de mineralogía práctica, en el que se hallan todas las ideas tanto sobre el origen, como la naturaleza y propiedades de las piedras que se conocían en el siglo XIII.

El libro incluye no sólo minerales, sino también metales, rocas, coral, algas e incluso cálculos renales.

Se presentan en este trabajo una serie de minerales con sus descripciones según el «Lapidario», que resultan curiosas en la actualidad al ver las propiedades que se le atribuyen y los fines a que se destinaban.

Varias fotografías de las letras capitales del manuscrito nos dan idea de la importancia que concedió a las piedras Alfonso X el Sabio.—L. F.

HOYOS, A. y DELGADO, M.: *Influencia del tratamiento térmico en las serpentinas del Barranco de San Juan.* «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), 59, págs. 173-190, 1961.

Se estudian con Rayos X y microscopio petrográfico las fases de transformación térmica (olivino estatita) de cuatro variedades de serpentina del Barranco de San Juan (Sierra Nevada, Granada) y se observa que el hábito y tamaño de las partículas no parece tener influencia en la temperatura de aparición de las nuevas fases de transformación térmica, que la deshidratación de las serpentinas se produce tanto más completamente a baja temperatura cuanto menor es el tamaño de la partícula.—L. F.

GEOGRAFÍA FÍSICA

HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: *La pequeña cuenca glaciar de la Peña de Lusa en la cordillera cantábrica (Santander)*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), 59, págs. 191-205, 1961.

Se describe aquí un pequeño glaciar de circo de la cordillera cantábrica; llama mucho la atención su existencia debido al aislamiento y altitud que se encuentra, pues esta última es de 1.562 metros y los glaciares que se desarrollaron en las zonas de alrededor, estaban en altitudes superiores a los 2.000 metros; esto plantea un problema en relación con su existencia, que sólo se puede explicar atendiendo a la configuración del terreno, características climáticas locales en la época del glaciario y especial orientación de esta cuenca, puntos en los que se apoya el autor para demostrar que en efecto existió dicho glaciar.—L. F.

GEOLOGÍA

O. RIBA y M. R. LLAMAS.: *Canal de Lodosa-Presa de Aloz*. I Coloquio Internacional sobre las obras públicas, en los terrenos yesíferos. «Servicio Geológico de Obras Públicas» 34 págs. Madrid, 21 septiembre 1962.

La excursión número 3 tiene por objeto visitar las zonas del canal de Lodosa y del embalse de Aloz, afectadas por los terrenos yesíferos.

El canal de Lodosa, que se desarrolla en sus primeros kilómetros sobre los terrenos yesíferos del Oligoceno superior, presenta varios problemas en los tramos a media ladera.

La presa de Aloz está ubicada en unas calizas del Eoceno. En las proximidades del estribo derecho, el vaso del embalse afecta unos terrenos yesíferos, a través de los cuales se han producido, en distintas épocas, ciertas filtraciones que han requerido tratamientos especiales.

Acompañan al trabajo un mapa de los límites aproximados de los yesos terciarios de la Cuenca del Ebro, un esquema geológico de los terrenos terciarios de la zona occidental de la Depresión del Ebro, y un esquema de la situación de las principales averías del túnel número 1 del Canal de Lodosa.—L. F.

HERNÁNDEZ-PACHECO, F. y MACAU VILAR, F.: *Descripción Geográfico-Geológica del itinerario Madrid-Cádiz por la C. N. II* (Km. 0 al 691). Publicado en el «Boletín núm. 13 del Servicio Geológico de Obras Públicas», 113 págs., Madrid, agosto 1962.

En este libro, nos hacen una descripción detallada del itinerario por carretera Madrid-Cádiz, (del Km. 0 al 691).

El recorrido lo dividen en seis partes: Madrid-La Guardia, La Guardia-Santa Cruz de Mudela, Santa Cruz de Mudela-Guarrromán, Guarrromán-Córdoba, Córdoba-Sevilla y Sevilla-Cádiz. En cada una de estas partes explican los autores, la geología de los terrenos por los que se pasa y se detienen en comentar detalles de interés como la aparición de utensilios de piedra en las terrazas del Manzanares, de figuras votivas en la Cueva de los Muñecos, de Despeñaperros; la construcción de viviendas en La Guardia, excavadas en el terreno margoso teniendo el exterior sólo la fachada... etc.

El estudio geológico, amenizado con una bonita descripción del paisaje y flora de los

terrenos que se recorren, una colección de fotografías, abundantes, significativas, y buena presentación, hacen de la obra un libro muy interesante incluso para los profanos de geología.—L. F.

HERNÁNDEZ-PACHECO, F. y MACAU VILAR, F.: *Descripción Geográfico-Geológica del itinerario Madrid-Zaragoza por la C. N. II* (Km. 0 al 320). Publicado en el «Boletín núm. 14 del Servicio Geológico de Obras Públicas», 141 págs., Madrid, septiembre 1962.

Recorremos con este libro, la carretera que une Zaragoza a Madrid, se atraviesan regiones con amplias zonas de acusada aridez, en las que la geología puede apreciarse con todo detalle.

Se divide el recorrido en siete etapas que dan origen a sus respectivos capítulos, a los que se hace alusión, unas veces a los castillos inmediatos a la carretera, casi destruidos en la actualidad, otra a las pequeñas huertas, algunas al bosque en zonas de recién repoblación, y en muchas ocasiones a las zonas de secano.

La geología de cada tramo está tratada con todo detalle; varios esquemas gráficos bonitas fotografías, hacen comprensible la descripción de ambientes y paisajes, y sencilla interpretación de determinados fenómenos geológicos.—L. F.

CAMPOS GUERTEA, V. y MACAU VILAR, F.: *Canales del Guadalquivir y Canal del Bajo Guadalquivir*. I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en los terrenos yesíferos. «Servicio Geológico de Obras Públicas», 17 págs. 17, Madrid, 21 septiembre de 1962.

A los canales de Guadalquivir y del Bajo Guadalquivir, es la primera excursión del Coloquio; ambos canales atraviesan terrenos yesosos, algunos trozos en contacto directo con estas formaciones y otros sobre terrenos que aun no siendo yesíferos están en íntima relación con aquéllos. En casi toda la zona recorrida por los canales se encuentran en superficie las arcillas margosas yesíferas del Triás, que quedan a veces cubiertas por los materiales margoso-arcillosos del Terciario inferior, especialmente del Oligoceno.

Se describe con detalle el Túnel de la Cuesta del Infierno, la zona de La Batida, terraplén de Spinola y el trozo de Rajamancera. Acompañan a este libro guía dos cortes esquemáticos en relación con los canales de la margen izquierda del Guadalquivir en las cercanías de Jerez de la Frontera y un esquema, de la sección tipo, para canal en trinchera en terrenos yesosos (canales de Guadalquivir). Se adjunta un plano geológico de la zona comprendida por estos canales, donde se indica con línea de puntos los tramos construidos en yesos y con línea continua los construidos en cualquier otro tipo de terreno.—L. F.

O. RIBA y M. R. LLAMAS.: *Canal de Aragón y Cataluña. Canal de Enlace del Embalse Santa Ana*. I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en los terrenos yesíferos. «Servicio geológico de Obras Públicas», 25 págs. Madrid, 27 septiembre 1962.

La excursión número 2 tiene como finalidad la visita de algunos tramos del Canal de Aragón y Cataluña, y de su Canal de Enlace con el Embalse de Santa Ana (Río Noguera-Ribagorçana).

El Canal de Aragón y Cataluña atraviesa en su recorrido terrenos yesíferos de diversidad y naturaleza; el Canal de Enlace cruza en su primera parte un afloramiento de yesos triásicos.

En este libro, al principio se da una breve síntesis de la geología del Ebro, a continuación se describe con más detalle la de los terrenos por los que pasa, y finalmente se hace referencia a las características constructivas de las obras que se visitan, a las averías producidas y a las soluciones adoptadas en cada caso.

Acompañan al trabajo unas figuras donde se ve con detalle el revestimiento de hormigón y arcilla, en el kilómetro 24 del Canal de Aragón y Cataluña, el revestimiento de cubeta armada en la zona Albelda del mismo canal, y la sección sobre bovedillas del Canal de Enlace del Embalse de Santa Ana con el Canal de Aragón y Cataluña.

Contiene también el libro-guía, un plano de los límites aproximados de los yesos terciarios de la Cuenca del Ebro y un Mapa Geológico de la zona regada por el Canal de Aragón y Cataluña.—L. F.

RIBA, O. y LLAMAS, M. R.: *Canal Imperial de Aragón*. I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en los terrenos yesíferos. «Servicio Geológico de Obras Públicas», 19 páginas, Madrid, 29 de septiembre de 1962.

La excursión número 4 tiene por objeto la visita al tramo final en las inmediaciones de Zaragoza, del Canal Imperial de Aragón. Este canal, es uno de los más antiguos de España, ha sufrido numerosas perturbaciones en sus veinte últimos kilómetros por causa de los terrenos yesíferos que atraviesa.

El Canal Imperial corre paralelo al Ebro por su margen derecha, en cuya margen a la altura de Zaragoza, existen tres niveles de terrazas: la inferior, cubierta por las edificaciones, éstas entre 10 y 15 metros sobre el nivel del río; en las inmediaciones del Canal, a su paso por la capital, se observa la terraza media a unos 65 metros sobre el río.

Se describen las averías producidas y las soluciones que se han adoptado en cada caso. Acompaña al libro-guía un mapa, en el que se hacen destacar los límites aproximados de los yesos terciarios de la Cuenca del Ebro.—L. F.

RIBA, O. y LLAMAS, M. R.: *Canales de La Violada, Los Monegros y Flumen*. I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en los terrenos yesíferos. «Servicio Geológico de Obras Públicas», 23 páginas, Madrid, 29 de septiembre de 1962.

La excursión quinta del Congreso es a los canales de La Violada, Los Monegros y Flumen para estudiar sus características litológicas. Los sedimentos de esta zona se atribuyen al relleno final de la Depresión del Ebro; parte del trazado de estos canales está sobre los yesos miocenos que rodean a Zaragoza. Un tramo del Canal de Los Monegros va en la zona de transición de facies y los yesos están interestratificados con arcillas y margas que, algunas veces son arenosas.

Se estudian también las características constructivas y las averías producidas en estos canales, indicándose las soluciones adoptadas en cada caso.

Acompañan al trabajo un mapa de los límites aproximados de los yesos terciarios de la Cuenca del Ebro y un mapa geológico de los terrenos próximos a los canales de Los Monegros y La Violada.—L. F.

PÉREZ MATEOS, J., CAVALÁN, J. y ALONSO, J.: *Yesos en la cuenca del Ebro*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos, Madrid, septiembre de 1962.

Se está procediendo en el Instituto de Edafología, al estudio sedimentológico de diversas formaciones terciarias del valle del Ebro; aunque no se recogieron muestras de las zonas

evaporíticas, se recogieron muestras en las que se encontraban presentes yesos. Conociendo la importancia que las formaciones yesíferas alcanzan en aquel valle, procedieron a aislar en aquellas veintidós muestras, los ejemplares de yesos más limpios con objeto de determinar las sales solubles en ellos, el pH, y sobre todo la presencia de cloruros, ya que creen, después de verificado este estudio, que son precisamente estos últimos los determinantes de muchas acciones asignadas exclusivamente a los sulfatos contenidos en las aguas selénicas.

VIRGILI, C.: *Los nitratos salinos del Triás del nordeste de España*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos, Madrid, septiembre 1962.

Los terrenos triásicos se hallan representados en este sector en dos zonas características muy diferentes. Uno, en el Pirineo, donde el Triás forma una serie de manchones alargados que se extienden de Este a Oeste al pie de la zona axial. Otra, en los Catalanides, donde este nivel constituye una banda casi continua desde el pie del Montseny hasta el Ebro.

En el Triás pirenaico, prácticamente el único nivel salífero es el Keuper, ya que el Muschelkalk, cuando existe, está representado por una sola barra caliza y el Triás inferior por una serie detrítica aparentemente continua con el Pérmico. Las sales, yesos principalmente y, en pequeñas cantidades, sal común, se hallan dispuestas en lentejones irregulares que han sido además muy tectonizados. En la parte alta del Buntsandstein existen indicios de yesos.

En los Catalanides del Keuper se presentan unas características análogas, así como en el Buntsandstein, excepto en su continuidad con el Pérmico, que aquí no existe. Lo más interesante es la existencia de una intercalación roja detrítica en el Muschelkalk medio, que es especialmente rica en yesos.

En realidad, todos los sulfatos parecen haberse depositado en forma de anhídrita, y el yeso correspondería por tanto a una hidratación posterior. Se revisan las posibles hipótesis sobre la génesis de estos depósitos de sales en la vista de los modernos datos suministrados por la Geología submarina.

RIBA, O. y LLAMAS, M. R.: *Los terrenos yesíferos triásicos y terciarios de las proximidades de Estada (Huesca)*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos, Madrid, septiembre 1962.

Tiene por objeto este trabajo estudiar las relaciones existentes entre un diapiro de materiales triásicos y las rocas terciarias que le rodean.

El diapiro tiene aproximadamente forma circular y un diámetro de unos dos kilómetros. Los materiales predominantes son margas y yesos, aunque contiene también algunos afloramientos de calizas triásicas y cretáceas. Buena parte del diapiro está cubierta por aluviones cuaternarios.

Las rocas encajantes son areniscas y conglomerados terciarios con disposición horizontal o suavemente inclinada; excepto en la zona inmediata al diapiro, donde estas rocas detríticas pasan a ser yesos detríticos o de precipitación química. Estos materiales yesíferos proceden del diapiro y demuestran que éste ha tenido varias etapas de extrusión.

La deformación de los materiales cuaternarios que descansan sobre el diapiro demuestra que su movimiento todavía no ha cesado.

SÁENZ GARCÍA, C.: *Los yesos de las facies veáldica española*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre 1962.

Además de la presencia ya clásica de la sedimentación yesífera en el Keuper, el Paleógeno y el Mioceno españoles, pueden también aparecer y de hecho aparece, la roca selenitosa en otras formaciones continentales de nuestra nación con potencia y volumen dignos de ser tenidos en cuenta. Tienen relativa importancia los de la facies veáldica.

En la España xerófila o seca, dichos afloramientos locales son manifiestos y conocidos; en la España hidrófila o húmeda, se ocultan por debajo de la vegetación natural y del cultivo, y pueden proporcionar sorpresas desagradables al constructor.

El proyectista, ante la presencia de estos terrenos, en tales zonas, debe estar prevenido de sospecha. La detección de la roca selenitosa a juicio del autor es más fácil por el procedimiento directo de los sondeos, que por la prospección geofísica.

AGUILA, A. DEL: *Exploraciones recientes en el subsuelo yesífero de Madrid (capital)*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre 1962.

Los sondeos efectuados y en ejecución en un perfil longitudinal al río Manzanares, muestran la amplitud de las margas yesíferas miocenas y limitan su contacto con las capas arcillo-arenosas.

La profundidad alcanzada con los reconocimientos, ha permitido localizar a 150 m., un nivel freático con presión suficiente aun para aflorar con más de una atmósfera; esta capa acuifera está con frecuentes vetas de cloruro sódico, que aparecen a partir de aquella profundidad.

«Revista GEA», núm. 1, octubre 1962.

Los estudiantes universitarios de Ciencias Geológicas de España, iniciaron en el mes de octubre la publicación de la revista denominada «GEA».

En la portada se presenta una interesante y artística fotografía del Prof. Hernández-Pacheco. Comienza el número con la presentación acostumbrada de los primeros números de las revistas a la que siguen noticias de las reuniones celebradas o a celebrar.

Una felicitación del Decano de la Facultad de Ciencias de Madrid, precede a un interesante y muy ponderado artículo del Dr. F. Hernández-Pacheco, sobre «La Geología y los geólogos»; una serie de notas de interés de los alumnos; una entrevista del ingeniero de Minas y Prof. de la Escuela de Ingenieros don Ruperto Sanz, sobre el papel de los geólogos universitarios en las empresas y principalmente en la CAMPESA; un comentario sobre la enseñanza de la Geología en Francia; un comentario sobre el proyecto «Mohole», terminando con la transcripción de una entrevista del maestro de geólogos don Eduardo Hernández Pacheco, hacia el que todos sentimos gran admiración.

Se dan una serie de informaciones sobre los campamentos de geología organizados por la Sección Geológica de Madrid, la de Oviedo, y la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid.

Felicitemos al grupo de estudiantes que tuvo el acierto de crear esta revista, a la que deseamos toda clase de prosperidades, y que de curso en curso aumente su difusión entre quienes cultivan la geología.—L. DE A.

SÁENZ AMOR, E.: *Estudio granulométrico de los arenales de la Ría de Vigo*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», (G.), 60, págs. 77-92, 1962.

Este trabajo es continuación de uno anterior en que se estudia la morfología de los materiales de la Ría de Vigo. El estudio granulométrico se realiza por tamizado sobre 50 gramos de cada muestra, previamente lavada; se trazan los polígonos de frecuencia y las curvas acumulativas de cada muestra, y a partir de estas últimas se determinan los parámetros estadísticos.

El autor comenta uno a uno los depósitos costeros de la orilla S. y de la orilla N. e intercala un apartado que dedica a la variación del porcentaje de carbonatos.

La superposición de las curvas de probabilidades de estos sedimentos ha hecho que sea necesario agruparlos en tres familias: familia A, con curvas poco incurvadas, ricas en elementos gruesos, con materiales poco desgastados procedentes de la Ría; familia B, curvas de punto de inflexión, muy marcado, corresponden a los materiales finos, muy desgastados, y familia C, formada por material grueso, con puntos de inflexión poco marcados o inexistentes.—L. F.

HERNÁNDEZ-PACHECO, F. y ASENSIO AMOR, I.: *Materiales sedimentario sobre la rasa cántabrica III. Tramo asturiano comprendido entre Santiago de Villapedre (Navia) y Cadavedo (Luarca)*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», (G.), 59, págs. 207-223, 1961.

El tramo de la rasa litoral que se estudia, está en formaciones del Paleozoico inferior, fundamentalmente pizarrosas; se ha discutido mucho su origen, pues faltan los depósitos típicos de playas levantadas, pero aparecen cantos rodados de cuarcita colgados sobre el nivel del mar a diferentes altitudes. Realizados los estudios que se explican en este trabajo, se ha podido comprobar que se localizan estos depósitos de cuarcita, en las desembocaduras de los ríos principales; en algún caso estos antiguos depósitos fluviales fueron afectados por la erosión marina al ser invadida la rasa por el mar, y un descenso eustático de las aguas hizo que dichos materiales quedasen colgados con características de acuada erosión marina, por lo que la mayoría de los especialistas desconocen el origen continental de esta rasa y creen que su formación es debida a la abrasión marina de la época cuaternaria.—L. F.

HERNÁNDEZ-PACHECO, F. y ASENSIO AMOR, I.: *Materiales sedimentarios sobre la rasa cántabrica. IV. Tramo comprendido entre Santiago de Villapedre y el valle del río Porcia*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), 60, págs. 65-76, 1962.

Se estudia un conjunto de depósitos que contienen gravas de tamaño medio y menudo; el material representa un nivel típico de terraza fluvial. Se da un cuadro de valores de índices morfométricos de cantos rodados para las muestras procedentes de Porcia, Frejufe, Navia, Aslas, San Cristóbal y La Caridad; otro cuadro de índices y parámetros granulométricos y dos diagramas uno de Tricart de los depósitos de cantos de los diferentes yacimientos, y otro de Carvalho en relación con la dispersión de partículas.—L. F.

ROUVE, A. H.: *Sedimentology of some flysch deposits*. «Elsevier Publishing Company Amsterdam-New York», 168 páginas, 1962.

Se da una descripción de un método de estudio con representación gráfica; el método ha sido ensayado en depósitos de flysch del S. de Francia, concretamente en la zona de

Peira-Cava y es aplicable tanto a fósils como a sedimentos recientes. Se acompaña una relación de estudios efectuados en depósitos de Alemania, Suiza, Italia, Francia, Bélgica y Países Bajos.

Contiene el libro una gran riqueza informativa concerniente a la turbulencia de los Alpes marítimos. Otra faceta interesante de la obra es el glosario de más de 100 términos sedimentológicos.

Acompañan a este tratado una amplia lista bibliográfica, y una buena colección de fotografías, esquemas y cuadros.—F. M.

BRavo, T.: *El Circo de Las Cañadas y sus dependencias*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), 60, págs. 93-108, 1962.

La Isla de Tenerife, como el resto de las Canarias, forma un edificio volcánico de origen pre-Terciario.

Las «Calderas» del archipiélago canario son las depresiones crateriformes circulares u ovaladas, cerradas en todo su perímetro por elevadas paredes. La Isla de Tenerife es de aspecto piramidal con base triangular; esta pirámide se trunca a una altura media de 2.400 metros, donde aparece una depresión calderiforme rodeada en sus dos tercios por una pared o escarpe acantilado formando lo que se llama Las Cañadas.

La impresión que se saca a primera vista del Circo de Las Cañadas, es la de un enorme cráter o hundimiento de una superestructura montañosa que existió sobre él. Algún autor pensó que esta caldera tenía origen erosivo, y en fechas más recientes se describe como originada por grandes explosiones y salida de materiales interiores que motivaron el hundimiento de sus paredes; estas hipótesis no concuerdan con las conclusiones obtenidas por el autor al realizar una investigación subterránea, que ha podido ser realizada gracias a la cantidad tan grande de galerías que horizontalmente penetran desde las laderas hacia el interior de la isla.

En la investigación del subsuelo, se estudia el Bloque de Tigaiga entre Las Cañadas y el mar; el Valle Guancha-Icod entre el Teide y el mar, y la Fosa-Valle de La Orotava; se dan secciones verticales detalladas de los tres y se acompañan con otros dos cortes verticales de la Isla de Tenerife. En la base de todos estos cortes el autor sitúa un «fanglomerado» compuesto de una masa arcillo-arenosa donde están englobados en completo desorden bloques de roca de todos los tamaños y grandes troncos de árboles carbonizados, algunos varios metros de largo y hasta de un metro de diámetro; se calcula que el espesor de esta formación es superior a los 350 metros. La temperatura del agua alumbrada en esta pasta arcillosa, varía entre 25 y 35 grados.

La presencia de este subsuelo fanglomerático, se interpreta como una consecuencia de explosiones gigantes que destruyeron una estructura que se elevaba en el centro de la isla.

Se expone a continuación la historia tectónico-geológica de la zona central de la Isla de Tenerife en ocho apartados, recompuesta gracias a los estudios subterráneos realizados; se parte de una estructura compuesta de viejos basaltos descansando sobre diabasas pre-Terciarias, en cuya superficie estaban los bosques de Lauráceas, Eriáceas y Coníferas que aparecen en el «fanglomerado», y se termina con la actividad de las erupciones basálticas.—L. F.

GEONUCLEÓNICA

KAZIMIERZ PRZEWOŁOCKI, WILLELM MAGDA, HERMAN H. THOMAS y HENRY FAUL: *Age of some granitic rocks in Poland*, «Geochim. et Cosmochim.», Acta XXVI, 1069 a 1075, octubre 1962.

Por medio de las técnicas K/Ar y Rb, Sr han determinado la edad de las rocas graníticas de los plutones de Karkonosze y Kudowa en el sur-oeste de Polonia, habiendo encontrado valores del orden de los 320 m. de a., lo que indica que estas muestras pertenecen al complejo hercimiano central y occidental de Europa. Una muestra profunda del basamento cristalino, cerca de Eelk (Lyck), del N. de Polonia, da también una edad hercimiana de 320 m. de a., pero otros dos basamentos cerca del nordeste de Polonia dan unos 1.400 m. de a. El límite O. profundo del escudo ucraniano, presumiblemente se extiende por el NO. de Polonia.—L. DE A.

ROYAL R. MARSHALL: *Cosmic radiation and the K^{40} - Ar^{40} «ages» of iron meteorites*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», XXVI, págs. 981 a 982, octubre 1962.

La edad por la técnica potasio-argón, determinada por Stonner y Zähringer para los sideritos es del orden de 5.0 ± 0.5 aeones. Para los sideritos con moderadas o elevadas concentraciones de He^3 , el Ar^{40} originado por reacciones nucleares y el producido por la desintegración del K^{40} puede calcularse con precisión (puesto que la edad de los meteoritos es conocida) y su suma comparada con el Ar^{40} medido. El neón y el argón cosmogénicos predominan en las inclusiones de troilita y schreibersita de los sideritos. El acrecentamiento de estos elementos parece ser debido a la interacción de los rayos cósmicos con elementos con masas atómicas inferiores al hierro, como cloro, azufre y fósforo. No obstante, el autor considera que la explicación del origen de todo el Ar^{40} de los sideritos de Toluca y Cañón del Diablo, es más complicada que lo indicado.

La relación K^{39}/K^{40} del recubrimiento potásico del siderito del Cañón del Diablo, difiere por lo menos en 2 por 100 de la terrestre del potasio, pero concordante con la baja edad por radiación deducida por Fischer y Schaeffer para ese meteorito de 0.145 aeones.—L. DE A.

GEORGE JURAIN: *Contribución a la connaissance géochimique des familles de l'uranium-radium et du thorium dans les Vosges meridionales. Application de certain resultats en prospection des gisements d'uranium*. «C.E.N.», núm 2.154, 1962.

Esta tesis tiene por fin un conocimiento lo más preciso de la geoquímica y de la geonucleónica de las familias del uranio y radio, y de la del torio en los Vosgos Meridionales, y aplicación de los resultados a la prospección de las yacimientos uraníferos. Sus conclusiones ponen en evidencia: 1), un enlace calcio-magnésico y uranio-torio en los granitos calcoalcalinos; los minerales con cantidades elevadas de uranio y torio son la hornblenda, la biotita, el esfena y el epidoto; 2.), una concentración actual del uranio en desequilibrio secular en una zona terminal, donde las mineralizaciones satélites constituyen una paragénesis epitermal; 3.), un desequilibrio de la familia uranio-radio en estos minerales supergénicos del plomo (fosfatos y vanadatos) procedentes de las situaciones actuales del uranio; 4.), una

relación entre la ley en radon de las aguas de las fuentes y las de uranio y radio de las rocas, esta relación permite realizar un método de prospección fundado en la valoración del gas radiactivo de las aguas de las fuentes frías y de una zona cualquiera.—L. DE A.

W. GAST, PAUL.: *The Isotopic Composition of Strontium and the age of Stone Meteorites* I. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», vol. 26, págs. 927 a 943, agosto 1962.

Estudia nuevas medidas del contenido de rubidio y de estroncio, así como la composición isotópica del estroncio en cuatro acondritas ricas en calcio, y en cinco broncitas o condritas hipersténicas. Todas las acondritas tienen idéntica relación Sr87/Sr86; una condrita de Beardsley, esta mucho más enriquecida en rubidio que la otras condritas. Discute el autor varias interpretaciones de estos resultados; todas concordantes con un periodo de diferenciación química de hace 4,3 a 4,7 aeones del cuerpo que originó los meteoritos.—L. DE A.

GEOQUIMICA

B. P. FABRICAND, R. P. SAWYER, S. G. UNGAR y S. ADLER.: *Trace metal concentrations in the ocean by atomic absorption spectroscopy*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVI, págs. 1.023 a 1.027, octubre 1962.

Determinan los autores por la técnica espectroquímica de absorción atómica, las trazas de Cu, Fe, Mn, Ni, y Zn en aguas oceánicas. Consideran esta técnica como una de las más sensibles entre las frecuentes, con las que llega a concentraciones de 10^{-8} y menos, siendo de unos segundos el tiempo necesario para cada valoración, la cual se efectúa directamente con menos de un cm^3 de agua. Los resultados que mencionan, corresponden a diversos puntos y profundidades del Océano Pacífico y las concentraciones en $\mu\text{g-atom/L}$ varían entre los límites que se mencionan: Cu. 0.018-0.035; Fe. 0.10-0.13; Mn. 0.54-0.080; Zn. 0.0091-0.011.—L. DE A.

H. M. GELMAN, JR.: *Organic Matter in Limestones*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», volumen, 26, págs. 885 a 887, agosto 1962.

Los análisis de 1.400 muestras de rocas antiguas (Cambriano al Terciario inferior) de muchas procedencias del mundo, muestran que las calizas tienen menor contenido en materia orgánica que las pizarras.

Media geométrica de materia orgánica en 346 calizas... 0,24 por 100.

Media geométrica de materia orgánica en 3.066 pizarras... 1,14 por 100.

La materia orgánica de las calizas, está caracterizada por una proporción superior de hidrocarburos que en las pizarras.

Media geométrica de hidrocarburos en 346 calizas... 98 p. p. m.

Media geométrica de hidrocarburos en 3.066 pizarras... 96 p. p. m.

Los sedimentos recientes de limo y de arcillas contienen cantidades similares de materia orgánica, del orden del contenido por las pizarras antiguas, pero con menores contenidos de hidrocarburos.

Lo anterior plantea dos problemas: 1.º Razón del pequeño contenido en materia orgánica de las calizas antiguas. 2.º Razón del elevado contenido en hidrocarburos de dicha materia orgánica. Como posible respuesta da el autor la pérdida por la caliza de la materia

carbonosa no hidrocarbonada durante la diagénesis, dejando un residuo más enriquecido en los carburos estables. Mayor absorción de materia orgánica por los minerales arcillosos, como se comprueba por los experimentos con quinolina, con reducción de la pérdida de materia orgánica por las pizarras.—L. DE A.

A. AMERUDDIN y W. D. EHMANN.: *Tungsten abundances in meteoritic and terrestrial materials*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVI, págs. 1.011 a 1.022, octubre 1962.

Por medio de activación neutrónica valoran el volframio contenido en 17 condritas, 6 acondritas, 5 sideritos, 1 olivino meteorítico, 1 trolita meteorítica, 5 tectitas, 1 vidrio de impacto meteorítico, 3 obsidianas, 4 sedimentos marinos y 2 rocas tipo. La abundancia cósmica del volframio, por el análisis de los condritas es de 0.11 (Si = 10%). Este valor es menor que el interpolado de Suess y Urey (1956) y ligeramente menor que el calculado por Clayton y Fowler (1961). No obstante, es concordante con el calculado por Cameron (1959) y el reciente de las mediciones de Atkins y Smiles (1960) en 5 condritas. Han logrado información de la distribución geoquímica del volframio en fases separadas meteoríticas y en ciertas rocas terrestres. Finalizan con una discusión sobre la nucleosíntesis en la formación meteorítica.—L. DE A.

BUTLER, J. R. y SMITH Z. A.: *Zirconium, niobium and certain other trace elements in some alkali igneous rocks*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», vol. 26, págs. 945 a 953, agosto 1962.

En un surtido de rocas alcalinas ígneas, se han determinado los elementos, circonio, niobio, tantalio, rubidio, estroncio e itrio y comparado con los contenidos de algunos de los granitos modernos del N. de Nigeria, riolitas sódicas, comenditas, panterelitas y otras rocas de diferentes localidades, mostrando una concordancia en valores. El niobio y el tándalo, tienden a enriquecerse en los últimos momentos de la diferenciación y pueden exceder de 200 y de 10 p. p. m. respectivamente. El circonio es análogamente alto y puede exceder de 2.000 p. p. m. Es apreciable una variación en la relación K/Rb, pero menos en la Nb/Ta para rocas de la misma provincia petrográfica. Comparan los datos con los de rocas ácidas que contienen anfíbol sódico. El niobio aumenta cuando decrece el estroncio y se destaca más cuando el Sr. está por debajo del límite de detección de 40 p. p. m., que tiende a corresponder a una aparente riebeckita. En contraste con lo anterior, el Sr el No pueden estar en proporciones elevadas en rocas plutónicas y volcánicas alcalinas subsaturadas.—L. DE A.

EARL INGERSON: *Problems of the geochemistry of sedimentary carbonate rocks*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», vol. 26, págs. 815 a 847, agosto 1962.

En el artículo, considera el autor los aspectos más interesantes de la geología de las rocas carbónicas sedimentarias, entre los que figuran: Precipitación del carbonato cálcico; agua de mar. CO_2 atmosférico y formación de carbonatos; complejos en los problemas de los carbonatos; papel de las bacterias; estudios de solubilidad y equilibrio; propiedades termodinámicas de los carbonatos; arrecifes; termoluminiscencia; relaciones calcita-aragónito; relaciones calcio magnesio; formación de dolomitas, dolomitización; diagénesis de carbonatos sedimentarios; recopilación de análisis; estudio isotópico de carbonatos sedi-

mentarios; elementos menores constituyentes en los carbonatos y posibles papeles de tales elementos en su formación.

Cada uno de estos puntos los trata el autor desde los puntos de vista siguientes: ideas sobre el tema en la literatura y principalmente en las últimas publicaciones; estado actual de cada tema; sugerencias sobre cada cuestión.

Completa el artículo una amplia referencia bibliográfica.—L. DE A.

GRAF, D. L.: *Minor element distribution in sedimentary carbonate rocks*, «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», vol. 26, págs. 849 a 856, agosto 1962.

Hace una serie de consideraciones sobre los resultados del análisis de cerca de 800 muestras, en las que considera las leyes del estroncio, cobalto, circonio, uranio, torio, níquel, plomo y galio.

Sigue al trabajo una interesante discusión por varios investigadores, referente a los temas: Falta de constancia en los elementos menores constituyentes; Influencia de los elementos en pequeñas cantidades en los problemas sanitarios; Su influencia en la alteración mineralógica; Sensibilidad en la valoración del Zn; Diferencia de los contenidos en vanadio de los carbonatos marinos o no marinos; Posibilidad de que el hierro ferroso y el manganeso sean un índice de las condiciones de sedimentación; Relación entre las bacterias tropicales y el contenido en cesio de las corchas; Relación entre el selenio y las pizarias.—L. DE A.

DAUGHTKY, A. C., PERRY, D. y WILLIAMS, M.: *Magnesium isotopic distribution in dolomite*, «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», vol. 26, págs. 887 a 886., agosto 1962.

La dolomita natural puede ser de origen primario o resultado de una diagénesis de sedimentos de carbonato cálcico preexistentes. Parece natural que de un estudio de las composición isotópica del magnesio, se pueda establecer cuál es el origen de la dolomita.

Del resultado realizado por los autores, se llega a la conclusión de que el magnesio se fracciona isotópicamente en la naturaleza, y que en particular la dolomita secundaria tiene variaciones en esta composición isotópica. Parece improbable que una dolomita que pudo precipitarse directamente de aguas marinas, pueda tener una amplitud de variación en la composición isotópica del magnesio como las observadas en las secundarias estudiadas por los autores, por ello dicen sirve dicha composición como criterio para distinguir tal origen. También indican como posible, en la composición del magnesio y de la dolomita la influencia de la composición de la caliza preexistente y la forma de dolomitización.—L. DE A.

LÓPEZ DE AZCONA, JUAN MANUEL: *Estudio geoquímico de los yesos de España peninsular*.

Se efectúa un análisis espectroquímico cuantitativo con excitación por arco y electrodos de carbón, de cerca de un centenar de muestras de yesos de la España peninsular.

Además del calcio, se identificaron los cationes siguientes: Al, Ba, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, Zr.

Se ha estudiado la posibilidad de que algunas muestras sean complejos minerales, y en efecto se comprobó para aquellas que tienen cantidades elevadas de otros cationes, como ejemplo las de contenidos de Sr del 1 al 5 por 100, pertenecen a cristales de celestina, coexistentes con los de yeso en la misma muestra.—L. F.

ALLARD, J. y PASCAUD, E.: *Reconocimiento de los suelos yesíferos por el estudio de la vegetación natural*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos, Madrid, septiembre 1962.

Dan una definición de lo que el autor llama plantas «yesófilas», explicando las características generales que presentan tales especies vegetales, que son muy conocidas de quienes se dedican a la prospección biogeoquímica.

Se indica una amplia lista de diversas plantas características de suelos con yeso en determinadas regiones de la zona occidental de África del Norte.—L. DE A.

INGENIERÍA

REIG, F.: *Distribución de las formaciones de yesos en la Península Ibérica y sus efectos en las obras públicas*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos, Madrid, septiembre 1962.

Estudia el autor las tres principales formaciones con yesos, el Triásico, el Eoceno y el Mioceno y su reparto en la Península Ibérica, analizando no sólo su composición estratigráfica, sino también su disposición tectónica usual.

A continuación, se estudia la influencia de dichas formaciones en su relación con las obras hidráulicas, y hace un análisis detallado de las tres cubetas terciarias de las dos Castillas y del Ebro, con especial consideración de la última.

J. M. DE PEDRO: *El problema de la ubicación de obras en yesos, resuelto*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos, Madrid, septiembre 1962.

El yeso, como roca de sedimentación química, presenta características especiales para ubicarse una obra, sin que esto quiera decir que desde el punto de vista mecánico sea la peor; requiere simplemente las atenciones de terreno blando y en bastantes casos poco homogéneo. Su característica es más que la solubilidad —que es muy escasa— su disgregabilidad por el agua en movimiento, lo que ocasiona grietas que se convierten en simas provocando hundimientos cuando los huecos son grandes.

Una presa de fábrica de altura superior a 10-12 m. no puede ubicarse en un conjunto de bancos yesoso, al igual que en cualquier otro terreno blando; pero si es perfectamente factible ubicarle un dique de tierra, asegurada —como en todos los casos, por otra parte— la impenetrabilidad con las pantallas de arraigo y cobertura.

Los canales en yesos quedan en todo caso proscritos en media ladera, lo mismo que en todos los terrenos blandos o quebrantados por la tectónica. En trinchera y túnel no existe inconveniente, salvo si existen corrientes subterráneas en dirección o que lo atraviesen, otra perfectamente previsible y corregible. En proximidad a ríos importantes, estas corrientes de agua —generalmente superficiales y normales al río—, ocasionan simas al atravesar los yesos.

Todo lo dicho para canales es aplicable a carreteras, aunque en éstas el problema es mucho menor.

La experiencia del autor se basa en las averías, tanto en yesos como en terrenos blandos ocurridos en los canales de la cuenca del Ebro (Lodosa, Aragón y Cataluña y Alto Ribagorzana), carretera de Zaragoza a Castellón (Km. 5 a 25) etc. Esto es lo que a mecánica de los yesos se refiere.

Respecto a su actividad química, han sido hasta hace poco tiempo muy perjudicial, por la agresividad de las aguas selenitosas al cemento y de ahí venían casi todas las averías de los canales y obras; pero hoy con los cementos metalúrgicos y los super-sulfatados, el problema técnico está resuelto y el económico en plazo breve, ubicando pequeñas fábricas en las zonas de grandes obras en yesos como en las cuencas del Ebro y Guadalquivir (España).

MINERALOGIA

SAHORES, J.: *Contribución al estudio de los fenómenos mecánicos que acompañan la hidratación de la anhidrita*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre 1962.

Se exponen las líneas generales del problema, los diferentes enfoques adoptados por los especialistas para abordar el mismo, y las conclusiones alcanzadas. También expone las razones que le han impulsado a revisar determinados resultados, por otra parte de aceptación casi universal (y muy especialmente el valor de las presiones máximas susceptibles de aparecer en un macizo de anhidrita en curso de hidratación —700 Kg./cm²— que nos parecía realmente exagerado).

Pasa revista a los métodos establecidos para determinar experimentalmente la magnitud de dichas presiones, exponiéndose los resultados obtenidos mediante dichos métodos (resultados que presentan notables divergencias con los valores citados: unos veinte Kg/cm² en lugar de 700 Kg. cm²).

Finalmente, se enuncian los fundamentos teóricos de una técnica de autoconsolidación aplicable a los macizos de anhidrita fragmentada, con el fin de evitar toda evolución ulterior de la roca.

MADURGA C. y CANUT M. L.: *Sobre un método nuevo de rayos X; el Laue girando*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G), núm. 60, págs. 41-46, 1962.

Se hace una modificación a una cámara Unicam en el método de Laue girando. En una de las figuras se presentan unos diagramas de Laue girando, de hexamina, tomados con radiación X, de Cu y Mo y en Laue normal con radiación X de Mo; en los dos primeros casos son claramente visibles las elipses obtenidas, la intensidad del ennegrecimiento no es uniforme a lo largo de la línea de la elipse, sino que en general presenta dos máximos; la generación de estas elipses se explica por el movimiento de precesión del polo del plano reticular que da origen a cada reflejo.

El método de Laue girando es potencialmente interesante, pues permite el estudio de la intensidad del espectro de emisión de un tubo de rayos X por los distintos elementos químicos. El método será útil en los casos de dispersión anómala y por tanto es de gran interés en relación con el problema de las fases.—L. F.

ALONSO, J. J. y GALVÁN, J.: *Nota sobre la existencia de sepiolita en las cuencas del Duero y Ebro*, «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G.), núm. 59, páginas 167-172, 1961.

En esta nota se da el estudio de cuatro muestras recogidas: una en Zaragoza, otra en Salamanca y dos en la Rioja, que contienen sepiolita; en contradicción con la teoría

de Calderon, que sostenía que no se encontraba en estas zonas. El trabajo se ha realizado por microscopía electrónica y por difracción de rayos X.—L. F.

CHATRET, FRANÇOIS; GUILLEMAUT, ARMEL, y POURRET, ROGER: *Identification et Dosage de l'Analcime* (1962). «CEA», núm. 2.203, 1962.

Los autores comparan las técnicas de análisis térmico y difracción de rayos X para la valoración de la analcima en las rocas. La aplicación a los analcimolitos de Agadés (República de Nigeria) muestran que la difracción X es mejor adaptada a la vez a la identificación y a la valoración; no obstante, el análisis térmico asociado en el análisis químico permite seguir las fluctuaciones de composición de la analcima en el interior de una serie determinada.—L. DE A.

PETROGRAFIA

HENRY B. MILNER: *Sedimentary Petrography*. «Allen and Unwin Ltd.», de Londres. Dos tomos de 643 y 715 páginas, 1962, cada tomo cinco libras.

Esta obra de *Petrografía Sedimentaria* representa la cuarta edición revisada del libro de Henry B. Milner, de igual título, que consta de dos volúmenes.

El primer volumen, dedicado a los métodos de estudio de la Petrografía Sedimentaria, tiene 643 páginas ilustradas con 93 figuras y 25 láminas fotográficas, incluyéndose también 45 cuadros sinópticos que aclaran y resumen los conceptos expresados. Se determinan los principales métodos analíticos de rocas sedimentarias. Comienza la obra con los métodos de preparación de la muestra: corte, laminación delgada, pulido, extracción de fósiles, separación de minerales con líquidos pesados y centrifugación. Se dedica un capítulo al análisis mecánico de los sedimentos y determinación de la manera de distribuirse las partículas atendiendo al tamaño, clasificándolas e indicando algunos métodos de representación gráfica; casi se construye a los a los métodos de levigación y separación magnética. Se expresan algunos métodos prácticos de concentración de minerales: magnéticos, electromagnéticos, electrostáticos, dieléctricos, vibratorios y por fricción. Continúa la obra señalando los caracteres de la microscopía polarizante. También determina los métodos de examen de rocas sedimentarias: densidad, porosidad, permeabilidad, etc. La mitad final de este primer tomo se dedica a los métodos especiales: químicos, microquímicos, electroquímicos, espectrográficos, roentgenográficos y aplicaciones de la fluorescencia, microscopio electrónico, métodos nucleares y métodos estadísticos.

El segundo tomo está dedicado a establecer los principios fundamentales de esta ciencia y sus aplicaciones más inmediatas. Consta de 597 páginas y un apéndice de 118; está ilustrado con 82 figuras, 71 láminas, fotográficas y 20 cuadros.

La primera parte de este segundo volumen aparece dividida en ocho capítulos, dedicados respectivamente a: diagnóstico de los minerales de las rocas sedimentarias, petrografía de los sedimentos consolidados, minerales arcillosos, diferenciación y corrección de sedimentos por métodos petrográficos, algunos ejemplos de estas correlaciones, aplicaciones a los problemas paleogeográficos, aplicación de la petrografía sedimentaria al estudio de los suelos y otras aplicaciones de esta ciencia.

La segunda parte, de apéndice, se refiere a los reconocimientos de los minerales por su sistema de cristalización, minerales amorfos, reconocimiento según la dureza, por la

gravedad específica, por las propiedades magnéticas, según los índices de refracción, por la birrefringencia, por el signo óptico y su diagnóstico, por la medida de los ángulos ópticos.

Todos los apartados y capítulos de la obra se completan con una amplia bibliografía, habiéndose revisado y ampliado esta obra clásica de Petrografía Sedimentaria en su nueva edición que consideramos de gran utilidad para los científicos y técnicos que cultiven dicha rama de la geología. —F. M. M.

PROSECCION

ROSO DE LUÑA, L.: *Alimentaciones geoestructurales y las disyunciones regmagénicas. Su interés para el planeamiento de prospecciones petrolíferas y de aguas subterráneas.* «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.» (G), núm. 60, págs. 47-63, 1962.

Muchos accidentes tectónicos e incluso geográficos y morfológicos aparecen en la superficie terrestre distribuidos no a capricho, sino según directrices que se prolongan en grandes distancias; parte de estas estructuras pueden aparecer encadenadas a lo largo de una misma directriz formando en conjunto una alineación geoestructural que, junto con las disyunciones regmagénicas, es necesario tener para el conocimiento tectónico de un país.

Las estructuras adoptadas por las formaciones secundarias y terciarias de gran parte de nuestra Península ante los empujes orogénicos han sido el resultado combinado de la dirección e intensidad de esas fuerzas tectónicas por una parte y de los movimientos de los bloques subyacentes del basamento cratónico a favor de fracturas regmagénicas por otra.

Expone el autor cómo el conocimiento de las disyunciones regmagénicas del basamento paleozoico y estrato-cristalino oculto bajo las cuencas mesozoicas y terciarias permitiría dividir a éstas en bloques de primer orden o unidades tectónicas naturales, en cada una de las cuales los sedimentos del revestimiento o cobertera responderían con sus deformaciones tectónicas. «Instituto de Edafología», 1961.

SEDIMENTOLOGIA

GILLERMO PANEQUE GUERRERO: *Ópalo en suelos de Ecija (Sevilla).* II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

El ópalo es un constituyente apreciable en las fracciones limo ($2-20 \mu$) de algunos suelos de Ecija.

En las *Tierras negras* los fitolitos son escasos y pequeños e irregulares. El ópalo de microorganismo es también escaso y su estado de conservación, deficiente. A nuestro juicio este hecho parece concordar con la génesis de las *Tierras negras*, en las que se supone, al menos para algunas, que intervino un arrastre de sedimentos finos que posteriormente evolucionaron en condiciones especiales, para formar dichos suelos. Quizás durante el arrastre y sedimentación debieron destruirse fósiles de ópalo, mientras que por otra parte los primeros estadios del establecimiento de la vegetación pudo no ser favorable para un acúmulo de fitolitos.

En suelo rojos (lehms rojos calizos terrosos) el ópalo de fitolitos es relativamente abundante. Se presenta en formas muy irregulares, motivadas por fenómenos de erosión y física, que facilitaron la alteración y rotura de las partículas de ópalo entre otras más pequeñas e irregulares. Por el contrario, es difícil observar sílice de microorganismo. Estos

hechos parecen reforzar la opinión del autor, deducida de estudios mineralógicos, acerca del origen alóctono de muchos suelos rojos béticos sobre calizas del Terciario.

Finalmente, en los suelos grises (xerorrendinas) se han encontrado en los horizontes superiores ópalos de fitolitos en buen estado de conservación, y microorganismos de sílice aumentando estos últimos en los horizontes más profundos y en las rocas calizas sedimentaria de las que proceden.—L. DE A.

TRINIDAD ALEXANDRE CAMPOS: *Mineralogía de la fracción gruesa de suelos de origen volcánico en la zona basáltica de Lisboa.* II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Por la morfología de los granos minerales (irregulares y angulosos) se deduce la formación *in situ* de estos minerales a partir de rocas basálticas (basalto y basanitoides), y la influencia escasa de acciones físicas o mecánicas, con predominio de acciones químicas evidenciadas por la abundancia de granos opacos por alteración y la intensa descomposición de la augita (granos antubarrados semiopacos).

En cuanto a la comparación de estos suelos con los estudiados de origen volcánico españoles de las zonas de Olot (Gerona), Sierra de Cabo de Gata (Almería), Campo de Calatrava (Ciudad Real) y Gran Canaria (Islas Canarias), se acusan analogías evidentes, de un modo destacado con los Campos de Calatrava, por la composición mineralógica de los mismos, según los datos obtenidos del análisis mineralógico de las fracciones gruesas, cuyos minerales «densos» comunes son: ferroaugita, titanogita, en proporciones semejantes, olivino, con la diferencia de que en el complejo basáltico de Lisboa y sus suelos derivados el olivino se encuentra en menor abundancia por tratarse de suelos más antiguos y se encuentra el olivino un mineral inestable.—L. F.

D. F. BALL: *Suelos de Gales: Distribución de los grandes grupos.* II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Tres zonas principales se distinguen en el mapa de suelos:

- 1) Una zona alta en la parte oeste y central, predominantemente de suelos turbosos y de montaña.
- 2) Una zona marginal a las principales regiones montañosas de la zona I, en la cual los suelos no turbosos y débilmente podsolizados son el tipo dominante de suelos de drenaje libre.
- 3) Una zona baja y otra, al Este, alta, en las cuales las tierras pardas y suelos gley son los grupos dominantes.—L. F.

BENAYAS, J.: *Estudio de minerales pesados en doleritas y suelos derivados.* II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Las diferentes muestras de doleritas estudiadas han cedido a suelos derivados de ellas piroxenos, anfíboles, magnetita, apatito y productos de alteración, entre los que se encuentran leucoxeno y pseudomorfos de pirita.

En un dique de dolerita procedente de los cortes de la carretera de Caernarvon a Bangor se ha identificado magnetita secundaria, recubriendo octaedros pseudomórficos de leucoxeno del tipo rutilo.

En suelos desarrollados sobre la roca anterior, se ha identificado magnetita y una fina malla de leucóxeno. Este hecho nos lleva a pensar que se trata del mismo material de la roca madre con una cantidad de magnetita menor debida a procesos de meteorización.

Los suelos aquí estudiados, desarrollados sobre rocas básicas y las publicaciones sobre suelos similares en el N. de Gales, coinciden en presentar una contaminación mineral muy pequeña. Este hecho, observado en algunos suelos sobre dolerita, tiene interés, ya que la región está cubierta de sedimentos glaciares.—L. F.

J. J. ALONSO, J. GARCÍA y O. RIBA: *Sedimentos finos del centro de la Cuenca Terciaria del Tajo*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Se estudian 63 muestras de arcillas del centro de la cuenca del Tajo, con el microscopio electrónico y difracción de rayos X.

Se señala mayor extensión a los niveles de sepiolita, encontrándose que este mineral se asocia a la montmorillonita en la mayoría de las muestras. Otra asociación es la de la illita con mica y caolinita. Por varias razones y ante la abundancia de sílex, calcedonia, sepiolita, montmorillonita y carbonatos, se acepta la idea del origen de la sílice, magnesio y carbonatos provenientes de la fase migatriz de la laterización.

Igualmente se opina que el sílex, sepiolita y la montmorillonita son antígenos.

La montmorillonita parece haberse formado primeramente y luego, casi simultáneamente, la sepiolita.

Las condiciones climáticas han debido ser muy semejantes en la zona estudiada y en los alrededores próximos.—L. F.

GILLERMO PANEQUE GUERRERO: *Estudio micromorfológico de algunos sedimentos béticos*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Se ha realizado un estudio sobre sedimentos calizos del Mioceno bético en las regiones del Aljarafe y del Alcor, próximas a Sevilla, en el que se exponen las principales características micromorfológicas observadas en láminas delgadas de margas azules, margas amarillas, areniscas finas calizas y calizas toscas fosilíferas.

Se indican algunas relaciones de estos sedimentos con suelos de la región, y se apunta la posibilidad de existencias de grandes formaciones de suelos de lehm pardo o próximos, en el suroeste de la península en tiempos anteriores al Terciario.—L. F.

J. PÉREZ MATEOS y O. RIBA: *Estudio de los sedimentos pliocenos y cuaternarios de Huelva*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Todas las muestras estudiadas tienen claramente la misma asociación de minerales pesados transparentes presidida por la andalucita, presente en todas ellas en porcentajes muy elevados (salvo para la muestra 641), comprendidos entre el 20 y el 60 por 100. También muy constante se aprecia en todas ellas la turmalina y subordinadamente el circón. Estos tres minerales constituyen la asociación típica de todas las muestras, y por esto proponen que todo el Llano de Huelva forme una provincia petrográfica única: Andalucita-Turmalina-Circón (ATC). El área distributiva de todos los sedimentos hay que buscarla en el reborde meseteño (Sierra Morena), inmediatamente al N. del Llano de Huelva.

La presencia abundante y constante de la Andalucita, y subordinada la de la Estauroilita,

Distena, Silimanita y Granate, indica la existencia de metamorfismo regional en el área distributiva. Los asomos de rocas básicas motivan la presencia en algunas muestras de piroxeno y anfíboles.

En las arenas de playas existen elevadísimos porcentajes de minerales opacos naturales entre los que destacan la Ilmenita, que forma concentraciones naturales verdaderamente notables y que son objeto de explotaciones mineras.—L. DE A.

PILAR ARÉVALO CARRETERO: *El Sanidino en sedimentos: Métodos de investigación*. II Reunión de Sedimentología «Instituto de Edafología», 1961.

La presencia en los sedimentos del feldespato potásico sanidino, es característica de los depósitos jóvenes al aporte de rocas ácidas del tipo riolitas, traquitas, etc.

Los métodos empleados son el óptico, el químico y el roentgenográfico; señala con cada uno de ellos han podido obtener determinados valores del mineral en estudio, cómo entre los que se podían obtener la misma clase de valores, se llega a una perfecta concordancia.—L. F.

LUIS J. ALIAS PÉREZ: *Mineralogía de los materiales transportados por los ríos que bañan la vega de Granada*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Relacionando el contenido en minerales pesados en las arenas de los materiales transportados por dichos ríos, las rocas del núcleo metamórfico de Sierra Nevada y las calizas que bordean a las anteriores, se observa que una buena parte de los minerales del núcleo metamórfico no llegan a la vega de Granada, como se pone de manifiesto por la disminución en las arenas de los ríos de la relación Granada-Turmalina y la escasa frecuencia en las mismas de minerales, como el rutilio, relativamente abundante en aquellas rocas.—L. F.

MANUEL RODRÍGUEZ GALLEGO: *Mineralogía de la fracción arcilla de los materiales transportados por los ríos que bañan la vega de Granada*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Existe una notable diferencia entre la composición mineralógica de la muestra del río Cubillas y la de los restantes ríos. Este hecho está de acuerdo con la distinta naturaleza de los terrenos por donde transcurre su cauce, respecto a los restantes estudiados. En efecto, río Cubillas, discurre por los materiales dolomíticos de Sierra Elvira, en tanto que en los demás descansan sus cauces sobre los materiales micaeíticos del núcleo cristalino de la Sierra Nevada y sobre la orla caliza que la rodea.

El río Genil, cuyo cauce alto penetra más en el núcleo metamórfico de Sierra Nevada muestra una composición también diferente a los demás de este grupo, siendo muy rica en mica sericítica y cuarzo, aunque este mineral no es tan abundante como el primero. Existe una gran homogeneidad en la composición mineralógica de las muestras de los ríos Dilar, Machil, Aguas Blancas, Darro y Beiro.

Si se compara la composición mineralógica hallada en la fracción arcilla suspendida en los ríos, con la encontrada en los de la Vega, se observa un empobrecimiento en montmorillonita en éstos, paralelamente a un enriquecimiento en minerales con reflexión 001 a 14 Å. Esto parece indicar que existe un proceso de cloritización a expensas de la montmorillonita.

e ilita, por interlaminación de capas de brucita e hidróxido férrico. Este fenómeno quedará favorecido por el alto contenido en carbonatos de estos suelos de Vega, el pH alcalino de los mismos y la abundancia de geles de hierro presentes.—L. DE A.

VICENTE SOS BAYNAT: *Características de los aluviones de interés mineralógico de Extremadura*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

El estudio de las formaciones sedimentarias de los ríos principales de Extremadura, le ha mostrado que los aluviones cuaternarios, en su mayoría, no conservan la estructura de sedimentación primitiva, con la evidencia de que han sido ya atacados y removidos de manera artificial.

Aparte de lo que se deduce de ciertos testimonios directos de tipo prehistórico (repetidamente encontrados en muchas minas de Cáceres), resulta que en los cauces de los ríos se han podido observar muchas anomalías producidas de manera artificial; que en muchos puntos aparecieron grandes depósitos de gravas y cascajos en colocaciones ilógicas; que en ciertos remansos faltaban totalmente las arenas, etc. Todo esto debidamente meditado ha de interpretarse en el sentido de que los cauces de estos ríos han debido ser objeto de explotaciones mineras en otros tiempos, en distintos periodos, desde las etapas de la gran cultura del Bronce hasta tiempos posteriores, llegando a los siglos XVIII y XIX.

Esta observación la juzgamos de gran interés, porque las referidas explotaciones hechas por los buscadores de estaño, han debido ser la causa, no pequeña, de que muchos sedimentos metalíferos de casiterita tratados actualmente contengan índices muy bajos de metalización y aun de que, en algunos casos, los aluviones sean estériles.

Igual razón, y quizás con más fundamento, puede aplicarse al caso de los aluviones auríferos tan pobres, sobre todo si se tiene en cuenta el afán especialísimo por la busca del oro que perduró durante toda la larga dominación romana de nuestra península.

Siendo más fáciles de distinguir y de atacar, en todo tiempo los aluviones cuaternarios, quizás se halle en ello la explicación del porqué los yacimientos del Terciario, al conservarse más intactos, resultan hoy mucho más ricos que los de las formaciones posteriores.—L. DE A.

DELGADO, M.: *El contraste de fase con luz polarizada, su aplicación a la mineralogía de suelos*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Según el autor, el contraste de fase puede ser muy útil para el estudio de las distintas fracciones del suelo. Como la preparación de los minerales de la arcilla ha de ser cuidadosa, el sistema propuesto para hacerla es útil, además de sencillo y económico.—L. F.

GUILLELMO PANEQUE GERRERO y NICOLÁS BELINFANTE CROCCI: *Contribución al estudio de los Lehm pardos de Andalucía occidental. I Lehm pardo calizo bético del Aljarafe (Sevilla)*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

La presente comunicación constituye un avance acerca de los suelos en la región sevillana de Aljarafe, en la cual el lehm pardo tiene las características del tipo de suelo que ha sido clasificado como *braunlehm calizo bético*, que realmente es frecuente en Andalucía occidental, sobre todo en el valle del Guadalquivir.—L. DE A.

JOSEFINA BANAYAS y ORIOL RIBA: *Características de un depósito cuaternario de tipo Loess e l'edó*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

De su estudio deducen los autores: 1.º Presencia de tres niveles de limos eólicos a 1 largo del perfil, separados por aportes laterales mezclados con limos eólicos.

2.º Se trata de un loess wurmiense, que como en todas las terrazas españolas de esta edad, no se presentan calcificaciones, sino una distribución homogénea de carbonatos en porcentajes bajos (máximos 36,1 por 100).

Tiene un pH ligeramente básico. En la fracción más gruesa de estos limos, el porcentaje de granos de cuarzo mates y no desgastados es alto. Las curvas acumulativas son propias de un limo bien clasificado con más de un 50 por 100 granulométrico, comprendido entre 20 y 60 μ . Hay autores que recogen datos de loess más finos, entre 10 y 50 μ , e incluso hay citados unos loess con 97,7 por 100 de partículas menores de 5 μ (Charles, J. K., 1957. Sin embargo, otros autores dan los límites de 20 y 70 μ para la mayoría de partículas (B. E. Butler, 1956).

3.º Según los minerales pesados, la estauroлита es una especie mineral de origen eólico y en este caso también de arrastre fluvial, que puede proceder de la provincia petrográfica de Guadaíajara y la Alcarria.

4.º Los horizontes con aportes laterales se presentan como un depósito mezcla de material grueso y limos eólicos. Las curvas de frecuencia presentan un pico para el limo y otro para el material lateral no calibrado.—L. DE A.

J. PÉREZ MATEOS y J. ALONSO PASCUAL: *Los arenales costeros del Levante español. III. La costa de Alicante*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Los arenales costeros de la provincia de Alicante se caracterizan mineralógicamente: por la frecuencia y abundancia de carbonatos y presencia de sulfato de calcio; por la influencia que los asomos eruptivos tienen en la constitución mineralógica de la costa; por la influencia del llano actual que establece mineralógicamente diferencias entre las playas alicantinas, con riqueza en minerales resistentes, unas (cuaternarias) y otras, en las que el roquedo cretácico y triásico llega hasta la costa con riqueza de piroxenos y anfíboles.

Por el conocimiento de la mineralogía de los arenales costeros alicantinos, individualizan provincia en tres zonas: una característica por el predominio de minerales densos resistentes (ϵ_1 = resistentes = metamorfismo $> 60\%$ y ϵ_2 = piroxenos, anfíboles, carbonatos y sulfato $< 30\%$), que corresponden a las playas de mayor extensión del Cuaternario; otra, caracterizada por la relativa abundancia de piroxenos y anfíboles, así como una mayor abundancia de carbonatos y sulfatos ($\epsilon_2 = 70\%$ y $\epsilon_1 < 30\%$), que corresponderán a la llegada a las playas de los aportes que arrastran tales minerales de los ríos que drenan asomos eruptivos del triásico, del cretácico y del neógeno, y, por último, otra provincia de transición con influencia del transporte costero y muy próxima al último grupo ($\epsilon_1 = 30-60\%$ y $\epsilon_2 = 40-70\%$).—L. DE A.

J. J. ALONSO PASCUAL y J. PÉREZ MATEOS: *Los arenales costeros del Levante español «Consideraciones de conjunto sobre las tres provincias»* Valencia, Castellón de la Plana y Alicante. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Las costas castellanenses se individualizan ante la escasez, y en gran parte total caren de piroxenos; además, a diferencia de lo que ocurre en las otras dos provincias, los anfíbo

están por encima de los piroxenos en cuanto a sus porcentajes, y en términos medios abundan más que en parte de Valencia y total de Alicante.

Referidos a estos grupos, el río Palancia, que sirve de límite provincial, separa también mineralógicamente ambas provincias de Castellón y Valencia.

Se ve que la red fluvial es prácticamente carente en piroxenos y anfíboles. Existen dos excepciones netas: el río Palancia y el río Amadorio. En ambos casos se conoce el motivo del carácter de sus arrastres: drenan zonas de afloramiento de roquedo eruptivo; en el primero de ellos, el que sean augitas titaníferas la mayor parte de sus piroxenos, precisa todavía más las zonas de arranque. En las arenas del río Amadorio domina la augita sobre la hipersitina y la estatita, pero la presencia de estos últimos minerales confirma las clasificaciones petrográficas dadas por Orueta y otros para rocas de la zona.

Esta carencia normal de los ríos valencianos en piroxenos y anfíboles sirve, aun con carácter negativo, para explicar el que existan lugares de la costa de Valencia (Saler a Perellonet y Perelló-Mareny Vilches), con fuertes porcentajes en tales grupos, por llegada a aquéllos de arrastres procedentes de las islas Columbretas y su prolongación lítica submarina, ya que no es posible que lo hagan por los ríos.

El que dichos minerales no existan prácticamente en la provincia de Castellón, prueba que las corrientes litorales van NE-SW, de tal manera, que es a esta parte media de Valencia a donde llegan los materiales arrancados al roquedo eruptivo de Columbretas, sitas frente a Castellón.

En Valencia la causa de que existan tales porcentajes de augita en playas cuaternarias sin afloramientos costeros de rocas eruptivas; para Alicante, el motivo es, precisamente, el que sí existen asomos volcánicos incluso siendo línea costera. También se ve que, dado el carácter costero agreste de esta provincia, no se desplazan mucho los arrastres, dando aureolas locales.

La llegada a la costa de alineaciones calcáreas, imprime sello particular a esta provincia de Alicante, por los porcentajes que algunos tramos de playa presentan en carbonatos.

Los porcentajes presentes en las muestras de Altea y Villajoyosa para estos grupos de minerales citados, y los del sur de la provincia para los demás, los movió a dar tres «provincias sedimentarias» características en Alicante: calco-eruptiva, diluvial y de transición entre ambas.

Las planas costeras cuaternarias presentan valores de hasta el 65 por 100 de minerales resistentes, mientras que las calco-eruptivas, incluido el río Amadorio, no sobrepasan el 70 por 100 en turmalina, circón y granate.

Los ríos levantinos presentan elevados porcentajes en minerales resistentes, y en mínimos en la curva de suma de las especies metamórficas. Son anómalos los ríos Palancia y Amadorio.

Destaca la muestra extraída en las obras de construcción de un pozo por Almenara, en nivel antiguo de playa, por su concordancia con los arrastres de la red fluvial; es decir, anteriormente los aportes de estos ríos influyeron más que actualmente lo hacen, en la formación de la morfología costera.

La provincia de Castellón podría decirse que es inversa a la de Alicante, ya que sus llanos cuaternarios costeros son respectivamente ricos o pobres en minerales de metamorfismo o resistentes.

Referido a los de metamorfismo, se ve el sentido decreciente de la curva de N. a S. de la región, tras un máximo por Puzol-N del Barranco del Carraixet.

Sugerimos que se deberá al distinto carácter de las alineaciones Ibérica (que aquí alcanza la costa) y Penibética (en Alicante).

Para la parte Norte de Castellón, además, pudieran coadyuvar los arrastres procedentes del delta del Ebro, típicos en esa asociación metamórfica.

La red fluvial de la provincia de Valencia (y especialmente los ríos Turia, Júcar y Serpis) debe influir en parte en la formación del llano costero, vistos los porcentajes de resistentes que conservan las muestras de playa respecto de los ríos. Ello no extraña, en principio, dado el tipo de evolución última de la costa entre las desembocaduras de los ríos Turia y Júcar y la dinámica tan potente del río Serpis.—L. DE A.

M. MUÑOZ TABOADELA y F. ALBERTO GIMÉNEZ: *Granulación específica de algunos tipos de suelos galaico-cantábricos*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Durante la prospección de suelos naturales de la región galaico-cantábrica, han encontrado algunos tipos de ellos, en los cuales el modo granulométrico del perfil aparece como propiedad predominante para la diferenciación del suelo. Se refieren al podsol, molkenpodsol, pseudogley, así como a varios tipos de suelos orgánicos asentados sobre niveles arcillosos, impermeables.—L. DE A.

F. HERNÁNDEZ-PACHECO: *La formación o depósitos de grandes bloques de edad pliocena en relación con la raña*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

En el trabajo se describen los depósitos de cabecera de las grandes masas de aluvión, a las que ha denominado por su aspecto «Formación o depósitos de grandes bloques», que ocupan el valle de la garganta de Alardos, al sur del Macizo del Almanzor, en Gredos.—L. DE A.

F. HERNÁNDEZ-PACHECO e I. ASENSIO AMOR: *Recientes observaciones realizadas en los depósitos sedimentarios de la rasa cantábrica*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Esta comunicación pertenece a la investigación que realizan desde Santiago de Villapedre hasta el valle del río Porcia en el Franco, comienzo del término municipal de Tapia de Casariego.—L. DE A.

SOLÉ SABARÍS, L.; MACAU, F.; VIRGILI, C. y LLAMAS, R.: *Algunos datos sobre la evolución sedimentaria del delta del Ebro*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

La simple observación de los testigos obtenidos en los sondeos, permite distinguir en este complejo postglacial, tres niveles diferentes y constantes a lo largo de toda la zona estudiada.

El inferior, que recubre directamente las gravas basales, está constituido por una capa de arenas gruesas de unos dos metros de potencia. El intermedio, que es el más desarrollado (unos 25 metros por término medio) está formado por una alternancia irregular de arcillas limosas y limos arenosos, dispuestos en capas ligeramente inclinadas hacia la desembocadura del río. Intercalados en los mismos existen tres lentejones de turbas, de 0.2 a 1 metro de potencia que presentan la misma disposición inclinada. El nivel superior está constituido como el inferior por una capa de arenas relativamente delgadas que está cubierta directamente por las aguas del Ebro, o bien por un suelo vegetal en los sondeos efectuados fuera del cauce actual del río.—L. DE A.

JORGE SUÁREZ GÓMEZ: *La técnica hidráulica ante los problemas de sedimentación actual*. II Reunión de Sedimentología «Instituto de Edafología», 1961.

Consideran los principales peligros que la sedimentación ocasiona en las obras hidráulicas y los medios que el Ingeniero emplea para reducirlos. Dice que el interés y la cooperación de los científicos dedicados a la Sedimentología puede aportar nuevos métodos y técnicas a este aspecto práctico tan importante de la cuestión.—L. DE A.

ORIOI RUA y JOSEFINA PÉREZ MATEOS: *Sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde norte de la cuenca terciaria del Ebro (Navarra)*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

La inversión de aportes sedimentarios se registra en una serie continental, situada en el borde norte de la cuenca oligocena del Ebro, que se desarrolla desde el Eoceno superior marino hasta el Mioceno superior. La regresión del mar nummulítico, por un lado, y por otro la traslación del surco sedimentario de la antifosa pirenaica hacia el Sur, han sido las causas que han motivado, según la opinión de los autores, la inversión de aportes sedimentarios. En el Eoceno superior y Oligoceno inferior, la sedimentación es unilateral, con aportes sedimentarios hacia el mar nummulítico en regresión. En el Oligoceno medio y superior y Mioceno, la sedimentación es bilateral, con aportes de gliptogénesis pirenaica. Se hace estudio estratigráfico y sedimentológico mediante el análisis de estratificación cruzada, que se completa con el estudio de minerales pesados y otras observaciones de campo.—L. DE A.

I. ASENSIO AMOR: *Nota sobre valores morfométricos de cantos rodados actuales de la Concha de Arnedo (Asturias)*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

El elevado índice de desgaste acusado por esta fracción sedimentaria, en oposición al reducido valor del índice de aplanamiento, parece que contradice la idea unánimemente admitida de que la dinámica marina, plana los elementos extraordinariamente; pero es que en este caso entra en juego la naturaleza litológica del material, ya que se trata de cuarcitas compactas, con difícil clivaje, que proporciona cantos redondeados, casi esféricos en los elementos más pequeños, característicos de costas rocosas como ésta de la zona cantábrica. El índice de disimetría no indica nada nuevo referente al medio donde está situado el depósito, y sus reducidos valores comprueban la dinámica marina y el carácter del depósito final.

Este carácter de depósito final marino ha sido adquirido por modificación en el medio actual; la hipótesis no podemos demostrarla por las características morfométricas del material, pues si bien el histograma de desgaste acusa los máximos, ambos están muy próximos y localizados en la región de altos valores. En consecuencia, si en un principio ha habido una influencia continental, actualmente ha desaparecido por completo debido a la fuerte acción de la dinámica marina. No obstante, existen observaciones sobre el terreno que confirman la idea del origen continental de este depósito; la mayor parte del material está formado por cuarcitas del Silúrico inferior ordovicense, con una reducida presencia de cantos pizarrosos cámbricos. Ambos elementos proceden, bien de la destrucción del propio acantilado, a cuyo pie en las zonas laterales de la concha aparecen elementos frescos sin apenas desgaste, o bien de aportes torrenciales, procedentes de las elevaciones sobre el actual valle donde se encaja el río Uncin.—L. DE A.

HERNÁNDEZ-PACHECO, F., y ASENSIO AMOR, I.: *Primeros resultados del estudio sedimentológico de las arenas del Puntal (Santander)*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Puede admitirse, según los autores, que el relleno de la bahía santanderina es debido, en primer lugar, a la formación de la gran masa o flecha de arenas del Puntal, que redujo extraordinariamente la boca de la bahía, de tal modo que en todo el frente N. de Pedreña pueden reconocerse las covachas de erosión que en esta acantilada costa produjo el mar al romper desatadamente sobre ella, al no existir el abrigo del arenal del Puntal. Una vez constituido éste de la playa, que se extiende a su pie frente al mar libre y de la masa de arenas que forman el Puntal, el viento arrastra las arenas que van a caer dentro de la bahía, arenas que, removidas por las corrientes mediante el juego de las mareas, son las que van originando los grandes playazos hoy existentes en su dominio.—L. DE A.

M. MUÑOZ TABOADELA y R. FÁBREGAS-LORENZO: *Mineralogía y geles de un podsol férrico-húmico asturiano*. II Reunión de Sedimentología. «Instituto de Edafología», 1961.

Sobre mantos de sedimentos detriticos gruesos se encuentran en la zona cantábrica podsoles bien desarrollados. Generalmente, bajo brezal atlántico, el suelo corresponde al subtipo ferrico-húmico. La forma de humus es generalmente moderadamente grueso distrófico, alcanzando el horizonte aluvial espesores de hasta 20 centímetros. El horizonte B, en muchos casos areno-arcilloso, queda desdoblado en el de acumulación de humus B_{h1} o B_{h2} , y en el de sesquioxidos B_{s1} .—L. DE A.

MARINA KRESS VOLTZ y ANTONIO HIGUERAS ARNAL: *Sedimentos de suelos*. II Reunión de Sedimentología «Instituto de Edafología», 1961.

Dada la gran extensión de las rocas sedimentarias que contienen elementos terrígenos, es necesario tener siempre en cuenta, al estudiar las formaciones edáficas, lo que aquéllas pueden aportar como simple restitución.

A partir de rocas cuyo contenido de elementos de origen sub-áreo es alto, lo que se produce no es totalmente una formación primaria de suelo, sino una transformación de aquellos elementos.

Solamente, a partir de rocas magmáticas o sedimentarias de origen químico o biológico, se desarrollan suelos en fase monogénica; en los demás casos hay que hablar de procesos poligénicos más o menos intensos.

Las clasificaciones genéticas de suelos hay que hacerlas teniendo en cuenta las áreas sedimentarias sobre las que se encuentran.—L. DE A.

TECTÓNICA.

FEDERICO MACAÑ VILAR: *Yesos de 2.ª formación en el interior de un pliegue-falla muy tectonizados, localizados en la excavación de un túnel de ferrocarril*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre, 1962.

En el estudio realizado para averiguar las causas de la descomposición del hormigón del revestimiento de un túnel de ferrocarril, ha localizado el autor varios tramos yesosos

correspondientes al núcleo de un pliegue-falla muy tectonizado, referible al permotrias, que no presentaba en superficie ningún indicio de su existencia, por lo que, a juicio del autor, no pudieron ser localizados en las exploraciones oculares externas de los estudios geológicos previos.

Da el corte geológico del túnel y esquemáticamente el proceso tectónico que dio lugar a tal fenómeno.

Se indica la presencia de otros factores productores de sulfatos, que han coadyuvado a la rápida alteración del hormigón del revestimiento del túnel, deduciéndose consecuencias para el tipo de obras que deben realizarse en terrenos semejantes.

PIERRE GEVIN: *El papel del yeso en los corrimientos de terrenos*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre, 1962.

La frecuencia con que aparecen yesos en zonas donde se producen habitualmente corrimientos de terrenos, especialmente en las arcillas del Mioceno, tanto en el Este como en el Oeste de Argelia, ha hecho que los científicos consideren a este elemento como el factor responsable de la inestabilidad de los terrenos.

Sin embargo, un examen razonado del problema nos lleva, por el contrario, a rehabilitar a acción floculante de los iones Ca^{++} y SO_4^- ; en efecto, la estabilización de los terrenos arcillosos por la adición de yesos constituye un hecho efectivo. Por otra parte, parece que la responsabilidad del yeso a este respecto se debe a la presencia del ion Mg^{++} , que acompaña a las evaporitas, y muy especialmente al yeso, y que constituye un elemento defloculante extremadamente activo.

Esta es la razón por la cual las arcillas triásicas del Norte de África son de una inestabilidad tan extremada no por que contenga gran cantidad de yeso, sino por que este elemento está acompañado por un cortejo de iones defloculantes, procedentes de las sales solubles del magnesio.

ALMELA, A.: *Tectónica yesifera de la cuenca del Ebro*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre, 1962.

El Oligoceno, en facies lacustre que ocupa una extensa área en la zona central de la cuenca del Ebro, muestra varios larguísimo anticlinales, en algunos de los cuales aflora en el eje un núcleo de yesos de confusa estratificación y gran anchura, tales como los de Barbastro-Tamarite de Litera-Balaguer y Cubells-Torá.

Estos anticlinales de núcleo yesífero, aparecen bruscamente en zonas de estructura tabular y las capas se levantan rápidamente, llegando muchas veces a la vertical. Este tipo de anticlinales en los que no se aprecian presiones tangenciales próximas, es sin duda debido al especial comportamiento de los yesos, al hidratarse la anhídrita y al actuar por su plasticidad de forma semidiapírica.

Por el contrario, los anticlinales oligocenos más próximos al borde de la Cuenca, como el de Ladurs-Espunyola-San Maurici, no tienen núcleo yesífero y su comportamiento es distinto al de los anteriores y semejante al de los que afectan a los terrenos secundarios y eocenos, siendo observable el empuje tangencial que los ha ocasionado.

Hay anticlinales, o zonas de ellos, en los que existe un núcleo yesífero y es ostensible el empuje tangencial o que ha contribuido a su formación. En ellos se observan las características tectónicas de los dos tipos de estructuras, como puede verse en la zona Cubells-Artesa de Segre y en el anticlinal de Vilanova de la Aguda.

BOMER, B y RIEA, O.: *Deformaciones tectónicas recientes por movimiento de yesos en Villafranca de Navarra*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre de 1962.

El anticlinal de gran radio de yesos oligocenos de Arguedas está profundamente erosionado, lo cual permite que afloren potentes series constituidas por margas yesíferas alternando con yesos masivos de bastante espesor. Las graveras de la terraza inferior del río Aragón recubren, en Villafranca de Navarra, una parte considerable del flanco Norte de dicho anticlinal. Hemos observado que esta terraza presenta una serie de deformaciones a modo de lomas anticlinales rectilíneas y paralelas, que indudablemente se relacionan con las capas de yeso observables más allá de manto aluvial. En las zanjas del ferrocarril y carretera se observan los yesos oligocenos, muy replegados sobre sí mismos, en los núcleos de cada una de dichas deformaciones anticlinales que han sufrido las graveras cuaternarias. Se trata, pues, de deformaciones muy recientes debidas a migración lateral ascendente de los yesos dentro de cada una de las capas yesíferas de la serie oligocena.

HERNÁNDEZ-PACHECO, F.: *Carácter de los plegamientos del Neógeno de la depresión del Tajo*. Comunicación presentada en el I Coloquio Internacional de Terrenos Yesíferos. Madrid, septiembre 1962.

El Mioceno continental en los dominios de Castilla aparece dispuesto sensiblemente horizontal y sin ofrecer sus masas plegamientos, salvo de detalles, en zonas restringidas y por acomodación de este terreno al estar formado por grandes conjuntos de yesos o margas yesosas, conjuntos que ofrecen extrema movilidad al estar afectados por la gravedad o al haber sido redisueltos por la acción de aguas subterráneas.

La disposición en general horizontal de sus grandes conjuntos se explica, por no haber sido afectada la Meseta intensamente por la orogenia alpina, al estar su profundo basamento constituido por un cratón paleozoico que ha resistido los empujes fracturándose, pero no plegándose; substrato que a veces está muy somero y que llega a aflorar en superficie.

No obstante, a veces, los conjuntos yesosos y margosos miocenos, y especialmente los sarmatienses, ofrecen estructuras de detalle con plegamientos muy acusados. Estas zonas son restringidas y se localizan en bandas arrumbadas en determinadas direcciones, y ocupan zonas de borde de las grandes plataformas o páramos castellanos. En el primer caso, tales estructuras pueden corresponder a zonas de mínima resistencia del substrato más o menos profundo, que al reaccionar afectan a la cobertera miocena yesosa o margoso-yesosa; en el segundo caso se trata de plegamientos y fracturas, siempre de detalle, debida a la movilidad de las masas margoso-yesosas o yesosas, que tienden a deslizarse, afectadas por la gravedad.

El trabajo se ocupa de localizar algunas de estas zonas y ver la relación que puedan tener, bien con estructuras ocultas del substrato o con los espacios donde los sedimentos yesosos tienden a desplazarse por gravedad hacia zona de menor altitud.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En este Instituto, fundado en el año 1849, existen laboratorios donde se estudian, analizan y ensayan, rocas, menas, minerales, aguas, combustibles, tierras coloidales y productos metalúrgicos e industriales. También se efectúan determinaciones espectroquímicas, químicas y de constantes físicas, estructuras cristalinas y mediciones de radiactividad, así como separación y concentración de menas por sus diversas técnicas, y ensayos industriales de las mismas.

Tanto para investigación como para fines docentes, se preparan colecciones de ejemplares y también se realizan clasificaciones de rocas, minerales y fósiles.

Los estudios y prospecciones geofísicas se efectúan por métodos eléctricos, sísmicos, magnéticos, gravimétricos y radiactivos.

Se ejecutan estudios e informes geológicos, así como investigaciones de criaderos y asesoramientos para la explotación de los mismos.

Se redactan proyectos de alumbramientos de aguas subterráneas y se proporcionan toda clase de asesoramientos para la ejecución de los mismos.

Con destino a Entidades y particulares se ejecutan toda clase de trabajos relacionados con las especialidades del Instituto.

LISTA DE PRECIOS DE LAS PUBLICACIONES DEL INSTITUTO
GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PARA PENINSULA IBERICA,
HISPANO-AMERICA Y FILIPINAS

	Ptas.
BOLETINES	
Boletines, cada tomo	200
NOTAS Y COMUNICACIONES	
Notas y Comunicaciones, cada ejemplar hasta el núm. 60	50
Desde el núm. 61	60
MEMORIAS	
GEOFÍSICA	
La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas, Tomos 1.º, 2.º, 3.º y 4.º, cada uno	250
Idem, íd. Tomo 5.º	150
CRIADEROS DE HIERRO	
Hierros de Murcia	50
Idem de Asturias	50
Idem de Galicia, cada tomo	50
Idem de Sevilla, Jaén y Córdoba	100
Idem de Almería y Granada	100
Idem de Guadalajara y Teruel	100
VARIOS	
Estudio petrográfico de la Serranía de Ronda	50
Monografía de las melanopsias	50
Conchas bivalvas de agua dulce	50
Memoria del Uranio (agotada)	100
El petróleo	50
Cuenca del Alto Tajo. Alcalá de Henares	50

	Ptas.
La cordillera del Rif (dos volúmenes de texto, uno de láminas)	150
Reservas municipales de piritas, cada tomo	100
Reservas mundiales de fosfatos, cada tomo	100
Libro Jubilar (tomos I y II, cada uno)	100
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península y escala 1:1.000.000 (1952) y 1955) publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España	20
El Cretáceo en España	100
Resumen de la Historia geológica de la Tierra	200
Temas Geológicos de Mallorca	250
Introducción al estudio de Petrología Estructural	125
Memoria de Cantillana	80
Estudio Metalogénico de la Sierra de Cartagena	100
Memoria explicativa de Marruecos	100
C. R. XIV Congreso Geol., cada tomo	100
Cordillera Cantábrica	200
Mapa del Hierro, con explicación	30
Mapa del Carbón, con explicación	30
Memorias Generales Anuales	25
Catálogo general de publicaciones	25
GUÍAS GEOLÓGICAS	
Estrecho de Gibraltar	50
Los platinos de la serranía de Ronda	50
Minas de plomo y cobre Linares-Huelva (francés o inglés)	50
Sierra Morena-Sierra Nevada	50
Terciario continental de Burgos	50
Minas de Almadén (francés)	50
Isla de Mallorca	50
Sierra de Guadarrama	50
Aranjuez	50
Asturias (sólo en francés)	50
Sierra Morena-Llanura Bética	50
Despeñaperros	50
Guía geológica del ferrocarril Madrid-Sevilla	50
Idem, íd. Madrid-Irún	50
BOLETINES DE SONDEOS	
Tomo 1.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Cada fascículo	50
Tomo 2.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Idem	50
Tomo 3.º (fasc. 1.º)	50

MAPA GEOLOGICO

CARTOGRAFÍA	Ptas.
Mapa Geológico de España, escala 1:1.500.000 (entelado)	100
Idem id., a 1:1.000.000 (cuatro hojas) 1955	250
Idem id., hojas sueltas, cada hoja	100
Idem id., escala 1:1.400.000 (cada hoja)	20
Idem id., nueva edición (cada hoja)	40
Mapa provincial de Barcelona, Cádiz, Huesca y Lérida, escala 1:200.000, cada uno ...	100
Hojas del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	30
Atlas estratigráfico de la cuenca hullera asturiana	100
Mapa de Guinea, escala 1:400.000	25
Mapa Manantiales Medicinales a 1:1.500.000	50
Mapa Vulcanológico 1:1.000.000	50
Mapa del Sahara 1:1.500.000	100
Mapa Sismotectónico de la Península Ibérica a 1:2.500.000	75
Mapa provincial de Cádiz a escala 1:1.000.000	200
Mapa Topográfico de Asturias de Schultz	100
Mapa de Marruecos a 1:400.000	100
Mapa Geológico 1:4.500.000	25
Hojas de Marruecos a escala 1:50.000 (cada hoja)	30

MEMORIAS.

Explicación Mapa 1:1.000.000, tomos I y II (cada tomo)	100
Explicación del Mapa Geológico de España a escala 1:400.000, cada tomo	50
Memorias provinciales de Huesca y Lérida, cada una	100
Memorias del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000	50
Datos para el estudio de las Hojas del Mapa Geológico 1:50.000, Gijón-Oviedo ...	50
Memorias del Mapa Geológico de Marruecos a escala 1:50.000	50

Estas publicaciones se manda a provincias, contra reembolso de su importe.

Para las Librerías.—Los pedidos hechos por librerías tendrán un 25 por 100 de descuento.

Para los demás países.—Los precios son dobles de los marcados en esta lista.

Relación de depósitos de publicaciones de este Instituto

Barcelona.—Suministros Escolares: Plaza Universidad, 11.
Coruña.—Librería Zincke Hermanos: Cantón Grande, 21.
Madrid.—Librería Geográfica Sucar: Joaquín M.^a López, 68.
Oviedo.—Agencia Editorial Santa Clara: Paseo de Santa Clara, 2.
Palma de Mallorca.—Libros Mallorca: Call, 1.
Santiago de Compostela.—Librería González: Rúa del Villar, 46 52.
Tuy (Pontevedra).—Bazar Alberto: Paseo Calvo Sotelo, 25.
Valencia.—Librería Maragat: Plaza del Caudillo, 22.
Zaragoza.—Librería General: Independencia, 8.



INDICE

	PÁGS.
Tablas para la determinación de menas al microscopio metalográfico, por H. SCHNEIDERHÖHN	5
An upper westphalian flora from the mine «Inés», near the pass of Pajares, on the leonese-asturian boundary (NW. Spain), por R. H. WAGNER	79
Las rocas del Cámbrico, por LUIS C. GARCÍA DE FIGUEROLA, J. G. PRADO y SÁNCHEZ DE LA TORRE	103
Nuevos hallazgos de conodontos y algunos cortes en el Paleozoico de Málaga (sur de España), por FRANZ KOCKEL y DIETER STOPPEL	133
Geología del zócalo cristalino de la Península del Barbanza, cerca de Noya (La Coruña), por el Dr. JURGEN VON RAUMER	171
Estimación del coste de las diferentes etapas del tratamiento de minerales de uranio. Situación actual de las reservas, por JOSÉ SUÁREZ FEITO	181
Una técnica nueva de excitación de crudos petrolíferos, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	197
La Bética de Málaga a los alrededores de Vélez-Málaga (provincia de Málaga, España), por JEAN BOULIN	207
«La fase tectogénica pirenaica en los Pirineos» y los conglomerados de Poble de Segur (Lérida, España), por JEAN PHILIPPE MANGIN	211
El Cenomanense entre los valles del Segre y de la Noguera Ribagorzana (provincias de Lérida y Huesca, España), por PIERRE SOUQUET	213
Los yacimientos fosilíferos del Oxfordiense Superior del sur de la isla de Ibiza (Balears), por YVES RANGHEARD	217
Nuevos recursos de la investigación geológica, por ANTONIO DUE ROJO	221
Noticias	244
Datos estadísticos	245
Cotización y Comercio	250
Criaderos	254
Novedades industriales y científicas	258
Reuniones científicas	261
Reservas mineras	275
Notas bibliográficas	278
Cartografía	279
Criaderos	280
Cristalografía	280
Geografía física	282
Geología	282
Geonucleónica	289