

8 DE CADA **10** CROMATOGRAFOS
8 DE CADA **10** ESPECTROFOTOMETROS {infrarrojos ó ultravioleta visible}
9 DE CADA **10** ESPECTROFOTOMETROS de absorción atómica
8 DE CADA **10** REGISTRADORES para laboratorio

VENDIDOS EL PASADO AÑO FUERON
PERKIN-ELMER

RECONOCIMIENTO GENERAL DEL PRESTIGIO DE UNA MARCA
 DEDICADA PLENAMENTE A LA INVESTIGACION
 PARA EL AVANCE CIENTIFICO E INDUSTRIAL

Al adquirir cualquiera de nuestros equipos, Vd. recibe, los siguientes servicios:

- Asistencia técnica
- Servicio y mantenimiento eficaces
- Autodespacho de mercancías
- Centro de entrenamiento en Madrid con gastos de desplazamiento sufragados por nuestra Organización
- Suministro y consulta de bibliografía técnica
- Formación de instrumentistas de su propia empresa
- Contrato de revisión.

PERKIN-ELMER HISPANIA

MADRID
 Av. Generalísimo, 71 - A
 Tel.: 2 70 24 07

BARCELONA
 Sicilia, 105 - 2.º
 Tel.: 2 26 33 37

LISBOA
 Av. Liberdade, 220
 Tel.: 56 21 81

EQUIPAMIENTO ANTIDIFLAGRANTE PARA AMBIENTES
 EXPLOSIVOS

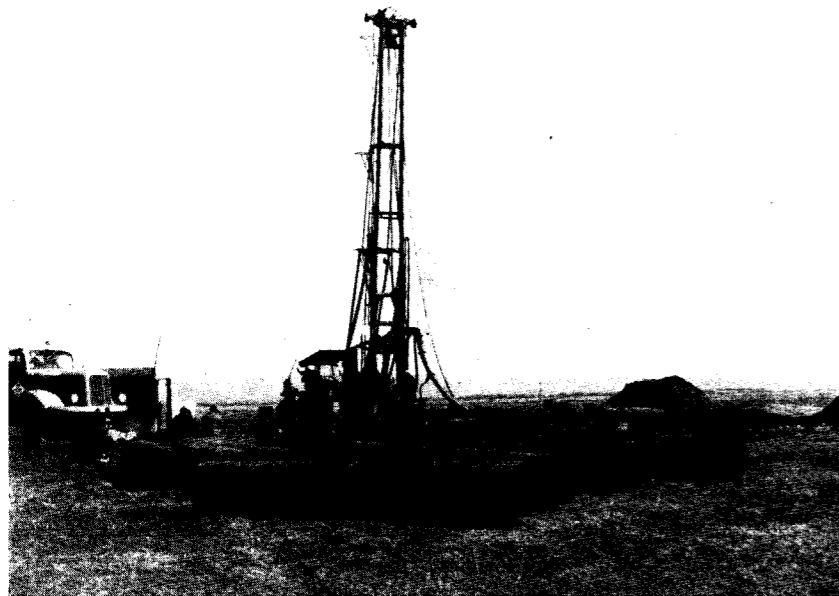
SERVICIOS DIVERSOS DE
 SEGURIDAD
 AUTOMATIZACIÓN
 CONTROL
 REGULACIÓN Y MONITOREO
 SISTEMAS DE CONEXIÓN
 CONTROL DE TENSION
 CONTROLADORES
 TRANSFORMADORES
 CONTACTORES

ISODEL SPRECHER, S. A.
 Madrid - Mendez Alvaro, 62 Apartado 7.087

¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

C. G. S. HACE EL RESTO



C. G. S.

LA COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS CUENTA CON EQUIPOS DE PERFORACION DE CIRCULACION DIRECTA, INVERSA Y PERCUSION QUE LE PERMITE ADOPTAR LA TECNICA MAS APROPIADA EN CADA CASO PARA OBTENER EL MAXIMO CAUDAL EXISTENTE

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,
NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66
Teléfono 22 36 04
VITORIA

PADRE XIFRE, 5
Teléfono 415 60 54
MADRID

INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

MADRID - 3



**Empresa
Nacional
Adaro
De
Investigaciones
Mineras
Sociedad
Anónima**

Proyectos de
investigación de
GEOLOGIA MINERA
HIDROGEOLOGIA
INGENIERIA
de desarrollo minero

ENADIMSA

Servicios especializados en

GEOFISICA
GEOLOGIA
FOTOGEOLOGIA
ESTRATIGRAFIA
PETROLOGIA

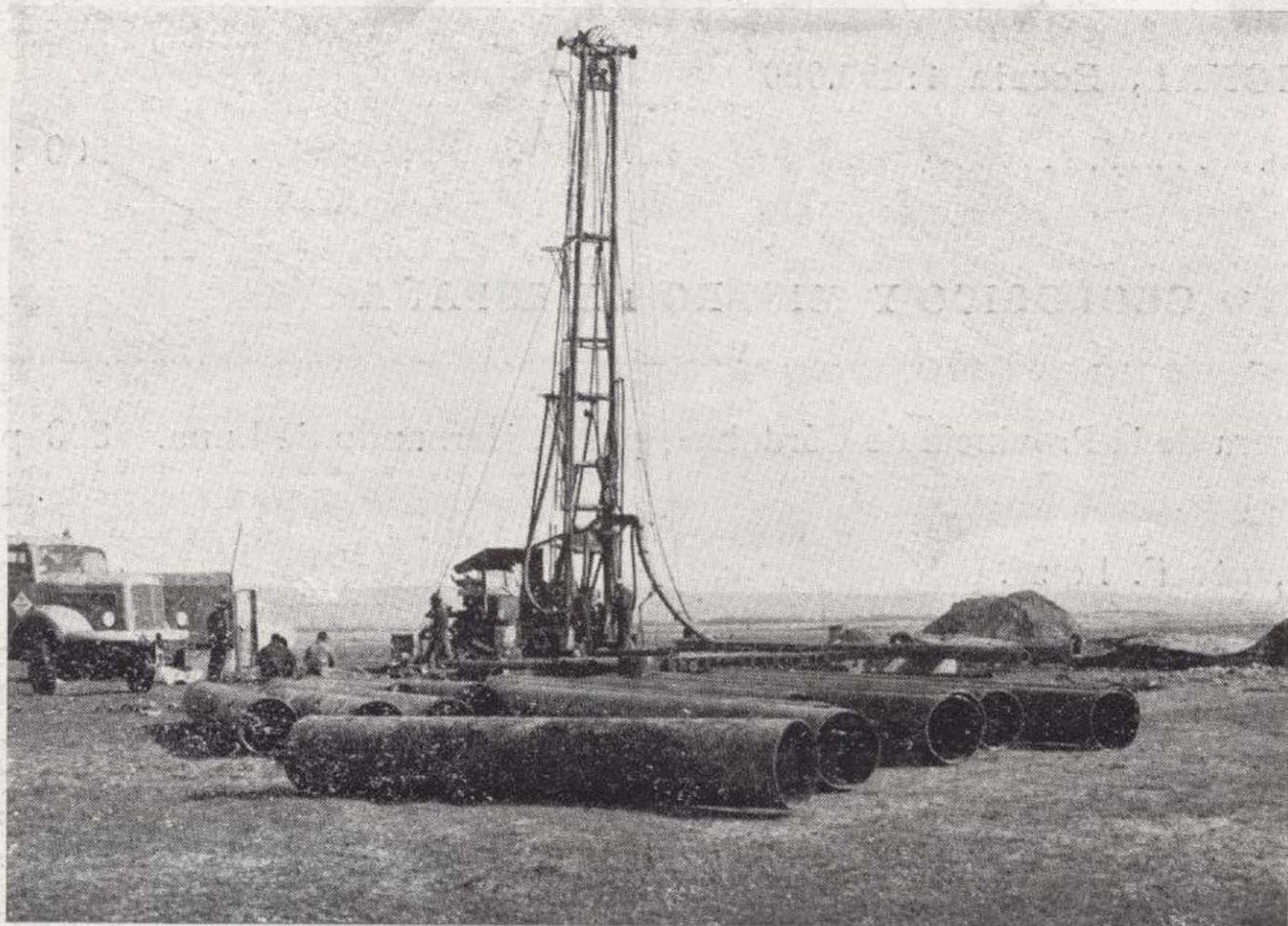
SONDEOS
METALOGENIA
GEOQUIMICA
GEOESTADISTICA
MINERALOGIA
HIDROGEOLOGIA

domicilio social: serrano núm. 116, madrid 6. teléfono 261 79 02
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12 getafe (madrid)
teléfonos 797 09 50/54/58

¡COMO CONSEGUIR AGUA CON PROVECHO!

USTED PROPONE EL SITIO Y...

C. G. S. HACE EL RESTO



C. G. S.

LA COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS CUENTA
CON EQUIPOS DE PERFORACION DE CIRCULA-
CION DIRECTA, INVERSA Y PERCUSION QUE LE
PERMITE ADOPTAR LA TECNICA MAS APROPIA-
DA EN CADA CASO PARA OBTENER EL MAXIMO
CAUDAL EXISTENTE

CONSULTENOS SIN COMPROMISO,

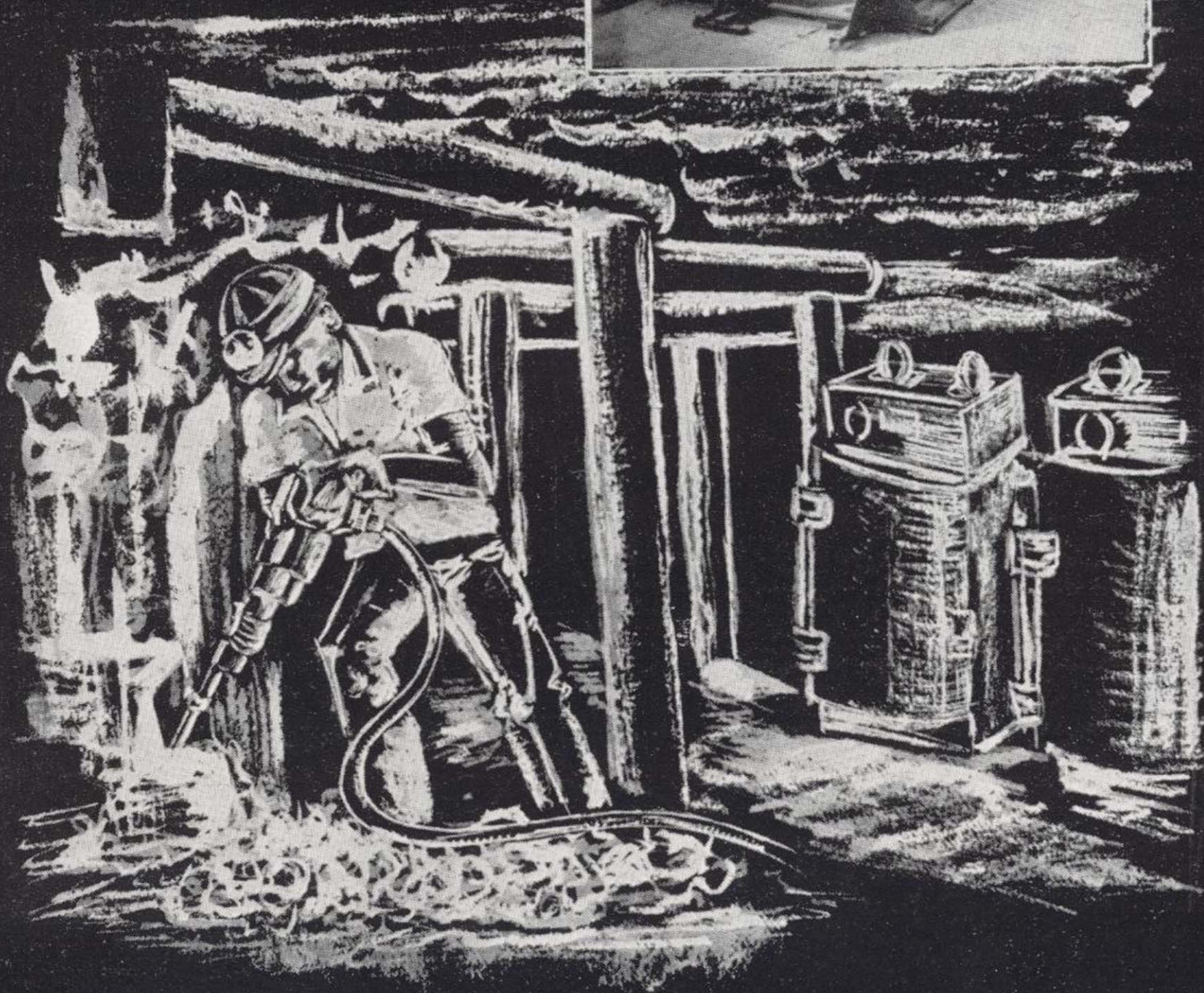
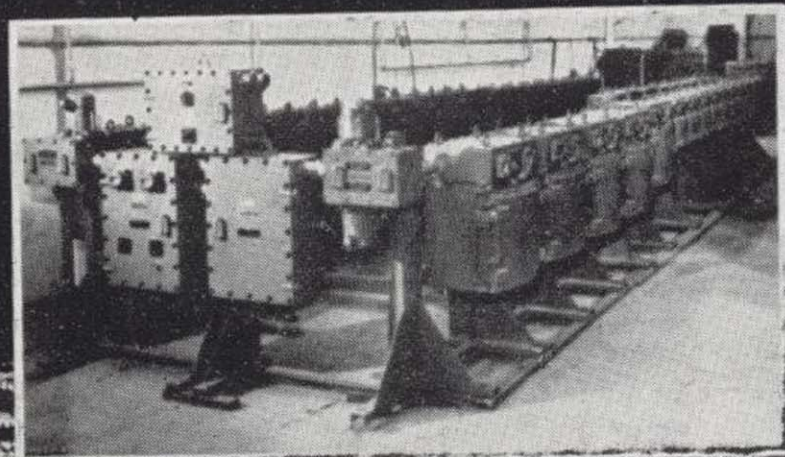
NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO ESTA A SU SERVICIO

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

PORTAL DE CASTILLA, 66
Teléfono 22 36 04
VITORIA

PADRE XIFRE, 5
Teléfono 415 60 66
MADRID

APARAMENTA ANTIDEFAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS



APARATOS DIVERSOS DE
SEGURIDAD
SEÑALIZACION
ALUMBRADO
DISTRIBUCION Y MANDO
MATERIAL DE CONEXION
CELDAS MEDIA TENSION
CONTACTORES
TRANSFORMADORES
CORTACIRCUITOS



ISODEL SPRECHER, S. A.
Madrid - Méndez Alvaro, 62 Apartado 7.087

PREMIO DE PERIODISMO

“SANTA BARBARA”

CONVOCATORIA PARA 1971

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio “SANTA BARBARA” para 1971, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la importancia de LA GEOLOGIA COMO BASE DE LA INGENIERIA CIVIL.

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al premio se precisa que el trabajo se haya publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas entre las revistas, aquellas que sean técnicas y entre los autores quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1972.

La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar en los primeros meses del año 1972.

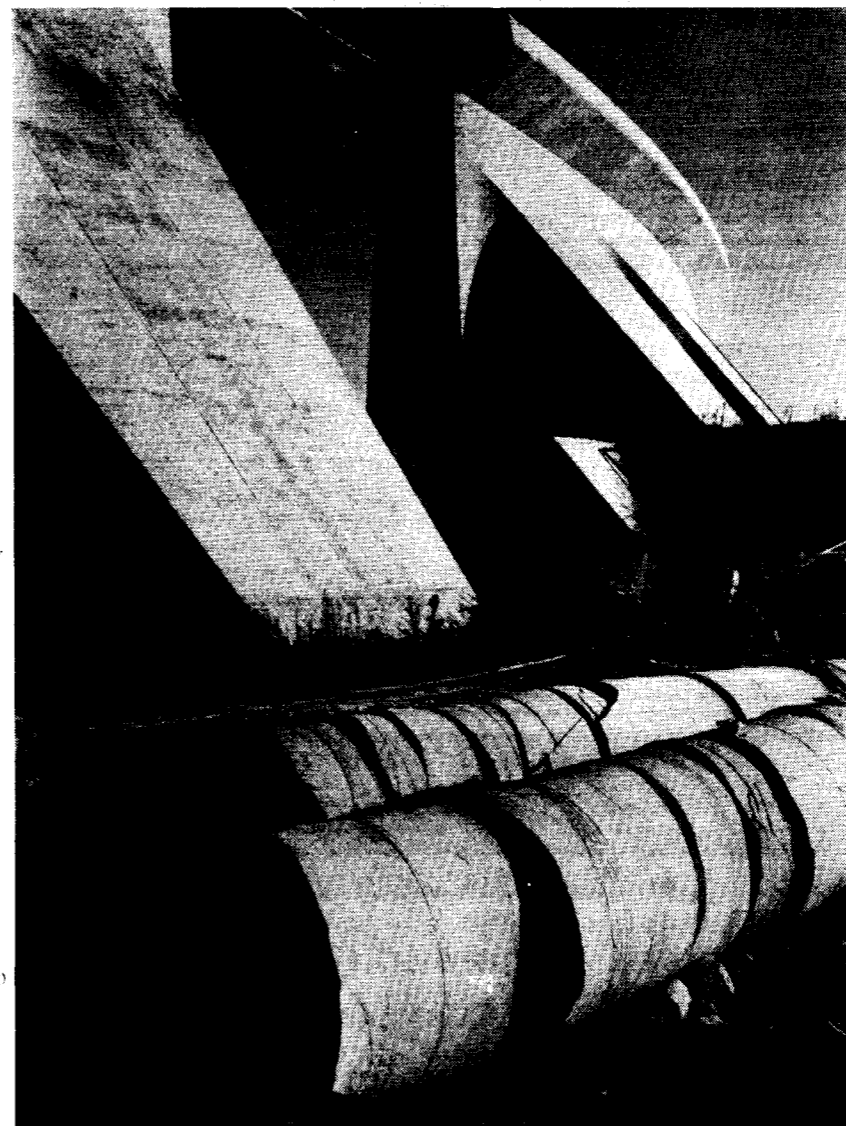
Ríos Rosas, 23

MADRID-3

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



PRESA DE ALMENDRA. IBERDUERO, S. A. Extracción de testigos, diámetro 1.000 m/m.

- * INYECCIONES
- * PILOTES
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * ANCLAJES
- * REVESTIMIENTOS
- * HIDROGEOLOGIA
- * SONDEOS MINEROS
- * SONDEOS GEOTECNICOS
- * LABORATORIO
- * ESTUDIOS Y PROYECTOS

MADRID-16

Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telégramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

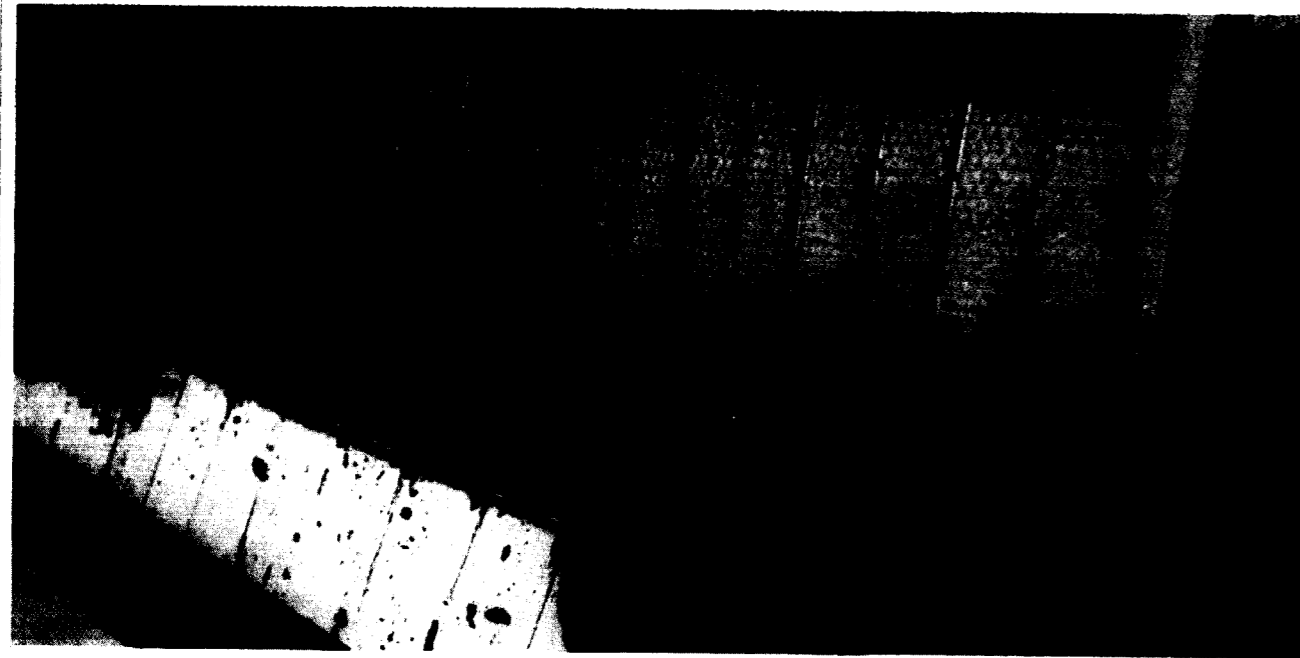
BARCELONA-11
Villarreal, 200
Teléf. 250 79 83
Telex 52243 - RODIO e

BILBAO-11
Gran Vía, 70
Teléf. 41 21 79

SEVILLA
Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88
Telex 72154 - RODIO e

VALENCIA-9
Avda. Tirso de Molina, 14
Teléfs. 65 65 15 y 65 64 88

ORENSE
Concejo, 11
Teléf. 21 44 52



FILTROS DE VACIO

Resuelven todos los problemas de deshidratación que puedan plantearse en la Industria Química. Filtros de tambor de construcción standard y especial; removedor; descarga por cilindros y por hilos, fabricados en diversos materiales tales como hierro, aleación de acero, hierro ebonita, madera, materias plásticas, etc.

Para filtraciones muy limpias fabricamos tambores-filtradores de tipo precoat. Filtros planos y filtros interiores para casos especiales, p. e. Schlamms de granos gruesos y de peso específico elevado, que no pueden ser aspirados por los filtros del tambor.

Filtros de discos de construcción normal llegando hasta 200 m². de superficie filtrante. Filtros pequeños y tipos para laboratorio y estación de ensayo — diferentes modelos y tamaños fabricados en diversos materiales. Bombas de aire, de anillo líquido para producir el vacío necesario, que han sido probadas y adoptadas en diversas instalaciones, obteniendo caudales de 15 a 4.000 m³/h.

WEDAG

WEDAG ESPAÑOLA, S.A. - MADRID

Guzman el Bueno, 2-2° · Tel.: 2414401, 2484601

789

TERRATEST SU AUXILIAR EN LA INVESTIGACION MINERA



TERRATEST, S. A.

Estudios Geológicos y Geofísicos. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

Perforación y Sondeos de Exploración. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

Estudios y Control de Perforación de Sondeo. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

Servicios a la Industria de la Construcción. - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y serrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

TERRATEST, S.A. Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

Espectrometría de absorción atómica.

Espectrografía mediante placas fotográficas.

Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.

Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.

Análisis Químicos.

Microsonda Electrónica.

Metalogenia.

Petrología.

Preparación Mecánica de Minerales.

Mineralogía.

Macro y Micropalontología

Geotecnia.

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

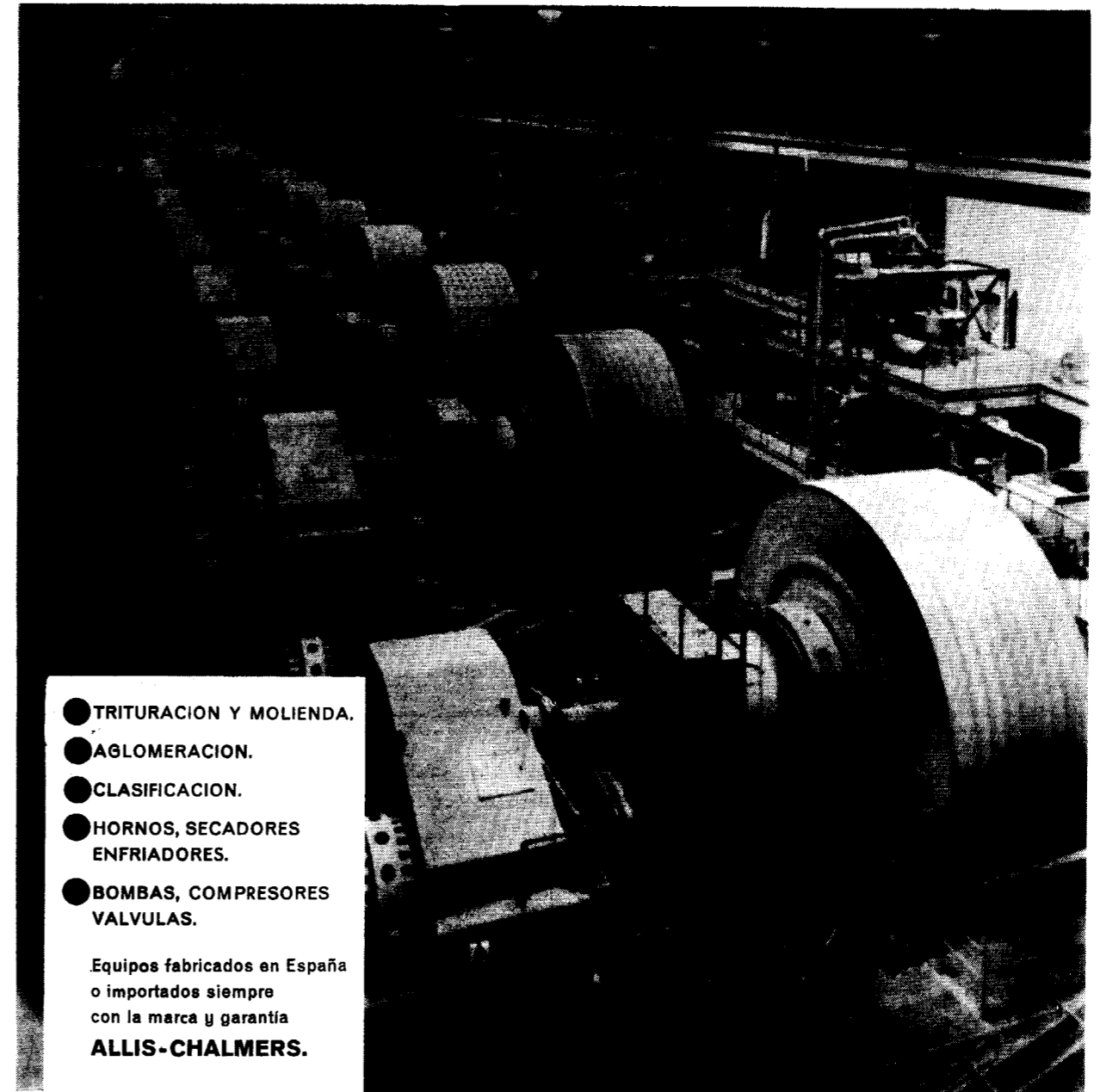
RIOS ROSAS, 23

TELÉF. 254 22 00

MADRID-3



ALLIS-CHALMERS



- TRITURACION Y MOLIENDA.
- AGLOMERACION.
- CLASIFICACION.
- HORNOS, SECADORES ENFRIADORES.
- BOMBAS, COMPRESORES VALVULAS.

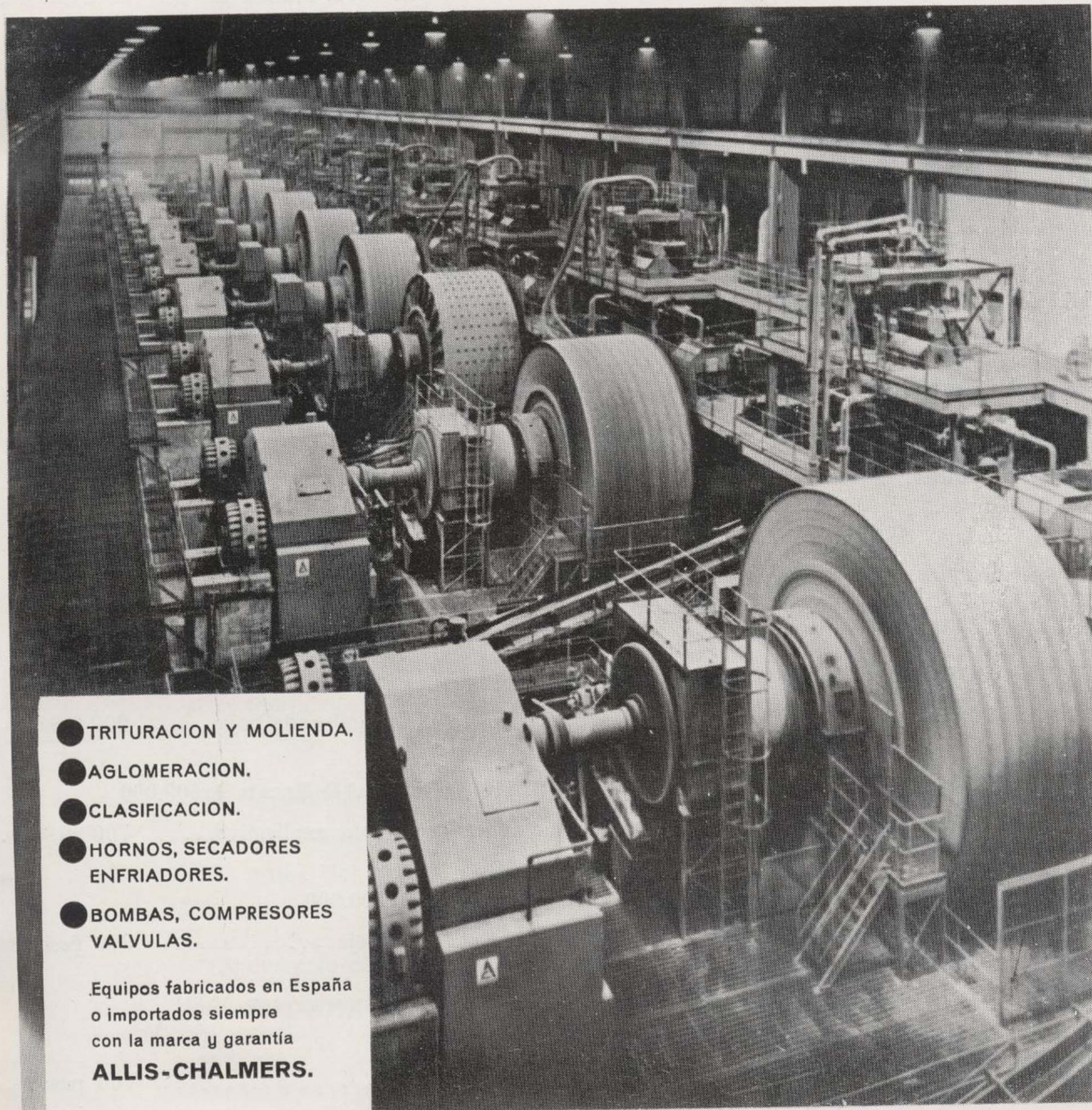
Equipos fabricados en España
o importados siempre
con la marca y garantía
ALLIS-CHALMERS.

A-C IBERIA, S.A.

Av. Generalísimo, 35
Inos. 270 63 03 - 279 69 43
Madrid-16



ALLIS-CHALMERS



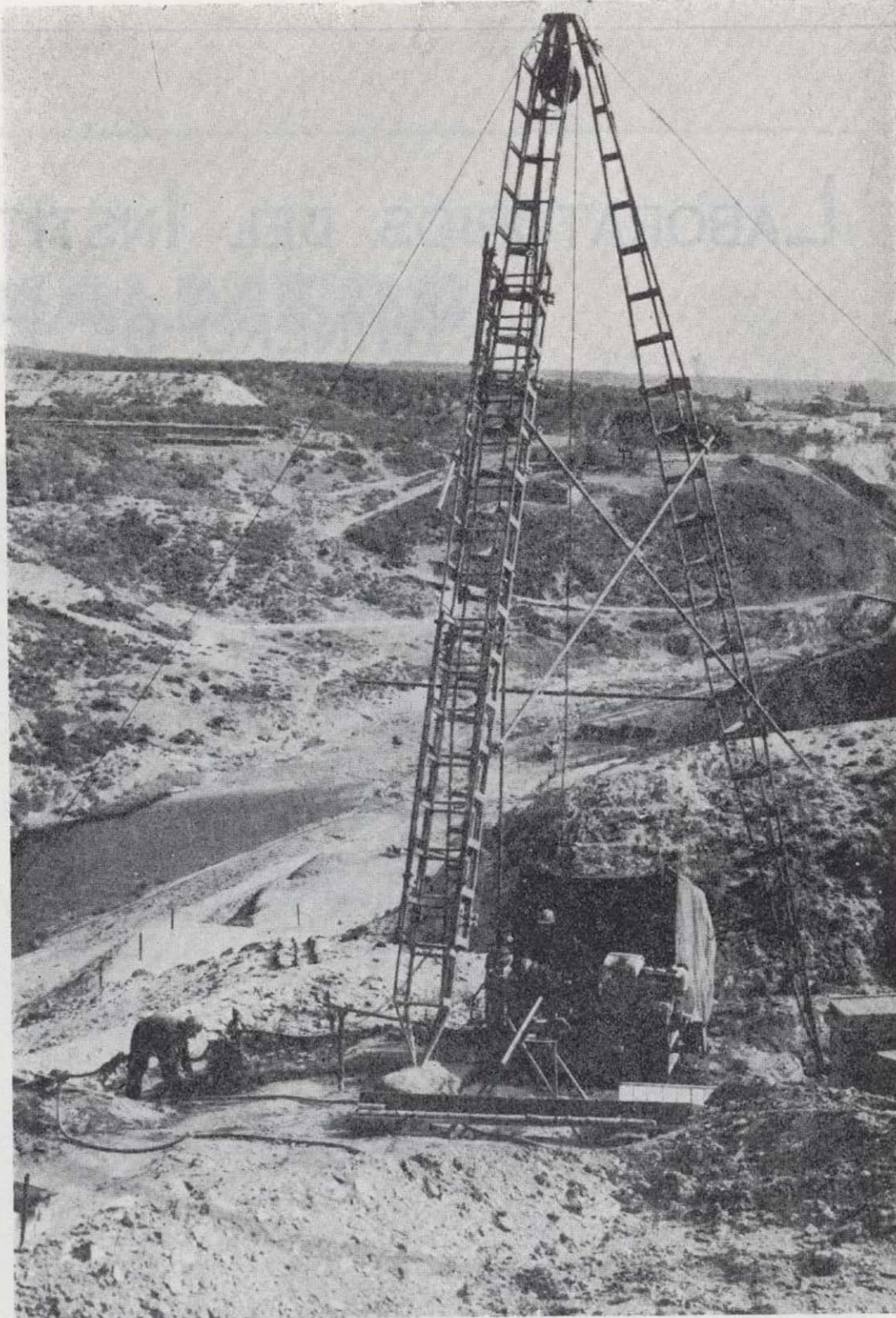
- TRITURACION Y MOLIENDA.
- AGLOMERACION.
- CLASIFICACION.
- HORNOS, SECADORES ENFRIADORES.
- BOMBAS, COMPRESORES VALVULAS.

Equipos fabricados en España
o importados siempre
con la marca y garantía
ALLIS-CHALMERS.

A-C IBERIA, S.A.

Av. Generalísimo, 35
Tnos. 270 63 03 - 279 69 43
Madrid-16

TERRATEST SU AUXILIAR EN LA INVESTI- GACION MINERA



TERRATEST, S. A.

Estudios Geológicos y Geofísicos. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

Perforación y Sondeos de Exploración. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

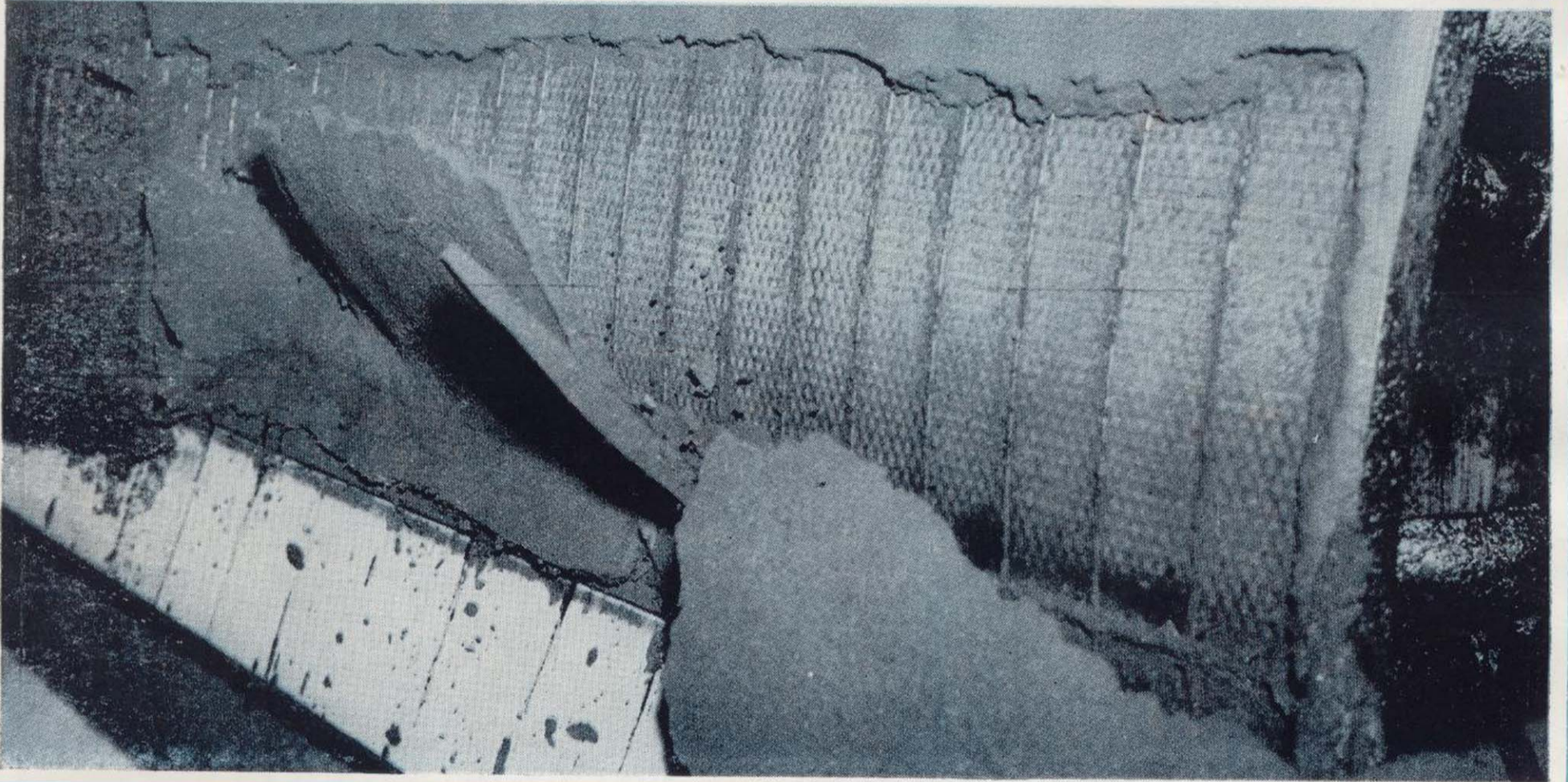
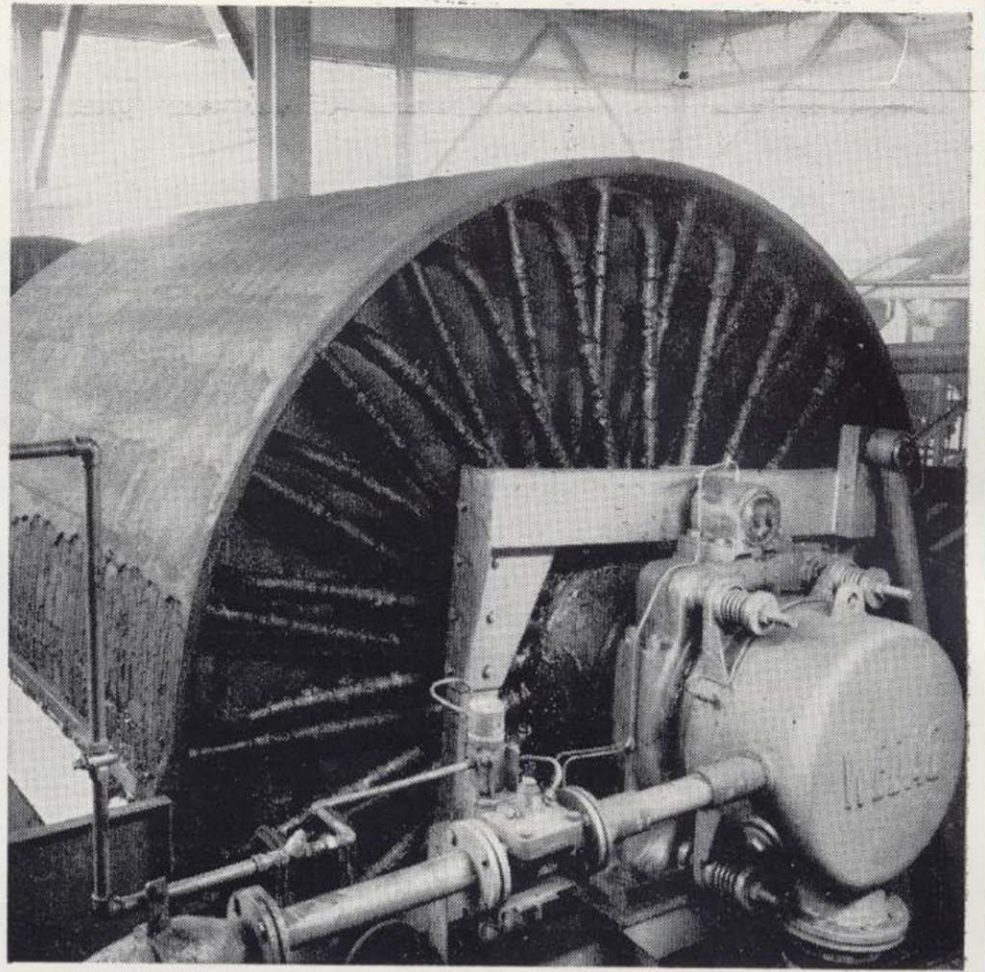
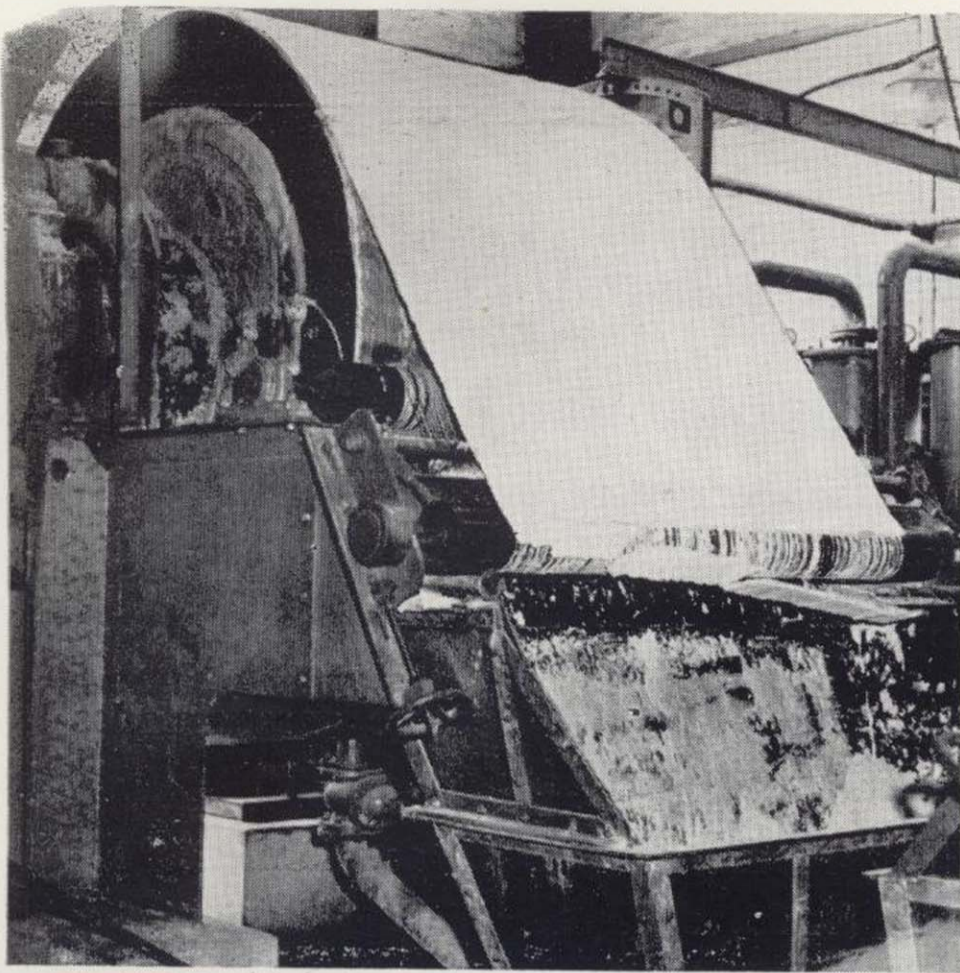
Estudios y Control de Perforación de Sondeo. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

Servicios a la Industria de la Construcción. - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y aserrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.



FILTROS DE VACIO

Resuelven todos los problemas de deshidratación que puedan plantearse en la Industria Química. Filtros de tambor de construcción standard y especial; removedor; descarga por cilindros y por hilos, fabricados en diversos materiales tales como hierro, aleación de acero, hierro ebonita, madera, materias plásticas, etc.

Para filtraciones muy limpias fabricamos tambores-filtradores de tipo precoat. Filtros planos y filtros interiores para casos especiales, p. e. Schlamms de granos gruesos y de peso específico elevado, que no pueden ser aspirados por los filtros del tambor.

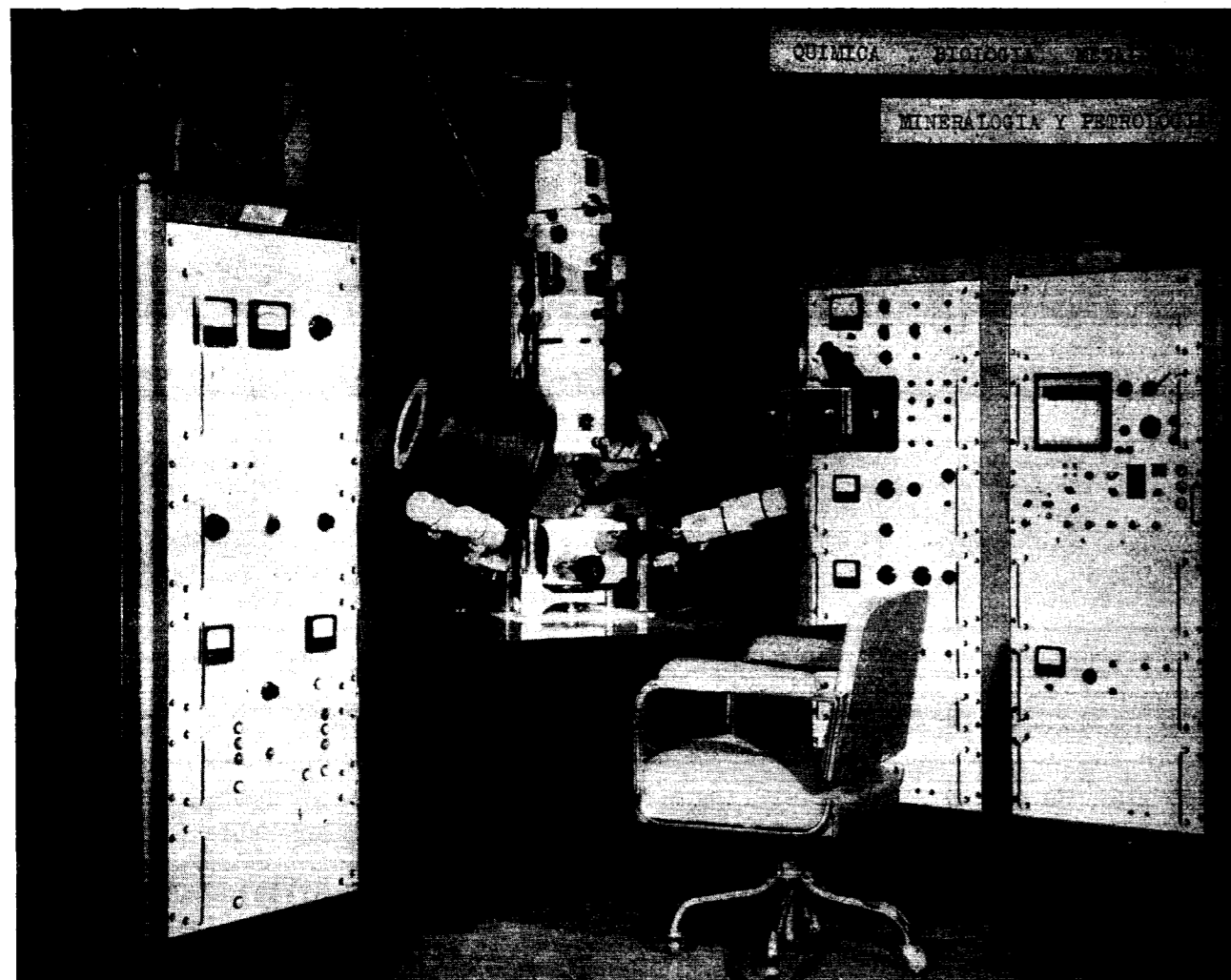
Filtros de discos de construcción normal llegando hasta 200 m². de superficie filtrante. Filtros pequeños y tipos para laboratorio y estación de ensayo — diferentes modelos y tamaños fabricados en diversos materiales. Bombas de aire, de anillo líquido para producir el vacío necesario, que han sido probadas y adoptadas en diversas instalaciones, obteniendo caudales de 15 a 4.000 m³./h.

WEDAG

WEDAG ESPAÑOLA, S.A. - MADRID

Guzman el Bueno, 2-2° · Tel.: 2414401, 2484601

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micras.
- ❖ Especialmente indicada en la resolución de problemas de Mineralogía y Petrología, así como en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS POR EL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:200.000 (SINTESIS DE LA CARTOGRAFIA EXISTENTE)

Hoja y Memoria núm.	5, Bermeo	400 pesetas
»	» 7, Santiago de Compostela	400 »
»	» 8, Lugo... ..	400 »
»	» 9, Cangas de Narcea... ..	400 »
»	» 11, Reinosa	400 »
»	» 15, Arties	400 »
»	» 16/26, Pontevedra-La Guardia	400 »
»	» 21, Logroño... ..	400 »
»	» 24, Berga	400 »
»	» 27, Verín	400 »
»	» 28, Alcañices... ..	400 »
»	» 30, Aranda de Duero... ..	400 »
»	» 31, Soria	400 »
»	» 36, Vitigudino	400 »
»	» 38, Segovia	400 »
»	» 40, Daroca	400 »
»	» 43, Plasencia... ..	400 »
»	» 45, Madrid	400 »
»	» 50, Valencia de Alcántara.	400 »
»	» 51, Cáceres	400 »
»	» 58/59, Villarreal-Badajoz	400 »
»	» 60, Villanueva de la Serena	400 »
»	» 61, Ciudad Real	400 »
»	» 69, Pozoblanco	400 »
»	» 70, Linares	400 »
»	» 76, Córdoba	400 »
»	» 84/85, Almería-Garrucha	400 »

Con anterioridad fueron publicadas las siguientes Hojas y Memorias:

1, La Coruña. 2, Avilés. 3, Oviedo. 4, Santander. 10, Mieres. 12, Bilbao. 17, Orense. 18, Ponferrada. 19, León. 20, Burgos. 29, Valladolid. 32, Zaragoza.

MAPA DE RECONOCIMIENTO HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS, Escala 1:1.000.000

Precio 300 pesetas

MAPA DE LLUVIA UTIL O ESCORRENTIA TOTAL DE LA ESPAÑA PENINSULAR E ISLA DE MALLORCA, Escala 1:1.000.000

Precio 300 pesetas

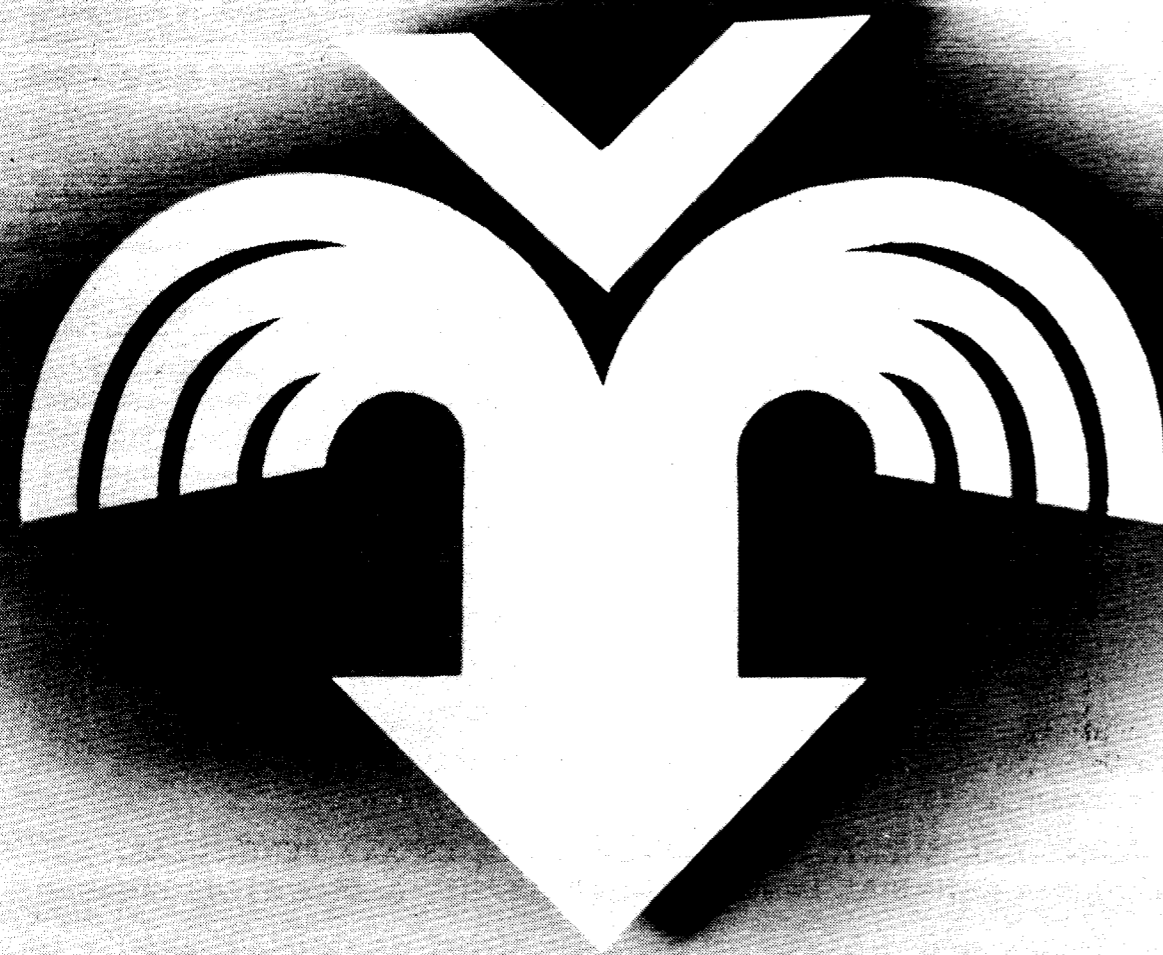
MAPA DE SINTESIS DE SISTEMAS ACUIFEROS DE ESPAÑA PENINSULAR, BALEARES Y CANARIAS, Escala 1:1.660.000

Precio 100 pesetas

MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Tomo 78: Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretáceo del N. de España en tres tomos: I. Texto.—II. Cuadros y figuras.—III. Fotografías... .. 500 pesetas

LA EMPRESA
DE HOY
PARA LA VIDA
DEL FUTURO



Vegarada

● PERFORACIONES ● RIEGO POR ASPERSION ● TRANSFORMACION DE FINCAS
DOMICILIO SOCIAL: GUZMAN EL BUENO, 121 "PARQUE DE LAS NACIONES" - MADRID - TEL. 253 42 00

TOMO LXXXII

Fascículo VI

NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1971

o e in geológico y minero

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

SUMARIO



PÁGINAS

Geología

- V. GARCÍA-DUEÑAS y M. C. COMAS: Estructuras de colapso en la vertiente occidental de Sierra Nevada (Sector de Nigüelas, Granada) 1
- X V. CRESPO y J. REY: Contribución al estudio del Valle de Alcudia 6

Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica

- F. ESTEBAN SANTISTEBAN: Falta cooperación entre la hidrogeología y la hidrogeofísica ... 10

Estudio de minerales y rocas

- X J. DOETSCH y colaboradores: Estudio de tremolitas complejas procedentes del suroeste de España 14
- X E. HUERTAS, J. LINARES y J. L. MARTÍN VIVALDI: Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. I. Cuenca del Tajo 28
- P. SALVADOR SALVADOR: Aplicaciones de la resonancia magnética nuclear en mineralogía ... 37

Información

- X Resumen de la actividades del IGME durante el tercer trimestre de 1971.—XVI Campamento de Geología, Bielsa 1970; resultados obtenidos.—Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas 55

DIRECCION, REDACCION
Y ADMINISTRACION

Departamento de Publicaciones
del IGME

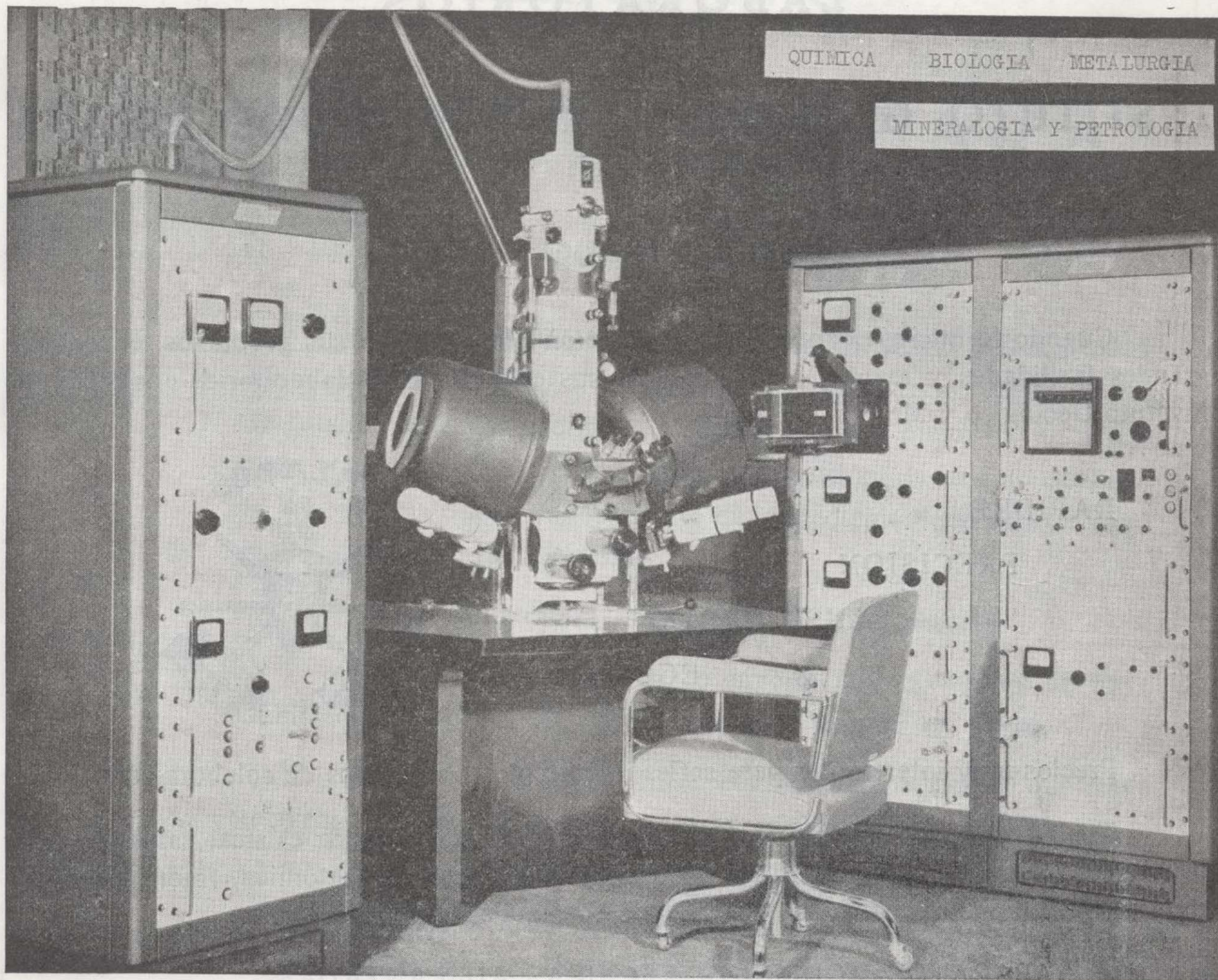
Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid - 3
Teléfono 234 13 28

Editado por el

Instituto Geológico y Minero de España

MADRID

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

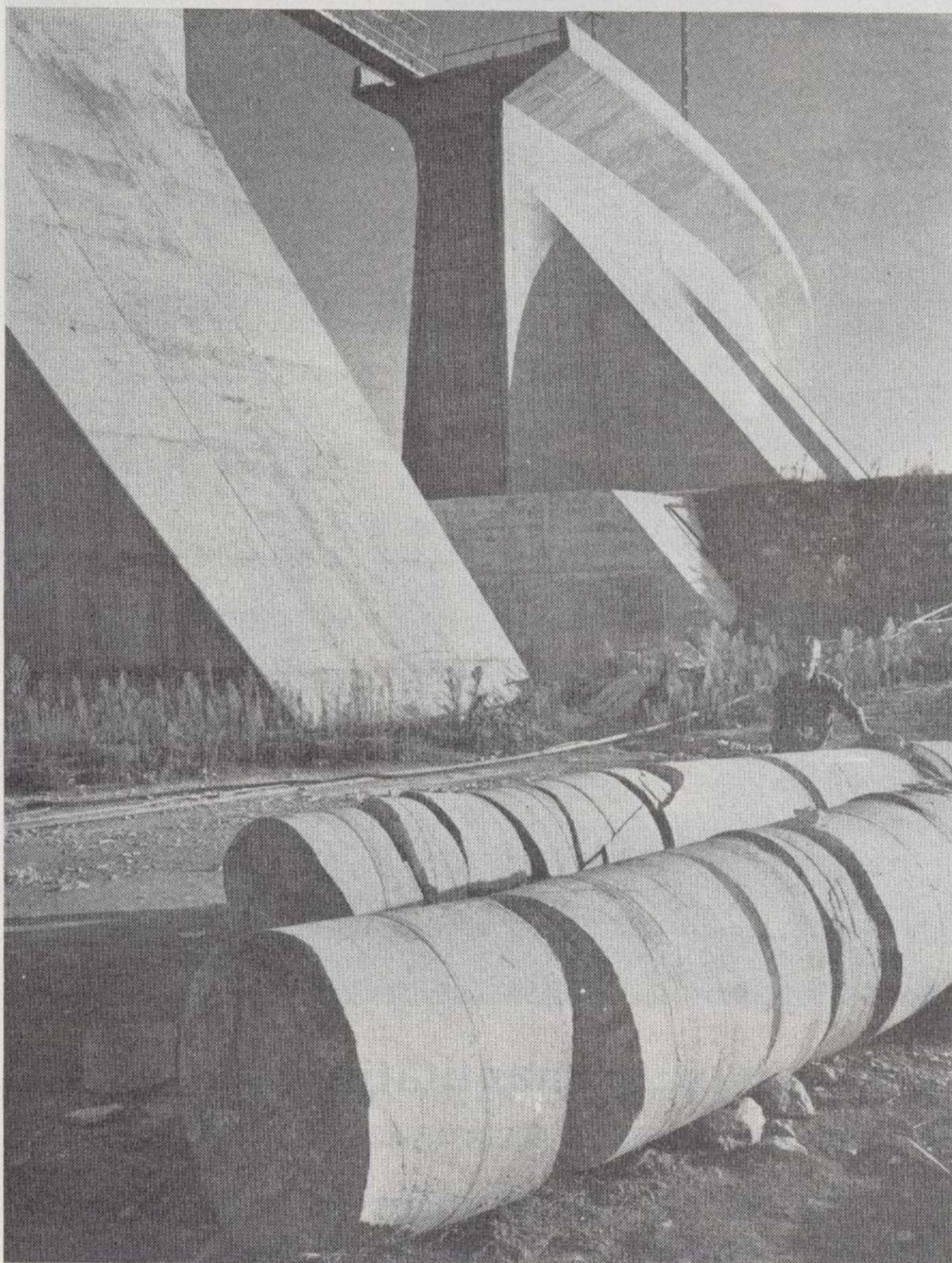
Teléf. 254 22 00

Madrid-3

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



PRESA DE ALMENDRA. IBERDUERO, S. A. Extracción de testigos, diámetro 1.000 m/m.

- * INYECCIONES
- * PILOTES
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * ANCLAJES
- * REVESTIMIENTOS
- * HIDROGEOLOGIA
- * SONDEOS MINEROS
- * SONDEOS GEOTECNICOS
- * LABORATORIO
- * ESTUDIOS Y PROYECTOS

MADRID-16

Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

BARCELONA-11

Villarreal, 200
Teléf. 250 79 83
Telex 52243 - RODIO e

BILBAO-11

Gran Vía, 70
Teléf. 41 21 79

SEVILLA

Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88
Telex 72154 - RODIO e

VALENCIA-9

Avda. Tirso de Molina, 14
Teléfs. 65 65 15 y 65 64 88

ORENSE

Concejo, 11
Teléf. 21 44 52

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

Los derechos de propiedad de los trabajos
publicados en esta obra fueron cedidos por
los autores al Instituto Geológico y Minero de
España.

Queda hecho el depósito que marca la ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

"Flute casts" deformados en areniscas (sublitarenitas) del flysch de Algeciras, Punta del Carnero (Bahía de Algeciras). El sentido de la corriente es del ángulo inferior izquierdo al superior derecho de la fotografía.

(Foto: M. A. Lamolda)

Depósito Legal M. 8 279.-1958

Estructuras de colapso en la vertiente occidental de Sierra Nevada (Sector de Nigüelas, Granada)

por V. GARCIA-DUEÑAS (*) y M. C. COMAS (*)

RESUMEN

El estudio de algunos sectores de la vertiente occidental de Sierra Nevada, ha mostrado la existencia de algunas estructuras de colapso (pliegues, paquetes deslizados, deslizamiento de grandes masas), de disposición transversal a las directrices de compresión generales. Algunos grandes deslizamientos han podido modificar la geometría de las superficies de los Mantos Alpujarrides. Ciertas laminaciones de las filitas permo-werfenenses alpujarrides, pueden ser el resultado de deformaciones gravitatorias; no son causadas entonces, por un cizallamiento ligado a la traslación de los mantos.

ABSTRACT

The study of some areas of the western slopes of S.^a Nevada has shown the frequent existence of collapse structures (folds and slidings of small or great masses), transversally situated to the general compression directions. Some great gliding may modify the geometry of the Alpujarride nappes surfaces. Certain laminations of the alpujarride permo-werfenian phyllites may be the result of the gravitational disturbances, and consequently are not caused by a shearing bound to the nappes movement.

RÉSUMÉ

L'étude d'une partie des versants occidentaux de la S.^a Nevada a permis d'y identifier plusieurs «Collapse-structures» (des plis, des glissements de paquets et de grandes masses). Leur disposition est transversale par rapport aux directions des structures de compression. Quelques-uns des glissements sont parvenus à modifier la géométrie préalable des surfaces de charriage des nappes alpujarrides. Certaines laminations dans les phyllites permowerféniennes alpujarrides pourraient être originées en rapport avec des déformations d'origine gravitaire, plutôt qu'avec des cisaillements syngénétiques de la tectonique des nappes de charriage.

Se han publicado ya algunos trabajos geológicos sobre la vertiente occidental de Sierra Nevada. H. L. Zermatten (1929) publicó un estudio, con cartografía detallada, de una parte de esta ladera occidental de la sierra, localizada en las inmediaciones del pueblo de Nigüelas. En 1964, rehicimos la cartografía de este sector, ocupándonos muy especialmente de los problemas estructurales que conciernen a las unidades béticas aflorantes.

Recientemente han aparecido las principales con-

clusiones obtenidas de aquellas jornadas sobre el terreno (M. C. Comas, 1970).

Con las publicaciones mencionadas y algunas otras, en las que se ensaya una síntesis más general (Fallot, 1948, Fallot, *et alt.*, 1961; Egeler y Simón, 1969), se pueden obtener los principales rasgos geológicos de la vertiente occidental de Sierra Nevada.

Las unidades béticas de Sierra Nevada occidental

Las unidades béticas representadas pertenecen al complejo Nevado-Filábride y al complejo Al-

(*) Dpto. de Geotectónica y Geomorfología. Universidad de Bilbao.

pujárride. No se ha encontrado ningún isleo atribuible a los Maláguides.

Del complejo Nevado Filábride, están presentes la serie de Sierra Nevada (1) («Cristalino de Sierra Nevada», de Brouwer, 1926) y la serie Filábride («Mischungszone» de Brouwer, 1926).

De la serie de Sierra Nevada, sólo hemos reconocido la parte superior, constituida por micaesquistos grafitosos granatíferos, con intercalaciones de areniscas (cuarcitas).

La serie Filábride de Nigüelas se compone de un paquete inferior, con una potencia de unos 800 metros, de micaesquistos oscuros, verdes y grises, algo feldespáticos; contiene, además, algunos enclaves de anfibolitas. El paquete superior es de litología variada. Contiene esquistos más feldespáticos y menos grafitosos, y niveles carbonatados y gneísicos.

La variada litología de la serie Filábride superior, permite un análisis más exhaustivo de sus estructuras. Por ello describiremos, de más antiguo a más moderno, los niveles que la componen (tomado de M. C. Comas, 1970):

«Micaesquistos pizarrosos y filitas, gneis (50-75 metros). Los esquistos presentan linealidad marcada y texturas que varían de holocristalinas propiamente esquistosas, hasta microcristalinas, para los términos más pizarrosos. Los minerales fundamentales son moscovita, clorita, feldespato (albita y microclina), cuarzo. El granate está ausente de todas las muestras estudiadas. Los minerales fundamentales de los gneises son cuarzo, feldespato alcalino, biotita, moscovita y turmalina.

Mármoles (35-60 m.). Se presentan bien estratificados en bancos de 5 a 50 cm. o bien, en forma masiva. Dentro de la masa de carbonatos, se aprecian concentraciones diferenciales de moscovita (mármoles cipolínicos) y de grafito (mármoles fajeados).

Micaesquistos verdes (10-20 metros). Es un nivel discontinuo. El estudio microscópico apunta algunas diferencias con los esquistos y pizarras inferiores a los mármoles: ausencia de grafito y distinta textura (aquí no aparecen términos pizarrosos). Minerales fundamentales son: moscovita, clorita y cuarzo; menos frecuentes: feldespato alcalino y turmalina.

El paso vertical del tramo de mármoles a los micaesquistos superiores e inferiores, se hace de

(1) Utilizamos el término «Serie de Sierra Nevada» para designar la potente sucesión de micaesquistos y cuarcitas de Sierra Nevada, sin presuponer que todo el conjunto pertenezca a una sola unidad tectónica. En especial, podría excluirse de la Serie de Sierra Nevada, el «tramo de la Caldera» (Puga et al., 1968).

una manera gradual, mediante una serie de intercalaciones carbonatadas, progresivamente más frecuentes.

Los gneises aparecen como un nivel de 10-15 m. de potencia, interestratificado entre los micaesquistos inferiores y los mármoles. Quizás este nivel de gneises no sea continuo, sino que aparezca como una intercalación de mayor o menor desarrollo lateral.

Los Alpujárrides, en Nigüelas, están compuestos de dos unidades, que comportan términos pérmicos (?) y triásicos. De las dos, llamaremos «Unidad de Barranco del Pleito» o, simplemente, «Unidad del Pleito», a la tectónicamente más baja, y «Unidad del Cucurucho» a la otra (2).

Cada una de las dos unidades está constituida por una formación inferior, de filitas y cuarcitas, de edad probablemente permo-werfenense, y otra formación superior de calizas y dolomías, del Triás medio y superior.

Las calizas y dolomías, de la unidad del Cucurucho, tienen una potencia superior a los 700 metros, mientras que las de la unidad del Pleito varían desde menos de 100 m. hasta más de 250 metros.

Por el momento, no puede hacerse la correlación de estas dos unidades alpujárrides, con las diferenciadas más al S., por F. Aldaya; faltan observaciones entre el sector de Nigüelas, que aquí se trata, y el de Lanjarón, estudiado por ese autor. Sin embargo, y con las reservas lógicas, se puede admitir que las unidades del Pleito y del Cucurucho pertenecen, respectivamente, a los Mantos de Cástaras y de Alcázar, de F. Aldaya (1969).

Los Alpujárrides de Nigüelas se han corrido por encima de la serie Filábride, con una superficie de corrimiento que es, muchas veces, poco oblicua a la estratificación del autóctono relativo.

Muchos de los contactos de corrimiento, y las potencias de las formaciones de filitas y cuarcitas, aparecen actualmente modificados por fallas normales de edad reciente (en cartografía se ve cómo algunas de ellas afectan al Cuaternario, fig. 1).

Antes de la etapa de distensión, y después de la traslación de los Mantos Alpujárrides sobre la serie Filábride, tuvo lugar el abombamiento general de Sierra Nevada, con la aparición de una gran forma perianticlinal, correspondiente a su vertiente W. A causa de esta gran deformación, la esquistosidad del Complejo Nevado-Filábride buza entre 30° y 50° hacia el W. Esta circunstancia, y la intercalación de niveles pizarrosos más plásticos, en la serie Filábride y en el Complejo Alpujárride,

(2) La unidad del Pleito y la del Cucurucho corresponden, respectivamente, a las unidades Alpujárride I y Alpujárride II, de M. C. Comas (1970).

ha favorecido el deslizamiento, hacia el W., de importantes masas de materiales. Esta es la causa de la formación de estructuras de colapso en la vertiente occidental de Sierra Nevada.

La existencia de pliegues, originados por deslizamientos diferenciales de ciertos paquetes según superficies de esquistosidad, y a favor del levantamiento de Sierra Nevada en el Neógeno, había sido puesto de manifiesto por J. M. Fontboté

LAS ESTRUCTURAS DE COLAPSO

Tras el reconocimiento geológico del sector de Nigüelas, se deduce que algunos pliegues importantes, con ejes de dirección aproximada N.-S., son de origen gravitatorio. Tales pliegues afectan principalmente a los niveles de la serie Filábride superior, o por lo menos es, en estos materiales,

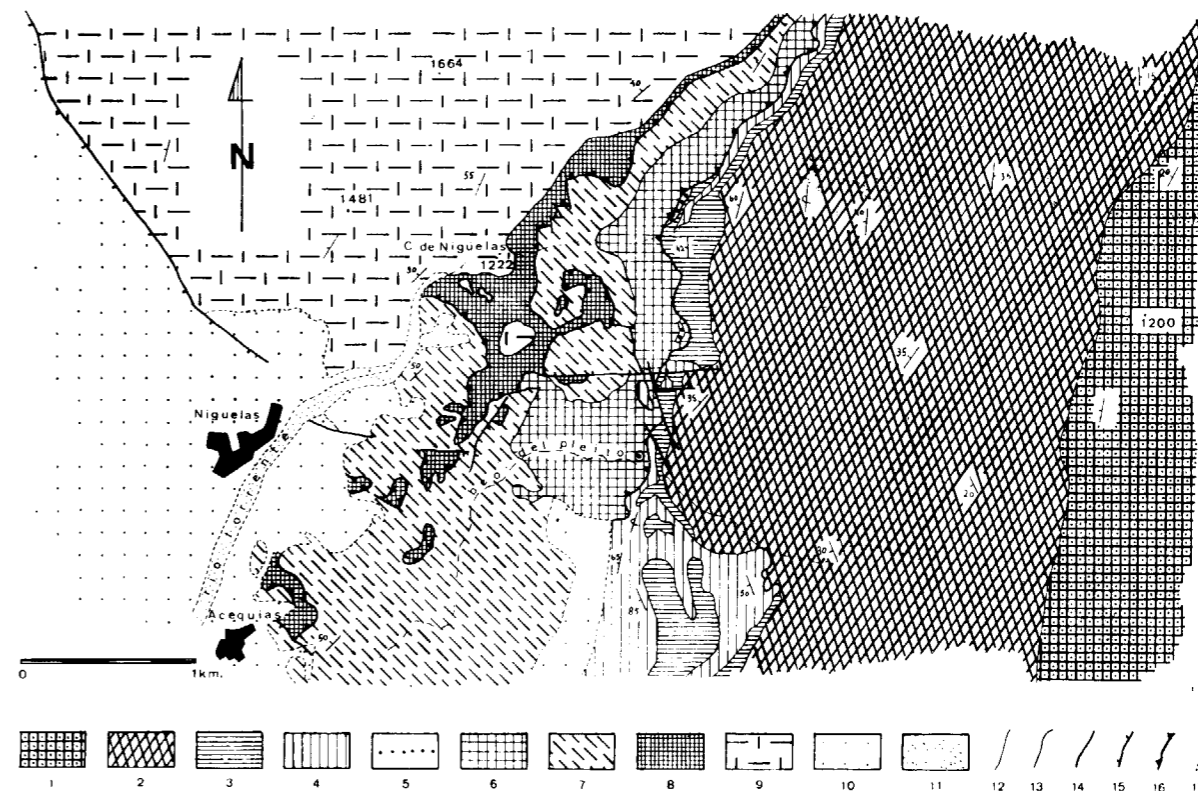


Fig. 1.—Mapa geológico del sector de Nigüelas (Sierra Nevada occidental). 1. Serie de Sierra Nevada; 2. serie Filábride inferior; 3. serie Filábride superior; 4. Paquete de mármoles de la serie Filábride superior; 5. Enclaves de la llamada «konglomeratíische mergel» en la serie Filábride superior; 6. Filitas de la unidad del Pleito (Alpujárrides); 7. Dolomías y calizas de la unidad del Pleito (Alpujárrides); 8. Filitas de la unidad del Cucurucho (Alpujárrides); 9. Dolomías y calizas de la unidad del Cucurucho (Alpujárrides); 10. Materiales discordantes del Mioceno, Plioceno y Cuaternario; 11. Aluvial del río Torrente; 12. Contacto normal; 13. Despegue; 14. Contacto Tectónico; 15. Falla normal; 16. Manto de corrimiento; 17. Contacto discordante.

(1957), en la vertiente N. de Sierra Nevada. Es evidente que, al N. de la sierra, dichos pliegues gravitatorios serán paralelos a las directrices de plegamiento generales, por lo cual pueden quedar parcialmente enmascarados. El sector de Nigüelas, situado en la vertiente occidental, muestra estructuras de plegamiento, entre otras estructuras de colapso, cuyo trazado es transversal a la dirección general de las estructuras de compresión.

donde mejor se reconocen y están mejor desarrollados.

La disposición geométrica de esos pliegues puede observarse en los cortes de la figura 2; por su causa, los mármoles de la serie Filábride superior, se encuentran frecuentemente invertidos.

Algunos de estos pliegues son pliegues en rodilla, pero otros muchos llegan a la inversión completa de su flanco occidental; otras veces, en fin,

placas de mármoles, despegadas y deslizadas sobre los micaesquistos inferiores, se superponen a los flancos invertidos de los pliegues.

Creemos que el plegamiento de los mármoles, aunque próximo a la superficie, debe haberse efectuado con una cierta carga, en este caso proporcionada por las unidades alpujarrides superpuestas. La carga explicaría el que niveles relativamente rígidos, tales como los mármoles, se hayan plegado con tanta intensidad.

y calizas-dolomías. Sin embargo, la gran potencia y uniformidad de la serie caliza y dolomítica hace difícil su plegamiento por gravedad. Las estructuras de colapso, semejantes a las descritas para la serie Filábride, no son reconocibles en los Alpujarrides de Nigüelas. Acaso en la unidad del Pleito, con calizas y dolomías menos desarrolladas, son perceptibles ciertas deformaciones gravitatorias, que determinan el variable adelgazamiento de las filitas. A su vez, la potencia cambiante

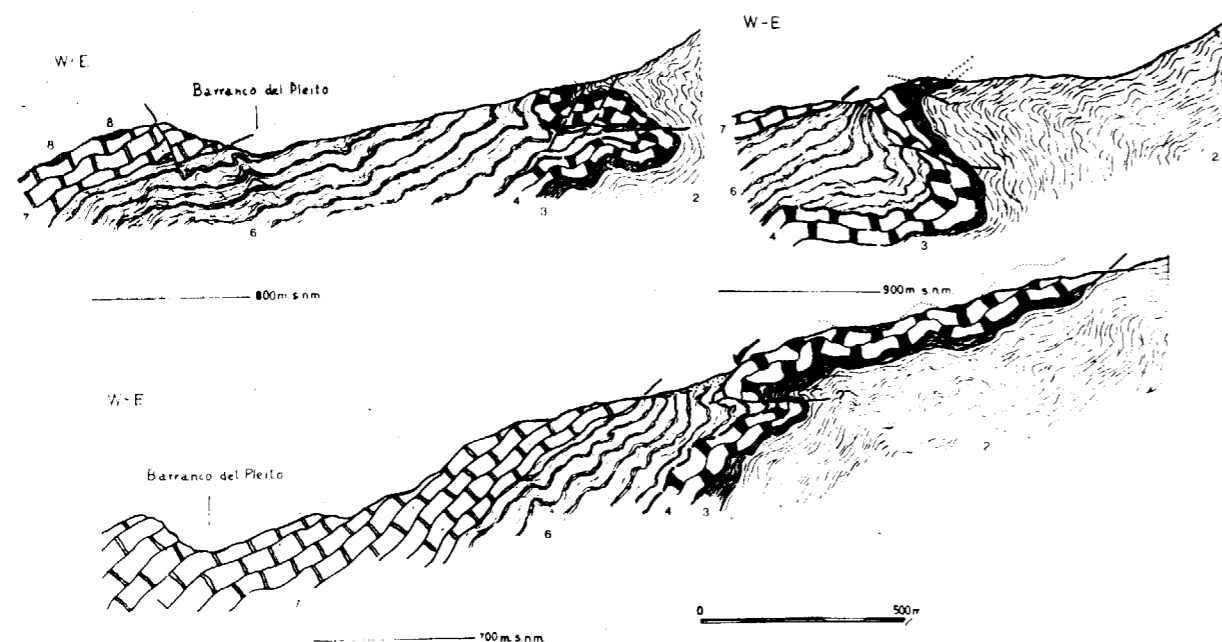


Fig. 2.—Pliegues y deslizamientos de colapso en el sector de Nigüelas. (Los números que figuran en los cortes corresponden a la leyenda de la figura 1). Por el trazado de los pliegues puede inferirse la existencia de despegues localizados en el seno de la serie Filábride inferior. Por su parte, la posición de las calizas y dolomías de la unidad del Pleito, respecto a las filitas de la misma unidad y a los mármoles de la serie Filábride superior, no puede explicarse sin admitir la existencia de un despegue y deslizamientos gravitatorios. Un despegue gravitatorio se localiza sobre la misma superficie de corrimiento, es decir, entre las filitas y los mármoles; otro, entre calizas y dolomías, y filitas debajo.

En los esquemas que acompañan a los cortes, se ve cómo las estructuras de colapso reconocidas, corresponden a los tipos de *pliegue tumbado*, *pliegue tumbado con flanco inferior estirado por fallas*, *paquete o placa deslizada* y *pliegues en cascada*.

Asimismo, las estructuras de deslizamiento gravitatorio, deben haber repercutido sobre el complejo Alpujarride. Dicho complejo, constituido por la alternancia de dos paquetes de filitas plásticas, con otros dos de calizas y dolomías más rígidas, es apto para el deslizamiento diferencial de sus componentes. El deslizamiento se verifica por despegues, localizados en el contacto entre filitas

de las filitas da ocasión a que, la proximidad entre las calizas y dolomías de la unidad del Pleito y los mármoles de la serie Filábride, se haga diferente de unos puntos a otros (figs. 1 y 2).

El deslizamiento de las calizas y dolomías de la unidad del Cucurucho debe haberse realizado de manera masiva, y sin modificación grave de la estructura interna; la formación de calizas y dolomías se encuentra despegada de las filitas de la misma unidad. De modo semejante, la unidad entera puede haberse deslizado gravitatoriamente, con respecto a las dolomías de la unidad del Pleito. La presencia de estas dos posibles superficies de deslizamiento para la unidad del Cucurucho, de-

termina la probabilidad de una fácil laminación de sus filitas de base (fig. 3).

Queremos llamar la atención sobre la importancia de un mecanismo, como el que proponemos, que permitiría el adelgazamiento de las filitas de una determinada unidad alpujarride o, en el límite, la superposición directa de las formaciones de calizas y dolomías de dos unidades alpujarrides superpuestas.

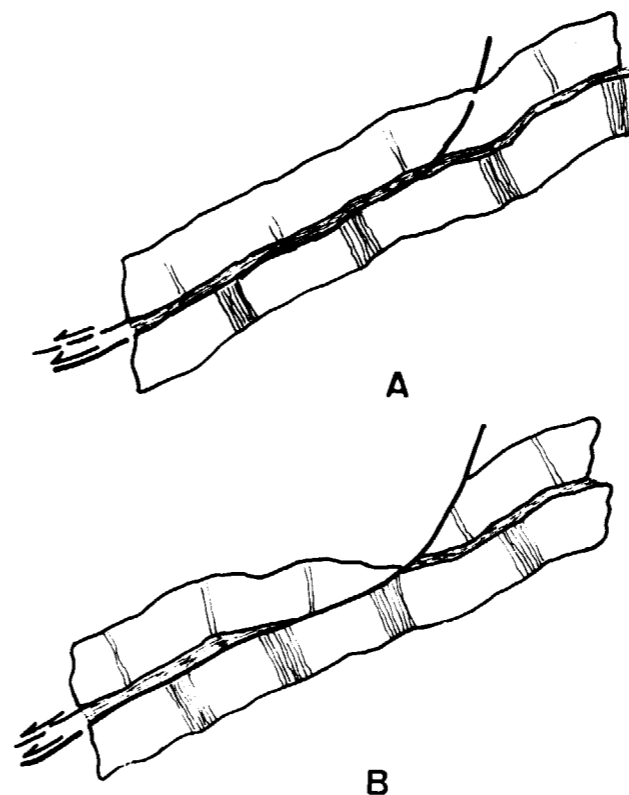


Fig. 3.—Esquema que muestra el mecanismo de deslizamiento gravitatorio de una placa de calizas y dolomías alpujarrides, con laminación de las filitas basales.

Al E.-NE. de Nigüelas, junto al río Torrente, existe un acunamiento de las filitas de la unidad del Cucurucho, de forma que llegan a contactar las calizas y dolomías de esta unidad con las de la unidad del Pleito. La causa de esta laminación puede estar relacionada con un deslizamiento gravitatorio tardío de las unidades corridas, en vez de con el proceso de traslación mismo.

Es muy posible que algunas de las laminaciones de las filitas alpujarrides, en las unidades que rodean Sierra Nevada por el N. y el S. puedan ser

atribuidos a deformaciones gravitatorias. La aparente «ablación basal» de tales filitas no tendría en esos casos, relación alguna con el fenómeno de corrimiento de los mantos.

Según nuestra hipótesis, una buena parte de las superficies de corrimiento de los Alpujarrides, que hoy nos aparecen como netamente oblicuas a la estratificación de las filitas y calizas, eran, en su origen, subparalelas a dicha estratificación. *Los deslizamientos gravitatorios pueden haber modificado profundamente la geometría de las superficies de corrimiento de los Mantos Alpujarrides.*

La existencia de estructuras de gravedad, como las reconocidas en la vertiente occidental de Sierra Nevada, obliga a reconsiderar, en cada caso, la disposición general de las superficies de corrimiento de la zona Bética. El hacer intervenir, de manera crítica, una fase de deformación por colapso, puede contribuir a aclarar algunas particularidades del trazado de ciertas superficies de corrimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDAYA, F. (1969): *Los mantos Alpujarrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, provincia de Granada)*, «Act. Geol. Hisp.», IV, 126-130.
- BROUWER, H. A. (1926): *Zur Geologie der Sierra Nevada*, «Geol. Rundschau», XVII, 118-137.
- COMAS, M. C. (1970): *Observaciones geológicas en los alrededores de Nigüelas (Granada, Zona Bética)*, «Cuadernos de Geología Univ. de Granada», I, 39-43.
- EGELER, C. G. y SIMÓN, O. J. (1969): *Sur la tectonique de la Zone Bétique (Cordillères Bétiques, Espagne)*, «Verhand Konink. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk.», 25, 3, 1-90.
- FALLOT, P. (1948): *Les Cordillères bétiques*, «Est. Geol.», IV, 83-172.
- FAURE-MURET, A.; FONTBOTÉ, J. M. y SOLÉ SABARÍS, L. (1961): *Estudio sobre la serie de Sierra Nevada y de la llamada Mischungszone*, «Bol. Inst. Geol. y Min.», España, LXXI, 345-557.
- FONTBOTÉ, J. M. (1957): *Tectonique superposées dans la Sierra Nevada (Cordillères bétiques, Espagne)*, «C. R. Ac. Sc.», 245, 1.324-1.326.
- PUGA, E.; FONTBOTÉ, J. M. y MARTÍN-VIVALDI, J. L. (1968): *Caracterización petrológica del Tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)*, «Bol. Geol. y Min.», LXXIX, 388-406.
- ZERMATTEN, H. L. (1929): *Geologische onderzoekingen in de randzone van het venster der Sierra Nevada (Spaje)*, Tesis Delft. 1-104.

Recibido: 15-II-1971.

Contribución al estudio del Valle de Alcudia

por V. CRESPO (*) y J. REY (*)

RESUMEN

Dentro del Complejo Alcudiense, ha podido comprobarse la existencia de fenómenos geológicos que ponen en contacto anormal una serie inferior, formada por esquistos y grauwas, con otra sobreyacente más detrítica, en la que existen algunos niveles calcáreos.

Sobre esta serie superior se coloca discordantemente el Ordoviciense transgresivo.

SUMMARY

In the Valle de Alcudia rock beds we have seen geological structures in which an overlaying serie with limestone beds is in anormal contact on a lower one with schists and grawackas.

On this upper serie the transgressive Ordoviciense is laying in discordance.

Dentro de la investigación que en la Reserva del valle de Alcudia lleva a cabo la División de Minería del I. G. y M. de España, se han estudiado los sedimentos que constituyen el Complejo Alcudiense, así como la tectónica que los afecta.

HISTORIA

En el año 1929 los autores de la hoja de Mesanza dan edad Acadiense a las calizas azoicas interestratificadas en el Alcudiense, al hacerlas equivalentes en edad a las del Cerro de las Ermitas de Córdoba. A todo el conjunto Alcudiense le sitúan concordante bajo las cuarcitas del Arenig y lo incluyen en el Cámbrico.

En 1960, Redlin y Lotze indican que estos sedimentos corresponden a la serie de Valcasa, Montes de Toledo, que incluye el Precámbrico alto y el Cámbrico inferior concordantes.

E. Bouyx, 1970, siguiendo criterios petrológicos y tectónicos señala una discordancia intra-alcudiense que separa una serie inferior de esquistos

y grauwas de otra serie superior conglomerática. La primera la atribuye al Precámbrico superior y la segunda al Precámbrico superior e incluso parte inferior del Cámbrico.

R. Vegas, 1970, relacionando esta zona con la de Don Benito y Cáceres, da una discordancia de hasta 90° entre ambas series y le asigna la misma edad atribuida por Bouyx.

LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

A continuación se describen someramente los resultados de nuestras observaciones sobre los sedimentos infraarenigienses del valle de Alcudia.

Alcudiense inferior.

Está formado por una monótona sucesión de esquistos y grauwas a los que se asocian frecuentemente espilitas.

Se encuentran afectados por un débil metamorfismo regional y existen numerosos diques de roca verde, variable en cuanto a su composición de elementos máficos y de plagioclasas. Así mismo se han encontrado algunas formaciones riolíticas.

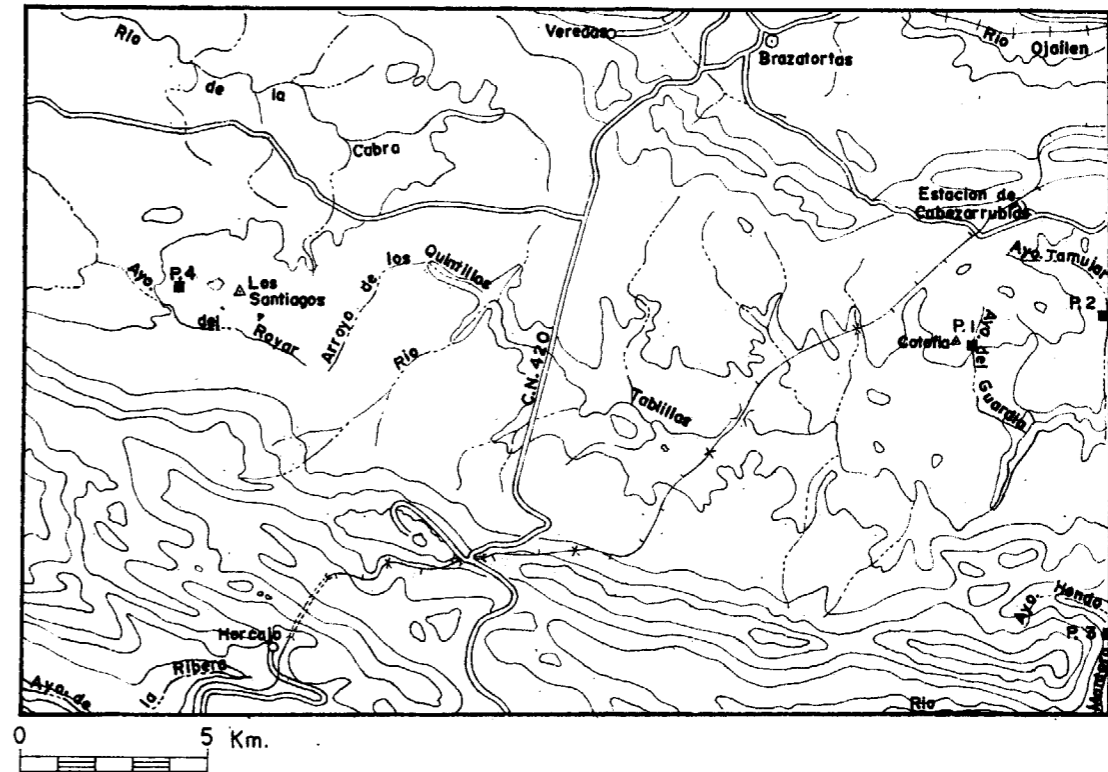


Fig. 1.—HOJA DE BRAZATORLAS.—Puntos en que se pueden ver las discordancias: P. 1.—Arroyo de la Fuente de Guardias; P. 2.—Arroyo del Tamujar; P. 3.—Confluencia del Río Montoro y Arroyo Hondo; P. 4.—W del Vértice Geodésico Santiagos.

Alcudiense superior

Está formado por una sucesión de esquistos y grauwas con intercalaciones de calizas detríticas en lentejones, microconglomerados y conglomerados. Estos últimos están formados por abundantes cantos de cuarzo bien redondeados y otros de lilita, estando cementados por una matriz muy silicea.

Las calizas presentan aumento en su potencia a medida que aparecen más al N. Así, en Cabezarrubias e Hinojosas tienen de 3 a 5 metros en dos niveles, en San Quintín hasta 20 metros en varios niveles (G. Tamain y V. Crespo, 1971). Sin embargo, en Abenójar, según Machens (1954), tienen un espesor superior a los 100 metros en dos niveles por lo menos. Este autor las incluye en el Cámbrico inferior.

Infra-Arenig

Se inicia por un conglomerado de cantos gruesos cuyas dimensiones oscilan entre 5 y 30 cm. de

diámetro. La matriz está formada por una pasta silicea de color rojizo o blanquecino.

El conglomerado basal se continúa por una serie detrítica compuesta por psamitas micáceas de color rojizo, que constituyen la serie «die du vin», descrita por E. Bouyx (1970). La serie va haciéndose más detrítica al ir ascendiendo en la columna, hasta dar paso a las cuarcitas masivas con abundantes pistas de Bilobites pertenecientes al Arenig.

E. Bouyx identifica al Infra-Arenig con el Tremadoc.

Los cambios de potencia son frecuentes, dándose la circunstancia de que ésta es mayor allí donde el Alcudiense superior está menos desarrollado.

LOCALIZACIÓN DE LOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS INTRA-ALCUDIENSES Y LA DISCORDANCIA DE LA BASE DEL ORDOVICIENSE

Los fenómenos intra-alcudienses han podido observarse en el arroyo del Tamujar, al SO de Cabezarrubias; en la confluencia del río Montoro con el arroyo Hondo y en el arroyo de la Fuente de los

(*) Lcdos. Ciências Geológicas.

Guardias, al E. del vértice geodésico de Cotofia. Todos ellos dentro de la hoja número 835, Braza-tortas, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Todos estos puntos presentan una altura topográfica semejante, entre los 680 y 720 metros sobre el nivel del mar.

Según hemos podido observar en todos estos puntos, los estratos de la serie infrayacente se encuentran muy replegados, e incluso aparecen char-nelas verticalizadas, en cambio la serie supraya-cente, formada por grauwacas en estratos de más de medio metro de potencia, está subhorizontal. El contacto entre ambas series presenta una zona que podría corresponder a una milonita, aunque también existe una zona limonitizada que podría corresponder a una antigua superficie de erosión.

Es por tanto, bien simple el pensar que estos fe-nómenos podrían corresponder a una discordancia angular que independizaría el Complejo Alcudien-se en dos unidades bien definidas, e incluso podría hablarnos de una peniplanización anterior a la de-posición de la unidad superior (debido a la seme-janza topográfica a que se presentan dichos fe-nómenos), o bien podría tratarse del claro expo-nente de una fase de fallas inversas correspondien-tes a una tectónica anterior a la Orogenia Hercí-nica.

La discordancia entre el Alcudien superior y el Ordoviciense se pone de manifiesto al O. del vértice geodésico Santiagos, próximo al arroyo del Royar, dentro de la hoja citada anteriormente. En este punto el Arenig se deposita directamente sobre el Alcudien inferior, poniéndose en contac-to el conglomerado de base de cantos gruesos con los esquistos y grauwacas, según una discordancia claramente angular.

CONCLUSIONES

La observación de estos fenómenos intra-alcu-dienses vistos no sólo en la hoja número 835, an-tes citada, sino también en la número 836, plantean el problema de la existencia de una discordancia angular en las series anteordovícicas de la Mese-ta o bien de una fase de fallas inversas anterior a la Orogenia Hercínica.

Solamente los estudios de más detalle, que es-tamos realizando en estos momentos, pondrán de manifiesto cuál de las dos posibilidades es la real.

La discordancia entre la unidad superior y el Ordoviciense, correspondería a la discordancia re-gional cartográfica descrita por diversos autores dentro de la Meseta Ibérica, y que nosotros hemos podido observar, no sólo en el punto descrito, sino en otros fuera de la hoja antes citada, como dis-cordancia netamente angular,

BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A.; ALVARADO, E.; COMA, C.; FELGUEROSO, C., y QUINTERO, I. (1962). *Estudio geológico de la región de Almadén*. «Bol. Ins. Geol. y Min. Esp.», t. LXXIII, pá-ginas 193-327.
- BARD, J. P. (1965). *Introduction à la géologie de la chaîne hercynienne dans la Sierra Morena occidentale (Espagne). Hypothèses sur les caractères de l'évolution géotectonique de cette chaîne*. «Rev. Géographie physique et Géologie dynamique», vol. VII, fasc. 4, p. 323-337.
- BOUYX, E. (1970). *Contribution à l'étude des Formations Anté-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz)*. «Memoria Inst. Geol. y Min. Esp.», t. 73.
- CAPDEVILLA, R. (1965). *Sur le géologie du Précambrien et du Paléozoïque dans la région de Lugo y la question des plissements assynclinaux et sardes en Espagne*. «Not. y Comm.», núm. 80, p. 157-174.
- CRESPO, V., y TAMAIN, G. (1971). *Mise en évidence des ni-veaux carbonatés interstratifiés dans l'Alcudien centro-Marianique*. «C. R. S. Acad. Sc.», t. 272, págs. 68-690.
- DELGADO, J. F. N. (1907). *Contribuções para o estudo dos terrenos paleozoicos / Precambriaco e Archaico II Cam-brico*. «Cam. Serv. Geol. Port.», t. 6, p. 56-122.
- FRICKE, W. (1951). *Die geologie des Grenzgebietes zwi-schen nordöstlicher Sierra Morena und Extremadura*. «Z. Dtsch. Geol. Ges.», 103, p. 136-138.
- LOTZE, F. (1960). *El Precámbrico en España*. «N. y C. Ins. Geol. y Min. Esp.», núm. 64.
- (1970). *El Cámbrico en España*. «Memoria Ins. Geol. y Min. Esp.», t. 75.
- LLOPIS LLADÓ, N., y SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1962). *Sur l'existence d'une tectonique archéenne au centre de l'Es-pagne*. «C. R. Somm. S. G. F.», págs. 245-246.
- (1963 a). *Sur la stratigraphie du Precambrien au Sud Ouest de Puente del Arzobispo (Prov. de Cáceres, Es-pagne)*. Ibid., p. 152-153.
- (1963 b). *Sur la présence d'une discordance precam-brienne au Sud de Tolède (Espagne)*. Ibid., p. 250-251.
- (1965). *Sur les caractères morphotectoniques de la discordance précambrienne au Sud de Tolède (Espagne)*. Ibid., p. 220-221.
- MAASS, R. (1961). *Die Geologie, insbesondere des Devon, im Bereich der Orte Castuera-Cabeza del Buey-Monterrubio (Extremadura, Südsipaniens)*. «Akad. Wiss. Lit., Abh. math. nat. Kl.», 1961, 2, 20 S., 2 Abb. Wiesbaden.
- OVTRACH, A., y TAMAIN, G. (1970). *Tectonique en Sierra Mo-rena (Espagne)*. «C. R. Acad. Sc.», Paris, t. 270, p. 2634-2636.
- PASTOR GÓMEZ, V. (1962). *Probable área precambriana al NO. de León*. «N. y C. Inst. Geol. y Min. Esp.», núm. 67, páginas 71-80.
- REDLIN, K. (1966). *Estratigrafía y tectónica de la parte cen-*

- tral de Sierra Morena, en la zona del Valle de Alcudia*. Índice de tesis doctorales de la Universidad de Münster. «N. y C. Inst. Geol. y Min. Esp.», núm. 81.
- SCHERMERHORN, L. J. G. (1955). *The age of the Beira Schists (Portugal)*. «Bol. Soc. Geol. Port.», vol. XII, p. 77-100.
- SOS BAYNAT, V. (1958). *La tectónica del puerto de Camellas (Cáceres) y la edad de las pizarras basales*. «N. y C. Ins. Geol. y Min. Esp.», núm. 30, 1.º fasc.

- VEGAS, R. (1968). *Sobre la existencia de Precámbrico en la Baja Extremadura*. «Est. Geol.», vol. XXIV, págs. 85-89.
- (1970). *Formaciones precámbricas de la Sierra Morena Occidental. Relación con las series ante-ordovícicas de Al-madén, Don Benito, y Cáceres*. «Est. Geol.», vol. XXVI, número 3.

Recibido: 10 - V - 71.

Falta cooperación entre la hidrogeología y la hidrogeofísica

por F. ESTEBAN SANTISTEBAN (*)

RESUMEN

Señalamos una serie de premisas que llevan al lector al concepto de la estrecha colaboración que debe hoy existir entre las dos partes fundamentales que intervienen en todo trabajo de investigación hidrológica. Las faltas de estas colaboraciones ya vienen siendo motivos de honda preocupación en el mundo entero por las graves repercusiones económicas que están produciendo.

ABSTRACT

We outline different indications for to present to the readers the necessity of to acquire in any case, more narrow collaboration between the Geology and Geophysic. We think that is very expensive for any economy this absence of collaboration.

Sin entrar en el importantísimo condicionamiento económico que se plantea a la industria y a la agricultura ante las soluciones que aportan los alumbramientos de aguas subterráneas vamos a entrar en el análisis de una serie de cuestiones relacionadas principalmente con la utilización del agua para usos domésticos y cómo se encuentra las actuaciones técnicas para llegar a estos alumbramientos de aguas subterráneas.

Hemos de anticipar que durante más de dos años, hemos trabajado en el Proyecto del Guadalquivir, en el cual el Instituto Geológico y Minero de España actuó como organismo ejecutor por parte del Gobierno Español, en tanto que la F. A. O. lo hacía por parte del fondo Especial de las Naciones Unidas, interviniendo también la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y el Instituto Nacional de Colonización.

La enseñanza más concluyente sacada de este trabajo ha sido la *colaboración en equipo*. Ha habido muchas cosas interesantes que se han aprendido, pero la de mayor valor, ha sido precisamente ese concepto de equipo a que antes alu-

diamos y que en este trabajo vamos a intentar desarrollar lo más acertadamente posible.

Uno de los grandes problemas que hoy se le plantea a la sociedad moderna y cuyo resultado tiene vital importancia es el alumbramiento de aguas subterráneas. El poder disponer de una cuenca que hidrológicamente sea interesante reviste una gran importancia, ya que entre otras cosas, las aguas procedentes de tramos subterráneos presentan dos características de suma importancia para la salud humana. La primera de estas características es la riqueza de sales minerales que generalmente presentan estas aguas; la segunda, es la ausencia de gérmenes y microbios que, normalmente, dan lugar a serios trastornos en la salud pública. Son dos hechos incontrovertibles, *pureza y riqueza*, los que moverán más y más cada día a la sociedad por encontrar este camino de tan indudable interés, pero si de un lado existe esta natural necesidad, tampoco hoy los tiempos aceptan programas de trabajo que con su duración, más o menos prolongada, demoren excesivamente una solución determinada.

La inmensa mayoría de las veces el hidrogeólogo no dispondrá de datos suficientes y, necesariamente, tendrá que acudir a las nuevas técnicas

que le suministren estos datos lo más rápidamente posible y con un gasto también lo más pequeño posible. Entre estas nuevas técnicas tenemos la Geofísica. Ahora bien, lo que nos da esta Ciencia son sólo unas constantes físicas, o sea, unos datos de orden físico esencialmente y nada más. De aquí surge, pues, la necesidad de la colaboración entre el hidrogeólogo y el hidrogeofísico y ahora es llegado, pues, el momento de entender este último término que hasta el momento no pudiera ser comprendido fácilmente, y que creo que utilizamos por vez primera. Entiendo que la interpretación de estas constantes físicas merece una especial dedicación y así surge esta especialización en el campo de la Geofísica que matiza muy profundamente los conocimientos de la persona que dedique sus actividades a esta Ciencia.

En un programa de investigación hidrológica hay dos premisas fundamentales a las que hay que tener siempre puesta la máxima atención, son éstas:

A) Descubrir si la región es rica en agua subterránea.

B) Determinación de las condiciones económicas de su explotación.

Donde participa muy destacadamente la Geofísica es en el segundo apartado aquí expuesto, ya que las determinaciones de profundidad, repartición y espesor de los acuíferos incide fundamentalmente en la distribución de los sondeos mecánicos y esta determinación de los emplazamientos es la que mayor repercusión económica tiene en el futuro de toda una cuenca, tanto por lo que se refiere a los gastos de reconocimiento como los relativos a explotación y mantenimiento.

Los pasos que deben seguirse con la Geofísica son:

VALORACION DE LA CUENCA: métodos aerogeofísicos

INVESTIGACION REGIONAL: { método sísmico de refracción
método gravimétrico
método eléctrico

INVESTIGACION LOCAL: { Testificación de resistividad y P.S.
» rayos gamma
» térmica
» acústica

Hay que destacar también el hecho de que la Geofísica puede también tener una gran importancia a la hora de hacer un balance hidráulico subterráneo de una cuenca, de un modo más conciso, en determinar el ciclo del agua en el interior de los acuíferos. La utilización de las técnicas que miden el contenido en radio-carbono y tritium de las aguas pueden llevarnos a la determinación de las «Edades» de las aguas subterráneas.

De esta manera, al conocer la Edad del agua de que nos estamos sirviendo, podemos irnos dando cuenta si estamos «utilizando» reservas de agua o por el contrario aguas muy jóvenes. Este es un



problema, de enormes repercusiones económicas para una determinada cuenca y un caso muy representativo lo tenemos en Palma de Mallorca donde la invasión de aguas saladas, en acuíferos que en un principio eran dulces, supone hoy un contratiempo muy serio, ya que, de haber procedido como anteriormente decíamos, conociendo la Edad del agua que se utilizaba, no se habría llegado nunca a esta grave situación y que si es reversible algunas veces, requiere muchos años de *no utilizar* estos acuíferos, lo cual supone también un gasto considerable en todos los servicios que dependen del agua subterránea pero, en definitiva, será el único camino que quede para esta desalinización de acuíferos que se presenta. Ya se presupone en estas líneas que estos problemas han de complementarse con una adecuada legislación sobre la utilización y explotación del agua subterránea.

(*) Dr. Ingeniero de Minas del Instituto Geológico y Minero de España.



Con este planteamiento se advierte de modo claro la estrecha colaboración que en todo momento debe de existir entre el hidrogeólogo y el hidrogeofísico, ya que en ello va, no sólo el planteamiento económico del trabajo, sino el futuro de la zona. Pero desgraciadamente esta colaboración



está muy lejos de realizarse no sólo en nuestro país, sino en gran parte del mundo. Si la aplicación de los métodos geofísicos en la explotación de las aguas subterráneas no se considera todavía normal en todos los países, e incluso se rechaza algunas veces, se debe fundamentalmente a que se ignora el principio de cooperación que debe existir, y en gran parte es una actitud errónea respecto a los métodos geofísicos. Esta situación arranca de dos causas fundamentales.

1. Los geólogos no conocen los principios fundamentales de los métodos geofísicos. Desconocen el alcance y las limitaciones de éstos métodos. Dan interpretaciones erróneas y deformadas que quedan muy alejadas de la realidad de los hechos.

2. Los físicos no llegan a interpretar la complejidad de problemas que se presentan en la Naturaleza o intentan someter sus resultados a la identificación con unos modelos matemáticos demasiado sencillos.

La consecuencia es clara y ello es lo que sitúa el problema en unos términos de difícil solución. Se ve que, tanto el geólogo como el físico, deben cooperar estrechamente, que uno y otro han de estar identificados con la terminología y problemas del otro, que cada uno conozca bien la naturaleza de los hechos que se presentan en una determinada investigación.

El programa debe comenzarse por la elección del método o combinación de métodos que han de uti-

zarse, deben fijarse y distribuirse los puntos en donde han de hacerse las mediciones y finalmente ante estos resultados previos debe hacerse un reajuste de todo el programa. La colaboración entre el geólogo y el geofísico debe mantenerse, sobre todo, en estos momentos iniciales, pues de ello depende el éxito del resultado final en relación y función con los nuevos datos así obtenidos.

Veamos ahora cómo se produce esa falta de prestigio que suele rodear a la Geofísica. Es innegable el poder, casi mágico, que rodea a esta ciencia. Para el hombre de la calle esa atracción se resuelve con el encargo directo a una Compañía de Geofísica de una determinada clase de trabajo sin haberse consultado previamente a un geólogo y sin tener, por tanto, una idea concreta de lo que ha de resolver la geofísica. Cuando todo este programa de trabajo está casi finalizado y cuando los resultados no son los que en un principio se esperaban, surge la necesidad de consultar al geólogo. Este hombre se encuentra con una serie de medidas físicas que poco o nada le dicen ni acaban por relacionarse con los requerimientos que esta cuenca geológica presenta. En resumen, nada de lo hecho, casi, sirve, y aquí viene el hundimiento de esta geofísica y de esta resolución que se pretendía.



El problema se hace más agudo, cuando, por la distancia, no se logra un adecuado contacto entre las dos personas que aquí intervienen: el físico y el geólogo.

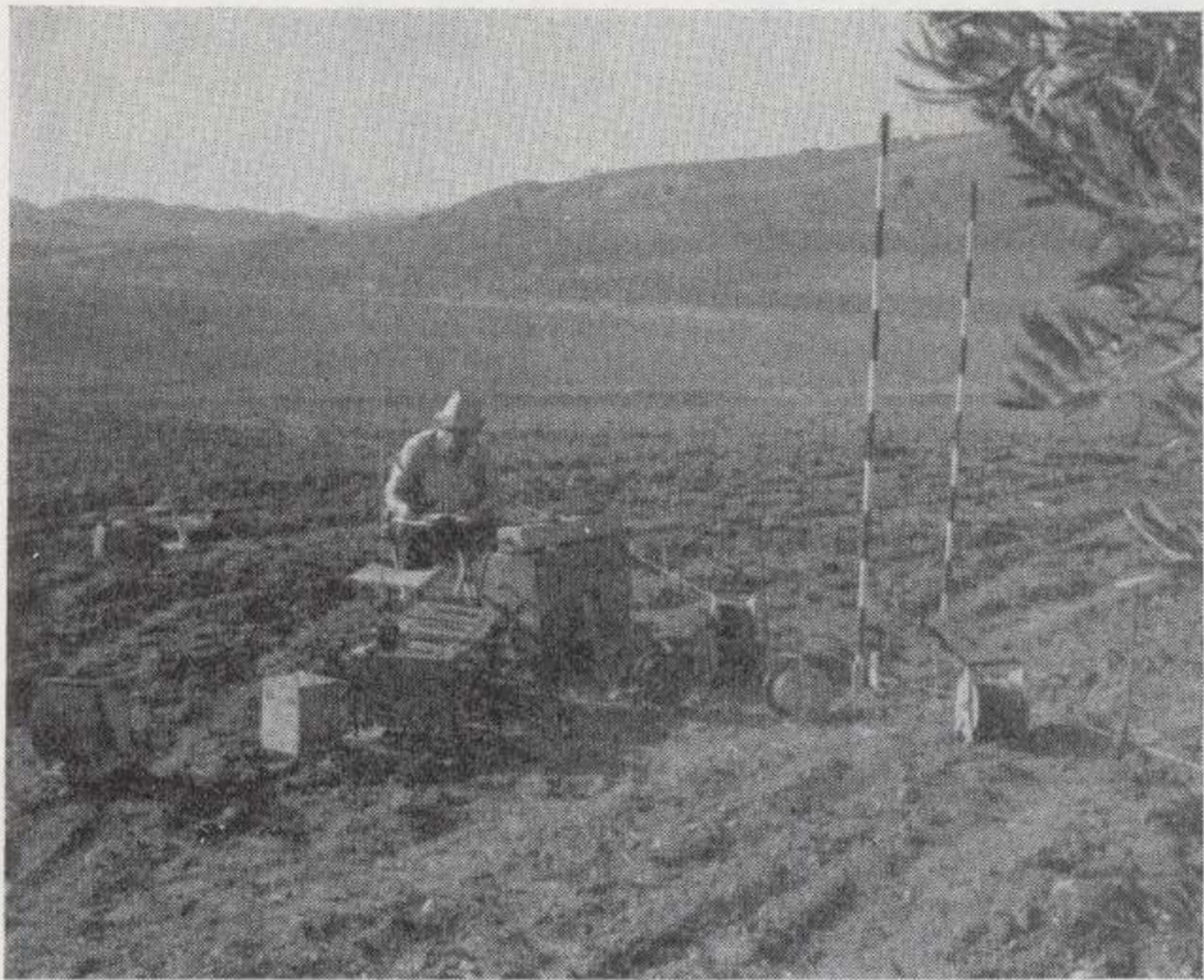
Esta situación, grave en el fondo, ha sido uno de los principales temas de la reunión habida en octubre de 1969 en Budapest dentro del Decenio Hidrológico Internacional, en la que se ha visto el vivo interés de aquellos expertos que han acu-

rido con una idea concreta del problema que se está constituyendo y los graves perjuicios económicos que esto está acarreado a los países en general.

Finalmente, debo añadir que habrá problemas para alumbramiento de aguas subterráneas donde toda la sistemática del conjunto sea esencialmente geológica, es decir, donde la Geofísica no tiene, prácticamente intervención. La postura contraria, o sea, aquella donde todas las soluciones habrá

que buscarlas en la Geofísica también es cierta. Quedan así definidas dos posiciones esencialmente opuestas, pero que en ningún aspecto se contradicen y entre este gran espacio habrá para cada caso concreto una adecuada actuación de la Geofísica y de la Geología. El gran acierto será, precisamente, la determinación del grado de intervención de una y otra Ciencia.

Recibido. 10-III-71.





Estudio de tremolitas complejas procedentes del suroeste de España

por J. DOETSCH y colaboradores (*)

RESUMEN

Muestras tomadas en diferentes puntos de la provincia de Badajoz y Huelva, dentro de la sierra Morena, han sido estudiadas por medio de microscopio petrográfico, por difracción de rayos X y por análisis espectroquímico bien fluorescente o por emisión.

El resultado ha sido el encontrar una estructura compleja para la tremolita natural procedente de aquellos lugares. La complejidad procede de la coexistencia simultánea de la tremolita oxihidratada y fluorada con cierto deterioro de la primera estructura citada.

Se van a utilizar rayos infrarrojos para estudiar los enlaces de los oxidrilos.

Además, hemos podido comprobar que una tremolita natural, comprobada por análisis difractométrico tiene variado el color y demás propiedades ópticas pudiendo considerarse desde el punto de vista petrográfico como una hornablenda verdadera.

Lo cual indica que las posiciones de las partículas constituyentes de las estructuras no han sufrido variaciones. Pero que probablemente han cambiado las fuerzas de enlace.

SUMMARY

Samples taken in different parts of the province of Badajoz, and Huelva appartaining to the Sierra Morena, have been analysed by some methods (petrographic microscope, XRay diffraction, spectrochemical analysis, etc.).

The results are following standards:

1.º The natural tremolite has a complex structure, due to the coexisting of normal tremolite (with OH) and the fluorotremolite. This fluorotremolite seems to be stronger represented than the oxihidrated variety.

2.º A subsequently study is to be made in order to know how are the bonds of OH in the natural sample.

3.º We have found a pseudo-hornblende with limiting optical characteristics but sufficient sure to be optically an hornblende. But the diffractometric structure is still belonging to the tremolite series. The problem of the bonds with Al and Na which have come into the crystalline structure of the tremolite are not yet ordered in the hornblende arrangement.

I. INTRODUCCIÓN

A) Generalidades

Con el presente trabajo de investigación damos comienzo a una serie de comunicaciones de información obtenida en la investigación en marcha, hace ya años, en la parte occidental de la sierra

Morena, comprendida en las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.

La actual comunicación se refiere al estudio de muestras de tremolitas.

Se pretende con este estudio indagar algo en la relación que existe entre la roca actual y la mena, hipotética o ya real. Esta relación *roca-mena* es esencial y se debe de conocer en cada criadero exhaustivamente. Los fenómenos naturales descubiertos podrán interpretarse de maneras distintas pero nunca deformando los hechos naturales y objetivos. Por ello hay que buscar esos datos obje-

(*) Laboratorio de Mineralogía y Petrología de la E.T.S. de Ing. de Minas: G. Rivas, M. S. Morrondo, E. Alpanseque, L. Rivoir y A. Cueto (Ayuda a la Investigación).

tivos y conservarlos de la contaminación subjetiva. Estos datos son los que constituyen la información básica y fundamental. Este fue el criterio con el que uno de los firmantes hizo la demarcación minera de reserva a favor del Estado del Suroeste de España, e inició suficientemente su investigación, y dio impulso a su investigación minera práctica.

B) Particularidades

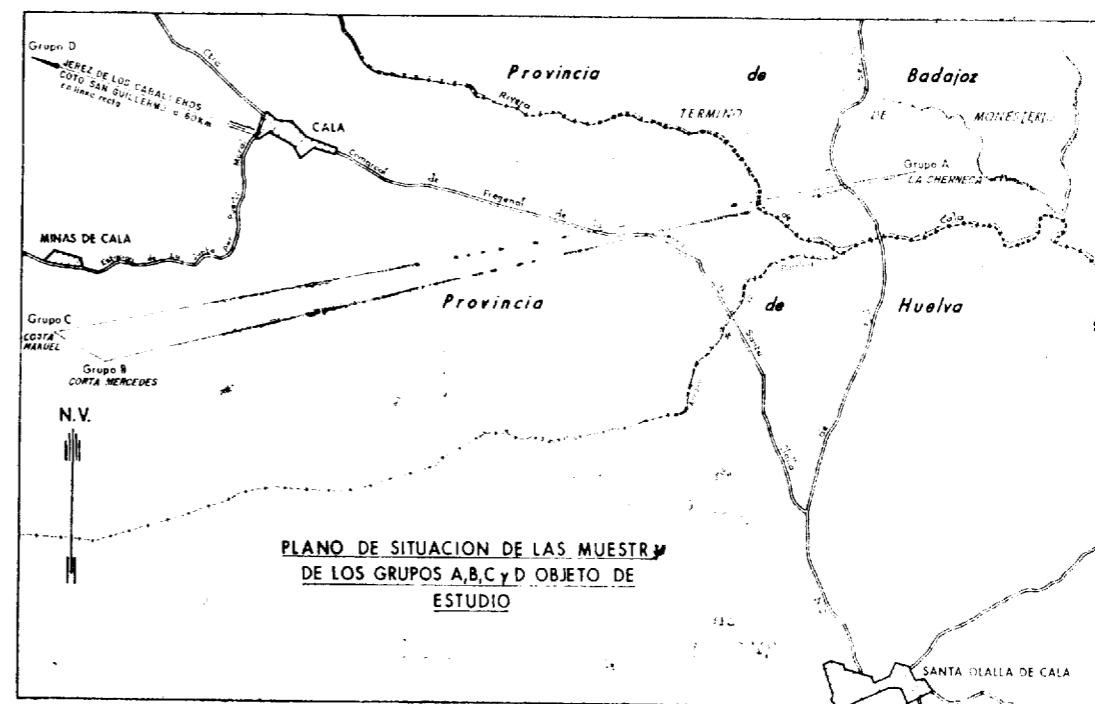
a) Ubicación

El ámbito del presente trabajo queda restringido al estudio de una serie de muestras de amfibio-

Grupo D: Localización: Paraje El Colmenar, grupo minero San Guillermo, término municipal de Jerez de los Caballeros (Badajoz).

La posición topográfica de los tres primeros grupos permite la formación de un triángulo de ángulo muy agudo en el grupo A y cuya base la forma la recta de unión de los grupos B y C. Esta línea base está orientada en el espacio en dirección sensiblemente NW-SE, y tiene aproximadamente una longitud de un km., mientras que los lados de este triángulo tienen unos ocho km. de longitud en direcciones sensiblemente NEE-SWW.

El grupo D de muestras se encuentra en dirección Poniente, como a unos 60 km. de los anteriores.



les recogidas en cuatro espacios diferentes. Estos se definen de la siguiente manera. (Plano de situación.)

Grupo A: Localización: Paraje de la Chernelca, muy cerca del límite de provincias entre Huelva y Badajoz. Término municipal de Monesterio (Badajoz). Linda con el término municipal de Santa Olalla del Cala (Huelva).

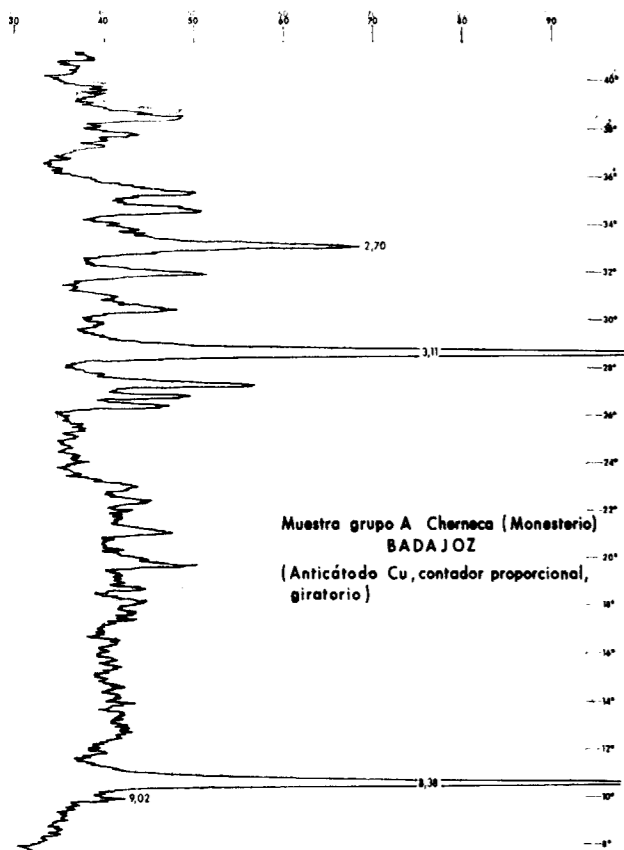
Grupo B: Localización: En el centro de la corta Mercedes de Minas de Cala (Huelva). Término municipal de Cala.

Grupo C: Localización: En la parte septentrional de la Corta de San Manuel de Minas de Cala. Muestra tomada en el mismo perfil, topográfico número 12, punto uno. Término municipal de Cala (Huelva).

b) Descripción

Grupo A: Las muestras recogidas en este grupo de muestras están formando rosetones de una sustancia de habitus fibrorradiado y de color verdopálido más bien claro. Estos rosetones pueden llegar a tener hasta 6 cm. de diámetro y se encuentran implantados sobre superficies de hendiduras de dolomías calcáreas que allí afloran en lo más alto de una loma. Algo más a Poniente se encuentran labores mineras antiguas. Cerca, pero en dirección contraria o sea hacia Levante se encontró recientemente un criadero de hematites roja de calidad pero en relativa pequeña cantidad.

Grupo B: Las muestras pertenecientes a este



grupo aparecen en grietas de la roca encajante del grupo criadero múltiple Minas de Cala. Se trata de un material fibroso. Sus fibras alcanzan hasta 12 cm. de longitud. Presentan estas fibras la facultad de curvarse y desflearse. Pueden por tanto recibir el nombre de asbesto tremolítico.

Grupo C: Las muestras de este grupo presentan a las tremolitas en exiguos prismas entrelazados entre sí y con otras especies minerales que sólo se pueden distinguir difícilmente con la lupa de mano. Forman parte de una roca tipo «skarn».

Grupo D: Las muestras de este grupo se presentan frecuentemente en contacto con la magnetita. Está formado por un tejido compacto-fieltro de agujas muy finas y de hasta 7 cm. de longitud aún cuando normalmente sean más pequeñas. El anfíbol en cuestión forma a manera de filón o faja o banda.

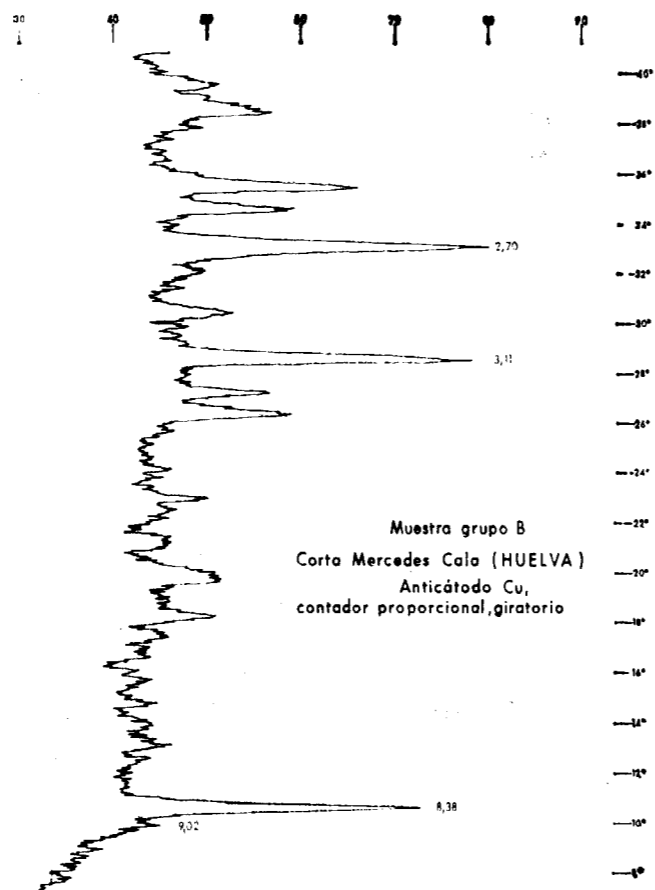
c) Estado de la cuestión

Pretendemos en el presente trabajo clasificar correctamente, dentro del ámbito de los medios y técnicas de que disponemos, algunos de los anfíboles que tiene cierta difusión en la parte de la

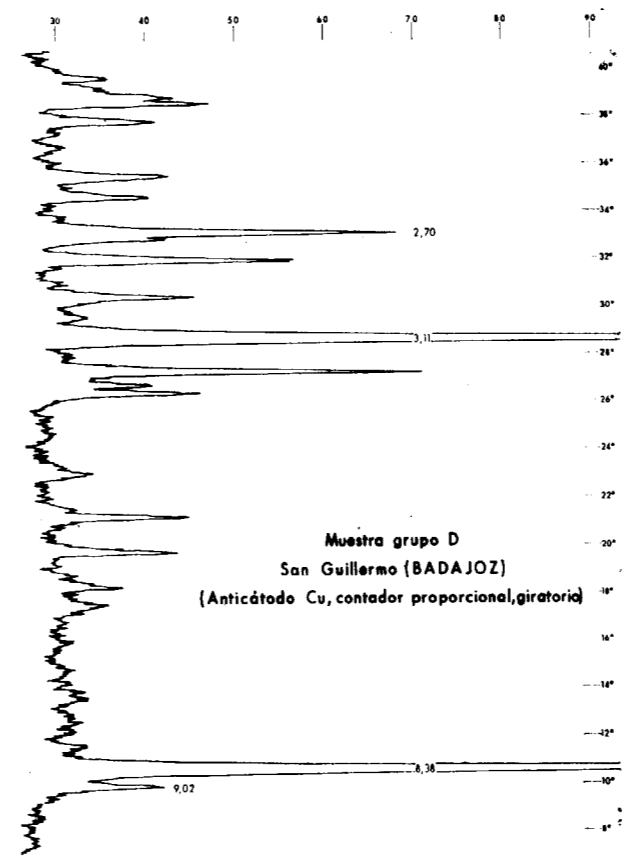
sierra Morena, que queda dentro del espacio de nuestro estudio.

Brevemente recordamos que los silicatos son minerales químicamente muy complejos. Por ello es necesario acudir a su estructura cristalina obtenida mediante difracción de Rayos X para su recta clasificación. Este estudio de estructuras cristalinas pone de manifiesto que la unidad estructural de los silicatos es un tetraedro. Su centro está ocupado por un átomo de silicio y cada uno de los vértices de ese tetraedro está ocupado por un átomo de oxígeno obteniéndose así el SiO_4 como símbolo químico de ese tetraedro estructural y tiene cuatro valencias libres.

La diferente asociación de estos tetraedros elementales da lugar a diversos tipos de silicatos. Así, en el caso en que los tetraedros comparten cada uno dos oxígenos formando cadena de tetraedros indefinida y simple existe la relación de $\text{Si}:\text{O} = 1:3$. Su expresión química es (Si_2O_6) con cuatro valencias libres y a la mayor parte de estos silicatos se les denomina piroxenos. Pero tales cadenas simples de tetraedros pueden agruparse compartiendo otro átomo de oxígeno alternativamen-



te formando bandas o doble cadena. Tal agrupación requiere que la mitad de los tetraedros comparten tres átomos de oxígeno mientras que la otra mitad de tetraedros sólo comparten dos, de ahí que la relación de $\text{Si}:\text{O} = 4:11$ y su expresión química es Si_4O_{11} con seis valencias libres y se les denomina anfíboles.



Genéricamente se llama a los silicatos de tetraedros en cadena simple o compuesta *inosilicatos* y los dos grupos anteriormente citados o sea piroxenos y los anfíboles comprenden minerales litogénicos importantes.

Los minerales litogénicos han sido estudiados con detención por bastantes especialistas de primera fila. Escogemos entre ellos a la obra de Deer, Howie & Zussman (1). Clasifican en la tabla o cuadro 16 miembros finales magnesíferos de los anfíboles según su contenido o distribución de cationes. Existen dos grandes grupos que son el calcífero y el alcalino. En el primero se encuentra la especie mineral la tremolita que no contiene aluminio unitario. En todos los demás existe aluminio.

d) Modo de proceder

Las muestras recogidas en el campo no son sometidas a concentración, limpieza u otro tratamiento alguno. Tal y como se recogieron una vez molidas y homogeneizadas, son analizadas por las técnicas de que disponemos. Pero si se trata de estudiar la muestra al microscopio petrográfico (luz transmitida o reflejada) se hace la preparación (delgada o pulida) directamente de la muestra y se estudian las preparaciones.

En este trabajo hacemos más caso de la difracción, pues ella es la que ha dado resultados sorprendentes.

Reproducimos de la multitud de difractogramas realizados, uno por cada grupo, excluyendo los correspondientes al grupo de muestras C por tratarse de rocas bastante complejas.

Las difracciones escogidas, una por cada grupo A, B y D se las señala con el símbolo Cuadro número 1, 2 y 3, respectivamente. Los cuadros número 4, 5 y 6 reproducen el análisis espectroquímico de las muestras A, B y D respectivamente.

Los resultados se darán resumiendo. La discusión de ellos se sintetiza también y finalmente se darán escuetamente las conclusiones.

II. ESTUDIO DE LAS MUESTRAS

A) Preámbulo

a) Historia

El estudio se inició con muestras del grupo C, o sea, con muestras de rocas que parecían ser unas verdaderas anfíbolitas. El estudio petrográfico había dado bastante información referente a estas rocas y estaban clasificadas como rocas difíciles, bien que pertenecientes al tipo de rocas del «skarn». Una de las dificultades residía en el tamaño de los componentes y otra en la proporción en que se encontraban más de ocho de los diez y seis componentes.

Por ello acudimos a la difracción por Rayos X. Con su auxilio conseguiríamos clasificar estrictamente muchos de los componentes y en especial los anfíboles entrelazados de hábitos prismático fino y corto, como también las cloritas.

Hechos ya los primeros difractogramas se confirmó plenamente la complejidad de las muestras, y el bosque de puntas de espaciados era muy denso. Dispusimos para solventar tamaña dificultad el encontrar difractogramas de especies puras, si fuera posible. De ahí nació el echar mano de difractogramas, hacia años archivados, y buscar es-

pecies minerales puras de otras o de la misma especie mineral.

Por otra parte nos hicimos con fotocopias de las fichas ASTM, que más necesitábamos urgentemente, ya que aún no las tenemos por dificultades económicas.

El trabajo ingente y laborioso y por otra parte la falta de personal idóneo fue superado lentamente echándole horas, etc., hasta lograr un respetable arsenal de información de esa región, que pensamos con la ayuda de Dios extender cada vez más, pudiendo así dar a conocer fenómenos que hasta ahora estaban ocultos totalmente.

b) *Ubicación, disposición y técnicas del Laboratorio donde se ha trabajado*

Publicado hace años la ubicación, disposición y técnicas del laboratorio de que disponemos en la actualidad parece obvio indicar tan sólo la cita de la publicación.

«Notas y Com. del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 78, año 1965 (129-144). «Investigaciones Mineras». Sólo tenemos que añadir que nuestros aparatos, en concreto el difractómetro lleva ya ocho años trabajando a razón de unas tres mil horas por año.

c) *Guión*

Nos proponemos resolver las siguientes cuestiones:

- 1) Las muestras estudiadas contienen ciertamente anfíboles.
- 2) Estos anfíboles pertenecen óptica y difractométricamente a la especie mineral tremolita (a excepción del grupo D, cuyo estudio se hace).
- 3) Características generales de la tremolita.
- 4) Características especiales de la tremolita del Suroeste, estudiadas.
- 5) Especies minerales anfibólicas acompañantes, etc.
- 6) Especies minerales inosilicatos acompañantes.
- 7) Intensidades difractométricas.
- 8) Paragénesis de las tremolitas complejas.

B) *Técnicas aplicadas y resultados obtenidos*

1) *Las muestras estudiadas contienen anfíboles*

Razones:

a) Porque la composición química indica la existencia de los elementos químicos necesarios y suficientes para que se formen anfíboles (análisis

químico clásico, análisis espectral óptico de emisión y por fluorescencia de Rayos X).

b) Porque el estudio de las muestras usando el microscopio petrográfico da clara evidencia de la existencia de anfíboles, en todas las muestras de cada uno de los cuatro grupos A, B, C y D.

c) Porque el estudio de difracción (mediante Rayos X) sitúa a las muestras de los grupos A, B y D en la zona de los anfíboles. También se encuentran estas puntas de difracción de espaciados en la muestra del grupo C pero mezclado con otras muchas.

2) *Se trata de la especie mineral denominado tremolita.*

Motivos:

a) El estudio petrográfico así lo indica. (Excepción grupo D.)

b) La difracción de todas las muestras de los grupos A, B y C, dan espectros de difracción (espaciados) inconfundibles. Se trata, pues, de la especie mineral anfibólica denominada tremolita. Los difractogramas de muestras del grupo D coinciden también.

Aun cuando sea adelantar ideas conviene aclarar conceptos.

Al interpretar el primer difractograma se pudo determinar que la punta difractométrica $dA = 8,37$ era tremolita y así se interpretaron las ocho rayas más intensas (casi todas). Pero quedaban muchas por interpretar y las intensidades relativas daban mucho que pensar. Repasando las tablas internacionales se encontró la fluortremolita y entonces quedaba el espectro difractométrico prácticamente interpretado. Por ello afirmamos la coexistencia de ambas variedades tremolíticas la oxihidratada y la fluorada. Las razones en que nos apoyamos para afirmar la coexistencia no se reducen sólo a ese raciocinio fundados en la coincidencia de los espaciados encontrados y coincidentes con los que exponen las tablas internacionales. Hemos buscado una por una las fichas de los anfíboles restantes y hemos podido comprobar que ni las puntas difractométricas de espaciado sensibles coinciden con las que tenemos. O si coinciden no lo hacen las más intensas o las aisladas. Pero también la petrografía tomada en ayuda nos indica que se trata en efecto de tremolita, como ya hemos dicho (excepto en el grupo D).

3) *Características de la tremolita en general*

a) Dentro del grupo de silicatos de estructura en cadena debemos de distinguir:

- 1) Los de cadena abierta (piroxenos).
- 2) Los de cadena cerrada (anfíboles).

Según Deer, Howie & Zussman (1) estos últimos son constituyentes comunes de rocas ígneas y metamórficas. Cubren una amplia gama de estabilidad dentro del campo físico de presiones y temperaturas dadas. Estos autores dividen a los anfíboles en tres grupos principales. El primero agrupa las especies minerales que sólo contienen los elementos aluminio-magnésio; el segundo grupo comprende las especies aluminico-magnésico-cálcico, entre los cuales se encuentra la tremolita y la ferroactinolita, y el subgrupo de especies aluminico-magnésico-cálcico y alcalino en el que los álcalis están en muy pequeña proporción y finalmente el grupo complejo aluminico-cálcico y plenamente alcalino que predomina a más alta temperatura.

Según estos autores existe probablemente una transición continuada entre las diversas especies de hornablenda específica y la tremolita no ferrifera y la ferroactinolita que contiene el ión ferroso en su fórmula de constitución, pero podemos creer que en estas series de tremolita-ferroactinolita puede llegarse en general a sustituciones de más del 50 por 100 de Mg por Fe^{+2} .

b) Las características óptico-petrográficas de la tremolita la hemos tomado de las obras de Troeger (3), 3.ª edición sucesiva sin modificaciones, por su perfección. Además hemos consultado las obras de óptica mineral, Roubault, etc., que figuran en la bibliografía.

c) Estructuralmente considerada la tremolita presenta un problema. La cuestión se centra en la existencia de la tremolita oxihidratada $Ca_2Mg_5S_8O_{20}(OH)_2$ y de la fluortremolita $Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2F$.

Hasta el presente se sabe que ambas especies o subespecies minerales existen y han sido obtenidas sintéticamente. A estos estudios corresponde las fichas internacionales de la ASTM núm. 9-437 y 9-330, de difracción mediante Rayos X reproducidas en el cuadro número 0.

4) *Características especiales de las muestras de tremolitas complejas.*

a) *El espectro de difracción en sí de la tremolita compleja: dificultades*

Del estudio de los difractogramas realizados se deduce que coexisten conjuntamente en las muestras las estructuras de la tremolita oxihidratada y de la tremolita fluorada. Este hecho es sorprendente a no ser que esas estructuras sean complementarias, ya que estamos acostumbrados a admitir para la especie mineral una y única distribución espacial de las partículas integrantes de dicha estructura. Este doblete de estructuras se ha podido determinar artificialmente habiendo sido posible,

hace años, conocer estas estructuras de tremolitas. Las muestras naturales ofrecen esas dos estructuras coexistentes.

Esta coexistencia natural quizá origine el deterioro de alguna de las dos y el producto natural final sea una estructura única con la misma orientación de los planos reticulares en el espacio. Existe, ciertamente la posibilidad de una variación. Particularmente en la tremolita oxihidratada, pues recientemente se ha establecido, que los compuestos químicos que contiene oxihidrilo estructurales son ciertamente menos estables que otras estructuras que contienen otros compuestos. Esto se funda en la endeblez del enlace del OH con el resto de la estructura. Y ésta es quizá la razón por la que en los difractogramas efectuados se nota la ausencia de ciertos picos de difracción en los difractogramas de las muestras naturales. Así faltan en la estructura de la tremolita oxihidratada natural los siguientes picos de difracción de espaciados: (entre otras).

$$dA = 2,918 \quad (I = 60)$$

$$dA = 2,266 \quad (I = 40)$$

$$dA = 2,195 \quad (I = 10)$$

Estos espaciados no suelen aparecer como se puede apreciar en los cuadros números 1, 2 y 3, y en otros muchos.

En el cuadro número 0 se ha afectado con un *no* entre paréntesis (*no*) a los picos de difracción que no hemos podido comprobar como existentes en los diagramas de difracción de nuestras muestras.

En resumen, hemos podido:

1.º Establecer la coexistencia conjunta de las dos especies de tremolita sintética o sea la oxihidratada y la fluorada.

2.º Establecer una deficiencia en la estructura normal de la tremolita sintética oxihidratada. Algo le pasa debido a la coexistencia.

3.º No podemos aún admitir una disolución sólida entre los dos componentes sintéticos, por falta de datos actuales.

4.º Proponemos que se verifique un estudio por Rayos infrarrojos para comprobar la situación de los enlaces de las estructuras sintéticas con los OH y con los F en las muestras, y determinar si se trata de sustituciones interlaminares o por el contrario de la existencia simultánea de dos estructuras diferentes y distintas y en qué grado.

b) *Información obtenida por el ulterior estudio de los difractogramas (Cuadros 1, 2 y 3).*

Con objeto de exponer la información obtenida se tratan independientemente los cuadros y al final se hace un resumen de los datos obtenidos.

CUADRO N.º 0

FICHAS ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS) TREMOLITA OXIHIDRADA Y FLUOTREMOLITA

Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂		Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (F) ₂	
FICHA 9-330 ASTM (OH)		FICHA 9-437 ASTM (F)	
dA	I	dA	I
8,4	80	9,02	7
5,0	20	8,37	100
4,82	40	5,973	7
4,47	50	4,856	5
4,20	20	4,736	5
3,85	55	4,501	11
3,36	80	4,002	20
3,24	55	3,867	3
3,104	90	3,377	5
2,918	60 (no)	3,262	18
2,790	20	3,106	85
2,692	100	2,934	7
2,578	50	2,792	21
2,524	60	2,718	3
2,325	60	2,702	7
2,266	40 (no)	2,587	3
2,195	10	2,526	3
2,143	55	2,373	3
2,033	30	2,326	5
2,005	40	2,308	5
1,951	5	2,292	3
1,924	5	2,263	1
1,886	20	2,177	1
1,856	20	2,157	3
1,805	5 (no)	2,040	1
1,744	10	2,012	3
1,676	40	1,995	5
1,647	50	1,883	5
1,608	30	1,860	7
1,573	40	1,806	3 (no)
1,554	20	1,645	15
1,529	30	1,631	3
1,498	50	1,613	3
1,466	5 (no)	1,578	3
1,434	60	1,575	1
1,365	30	1,525	3
1,355	20	1,501	7
1,322	40	1,497	3
1,306	20	1,453	3 (no)
Plus additional lines		Plus six lines to 1,290	

Cuadro núm. 1. Reproduce el difractograma de una muestra de la Cherneca. En este caso se ha utilizado el contador no proporcional Geiger. En todos los demás se hace uso del contador proporcional. Debido a la nitidez del espectro de difracción la hemos interpretado como base del estudio de las muestras de este grupo A. Por orden de mayor importancia proponemos los resultados.

Resultados: Tremolita fluorada.
Tremolita oxihidratada.
Diópsida.
Dolomía.

CUADRO N.º 1

Tremolita fibroso-radiada del paraje de la (Cherneca Monasterio Badajoz) (Referencia: pág. 2)

GRUPO A		
dA	I/I	Especie Mineral
9,41	5	
9,04	8	Tremolita (F + OH)
8,38	92,5	Tremolita (F + OH)
5,07	10	Tremolita (F + OH)
4,85	4	Tremolita (F + OH)
4,75	10	Tremolita (F)
4,50	18	Tremolita (F + OH) + Diópsida
4,20	23	Tremolita (OH) + Diópsida
4,01	1	Tremolita (F)
3,86	5	Tremolita (F + OH)
3,44	1	Diópsida
3,37	15	Tremolita (F + OH)
3,32	6	Cuarzo
3,26	45	Tremolita (F + OH) + Diópsida
3,11	+ 100	Tremolita (F + OH)
3,02	27	Diópsida
2,93	15	Tremolita (F) + Diópsida
2,88	11	Dolomía
2,79	25	Tremolita (F + OH)
2,72	10	Tremolita (F)
2,696	25	Tremolita (F + OH) + Diópsida
2,588	10	Tremolita (F + OH) + Diópsida
2,526	8	Tremolita (F + OH) + Diópsida
2,475	2	Diópsida
2,379	10	Tremolita (F)
2,326	11	Tremolita (F + OH)
2,316	3	Diópsida
2,308	5	Tremolita (F)
2,2902	5	Tremolita (F)
2,174	5	Tremolita (F)
2,156	1	Tremolita (F + OH) + Diópsida
2,050	4	Tremolita (F + OH) + Diópsida
2,020	10	Tremolita (OH)
2,012	4	Tremolita (OH)
2,005	5	Tremolita (OH)
1,989	3	Tremolita (OH)
1,951	1	Tremolita (OH)
1,921	1	Tremolita (OH)
1,889	18	Tremolita (F + OH)
1,878	5	Tremolita (F + OH)
1,860	4	Tremolita (F + OH)
1,841	3	Diópsida
1,818	10	Diópsida
1,746	2	Tremolita (OH) + Diópsida
1,679	3	Tremolita (OH) + Diópsida
1,649	13	Tremolita (F)
1,647	4	Tremolita (OH)
1,645	7	Tremolita (OH)
1,632	6	Tremolita (F)
1,606	1	Diópsida
1,580	10	Tremolita (F)
1,576	2	Tremolita (OH)
1,560	1	Tremolita (OH) + Diópsida
1,530	2	Tremolita (OH) + Diópsida
1,515	2	Diópsida
1,505	5	Diópsida
1,502	7	Tremolita (F)
1,498	1	Tremolita (OH)
1,468	1	Tremolita (OH)
1,439	20	Diópsida

CUADRO N.º 2

Tremolita fibrosa Corta Mercedes (Minas Cala) (Huelva)

GRUPO B

dA	I/I	Especie Mineral
1,435	3	Tremolita (OH)
1,401	4	Diópsida
1,368	4	Tremolita (OH)
1,357	5	Tremolita (OH)
1,355	5	Tremolita (OH)
1,330	4	Tremolita + Diópsida
1,308	1	Tremolita + Diópsida
1,230	2	Diópsida
1,212	1	Diópsida
1,200	5	
1,190	3	
1,180	1	
1,127	4	Diópsida
1,118	3	
1,090	2	Diópsida
1,080	1	Diópsida
1,045	7	
1,033	3	
0,98	4	

dA	I/I	Especie Mineral
28,50		
13,85		
10		
9,94		
8,94		
8,59		
8,37	34	Tremolita (F + OH)
7,40		
7,025		
6,76		
6,37		
5,98		Covelita
5,34		
5,216		Hidróxido de Hierro férrico
5,00	3	Tremolita (F + OH) + Goetita + Malaquita
4,874	5	Tremolita (F + OH) + Magnetita
4,70	1	Covelita
4,506	6	Tremolita (F + OH)
4,19	5	Tremolita (F + OH) Calcocianita + Goetita
4,005	2	Tremolita (F)
3,934	2	
3,867	5	Tremolita (F + OH)
3,785	1	
3,740	2	
3,693	4	Hematites + Malaquita
3,68	1	Hematites
3,58	1	Covelita
3,55	2	Calcocianita
3,467	2	
3,375	13	Tremolita (F + OH) + Goetita
3,279	13	Tremolita (F + OH) + Hidróxido Férrico
3,19	1	Digenita (?)
3,12	37	Tremolita (F + OH) Pirita
3,067	1	
2,998	2	Diópsida
2,940	8	Tremolita (F) + Magnetita
2,912	1/2	
2,885	1	Dolomía
2,805	4	Malaquita, anhidrita
2,789	4	Covelita
2,702	3	Tremolita (F + OH) + Digenita
2,700	35	Covelita
2,69	1	Tremolita (F + OH) + Hematites + Pirita
2,637	2	Goetita
2,592	15	Hidróxido Férrico + calcocianita + covelita
2,536	20	Tremolita (F + OH) + Diópsida
2,51	1	Tremolita (F + OH) + Magnetita + Diópsida + Hidróxido férrico
2,455	3	Hematites
2,420	3	Goetita
2,405	1	Magnetita + Pirita
2,380	3	Calcocianita
2,39	1/2	Tremolita (F)
2,310	2	Covelita
2,276	5	Tremolita (F)

Observaciones: Tremolita (OH) = Tremolita oxihidratada.
Tremolita (F) = Tremolita Fluoradas.
Tremolita F + OH = Tremolita Fluorada + oxidrada.

Resumen: En la muestra natural del grupo A de muestras aparecen:

1.º Dos especies minerales cuyos difractogramas se han publicado (ASTM, cuadro 0) como procedentes de una síntesis artificial, respectiva. Coexisten, pues, con ciertas variaciones de la tremolita oxihidratada. (Las más importantes han sido ya señaladas.)

2.º Procede hacer un análisis con radiaciones infrarrojas con objeto de estudiar la situación de los oxihidratos y de ser posible el F. Así se explicaría la coexistencia de estas dos especies minerales en el mineral natural.

3.º A estas muestras naturales les cuadra el nombre de tremolitas complejas.

4.º Acerca de la existencia de diópsida se hablará más abajo.

Cuadro número 2. Reproduce el difractograma de las muestras fibrosas asbestiforme del grupo B. La muestra «Tal cual» se pulverizó (no se separaron a mano las fibras ni éstas se limpiaron mecánicamente). Se deseaba saber dónde podría estar el cobre, etc.

Resultados: (Por orden de importancia)

Tremolita fluorada.
Tremolita oxihidratada.
Magnetita.
Pirita.
Goetita.
Hematites roja.

dA	I/I	Especie Mineral
2,248	2	Goetita
2,201	1	Tremolita (OH) + Hematites + Pirita
2,166	14	Tremolita (F)
2,111	2	
2,103	2	Magnetita
2,049	2	Tremolita (F)
2,036	2	Tremolita (OH)
2,019	4	Tremolita (F)
2,010	6	Tremolita (OH)
1,981	1	Tremolita (F)
1,977	2	
1,909	2	Digenita + Calcocianita
1,961	1	
1,949	2	Tremolita (OH)
1,941	2	Hidróxido férrico
1,929	3	Tremolita (OH) + Pirita
1,903	4	Covelita
1,870	5	Tremolita (F)
1,841	4	Diopsida + Hematites
1,821	2	Dolomia
1,818	1	Dolomia
1,781	4	Dolomia + Calcocianita
1,7584	1	
1,746	1	Tremolita (OH) + Diopsida + Goetita
1,695	1	Magnetita + Hematites
1,681	1	Tremolita (OH) + Diopsida + Digenita
1,665	3	Diopsida
1,655 ⁶	5	Tremolita (OH)
1,642	2	Tremolita (F) + Hidróxido férrico
1,621	4	Tremolita (F) + Pirita
1,614	2	Tremolita (F + OH) + Magnetita
1,605	1	Tremolita (OH) + Diopsida
1,595	1	Tremolita (OH)
1,580	6	Tremolita (F) + Calcocianita
1,573	1	Tremolita (F + OH)
1,5606	1	Goetita
1,551	1	Tremolita (OH)
1,528	1	Tremolita (F + OH)
1,514	1	Diopsida
1,510	6	Diopsida
1,492	1	Tremolita (F + OH) + Hematites + magnetita
1,469	2	Tremolita (F + OH) + Hematites
1,465	3	Tremolita (OH)
1,449	1	Hematites
1,443	6	Pirita
1,435	1	Tremolita (OH) + Calcocianita
1,413	1	
1,400	1	

Observaciones: Tremolita (OH) = Tremolita oxihidratada
 Tremolita (F) = Tremolita fluorada
 Tremolita (F + OH) = Tremolita fluorada + oxihidratada

Calcocianita.
 Covelina.
 Digenita??
 Malaquita??
 Y otros indicios.

Resumen: En la muestra natural asbestiforme del grupo B se deduce,

1.º Debido a estar en la zona de cementación del criadero, existen por origen secundario elementos químicos extraños (exceso de Fe, Cu, etc.)

2.º Pero fundamentalmente señalamos la coexistencia de las dos tremolitas oxihidratada y fluorada.

3.º Los elementos químicos extraños dan lugar a especies minerales nuevas.

4.º Las de hierro (magnetita y pirita) dan lugar a una normalización del espectro de difracción, en cuanto a las intensidades se refiere. Para ello se hablará más abajo en apartado exclusivamente dedicado a las intensidades.

5.º También existe, al menos, indicios de diópsida.

Cuadro número 3. Reproduce el difractograma de una muestra del grupo D.

Resultados: Tremolita fluorada.
 Tremolita oxihidratada.
 Magnetita.
 Cuarzo.
 Diópsida.
 Dolomía.
 Y otros.

Resumen: En la muestra porosa verde medio, fieltrocompacta se contienen.

1.º La tremolita compleja (fluorada + oxihidratada).

2.º Otras especies, entre ellas la diópsida en exigua cantidad.

El cuadro correspondiente a las muestras del grupo C, se publicará en otra ocasión por contener muchas especies minerales y merece especial atención.

Síntesis de cuadros

1. Lo que podemos adelantar de las muestras de los grupos A, B y C; es que el anfíbol presente es incoloro y no pleocroico en sección delgada y corresponde perfectamente en su difractograma a la tremolita compleja.

Excepción: muestras del grupo D.

2. Con referencia a los difractogramas de los grupos A, B, C y D, nuevamente hay que recordar la «personalidad» que presenta el difractograma de la fluortremolita en todas ellas. Por otra parte parece ser que los estudios de investigación por radiaciones infrarrojos podrán realizarse antes del mes de noviembre próximo,

CUADRO N.º 3

Difractograma de una muestra enclavada en el Coto Mineiro San Guillermo (Prov. Badajoz)

GRUPO D

dA	I/I	Especie Mineral
10		
8,93		
8,37	82	Tremolita (F + (H))
8,15		
6,83		
6,61		
6,11		
5,70		
5,068	5	Tremolita (F + OH)
4,876	4	Tremolita (F + OH)
4,744	3	Tremolita (F)
4,484	7	Tremolita (F + OH)
4,19	9	Tremolita (OH)
3,98	1	Tremolita (F)
3,867	2	Tremolita (F + OH)
3,62	1	
3,453	3	
3,36	12	Tremolita (F + OH)
3,27	4	Cuarzo Bajo
3,267	25	Tremolita (F + OH)
3,116	+ 100	Tremolita (F + OH)
3,00	1	Diopsida
2,936	12	Tremolita (F)
2,88	1	Dolomia
2,797	13	Tremolita (F + OH)
2,720	1	Tremolita (F)
2,702	23	Tremolita (F + OH)
2,588	8	Tremolita (F + OH) + Diopsida
2,529	10	Tremolita (F + OH) + Diopsida
2,380	5	Tremolita (F)
2,355	1	
2,335	10	Tremolita (F + OH)
2,320	5	Diopsida
2,308	1	Tremolita (F)
2,295	1	Tremolita (F)
2,273	3	Tremolita (F + OH)
2,210	1	Tremolita (OH)
2,187	2	Tremolita (OH)
2,161	9	Tremolita (F)
2,096	1	
2,045	3	Tremolita (F) + Diopsida
2,014	9	Tremolita (F)
2,002	7	Tremolita (OH)
1,995	1	Tremolita (OH)
1,960	2	Tremolita (OH)
1,927	2	Tremolita (OH)
1,888m	7	Tremolita (F + OH)
1,87	2	
1,866	3	Tremolita (F + OH)
1,8412	1	Diopsida
1,8104	5	Dolomia
1,746	2	Tremolita (OH) + Diopsida
1,708	2	
1,681	4	Tremolita (OH) + Diopsida
1,676	2	Tremolita (OH) + Diopsida
1,6474	6	Tremolita (OH)
1,634	4	Tremolita (F)
1,620	1	
1,615	5	Tremolita (F)
1,608	1	Tremolita (OH) + Diopsida
1,59	3	Tremolita (OH)

dA	I/I	Especie Mineral
1,581	6	Tremolita (F)
1,556	3	Tremolita (OH)
1,5304	4	Tremolita (OH)
1,512	1	Diopsida
1,5034	5	Tremolita (F)
1,499	3	Tremolita (OH)
1,466	2	Tremolita (OH)
1,4366	12	Diopsida
1,4347	13	Tremolita (OH)
1,4192	1	
1,367	3	Tremolita (OH)
1,3566	4	Tremolita (OH)
1,3365	1	Tremolita (OH) + Diopsida
1,310	5	Tremolita (OH) + Diopsida
1,307	4	Tremolita (OH) + Diopsida
1,2956	2	Diopsida

Observaciones: Tremolita ((H)) = Tremolita oxihidratada
 Tremolita (F) = Tremolita fluorada
 Tremolita (F + OH) = Tremolita fluorada + oxihidratada

c) Información obtenida de los análisis espectroquímicos realizados. (Cuadros 4, 5 y 6.)

Cuadro número 4 (Grupo A). Puede ser considerado como la muestra más pura de las que hemos usado. Pero hay que tener en cuenta la existencia conjunta de algo de dolomía sobre la que se presentan los rosetones.

No tiene elementos traza que puedan interesar.

CUADRO N.º 4

Análisis espectroquímico (cualitativo, orden de cantidad)

Muestra Chermeca

GRUPO A

Cualitativo elementos químicos	Orden de cantidad aprox.
Si	26 %
Ti	vestigios
Al	vestigios
Fe	1,2
Mn	0,2
Mg	1,4
Ca	6 %
Na	0,2

Cuadro 5 (Grupo B). Fuera y aparte del exceso de hierro (magnetita, pirita que lleva la muestra) y del exceso de cobre (minerales secundarios de

cobre) se asemeja mucho a la anterior. Queda corroborado por su aspecto morfológico fibroso y asbestiforme.

Los minerales de hierro y de cobre, como ya hemos dicho, son secundarios. Puede discutirse la muestra en que se encuentran.

CUADRO N.º 5

Análisis espectroquímico (cualitativo y orden de cantidad)

Muestra Corta Mercedes

GRUPO B

Cualitativo elementos químicos	Orden de cantidad aprox.
Si	25 %
Ti	vestigios
Al	vestigios
Fe	8
Mn	0,1
Mg	12
Ca	8
Cu	6,8
Na	0,1

Cuadro número 6 (Grupo D). La muestra que ofrecemos presenta graves problemas. Pero ello no es debido al parecer directamente a los elementos químicos raros que presentan el cuadro, como son el níquel, el cobalto, el germanio y el vanadio. Es mucho más probable que las cuestiones que ofrece la muestra sean debidas a la presencia de los elementos químicos conocidos como son el sodio, el aluminio en una proporción superior a la que enseñan las otras muestras.

d) La óptica mineral y las cuestiones suscitadas

Preámbulo:

Valiosísima técnica es la óptica mineral. La especie mineral, en su celdilla elemental, no es otra cosa que una distribución ordenada en el espacio de las partículas químicas constituyentes de la especie mineral. Por traslaciones en tres direcciones espaciales distintas obtenemos la especie mineral macroscópica.

Esta especie mineral está adornada de propiedades químicas y físicas y además geométricas. Cada una de estas propiedades son de gran importancia al querer clasificar correctamente la especie.

La óptica mineral estudia esas propiedades físicas

químicas (enlaces) generales no en sí estrictamente, sino que su objeto es estudiar las manifestaciones externas de los enlaces de las partículas, o sea, cómo se comportan esas propiedades físicas o fisicoquímicas al paso del agente excitador que es la luz visible, radiación electromagnética de frecuencia o de longitud de onda determinadas.

CUADRO N.º 6

Análisis espectroquímico (cualitativo y orden de cantidad)

Muestra San Guillermo

GRUPO D

Cualitativo elementos químicos	Orden de cantidad aprox.
Si	20
Ti	vestigios
Al	1
Fe	12
Mn	1
Mg	15
Ca	5
Ni	0,5
Co	0,1
Ge	0,1
V	0,1
Na	0,5

Por el contrario, la difracción de Rayos X (radiación electro-magnética de mayor frecuencia y energía) nos enseña dónde están situadas las partículas constituyentes en el espacio. Conservando estas partículas en el espacio pueden variar la magnitud de los enlaces fisicoquímicos dentro de ciertos límites y así originar un grave problema práctico. Este consiste en que el estudio petrográfico microscópico óptico determina que la muestra es la especie mineral X y el estudio de los difractogramas, los Rayos Roentgen, indica que la muestra sigue siendo de la especie mineral Y.

La solución de estos problemas consiste en dominar las dos técnicas y en cada caso optar por una de las dos a base de la información que pueda obtenerse de un estudio fundamental de la región donde se haya encontrado la muestra. Se trata, pues, de problemas límites de no sencilla solución.

Caso concreto nuestro

Se trata de una muestra verdosa grisácea llena de cristales aciculares desorientados que llegan has-

ta tener 7 cm, de longitud en forma porosa-compacta de aspecto de fieltro. El color es más bien vivo que no pálido de las muestras de otros grupos. La preparación delgada es vivamente verdosa de aceituna. En el cuadro número 7 se exponen las características ópticas de la muestra, de la tremolita-actinolita y de la hornablenda específica.

CUADRO N.º 7

Datos ópticos de especies anfibólicas

Propiedades físicas	Hornablenda	Tremolita	Muestra
Color:	Macro. { Verdoso intenso	Verde pálido	Verde gris oscuro
	» negro		
	Micro. Verde	Incoloro	Verde fuerte
Pleocroismo	Acusado con tonalidades verdes	Carece	Acusado con tonalidades verdes
Índice de refracción (en polvo).	1,63 - 1,704	1,60 - 1,640	1,634 - 1,636
Angulo Z c	15° - 27°	16° - 17°	19° - 21°
Angulo 2 V _x	63° - 87°	74° - 85°	68° - 72°

Según estos datos la muestra es ópticamente una hornablenda límite.

Como fácilmente se deduce, nuestra muestra ha pasado ya al campo de las hornablendas ópticamente. Tiene aluminio y sodio y las características ópticas macro y microscópicas inducen a situarla dentro de las hornablendas. Estamos en el límite entre dos especies de anfíbol y la reacción del medio cristalino (enlaces, etc.) al paso del excitante (luz) es diferente que en las muestras de los grupos anteriores. Pero, sin embargo, la situación de las partículas integrantes del anfíbol todavía es el que le corresponde a la tremolita compleja.

Pero ¿cómo clasificamos a la muestra? Nuestro consejo es clasificarla estructuralmente, o sea, darla como tremolita, añadiendo la palabra de «compleja límite». Así queda como «tremolita compleja límite» o pseudo hornablenda.

Por el contrario:

Las preparaciones delgadas de las muestras de grupos A, B y C ofrecen anfíboles incoloros no pleocroicos, cuyas características ópticas cuadran a las tremolitas.

5) Relaciones de la tremolita compleja con otros anfíboles

Ya que hemos hablado de la hornablenda y hemos demostrado que con ayuda del microscopio petrográfico, de la platina universal y de los líquidos de índice de refracción fijada puede admitirse sin entrar en la esencia de esa especie mineral, que es hornablenda, vamos a ver a continuación en el cuadro número 8 la ficha internacional de la ASTM y compararla con la que hemos expuesto en el cuadro 3. Rápidamente se observa que no se trata de hornablenda.

CUADRO N.º 8

Espectro de difracción de hornablenda ficha ASTM 5-434
Puntas de difracción iguales y superiores en intensidad a 40 l

dA	I/I	Consideraciones
9,03	10	Más sensible Coincide 9,02 Tremolita (F) (7)
8,45	50	No parece estar
3,38	90	Coincide 3,37 Tremolita (F) (5)
3,29	70	No parece estar
3,09	95	Coincide 3,10 Tremolita (OH+F) (90+85)
2,94	65	Coincide 2,934 Tremolita (F) (3)
2,82	40	No está
2,70	100	Coincide 2,962 Tremolita (OH) (100)
2,59	70	Coincide 2,58 Tremolita (H+F) (50+3)
2,568	70	No está
2,349	60	No está
2,159	60	Coincide 2,157 Tremolita (F) (3)
2,058	40	No está

No parece probable que la muestra contenga algo de hornablenda, verdad.

El que la muestra tenga indicios de hornablenda es difícil de juzgar, pues la punta difractométrica la más sensible dA = 9,03 no es muy posible de separar de la dA = 9,02 de la f uortremolita.

Algo parecido pasa con la actinolita y la ferroactinolita.

Estas cuatro especies de anfíboles (tremolita, actinolita, ferroactinolita y hornablenda) son las más corrientes de la sierra Morena, donde no es difícil encontrar ejemplares hermosos. En relación

con las hornablendas existe en una trinchera de la carretera de Zafra a Jerez de los Caballeros y como a tras kilómetros de la unión con la carretera nacional de San Juan del Puerto a Cáceres, un asomo de roca gabroídica.

6) Relaciones con otros inosilicatos

El único, encontrado hasta el momento en estas muestras es la diópsida (en las muestras del grupo C parece también el augito pero en pequeña cantidad).

La diópsida, aún en muy exigua cantidad está presente en todas las muestras de todos los grupos como lo indican los difractogramas. A veces es invisible en la preparación delgada correspondiente a la materia usada en el difractograma.

En la del grupo A, teniendo en cuenta las intensidades de las puntas de difracción de espaciados y sí es lícito compararlas, estas muestras tienen alrededor de un 6 por 100 de diópsido. Este porcentaje es mucho más reducido en las muestras de los grupos B y D, mientras que en las muestras del grupo C es bastante mayor, pues existen granos perfectamente determinables en las muestras allí existentes.

Este problema de la coexistencia de tremolita compleja y diópsida podría entre otras causas referirse a variaciones p , t y determinados mineralizadores incluyendo en estos la valoración del pH y del índice redox del medio metamórfico ambiente. También debido a la similitud de las celdillas estructurales de la tremolita y de la diópsida se podría pensar en un fenómeno de epitaxia o de concrecimiento orientados.

7) Problema de las intensidades relativas y alturas indicadas.

Habría que hablar de las intensidades de las puntas de difracción. El problema es múltiple. Así se comprueba una vez más las dificultades inherentes a la recta interpretación de un difractograma. Existen al igual que en los espectros de emisión óptica líneas fuertes y otras sensibles y perdurantes hasta en la mínima proporción de elemento químico o de especie mineral. En las modernas fichas editadas por la ASTM ya indican la más sensible de las puntas de difracción. Pero, sin embargo, la gran variación de las intensidades de muestras más o menos puras en relación con las fichas internacionales es grande y aún mayor si existen varias especies minerales diferentes, como en el caso de las rocas.

En este mismo sentido hay que tener en cuenta la superposición de puntas de difracción. La su-

perposición tiene un efecto de aumento de altura y de ensanchamiento de la punta de difracción en cuestión. Comparemos las puntas de difracción $dA = 3,11$ y $dA = 2,699$ de unos de nuestros diagramas que reproducimos adjunto. La primera punta es relativamente estrecha y alta. La segunda es muy ancha y relativamente baja, dando lugar a una punta achaparrada. La primera se puede considerar como punta simple o a lo sumo como suma de muy pocas puntas de difracción de espaciados iguales. Lo contrario acontece con la punta de difracción $dA = 2,699$. Tanto la rama ascendente como la descendente de este pico presenta numerosos «padrastrós», que en realidad no son otra cosa que espaciados de especies minerales contenidos dentro de la muestra. A veces tan sólo se presenta una ligera inflexión. No se trata, pues, de variaciones de la frecuencia o tensión de la red de suministros de energía aún cuando éstas existen en demasiada e indeseada abundancia.

8) Paragénesis de la tremolita compleja

En esta comarca la sede de relaciones de nuestra tremolita compleja es la región del «skarn», donde las bajas presiones como así las bajas temperaturas del metamorfismo de contacto o regional han actuado.

Aquí nos alejaríamos de la finalidad del presente trabajo si entráramos de lleno en la discusión paragenética del tipo del «skarn» de rocas metamórficas de contacto o regional. Sin embargo, parece que la tremolita compleja tiene dos fases y la más reciente es uno de los últimos minerales formados, ya que atraviesa a casi todos los otros o por lo menos se amolda a los huecos que le dejan libres. Esto es muy interesante para explicar el origen de la pseudohornablenda de San Guillermo.

III. CONCLUSIONES

Se ha procurado dar toda la información más trascendente en orden al conocimiento de los fenómenos naturales estudiados. Queda aún mucho camino por recorrer, pero ya se han encontrado problemas a boca de jarro y se han solucionado racionalmente de la mejor manera posible.

En concreto:

1.º Se han encontrado entre la familia de los inosilicatos de doble cadena (anfíboles) la especie mineral tremolita.

2.º Esta tremolita no es simple sino compuesta estructuralmente de dos clases de cadenas, unas de tremolita oxihidratada y otras de tremolita fluorada coexistiendo naturalmente en las muestras estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) W. A. DEER; R. A. HOWIE; J. ZUSSMAN: *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*, «Longman Ltd», London, 1970.
- (2) M. ROUBOLT: *Determination des Minéraux de Roches*, «Lamarre-Poinat», Paris.
- (3) W. E. TOEGER: *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*, «Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung», Stuttgart, 1959.
- (4) H. G. F. WINKLER: *Petrogenesis of Metomorphie Rocks*, «Springer Verlag», Berlin, etc., 1967.

Recibido. 16-VII-71.

IMPORTANTE: Las conclusiones del presente trabajo se fundan en la bondad y rectitud de las fichas internacionales ASTM.

Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. I.—Cuenca del Tajo

por F. HUERTAS (*), J. LINARES (*) y J. L. MARTIN VIVALDI (**)

RESUMEN

La fosa tectónica del Tajo se rellenó durante el Terciario con materiales procedentes de los macizos colindantes: Cordillera Central, Montes de Toledo y Cordillera Ibérica. En general, se encuentran facies detríticas que pasan gradualmente a una facies central de evaporitas. Se efectuó un muestreo siguiendo una dirección NE-SO. El estudio mineralógico y químico de las muestras recogidas revela la existencia de minerales de la arcilla de neoformación (sepiolita, saponita, montmorillonita), junto a calcita, dolomita, ópalo y cuarzo. Normalmente la sepiolita y saponita yacen sobre la montmorillonita.

ABSTRACT

Tajo tectonic basin was filled, during the Tertiary, with materials from the adjacent mountain: Cordillera Central, Montes de Toledo and Cordillera Ibérica. Detritic facies surround and pass gradually to a evaporitic central facies. Sampling was carried out across a NE-SW direction. The mineralogical and chemical study of collected samples shows the existence of neofomed clay minerals (sepiolite, saponite, montmorillonite) together with calcite, dolomite, opal and quartz. Usually, sepiolite and saponite lie on montmorillonite.

INTRODUCCIÓN

1. Presencia de sepiolita y paligorskita en España

La utilización de la sepiolita en España va unida al desarrollo artístico de la industria cerámica fina del siglo XVIII. Desde 1735 se usó un material blanco, plástico y de ciertas características refractarias (sepiolita) procedente de Vallecas (Madrid), para la fabricación de cerámica. En 1760, Carlos III de España funda la fábrica de porcelana denominada «La China», en la que se construyeron las magníficas piezas de «Cerámica del Buen Retiro», entrando la sepiolita en la composición de las pastas (Prado, 1864; Calderón, 1910; Robertson, 1957). La existencia de esta factoría y

(*) Estación experimental del Zaidín, C. S. I. C., Granada.

(**) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Sección de Geológicas, Madrid.

el renombre de sus porcelanas quedó truncada con las guerras napoleónicas. Calderón (1910) describe algunas localidades donde se encuentra sepiolita en España. Según este autor, la zona más importante y más rica en este mineral se encuentra en la región delimitada por Madrid, Guadalajara y Toledo. Posteriormente, y a partir de 1945, se comienza la comercialización de sepiolita en España. En 1947 Lacazette describe el yacimiento de sepiolita de la mina Cabañadas, en el término municipal de Cabañas de la Sagra (Toledo). Posteriormente Martín Vivaldi y Cano (1953) describen varios materiales procedentes de Vallecas, Cerro de Almodóvar y Cabañas de la Sagra (Provincias de Madrid y Toledo), en los que por primera vez se hace un estudio detallado por difracción de rayos X de sepiolitas españolas.

A partir de esta fecha son numerosos los estudios tanto desde un punto de vista mineralógico y cristaloquímico como desde un punto de vista sedimentológico y estratigráfico (Martín Vivaldi y Cano, 1956a, 1956b; Martín Vivaldi, Huertas, Riba, 1959;

Alonso et al, 1961; Galvan et al, 1958; Fenoll y Martín Vivaldi, 1968; Pinilla, 1966).

En cuanto a paligorskita, Martín Vivaldi (1963) y Linares (1963) encuentran dicho mineral junto a las bentonitas de Cabo de Gata (Almería). Incluso Martín Vivaldi y Linares (1962) describen un intercrecimiento de paligorskita y sepiolita, que se encuentra como material de relleno en las fisuras de las Bentonitas de Almería. Alvarez-Estrada y Sánchez Conde (1967) caracterizan como paligorskita un material procedente de Serradilla (Cáceres). La existencia de paligorskita es citada tam-

gresión marina del Jurásico Superior. El reborde oriental de la meseta estuvo bañada por un mar epicontinental (Meléndez y Fúster, 1966). Solé Sabarís (1951) indica que como consecuencia de la orogenia alpina, durante la Era Terciaria se produjo la fragmentación del escudo Paleozoico de la meseta central española.

De esta manera, un bloque emergido, (Cordillera Central) separa dos fosas tectónicas: la del Duero y la del Tajo. Esta última se rellenó con materiales de facies continental desde el Paleógeno hasta el Mioceno (Riba, 1957).

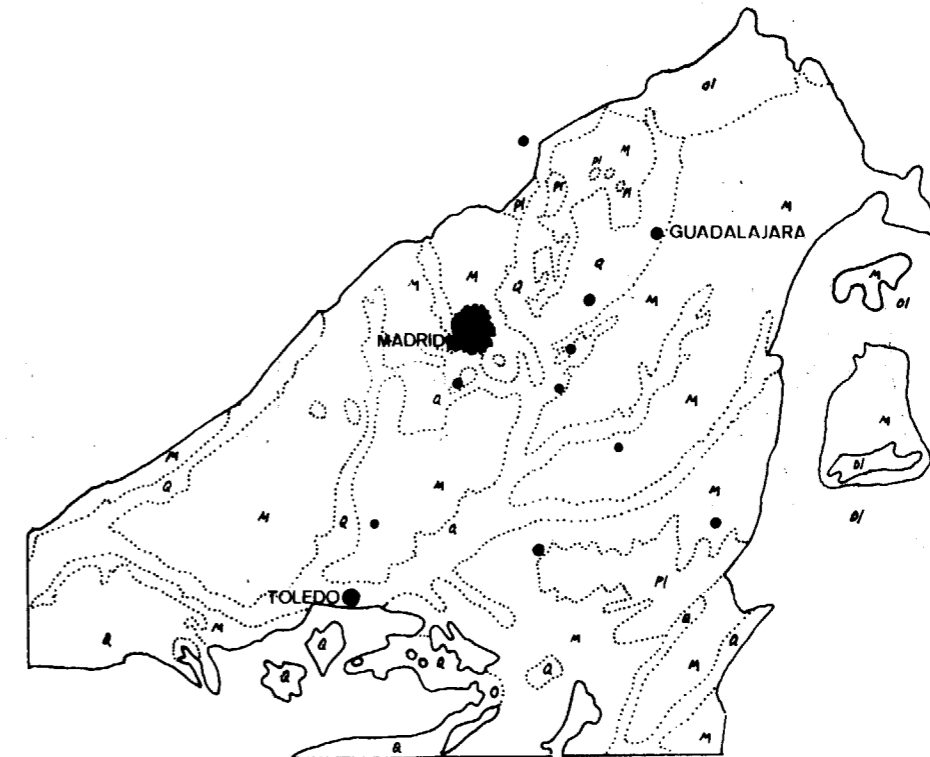


Fig. 1.—Esquema Geológico de la Cuenca del Tajo.
Ol = Oligoceno; M = Mioceno; Pl = Plioceno;
Q = Cuaternario.

bién en la cuenca sedimentaria del Guadaquivir por González García y Peiró (1958) y en la cuenca del Tajo es citada por Galván y Amorós (1958), y por Alonso et al. (1961).

2. Cuenca sedimentaria del Tajo

La meseta Ibérica, formada ya en el Mesozoico, corresponde a una de las islas del continente Nor-Atlántico, producida por la importante trans-

Los macizos montañosos que circundan la cubeta del Tajo son: Sistema Central, Cordillera Ibérica y Montes de Toledo.

La cubeta que nos ocupa es de origen tectónico (Riba, 1957). La potencia de la serie terciaria se calcula entre 1.300 y 1.800 metros, situándose su base entre los 500 y 1.300 metros por debajo del nivel del mar. Esta fosa tectónica ha sufrido un relleno durante la Era Terciaria y está rodeada por una aureola detrítica constituida por elementos heredados de los macizos vecinos.

En el centro es posible apreciar una litofacies de evaporitas con yesos y sales solubles (Riba, 1957). Dentro de la aureola detrítica es posible distinguir cuatro facies marginales relacionadas con las unidades montañosas anteriormente citadas. Benayas, Pérez Mateos y Riba (1960), establecen, además, unas provincias petrológicas que coinciden con estas facies marginales: Facies de Madrid, Facies de Guadalajara, Facies de Toledo, Facies de la Alcarria.

MATERIAL Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

1. Localización y descripción de las muestras

El muestreo efectuado en esta cuenca se ha limitado a niveles del Vindoboniense (figuras 1 y 2).

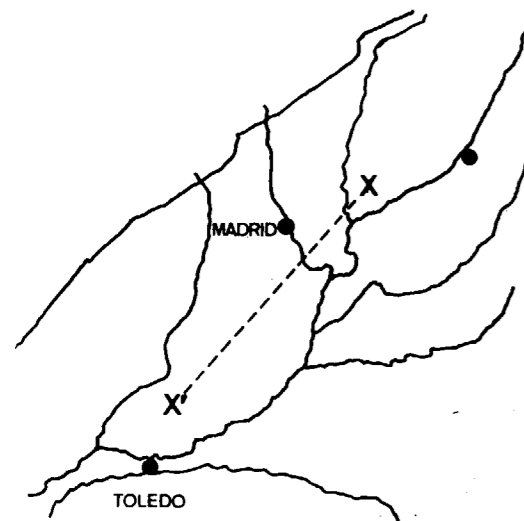
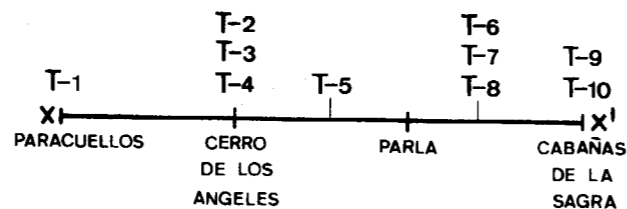


Fig. 2.—Localización de las muestras tomadas en la Cuenca del Tajo.

- T-1. Muestra tomada en un cerro cercano a la Cruz de los Caídos, de la localidad de Paracuellos. Presenta color blanco rosado. En ocasiones la muestra engloba nódulos de sílex.
- T-2. Pertenece al nivel superior de un corte existente a la izquierda del antiguo monasterio del Cerro de los Angeles. Es de color blanco y contiene nódulos de sílex.
- T-3. Corresponde a un nivel intermedio sobre el que yace la muestra T-2. El color es blanco rosado.
- T-4. Material de color verde claro perteneciente al nivel inferior del corte, al que pertenecen las muestras T-2 y T-3.
- T-5. Muestra tomada junto a la carretera, en

el kilómetro 19 de la carretera de Madrid a Toledo. El material presenta un color blanco amarillento, y engloba nódulos de sílex.

- T-6. Muestra escogida, de color blanco, sin nódulos de sílex, correspondiente al nivel superior de un corte existente en el kilómetro 51 de la carretera Madrid-Toledo (cerca de Cabañas de la Sagra).
- T-7. Muestra global del nivel al que corresponde la T-6.
- T-8. Nivel inferior del corte al que corresponden la T-6 y T-7. Tiene un color grisáceo y es de aspecto terroso.
- T-9. Nivel superior de un corte a la entrada del pueblo de Cabañas de la Sagra. Color blanco.



- T-10. Corresponde a un nivel inferior a T-9. Color blanco. Adherida a nódulos de sílex.

2. Métodos experimentales

Separación de la fracción menor de 2 micras

La fracción menor de 2 micras se obtuvo por sedimentación, habiendo eliminado previamente los carbonatos con acético 0.3 N. Por consiguiente, el estudio mineralógico de esta fracción sólo se refiere a los minerales no atacables por ácido.

Análisis mineralógico por difracción de rayos X

Se utilizó un equipo de difracción Philips PW 1010 con contador proporcional y equipado con sistema

de discriminación de altura de impulsos. Se ha empleado anticatodo de cobre y filtro de níquel, operando a 28 mA y 34 KV. Se obtuvieron dos tipos de diagramas: diagramas de polvo y diagramas de A. O. Este último se estudió, además, solvado con E. G.

El análisis cuantitativo por difracción de rayos X se ha realizado del siguiente modo: En el diagrama de polvo total se han estimado los porcentajes de minerales no arcillosos, teniendo en cuenta los poderes reflectantes deducidos por Schultz (1964) y por nosotros; en cuanto a los minerales de la arcilla se han utilizado los poderes reflectantes deducidos por nosotros.

La diferenciación entre saponita y montmorillonita se ha llevado a cabo siguiendo el método de Greene-Kelly (1953), consistente en saturar las muestras con litio, calentar a 300° C. y solvatar con glicerol. Así, la saponita hincha a 17,7 Å y la montmorillonita no.

Análisis térmico diferencial

Se utilizó un equipo automático de registro fotográfico, con velocidad de calentamiento de 10° C/min., bloque de níquel y termopares de Pt-Pt (10 % Rh) (Martín Vivaldi, Girela Vilchez, Rodríguez Gallego, 1963).

Análisis químico

La sílice se ha determinado gravimétricamente siguiendo el método de Jakob (1944). Los cationes divalentes y trivalentes por complexometría, según el método de Voinovitch et al. (1966).

Capacidad de cambio de cationes

Se ha determinado por el método del acetato bórico y posterior determinación gravimétrica del bario.

Gel de sílice libre

Hirviendo la muestra en solución de CO_3Na_2 , al 5 por 100, durante 10 minutos, y determinación gravimétrica de la sílice liberada.

Retención de E. G.

Se ha seguido el método de Dyals y Hendricks (1950) por desorción de E. G. Se determinó por pesada la cantidad de E. G. retenido por la muestra desorbida, que fue evacuada con P_2O_5 y vacío, previamente a la adición de E. G. Del E. G. retenido se calcula el área total. Así mismo se ha determinado la cantidad de E. G. retenido después de destruir la estructura del silicato por calentamiento a 700° C.

Determinación de carbonatos

Se ha seguido el método usual por la medida del CO_2 desprendido después del ataque ácido de la muestra.

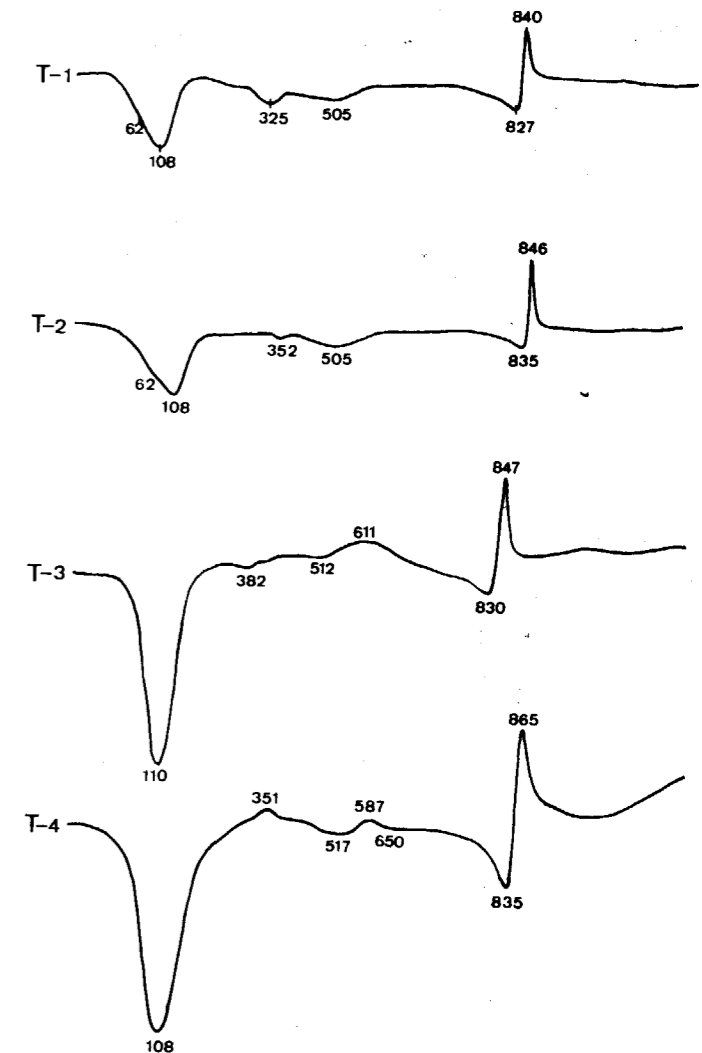


Fig. 3.—Curvas de A. T. D. de las muestras naturales.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

Difracción de rayos X

El diagrama de polvo de la muestra T-1 global indica la presencia de calcita y sepiolita abundante, con algo de cuarzo. El análisis mineralógico de la fracción menor de 2 micras muestra un enriquecimiento patente en sepiolita. En el diagrama de polvo de esta fracción se observa, además una línea a 4.06 Å típica de cristobalita. No hay evidencia alguna de la presencia de montmorillonita en esta muestra. La muestra T-2 global está for-

mada por sepiolita, cristobalita y calcita, y probablemente tridimita, según se deduce de su diagrama de polvo. La fracción menor de 2 micras está compuesta, esencialmente, por sepiolita con cristobalita.

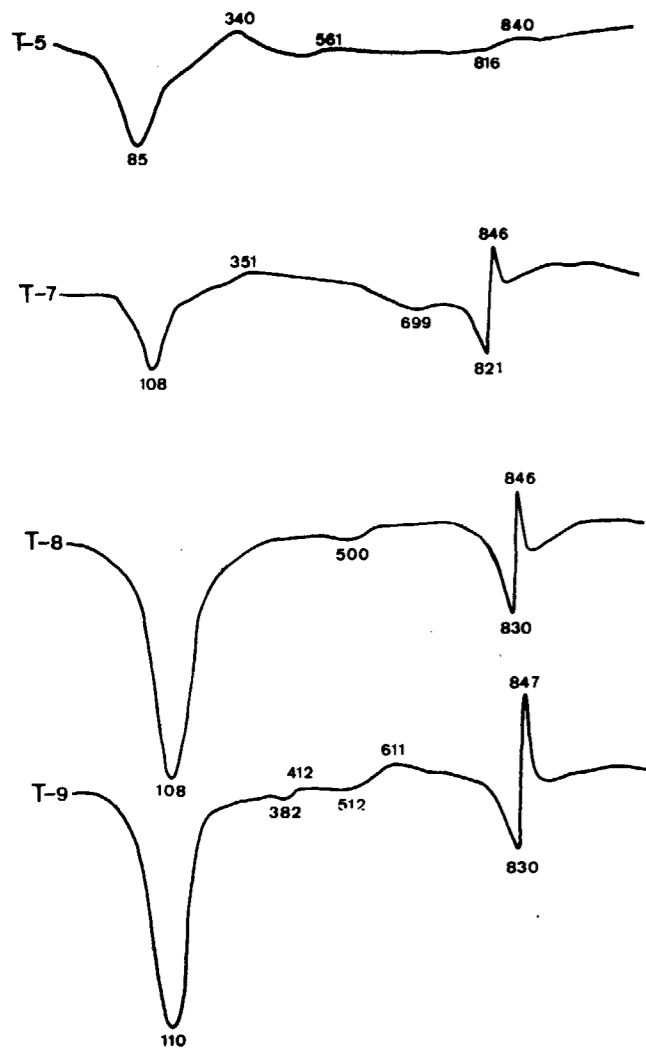


Fig. 4.—Curvas de A. T. D. de las muestras naturales.

El diagrama obtenido con un A. O. de la fracción menor de 2 micras, solvatado con E. G. muestra indicios de una esmectita. El diagrama de polvo de la muestra T-3 total indica la presencia de sepiolita abundante, con cantidades menores de plagioclasa y calcita y, trazas de cuarzo. Con objeto de determinar la naturaleza de la plagioclasa se ha extraído la fracción de diámetro esférico equivalente entre 0,2 y 0,002 mm., obteniéndose un diagrama de polvo de la misma. Del estudio de

dicho diagrama se deduce que, efectivamente, aparecen una serie de líneas características de plagioclasa y no de ortoclasa, ya que, por ejemplo, falta la línea de 3,79 Å de máxima intensidad en esta última. En conjunto, este diagrama puede asignarse a albita, especialmente por la relación de las líneas 3,18 Å y 3,22 Å. En los términos sódicos la intensidad de la línea a 3,18 Å es mayor que la de la 3,22 Å, tal como ocurre en nuestro caso. Esta relación se invierte conforme los términos van siendo más cálcicos. En cuanto a la fracción menor de 2 micras de la muestra T-3 se puede concluir a partir de los diagramas de polvo y A. O. + E. G., que está compuesta por una mezcla de sepiolita y esmectita. La composición global de la muestra T-4 es sepiolita y esmectita, como fundamentales, con algo de mica. Probablemente existe cuarzo como lo demuestra la intensidad relativa y forma de la línea a 3,34 Å. El estudio de la fracción fina confirma esta conclusión mineralógica. Siguiendo el método de Greene-Kelly (1953) ha sido posible identificar dos tipos de esmectitas: saponita y montmorillonita. El diagrama de polvo de la muestra T-5 es completamente distinto a los anteriores, ya que no evidencia la presencia de minerales de arcilla. El estudio de este tipo de diagrama revela la existencia de cristobalita, cuarzo, tridimita, calcita y plagioclasa. La fracción fina está enriquecida en cristobalita y tridimita, con muy pequeñas cantidades de cuarzo. De acuerdo con las ideas de Millot (1964) debe tratarse de opalo. En este diagrama se observa una línea muy débil a 12 Å, que debe corresponder a pequeñas cantidades de sepiolita.

La composición mineralógica de la muestra global T-6 es dolomita y esmectita. La fracción menor de 2 micras confirma estos resultados haciéndose más patente la línea de 10 Å correspondiente a la primera reflexión de la mica, aunque su concentración es muy escasa. También se pone de manifiesto la existencia de saponita y de montmorillonita, ya puesta de manifiesto por la reflexión (060) de ambas en los diagramas de polvo de la fracción menor de 2 micras. La muestra T-9 contiene esmectita en gran cantidad junto a una cantidad importante de sepiolita y trazas de plagioclasa, que desaparece en la fracción menor de 2 micras, al tiempo que se detecta escasa cantidad de mica. La esmectita se compone de saponita y de montmorillonita. La muestra T-10 global está constituida fundamentalmente, por cuarzo y sepiolita y cantidades algo inferiores de esmectita y mica. En la fracción fina quedan enriquecidas la esmectita y la sepiolita.

En las tablas 1 y 2 se muestra la composición mineralógica cuantitativa de las muestras globales y de su fracción menor de 2 micras.

TABLA 1

Cuenca del Tajo

Composición mineralógica de la muestra global. (%).

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Sepiolita	38	62		27	—	—	—	—	37	27
Esmectita	—	—	80	68	—	23	43	80	60	12
Mica	—	—	—	5	—	—	—	8	—	19
Opalo	—	31	—	—	72	—	—	—	—	—
Cuarzo	7	—	3	—	12	—	—	5	—	42
Calcita	55	7	6	—	10	—	—	—	—	—
Dolomita	—	—	—	—	—	77	52	—	—	—
Plagioclasa	—	—	11	—	6	—	5	7	3	—

TABLA 2

Cuenca del Tajo

Composición mineralógica de la fracción menor de 2 micras. (%).

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Sepiolita	89	84	50	21	T	—	—	—	39	42
Montmorillonita	—	T	—	56	—	—	—	9	7	—
Saponita	—	—	50	18	—	98	88	87	52	58
Mica	—	—	—	5	—	2	2	4	2	—
Opalo	11	16	—	—	95	—	—	T (*)	—	—
Cuarzo	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—
Dolomita	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—

(*) = Trazas.

Análisis térmico diferencial

Las curvas de A. T. D. de las diferentes muestras estudiadas se recogen en las figuras 3 y 4.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las muestras se pueden dividir en cuatro categorías:

a) Las muestras T-1 y T-2 presentan registros típicos de sepiolita, según se desprende de la situación de los efectos endotérmicos a bajas, medias y altas temperaturas y del efecto exotérmico a unos 840° C.

b) Las muestras T-3, T-4 y T-9, que corresponden a mezclas de esmectita y sepiolita, presentan, en consonancia con ello, un primer pico endotérmico muy pronunciado a causa del mayor contenido en agua de hidratación de la esmectita. También es patente, más especialmente en la muestra T-4, el pico endotérmico a 650° C. correspondiente a esmectita. Por lo demás, aparecen claramente diversos efectos térmicos asignables a sepiolita.

c) Las muestras T-7 y T-8 corresponden a esmectita. Es curioso observar que la muestra T-8 presenta el efecto endotérmico en la región de temperaturas medias a unos 500° C., lo que parece indicar que corresponden a una montmorillonita atípica.

d) Por último, la curva de la muestra T-5 presenta una serie de efectos endotérmicos y exotérmicos no asignables a ninguno de los minerales anteriormente descritos. Su aspecto recuerda a la curva del ópalo (Ivanova, 1961), en concordancia con el estudio de difracción de rayos X.

Análisis químico

Los resultados del análisis químico de las diferentes muestras se recogen en la tabla 3. Así mismo en la tabla 4 se muestran los análisis químicos de la fracción menor de 2 micras de algunas muestras.

Sílice libre

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos. De estos resultados se destaca el caso de la muestra T-5, que posee casi un 25 por 100 de gel de sílice. En general parece observarse que en los casos de predominio de sepiolita la sílice libre se eleva, ocurriendo a la inversa cuando el mineral predominante es montmorillonita. Este hecho es muy significativo, ya que probablemente indica una secuencia normal geoquímica de deposición de la sílice. Como se discutirá en otro trabajo, para una concentración iónica dada en una cuenca endorreica de sedimentación, el mineral que debe

TABLA 3

Cuenca del Tajo: Análisis químico de las muestras globales

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-7	T-9	T-9
SiO ₂	42,15	62,06	58,07	55,19	80,01	24,03	59,05	59,25
Al ₂ O ₃	1,59	1,26	4,36	8,86	2,46	2,95	5,92	1,66
Fe ₂ O ₃	1,25	1,65	1,86	4,45	1,86	1,43	2,50	—
TiO ₂	0,18	0,05	0,05	0,75	—	—	—	0,45
MgO	8,62	19,06	18,39	22,20	1,75	24,58	23,64	29,01
CaO	24,25	4,45	1,98	1,09	6,46	18,11	0,80	0,87
CO ₂	18,56	2,61	1,48	—	5,41	24,57	—	1,01
H ₂ O ⁺	3,60	8,06	13,23	7,12	1,88	5,27	8,03	8,43
<i>Total</i>	100,20	99,16	99,42	99,66	99,83	100,94	99,94	100,34
SiO ₂ libre	2,11	3,87	2,85	2,66	22,63	1,20	1,30	1,42

TABLA 4

Cuenca del Tajo: Análisis Químico de la fracción menor de 2 micras.

	T-1	T-2	T-7	T-8
SiO ₂	61,00	64,27	53,40	55,10
Al ₂ O ₃	4,02	3,18	4,98	2,19
Fe ₂ O ₃	3,14	4,97	2,11	2,62
MgO	21,78	15,84	28,30	29,20
CaO	0,73	0,62	1,71	1,74
H ₂ O ⁺	9,08	11,11	9,67	9,10
<i>Total</i>	99,75	99,79	100,17	99,95

precipitar primero es la montmorillonita y posteriormente la sepiolita, que van agotando los cationes formadores de capas octaédricas, con lo que si existe aún sílice en solución, debe precipitar en forma de gel de sílice más o menos organizado, que acompañará al mineral últimamente formado.

Determinación de carbonatos

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3. Al relacionar el contenido en carbonatos de las muestras globales con la composición mineralógica de la fracción fina se observa la tendencia de que la calcita acompaña a la sepiolita cuando ésta es el mineral exclusivo, mientras que la dolomita está presente cuando sólo existe esmectita.

Capacidad de cambio de cationes

En la tabla 5 se recogen los valores de la C. C. C. de las muestras naturales, salvo para la

TABLA 5

Cuenca del Tajo: Capacidad de Cambio de Cationes (meq/100 gr.).

Muestra	C. C. C. determinada	C. C. C. calculada	C. C. C. minerales puros
T-1 (1)	26	26	26
T-2	20	25	—
T-3	35	38	—
T-4	50	55	—
T-5	20	—	(28)
T-7	35	30	61
T-8	50	50	62
T-9	40	45	—

(1) Para la fracción menor de 2 μ.

T-1, que corresponde a la fracción menor de 2 micras. La C. C. C. de la fracción menor de 2 micras de T-1 se puede considerar como valor típico de las sepiolitas de la zona. Por otra parte, se puede considerar como C. C. C. de las esmectitas presentes en las muestras la correspondiente a la muestra T-8, teniendo en cuenta que estas muestras se componen de saponita y minerales inertes, tales como cuarzo, plagioclasa y mica. De acuerdo con estos resultados y teniendo en cuenta los porcentajes de cada uno de estos minerales en las muestras globales, se ha evaluado la C. C. C. teórica de las muestras. Esta C. C. C. teórica se recoge en la segunda columna de la tabla anterior. En general, la concordancia es manifiesta, lo que prueba la bondad de los porcentajes deducidos por rayos X y de los valores determinados para la C. C. C. de sepiolita (26 meq/100 grs.) y saponita (62 meq/100 grs.).

Fórmulas mineralógicas

Dada la pureza de las muestras T-1, T-2, T-7 y T-8, en la fracción menor de 2 micras (las dos primeras constituidas por sepiolita y las dos últimas por saponita) se han calculado las fórmulas mineralógicas a partir de los análisis químicos correspondientes, descontando previamente los porcentajes de óxidos y carbonatos correspondientes a las impurezas presentes. Como C. C. C. se han tomado los valores deducidos de las muestras T-1 y T-8 respectivamente para sepiolita y esmectita. La observación de la tabla 6 permite ver que efectivamente las muestras T-1 y T-2 son sepiolitas típicas. La muestra T-2 no presenta sustitución tetraédrica. Por otra parte, las muestras

T-7 y T-8 corresponden a saponita, con carga, fundamentalmente tetraédrica.

Retención de Etilenglicol

La interpretación de los resultados de retención de E. G. (tabla 7) sobre las muestras globales, es muy compleja, precisamente por la composición de las muestras en estudio. A pesar de ello se pueden observar algunos hechos que están de acuerdo con dicha composición mineralógica deducida por difracción de rayos X. Así, es general, que cuando hay esmectitas, la retención de E. G. es mayor que cuando sólo hay sepiolita. Además, las cantidades de E. G. retenidas están de acuerdo con los porcentajes de sepiolita y esmectita deducidos del estudio por difracción de rayos X, teniendo en cuenta que las esmectitas retienen del orden de 0,25 gr/gr. (Dyal y Hendricks) (1950) y las sepiolitas de Vallecas puras, del orden de 0,15 gr/gr. (Fenoll Hach-Ali y Martín-Vivaldi (1968).

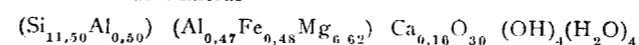
Es curioso observar que la muestra T-5, constituida por ópalo, sólo retiene E. G. en su superficie externa, a juzgar por la igualdad de valores en el E. G. retenido sobre la muestra deshidratada y sobre la calentada.

TABLA 6

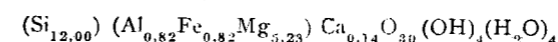
Cuenca del Tajo: Fórmulas Mineralógicas.

Sepiolitas:

T-1 menor de 2 micras

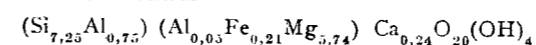


T-2 menor de 2 micras



Saponitas:

T-7 menor de 2 micras



T-8 menor de 2 micras

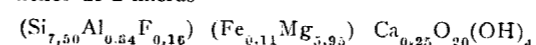


TABLA 7

Cuenca del Tajo: Desorción de Etilenglicol de las muestras totales.

	grs. E. G. (1)	grs. E. G. (2)
	grs. muestra	grs. muestra
T-1	0,0427	0,0139
T-2	0,0795	0,0168
T-3	0,1600	0,0521
T-4	0,1563	0,0074
T-5	0,0336	0,0333
T-7	0,0758	0,0060
T-8	0,1697	0,0067
T-9	0,1903	0,0276

(1) E. G. retenido sobre la muestra previamente deshidratada en presencia de P₂O₅.

(2) E. G. retenido sobre la muestra previamente calentada a 700° C.

REFERENCIAS

- ALONSO, J. J.: GARCÍA VICENTE, J. y RIVA, O. (1961); II Reunión de Sedimentología, «C. S. I. C.», Madrid, páginas 21-55.
- ALVAREZ ESTRADA, D. y SÁNCHEZ CONDE, C. (1967): «Bol. Soc. Esp. Ceram.», 6, núm. 6, 717-730.
- BENAYAS, J.; PÉREZ MATEOS, J. y RIBA, O. (1960): «An. Edaf. y Agrobiol.», XIX, 635-637.
- CALDERÓN, S. (1910): *Los Minerales de España*. Junta para la ampliación de estudios e investigaciones científicas, Madrid.
- DYALS, R. S. y HENDRICKS, S. B. (1950): «Soil Sci.», 69, 421-432.
- FENOLL, P. y MARTÍN VIVALDI, J. L. (1968): «An. R. S. E. Fis. Quím.», LXIV, 77-82.
- GALVÁN, J.; DE LOS RÍOS, M. M. y AMORÓS, J. L. (1958): «Bol. R. S. E. Hist. Nat. Secc. Geol.», LVI, 427-444.
- GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PEIRO, A. (1958): «An. Edaf. Fisiol. Veg.», XVII, 603-617.
- GREENE-KELLY, R. (1953): «J. Soil Sci.», 4, 233-237.
- IVANOVA, V. P. (1961): *Zapiski Vsesoyuz. Mineral. Obshchestva*, 90, 50-90.
- JAKOB, J. (1944): *Guía para el análisis químico de las rocas*. «C. S. I. C.», Inst. "Alonso Barba". Madrid.
- LACAZETTE, F. (1947): *Estadística Minera y metalúrgica de España*, Consejo de Minería. Ministerio de Ind. y Com., Madrid.

- LINARES, J. (1963): Tesis Doctoral. Univ. de Granada.
- MARTÍN VIVALDI, J. L. y CANO, J. (1953): «An. Edaf. Fisiol. Veg.», XII, 1-29.
- — — (1956a): *Clays and Clay Min.*, 4, 177-180.
- — — (1956b): *Clays and Clay Min.*, 4, 181-184.
- MARTÍN VIVALDI, J. L.; HUERTAS, F. y RIBA, O. (1959): IX Reunión bienal de la R. S. E. Fis. Quím., «C. S. I. C.», Granada.
- MARTÍN VIVALDI, J. L. y LINARES, J. (1962): *Clays and Clay Min.*, 9, 592-602.
- MARTÍN VIVALDI, J. L. (1963): *Clays and Clay Min.*, 11, 327-337.
- MARTÍN VIVALDI, J. L.; GIRELA, F. y RODRÍGUEZ GALLEGO, M. (1963): «Rev. Ciencia Aplic.», 17, 111-118.
- MELÉNDEZ, B. y FÚSTER, J. M. (1966): *Geología*, Paraninfo, Madrid.
- MILLOT, G. (1964): *Geología des Argiles*, Masson et Cie, Paris.
- PINILLA, A. (1966): Tesis Doctoral. Univ. de Madrid.
- PRADO, F. (1864): *Descripción Fisiográfica y Geológica de la Prov. de Madrid*, pág. 148.
- RIBA, O. (1957): INQUA. V. Congr. Intern., Livret guide de l'excursion C₂.
- ROBERTSON, R. H. S. (1957): *Chemistry and Industry*, páginas 1.492-1.495.
- SCHULTZ, L. G. (1964): «Geol. Survey Prof.». Paper 391-C.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1951): *Geografía Universal*, tomo I y IX (2.ª edición). Península Ibérica, Barcelona.
- VOINOVITCH, I. A.; DEBRAS-GUEDON, J. y LOUVRIER, J. (1966): *The analysis of silicates*, Edit. Israel Program. for scientific translations, Jerusalem.

Recibido el 30-V-70.

Aplicaciones de la resonancia magnética nuclear en mineralogía

por P. SALVADOR SALVADOR (*)

RESUMEN

En este trabajo se estudian algunas de las aplicaciones de la resonancia magnética nuclear a problemas mineralógicos. Junto con una exposición de los fundamentos de la técnica, se hace una recopilación bibliográfica de numerosos trabajos aparecidos dentro de este campo en las últimas décadas.

ABSTRACT

Some of the most important applications of the nuclear magnetic resonance in mineralogy are studied in this paper. Together with a description of de N. M. R. principles, the author makes a review of numerous data appeared on this subject in the last decades.

INTRODUCCIÓN

En 1946 los grupos de investigadores norteamericanos dirigidos por Bloch y Purcell, descubren por primera vez las transiciones energéticas que se producen en los núcleos atómicos como consecuencia de la interacción de sus momentos magnéticos con campos magnéticos intensos. Este descubrimiento daría lugar, poco después, a una de las técnicas espectroscópicas más en boga en los últimos años, la «Resonancia Magnética Nuclear» (R. M. N.).

En un principio la Resonancia Magnética Nuclear fue concebida como un instrumento para estudiar las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos, pero poco a poco fue extendiéndose su campo de aplicación hasta llegar a constituir una de las técnicas más utilizadas, tanto en el ámbito de la química analítica, como en el de la espectroscopía molecular.

La Resonancia Magnética Nuclear, aunque con

características diferentes, es tanto aplicable al estudio de líquidos como de sólidos. En los líquidos los espectros de R. M. N. se caracterizan por bandas muy estrechas e intensas que requieren el empleo de campos magnéticos, si no muy intensos, sí muy homogéneos. Por el contrario, en el estudio de sólidos, debido a la peculiar interacción entre los dipolos magnéticos de los núcleos atómicos que provoca la existencia de orden interno, las bandas de absorción son débiles y difusas y su examen requiere la utilización de campos magnéticos muy intensos y sistemas de detección ultrasensibles.

Dentro del estado sólido, la R. M. N. posee un gran interés para aquellos que se dedican al estudio de sustancias naturales, por permitir investigar sobre aquellas propiedades fisicoquímicas más íntimamente ligadas con la estructura interna de los minerales.

Aunque existen excelentes monografías (de las cuales damos amplia referencia al final de este trabajo) dedicadas a las aplicaciones que la R. M. N. posee dentro del campo del estado sólido, la falta absoluta de literatura en castellano sobre este tema ha suscitado en nosotros la idea de escribir un trabajo que permita una mayor difusión de

(*) Instituto Geológico y Minero de España; Instituto «Lucas Mallada» (C. S. I. C.)

esta interesante técnica entre aquellos que investigan en el campo de la mineralogía.

Hemos creído conveniente comenzar nuestra exposición haciendo un breve análisis de los fundamentos de la técnica, para pasar inmediatamente a estudiar aquellas de sus aplicaciones que, dentro del estado sólido, puedan poseer un mayor interés para los mineralogistas. Para terminar hemos hecho una recopilación bibliográfica, lo más exhaustiva posible, de los trabajos más representativos realizados dentro de este campo durante las dos últimas décadas.

FUNDAMENTOS

Momento cinético y momento magnético de un núcleo

En su movimiento de rotación sobre sí mismos («spin») los núcleos atómicos llevan asociado un momento cinético \vec{C} dirigido según el eje de rotación, cuyo módulo viene dado por la expresión

$$C = [I(I+1)]^{1/2} \frac{h}{2\pi}$$

donde I es un número entero o semientero denominado «spin del núcleo», y h es la constante de Planck.

Para aquellos núcleos que poseen un número par de protones y neutrones, el spin nuclear es cero y su momento cinético nulo.

La proyección del momento cinético sobre una dirección cualquiera en el espacio está cuantificada y vale: $\left(m \frac{h}{2\pi}\right)$, donde m puede tomar $2I + 1$ valores enteros comprendidos entre $-I$ y $+I$.

Todo momento cinético lleva asociado un momento magnético $\vec{\mu}$ paralelo a él, cuyo módulo, igualmente cuantificado, vale:

$$\mu = [I(I+1)]^{1/2} \mu_0 g,$$

siendo g un factor de descomposición espectral, y μ_0 la unidad de momento magnético o magnetón nuclear ($5,047 \times 10^{-24}$ gauss \cdot cm⁻³). La proyección μ_m del momento magnético de un núcleo, según la dirección de un campo magnético exterior, está cuantificada en la forma

$$\mu_m = m g \mu_0$$

La relación entre los momentos cinético y mag-

nético de un núcleo recibe el nombre de «cociente giro-magnético» γ .

De una forma esquemática el núcleo atómico puede asimilarse a una barra imantada que se orienta según determinadas direcciones en presencia de un campo magnético. La energía de interacción entre tal imán (núcleo atómico) de momento $\vec{\mu}$ y un campo magnético \vec{H} viene dada por el producto escalar $\vec{\mu} \cdot \vec{H} = \mu \cdot H \cdot \cos \theta$ (figura 1).

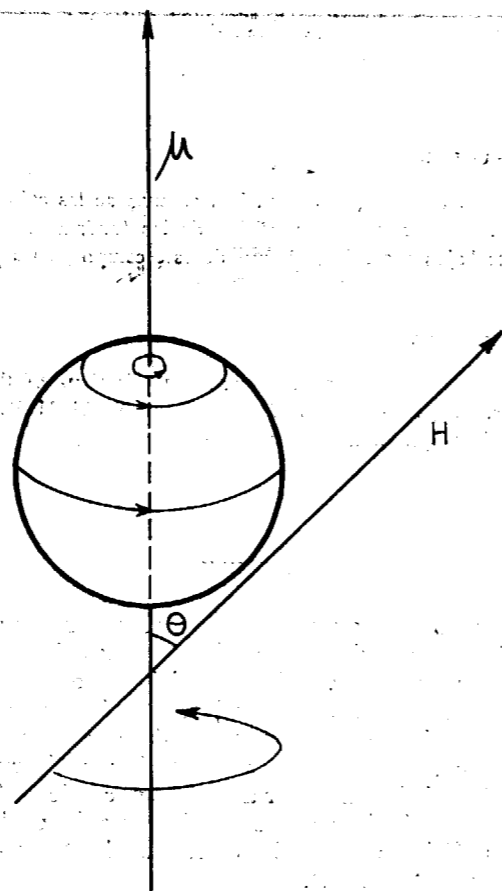


Fig. 1.—Interacción del momento magnético de un núcleo $\vec{\mu}$ con un campo magnético \vec{H} .

De acuerdo con lo dicho, el ángulo θ sólo podrá tomar un número finito de valores, a los cuales corresponden los estados estacionarios («niveles Zeeman») de energía potencial del sistema

$$E_m = -m \gamma \hbar H \quad \left(\hbar = \frac{h}{2\pi}\right)$$

Si consideramos, por ejemplo, el caso de un

protón ($I = \frac{1}{2}$), los dos posibles niveles de energía serán respectivamente:

$$E_{1/2} = -1/2 \gamma \hbar H \quad E_{-1/2} = +1/2 \gamma \hbar H$$

correspondientes a las dos posibles orientaciones de $\vec{\mu}$: $m = +1/2$ y $m = -1/2$ (fig. 2).

Aquellos núcleos para los que $I > 1$, poseen, además del momento magnético, un momento cuadrupolar eléctrico \vec{Q} . Así como el momento magnético es debido a la falta de coincidencia entre los centros de gravedad de los protones y neutrones del núcleo, el momento cuadrupolar eléctrico es consecuencia de la distribución esférica de su carga eléctrica. El momento cuadrupolar eléctrico interacciona con el gradiente \vec{q} del campo eléctrico generado por las cargas eléctricas del propio núcleo, dando lugar a una energía potencial de interacción:

$$W = e \cdot Q \cdot q. \quad (e = \text{carga del electrón})$$

El fenómeno de resonancia magnética nuclear

Volvamos a considerar el caso de un protón, el cual, en presencia de un campo magnético \vec{H} ,

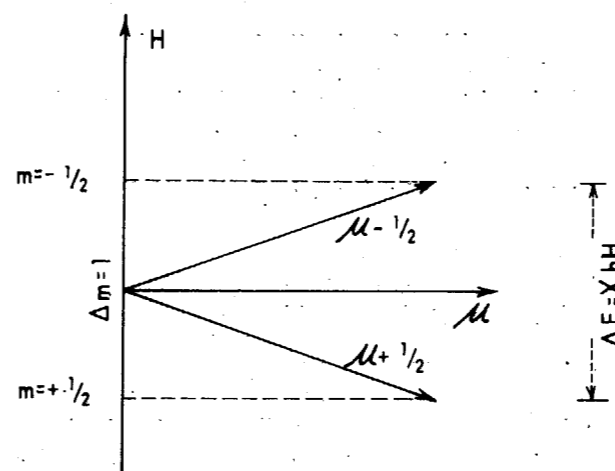


Fig. 2.—Cuantización del momento magnético de un protón en presencia de un campo magnético. Representación de niveles energéticos.

puede ocupar dos niveles energéticos, E_1 y E_2 , cuya diferencia de energía es $E_1 - E_2 = \gamma \hbar H$ (fig. 2).

En virtud de la ecuación de Bohr, un campo magnético oscilante de frecuencia ν es capaz de

inducir una transición desde el nivel de más baja energía hasta al de energía superior, siempre que se verifique que $\Delta E = h \nu$, o lo que es lo mismo, siempre que $2\pi \nu = \omega = \gamma H$. No obstante, la absorción de un cuanto de energía $h \nu$ por un núcleo cualquiera está también gobernada por ciertas reglas de selección, según las cuales sólo son permitidas aquellas transiciones energéticas para las que $\Delta m = 1$; es decir, un núcleo sólo puede pasar directamente de un nivel energético al inmediato vecino.

De acuerdo con lo expuesto, el fenómeno de resonancia magnética nuclear (RMN) es en esencia el resultado de las transiciones energéticas que un núcleo, orientado en presencia de un campo magnético constante, experimenta bajo la influencia de un campo magnético oscilante.

El fenómeno de resonancia nuclear puede ser explicado de la manera siguiente: según el modelo de Bloch, el vector momento magnético $\vec{\mu}_0$, tras orientarse en el seno del campo magnético director \vec{H}_0 , posee dos componentes según las direcciones normal y paralela a este campo, componentes que designamos por \vec{M}_1 y \vec{M}_0 (fig. 3).

En virtud de la ecuación de Larmor, $\vec{\mu}_0$ describe un movimiento de precesión alrededor de \vec{H}_0 , de tal suerte que la componente \vec{M}_1 se encuentra girando en un plano normal a \vec{H}_0 con una frecuencia ν , y con una velocidad angular

$$\omega = 2\pi \nu = \gamma H_0$$

Todos los núcleos de una misma especie acoplan sus movimientos de precesión con velocidades muy parecidas pero con distinta fase, de tal suerte que la resultante de todas las componentes \vec{M}_1 es nula. Si en estas condiciones introducimos en el sistema una bobina normal a \vec{H}_0 , por la cual hacemos pasar una corriente alterna de frecuencia ν , produciremos un campo magnético oscilante \vec{H}_1 que girará alrededor de \vec{H}_0 , y en un plano normal a él, con velocidad $\omega = \frac{\nu}{2\pi}$ (fig. 3). El acoplamiento entre $\vec{\mu}$ y \vec{H}_1 producirá un aumento continuo del ángulo θ entre $\vec{\mu}$ y \vec{H}_0 hasta provocar un salto del nivel energético inferior ($\theta < 90^\circ$) al nivel energético superior ($\theta > 90^\circ$). Simultáneamente, todos los componentes \vec{M}_1 de $\vec{\mu}_0$ entrarán en fase con \vec{H}_1 y aparecerá un mo-

mento resultante $\vec{\mu}_1 = \Sigma \vec{M}_1$, que girará alrededor de \vec{H}_0 con igual velocidad ω .

Para detectar el paso por la resonancia bastará con medir la corriente de frecuencia ν engendrada por el momento $\vec{\mu}_1$ sobre la misma bobina generadora de \vec{H}_1 . Este es en esencia el principio de los espectrómetros de inducción nuclear.

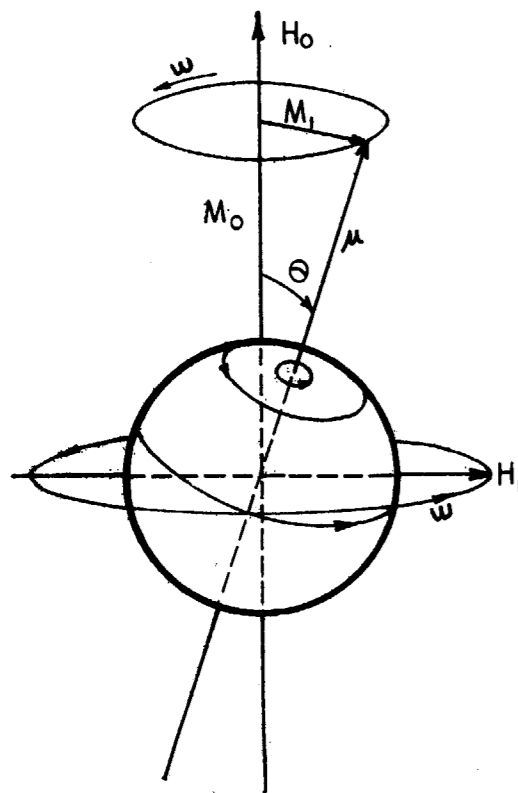


Fig. 3.—Precesión de un momento magnético $\vec{\mu}$ alrededor de un campo magnético \vec{H}_0 . La presencia de un campo \vec{H}_1 , girando normal a \vec{H}_0 con la velocidad de precesión, induce transiciones entre niveles energéticos.

En contra de lo que es frecuente en espectroscopía óptica, la emisión espontánea de un cuanto de energía en R. M. N. es prácticamente imposible.

Tiempos de relajación

En la realidad los núcleos atómicos no se pueden considerar como entes aislados, sino rodeados de otros núcleos con los que interactúan. Dicha interacción es descrita a través de los tiempos de relajación.

Vamos a considerar dos tipos de interacción:

la interacción entre espines de la misma especie, a la que denominaremos interacción «spin-spin», y la interacción de un spin con su entorno, a la que llamaremos interacción «spin-red».

a) Interacción «spin-red». Tiempo de relajación longitudinal T_1 .

Consideremos un conjunto de espines de la misma especie (protones por ejemplo). Supongamos que la interacción mutua es despreciable y que, por tanto, pueden ocupar indistintamente niveles energéticos, $E_{+1/2}$ y $E_{-1/2}$.

En principio, las probabilidades de inducir transiciones $E_+ \rightarrow E_-$ y $E_- \rightarrow E_+$ son iguales. Cualquier absorción de energía del exterior por parte del sistema supondrá transiciones del tipo $E_- \rightarrow E_+$, lo que indica una mayor población del nivel E_- con respecto al E_+ . La absorción de energía no puede continuar indefinidamente, ya que la población de ambos niveles tienden a igualarse; de hecho, si la absorción continúa es debido a que la energía comunicada a los espines es transferida a su vez por éstos a la red siguiendo el ciclo abierto: «emisor \rightarrow spin \rightarrow red».

El tiempo de relajación longitudinal T_1 se define como el tiempo medio en el cual se produce la transferencia energética «spin \rightarrow red». Esta denominación procede del modelo de Bloch. Si en un cierto instante, $N_+ = N_-$ (N es el número de espines en un cierto nivel), la resultante del momento magnético longitudinal \vec{M}_0 será nula. A partir de este momento, y de acuerdo con la tendencia del sistema a evolucionar hacia un mínimo de energía potencial, \vec{M}_0 tenderá a su valor de equilibrio ($N_- > N_+$), siguiendo una ley exponencial de período igual a T_1 .

En general T_1 suele estar comprendido entre 10^{-4} y 10^4 s., si bien en los sólidos, a temperatura ambiente, su valor es del orden de 10^{-3} s., lo que significa que el intercambio de energía «spin-red» no es muy rápido comparado con otros tipos de intercambio energético.

En aquellos casos en que T_1 no es demasiado grande, su valor puede medirse de la siguiente manera: supongamos que experimentalmente llevamos al sistema de espines a un nivel de máxima saturación $N_+ \simeq N_-$. En este momento el sistema no se encuentra en condiciones de absorber más energía y desaparece la señal de resonancia. Si posteriormente hacemos desaparecer el estado de saturación llevando el emisor a un bajo nivel de potencia, la señal de resonancia reaparece siguiendo una ley exponencial ($1 - e^{-t/T_1}$), que nos permite la medida del tiempo T_1 .

Detengámonos a analizar el mecanismo de

transferencia energética «spin-red». Los momentos magnéticos de los núcleos que rodean a un determinado spin crean en su entorno, como consecuencia de la agitación térmica, un campo magnético oscilante. Entre todas las componentes de este campo magnético alterno, aquella que posee la frecuencia de resonancia, $\gamma H_0/2\pi$, juega un papel similar al del emisor, induciendo transiciones entre niveles Zeeman. Puesto que en estas condiciones el sistema de espines posee un superávit de energía con respecto al sistema de osciladores térmicos que constituyen la red, el equilibrio energético se alcanzará mediante una transferencia de energía desde el sistema de espines hacia la red.

El tiempo de relajación T_1 está, pues, íntimamente ligado al período medio o tiempo de correlación τ de los movimientos de origen térmico efectuados por los átomos y moléculas del sistema y, por consiguiente, será función de la temperatura de éste. T_1 es pequeño cuando τ es próximo al período de resonancia ($\tau \simeq 2\pi/\gamma H_0$). Si la diferencia entre ambos se acentúa en cualquier sentido, la transferencia energética «spin \rightarrow red» se hace más lenta, y como consecuencia T_1 aumenta.

Conviene señalar que los centros paramagnéticos, con sus momentos magnéticos mucho más fuertes que los momentos nucleares, son especialmente activos en estos procesos de relajación.

b) Interacción «spin-spin». Tiempo de relajación transversal T_2 .

Según el modelo de Bloch, la presencia de un campo magnético oscilante \vec{H}_1 , de frecuencia análoga a la de precesión de los espines alrededor de \vec{H}_0 , coloca a éstos en fase, produciéndose una absorción de energía del campo \vec{H}_1 (señal de resonancia). Si se suprime \vec{H}_1 , los espines comienzan a defasarse y la señal de resonancia desaparece siguiendo una ley exponencial del tipo (e^{-t/T_2}).

Independientemente de la acción ejercida por el campo \vec{H}_0 , los dipolos se encuentran además sometidos a un campo, incomparablemente más débil, engendrado por los dipolos vecinos. Este campo magnético local (\vec{H}_{loc}) posee una intensidad del orden de μ/r^3 , siendo r la distancia media entre el punto en donde se mide \vec{H}_{loc} y los dipolos vecinos. Si suponemos que μ es del orden de un magnetón nuclear y $r \simeq 1 \text{ \AA}$, \vec{H}_{loc} es del orden de 5 gauss, valor insignificante frente a los 14.000 gauss que suele alcanzar \vec{H}_0 .

Al considerar la existencia de \vec{H}_{loc} , la frecuen-

cia de resonancia no será ya $\omega = \gamma H_0$, sino más bien $\omega = \gamma (H_0 + H_{loc})$. Puesto que en los sólidos las configuraciones atómicas que rodean a núcleos de la misma especie son variables, \vec{H}_{loc} será también variable y la resonancia no se producirá para una frecuencia única, sino para una gama de frecuencias $d\omega = \gamma \cdot \Delta (H_{loc})$. Así, pues, la primera consecuencia de la existencia de \vec{H}_{loc} es el ensanchamiento de las bandas de resonancia.

Supongamos que dos espines precesionan en fase bajo la influencia del campo fluctuante \vec{H}_1 . Si entre ambos espines existe una diferencia de campo magnético local ΔH_{loc} , al desaparecer \vec{H}_1 , los dos espines entrarán en oposición de fase después de un tiempo $T_2 = 1/d\omega = 1/\gamma \cdot \Delta H_{loc}$. Si los espines precesionan alrededor de \vec{H}_0 , \vec{H}_{loc} deberá considerarse como un campo magnético oscilante de igual frecuencia ω , capaz de inducir transiciones energéticas entre espines. Tales transiciones energéticas sólo se podrán producir cuando los espines que interactúan entre sí se encuentran en fase, es decir, cada fracción T_2 de segundo. Por esta razón, T_2 representa el tiempo de vida de un spin en un nivel energético determinado. Aplicando la ecuación de incertidumbre de Heisenberg ($dE \cdot dt = h$), la cual nos relaciona la anchura dE de un estado energético con el tiempo de vida dt de una partícula en dicho estado, podremos poner

$$dE = h \cdot d\omega = h \gamma \Delta H_{loc},$$

de donde se ve que la anchura de una banda es proporcional a la intensidad del campo magnético local.

El acoplamiento entre espines de la misma especie puede describirse cómodamente a través de la constante de tiempo T_2 , denominada tiempo de relajación transversal, la cual, como acabamos de ver, representa el tiempo medio de vida de un spin en un estado energético determinado.

c) Potencia absorbida.

En un sistema constituido por protones ($I = 1/2$), la población de ambos niveles energéticos N^+ y N^- es, según la ley de distribución de Maxwell-Boltzman:

$$\left. \begin{aligned} N^+ &= \frac{N}{2} e^{(1/2 g \mu_0 H_0 / K T)} \\ N^- &= \frac{N}{2} e^{-(1/2 g \mu_0 H_0 / K T)} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &N = N^+ + N^- \text{ (número total de} \\ &\quad \text{núcleos).} \\ &K = \text{cnt de Boltzman.} \\ &T = \text{Temperatura absoluta.} \end{aligned}$$

Como en realidad $g \cdot \mu_0 \cdot H_0 \ll K T$, la diferencia de población entre niveles será

$$n = N^+ - N^- = \frac{\mu_0 g H_0}{K T}$$

y la potencia que pasa del emisor al sistema de spines es:

$$W = \mu_0 g H_0 P (N^+ - N^-)$$

donde P representa la probabilidad de que se produzca una transición energética en la unidad de tiempo. P es función de la frecuencia y pasa por un máximo

$$P_{\max} = 1/2 \gamma^2 \cdot H_0^2 \cdot T_2$$

a la frecuencia de resonancia. W es, por tanto, máxima a la frecuencia de resonancia, y alcanza un valor

$$W_{\max} = 1/2 h^2 N \gamma^4 H_0^2 H_1^2 \gamma_2 (K T)^{-1}$$

Vemos, pues, que la intensidad de la señal de resonancia es directamente proporcional a la cantidad de sustancia, al cuadrado de la intensidad del campo magnético director y al cuadrado de la amplitud del campo magnético alterno, e inversamente proporcional a la temperatura.

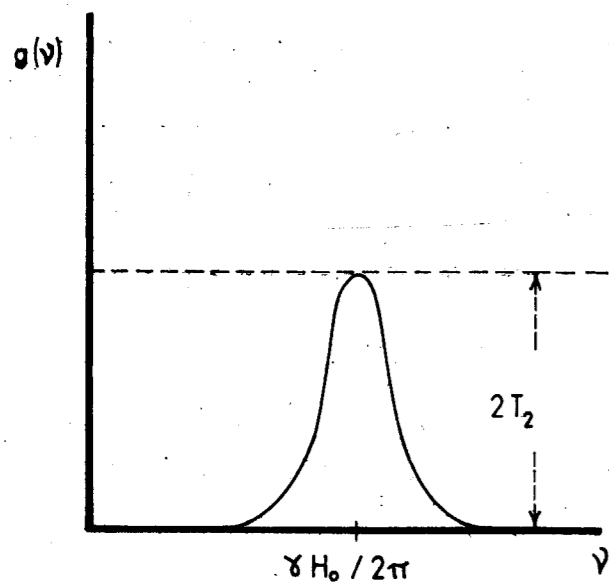


Fig. 4.—Función de frecuencia $g(\nu)$. Relación entre la forma de la banda de absorción y el tiempo de relajación transversal T_2 .

Para ver de manera más intuitiva la relación existente entre el tiempo de relajación T_2 y la forma de la banda de resonancia, conviene definir una función $g(\nu)$ que represente la probabilidad de transición entre niveles energéticos, de tal forma que $g(\nu) \cdot d\nu$ exprese la energía absorbida en el intervalo de frecuencia comprendido entre ν y $\nu + d\nu$. La función $g(\nu)$ está normalizada, puesto que

$$\int_0^\infty g(\nu) d\nu = 1:$$

Su forma (fig. 4) coincide con la de la propia banda de absorción; su anchura, según vimos, es del orden de $(T_2)^{-1}$, y su altura máxima posee un valor próximo a T_2 , según demuestra la teoría de Bloch.

d) La resonancia magnética nuclear pulsada en la medida de T_1 y T_2 .

Imaginemos el sistema de medida esquematizado en la figura 5. $a b c d$ representa la espira de una bobina perpendicular a \vec{H}_0 colocada paralelamente al eje Y. El campo magnético oscilante \vec{H}_1 engendrado por dicha bobina al ser recorrido por una corriente de alta frecuencia, estará polarizado según la dirección del eje Y; simultáneamente, la magnetización que ella produce sobre el sistema de spines inducirá sobre sí una corriente eléctrica que creará una diferencia de potencial entre sus bornes. Si aplicamos esta diferencia de potencial a un osciloscopio de rayos catódicos, de tal forma que produzca una deflexión vertical según el eje de ordenadas, el eje de abscisas nos proporcionará una base de tiempos que podrá ser calibrada con gran precisión en función de la otra variable.

Sabemos que en ausencia de \vec{H}_1 la componente de $\vec{\mu}$ paralela a \vec{H}_0 , (\vec{M}_0), es nula. Si durante un corto período de tiempo aplicamos a la bobina un impulso a la frecuencia de resonancia, obtendremos sobre la pantalla del osciloscopio una señal cuya amplitud será proporcional a la energía absorbida por el sistema de spines, o lo que es lo mismo, proporcional a N (exceso de población en el estado de energía inferior). Al mismo tiempo, el campo \vec{H}_1 , aplicado instantáneamente, producirá una componente de $\vec{\mu}$ normal a \vec{H}_0 (\vec{M}_1), cuya magnitud dependerá igualmente de N. Tras la desaparición de \vec{H}_1 los spines volverán a prece-

sionar de manera incoherente, y \vec{M}_1 volverá a anularse en un tiempo T_2 siguiendo una ley del tipo $M_1 = M_{1i} \cdot \exp(-t/T_2)$, siendo M_{1i} el valor de M_1 en el instante inicial. El decrecimiento de la señal de resonancia puede observarse en el osciloscopio, proporcionándonos una fácil medida del tiempo de relajación transversal T_2 .

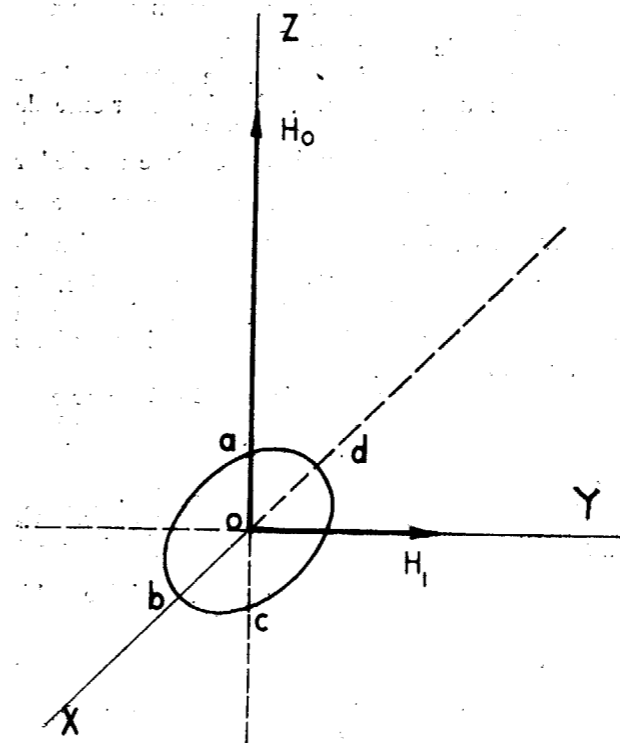


Fig. 5.—Esquema de un dispositivo de resonancia magnética nuclear pulsada. $abcd$ representa la espira de una bobina, cuyo eje es normal al campo magnético director \vec{H}_0 , que crea un campo magnético alterno \vec{H}_1 polarizado según la dirección del eje y.

Paralelamente, con la desaparición de \vec{H}_1 surgen transiciones energéticas del nivel de energía superior al de energía inferior, debido a la interacción «spin-red». Esta variación de población modifica el valor de \vec{M}_0 , pero no engendra ninguna corriente sobre la bobina, a la cual es paralela. Si después de un intervalo de tiempo t_0 se inyecta sobre la espira un nuevo impulso, se obtendrá sobre la pantalla del osciloscopio una nueva señal cuya intensidad será proporcional al exceso de población (N) del estado de energía inferior en el instante t_0 .

La relación entre la altura de la señal en el

instante $t = 0$ (h), con respecto a la altura de ésta en el instante $t = t_0$ (h'), será:

$$\frac{h}{h'} = \frac{N}{N'}$$

y puesto que el equilibrio del sistema se alcanza en un tiempo T_1 (tiempo de relajación longitudinal) siguiendo una ley exponencial, podremos poner que

$$\frac{N - N'}{N} = \exp(-t_0/T_1),$$

o lo que es lo mismo, que

$$\frac{N'}{N} = 1 - \exp(-t_0/T_1),$$

relación que nos permite calcular T_1 sin más que medir las alturas de las señales de resonancia h y h' sobre la pantalla del osciloscopio.

En condiciones favorables, cuando el sistema se somete a dos impulsiones intensas separadas por un intervalo tiempo t_0 , se observa una tercera señal, llamada «eco del spin», en el instante $t = 2t_0$.

Para explicar la aparición de esta señal podremos imaginar el siguiente proceso: al aplicar la segunda impulsión en el instante $t = t_0$, los spines que precesaban ya fuera de fase como consecuencia de la interacción «spin-spin», volverán a entrar en fase, y lo harán con la misma velocidad con que se defasaron. Esto quiere decir que para un tiempo $t = t_0 + t_0 = 2t_0$ volverán a precesionar nuevamente en fase, induciendo una nueva señal en la bobina, la cual se detectará en la pantalla del osciloscopio. Esta señal se atenúa rapidísimamente y su intensidad viene determinada en función del tiempo de relajación T_2 por medio de la expresión $I = \exp(-2t_0/T_2)$. Así pues, representando I frente a t_0 , podemos llegar a una medida muy precisa de T_2 . El único inconveniente de este método es que la señal «eco del spin» no siempre es detectable.

ESPECTRÓMETROS DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Son dos los elementos esenciales en una experiencia de R. M. N.: el campo magnético director \vec{H}_0 y el campo magnético oscilante de alta frecuencia \vec{H}_1 . La misión de cada uno de ellos ha sido analizada en los apartados precedentes.

Todo espectrómetro de R. M. N., aparte de

aquellos elementos necesarios para generar \vec{H}_0 y \vec{H}_1 , deberá poseer un sistema de medida capaz de detectar y registrar la señal de resonancia.

Para el estudio de sólidos los espectrómetros de R. M. N. deberán poseer como característica esencial una gran sensibilidad, con el fin de poder detectar las señales débiles y difusas que caracterizan a sus espectros.

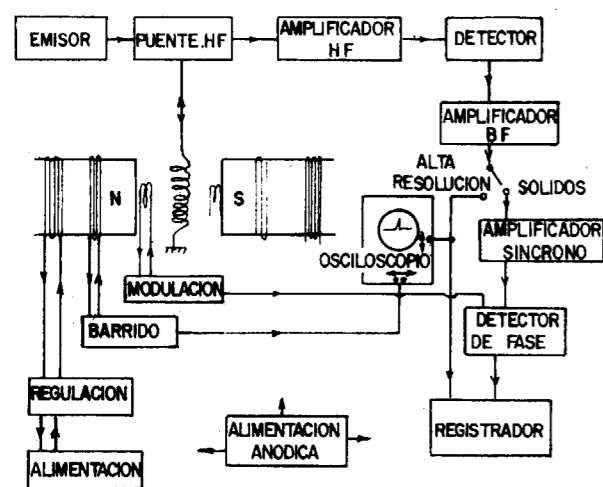


Fig. 6.—Esquema de un espectrógrafo de resonancia magnética nuclear.

La figura 6 representa, de manera esquemática, la disposición de los elementos fundamentales que constituyen espectrómetro de R. M. N., los cuales pasamos a describir en detalle.

El campo magnético director \vec{H}_0

Con el fin de que las señales de resonancia, débiles tratándose de sólidos, sean lo más intensas posible, y puesto que $I \sim H_0^2$, el campo magnético director deberá poseer una gran intensidad.

La homogeneidad de \vec{H}_0 es un elemento secundario por tratarse de detectar líneas anchas (*)

El campo \vec{H}_0 puede ser suministrado, bien por un electroimán, bien por un imán permanente. Los primeros tienen la ventaja frente a los segundos de poder suministrar campos magnéticos más intensos y variables, pero también el inconveniente de necesitar una alimentación más delicada y costosa.

Con el fin de poder detectar cómodamente las

(*) Los espectrógrafos comerciales diseñados para estudio de sólidos suelen producir campos magnéticos del orden de 15.000 gauss con una homogeneidad de 10^{-5} .

señales de resonancia, es necesario que \vec{H}_0 esté modulado. Esto se consigue fácilmente mediante un sistema de bobinas especiales que rodean al electroimán, por las cuales pasa una corriente alterna a una frecuencia del orden de 100 Hz.

El campo de alta frecuencia \vec{H}_1

\vec{H}_1 puede ser suministrado fácilmente por una bobina cuyo eje sea normal a \vec{H}_0 .

El esquema de la figura 7 representa un dispositivo de inducción nuclear. En él la corriente de alta frecuencia que recorre la bobina emisora A hace que los espines precesionen en fase alrededor de \vec{H}_0 (eje Z), dando lugar a una componente efectiva \vec{H}_1 de μ según el plano XY. \vec{M}_1 gira alrededor de \vec{H}_0 con idéntica velocidad angular, induciendo una tensión de alta frecuencia en una bobina receptora B situada en el mismo plano XY, y normal a A.

En ausencia de resonancia no circula corriente por B. Si hacemos girar a B dentro del plano XY, el paso directo de energía de A hacia B será proporcional al coseno del ángulo que ellas forman. Para un cierto ángulo de acoplamiento, el receptor, conectado a los extremos de B, recibirá una energía suma de una energía constante de alta frecuencia y de una energía variable debi-

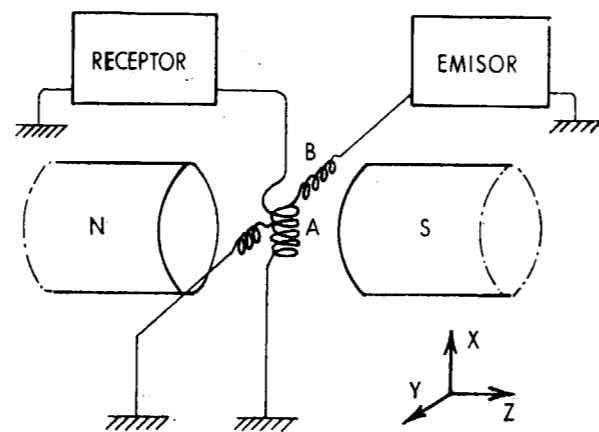


Fig. 7.—Esquema de un dispositivo de inducción nuclear.

da al paso por la resonancia. Realizando convenientemente el acoplamiento entre ambas bobinas, es posible detectar una señal de resonancia libre de toda corriente de alta frecuencia, la cual será fácilmente amplificable.

Un segundo dispositivo, modificación del anterior, consiste en hacer coincidir B con A, con lo

cual la señal de resonancia es inducida directamente en la bobina emisora sin cambio de fase. Si se realiza un acoplamiento suave entre esta única bobina y el emisor, al paso por la resonancia la corriente que recorre la bobina verá incrementada su amplitud, y tal incremento será amplificado y detectado por el receptor.

Este sistema es poco sensible, ya que la amplificación de la señal de resonancia en presencia de una onda de alta frecuencia y gran amplitud, procedente del emisor, es difícil. No obstante, este inconveniente puede paliarse puentando el receptor con la bobina mediante un puente diferencial de alta frecuencia capaz de absorber la onda que interfiere (fig. 6).

El emisor suele estar constituido por un oscilador de alta frecuencia seguido de un amplificador. La tensión de salida suele estar comprendida entre 0,001 y 10 voltios y se regula de forma que la saturación sea despreciable.

El receptor

La misión del receptor es transformar las variaciones de amplitud de la onda de alta frecuencia, en variaciones de tensión capaces de ser registrados sobre la pantalla de un osciloscopio después de amplificadas.

El receptor está formado por amplificadores muy sensibles y de débil ruido de fondo y un detector lineal. En los estudios de bandas anchas, como es nuestro caso, el receptor debe ser extremadamente sensible.

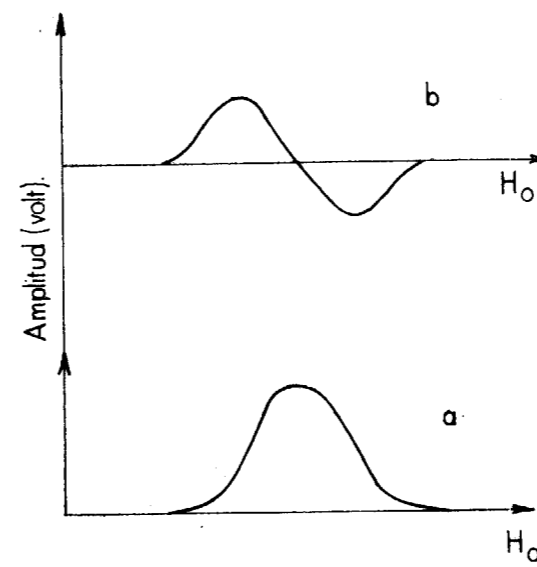


Fig. 8.—Perfil de una banda de resonancia. a) Observada directamente en un osciloscopio. b) Registrada después de transformada por un detector de fase.

En el caso de señales débiles el problema no está tanto en la potencia del amplificador como en el alto valor del ruido de fondo que se produce a consecuencia de la alta amplificación. Con el fin de mejorar la relación $\frac{\text{señal}}{\text{fondo}}$, el campo mag-

nético director \vec{H}_0 debe ser modulado, ya que de esta forma la señal de resonancia se transforma en una tensión alterna de frecuencia constante, cuya amplitud y fase dependen únicamente de la intensidad y forma de la banda, que podrá separarse fácilmente del ruido de fondo mediante un detector de fase.

Las señales pueden ser llevadas indistintamente a la pantalla de un osciloscopio o a un registrador gráfico. La figura 8 muestra la diferencia existente entre una señal observada directamente sobre la pantalla de un osciloscopio, y su derivada tal como se detecta sobre un registrador, tras haber pasado por un detector de fase.

LA RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR EN LOS SÓLIDOS

De las posibles aplicaciones de R. M. N. al estudio de sólidos vamos a fijar nuestra atención en dos de ellas por considerarlas de máximo interés en Mineralogía. Por una parte, aprovechando la estrecha dependencia entre las posiciones relativas de los momentos nucleares y la forma de las bandas de resonancia, la R. M. N. es capaz de suministrar información de tipo estructural. Por otra, dada la estrecha relación de los movimientos atómicos con los fenómenos de relajación longitudinal y transversal, resulta fácil comprender que la R. M. N. es un instrumento poderoso en el estudio de fenómenos de difusión.

Estudios estructurales

Sabemos que una de las principales características que diferencian los espectros de R. M. N. de sólidos, de los de líquidos, es la considerable anchura de sus bandas, de lo cual es responsable la existencia de orden interno (estructura cristalina).

Para llegar a un profundo conocimiento de la información estructural que puede obtenerse del análisis de un espectro, conviene descender al estudio de casos simples.

a) *Interacción entre dos dipolos.*

Comencemos considerando el caso de un núcleo perturbado por la presencia de un único momento. Este caso se presenta en algunos hidratos de

la forma $X \cdot H_2O$, en los que los átomos de la unidad X no poseen momento magnético y las moléculas de agua están suficientemente alejadas unas de otras como para que la única interacción posible sea la existente entre protones de una misma molécula de agua. Consideremos desde un punto de vista magnético que los dipolos se encuentran inmóviles en el interior del cristal. Sea $\vec{\mu}_H$ el momento de uno de los protones según la dirección de \vec{H}_0 . $\vec{\mu}_H$ puede ser considerado como un dipolo formado por sendas cargas magnéticas $+m$ y $-m$, situadas en las extremidades del vector \vec{L} (fig. 9). En tal caso, $\vec{\mu}_H = m \vec{L}$ crea en el punto P un campo magnético, el módulo de cuya componente según \vec{H}_0 , considerando que $R \gg L$, será:

$$H' = \vec{H}_0 \cdot \vec{L}/L = \pm K \frac{\mu_H}{R^3} (3 \cos^2 \theta - 1)$$

(en general, $K = 1$ si los núcleos en interacción no son de la misma especie, y $K = 3/2$ si son de la misma especie).

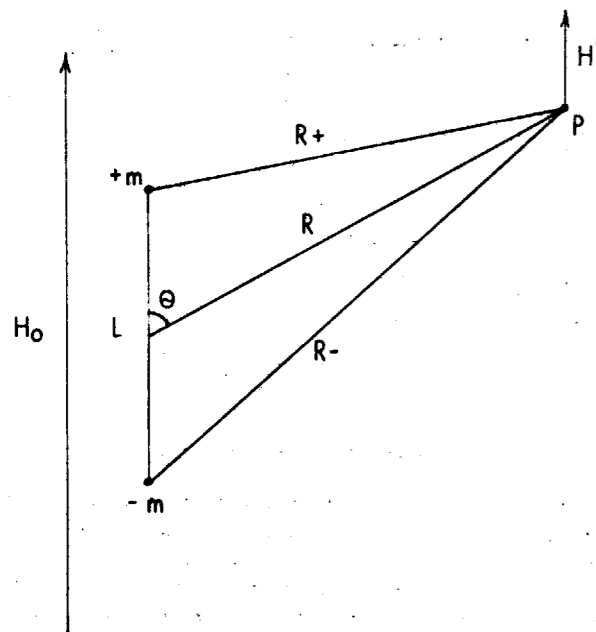


Fig. 9.—Campo magnético engendrado en el entorno de un dipolo.

Si despreciamos la influencia de los protones pertenecientes a las moléculas de agua vecinas, H' representará el campo magnético local, y la frecuencia de resonancia para ambos protones será

$$2\pi\nu/T = H_0 \pm \frac{3}{2} \frac{\mu_H}{R^3} (3 \cos^2 \theta - 1)$$

El espectro poseerá, pues, dos bandas dispuestas simétricamente respecto de \vec{H}_0 . La medida de la frecuencia de tales bandas nos proporciona una medida directa y precisa de la distancia R entre protones. Por otra parte, si variamos la orientación del cristal respecto de \vec{H}_0 , de forma que $\cos^2 \theta = 1/3$, ambas bandas del espectro se superpondrán, con lo cual podemos llegar a conocer la orientación real del vector H—H dentro del cristal.

El espectro de un polvo cristalino, en el que existe una distribución isotrópica de orientaciones, posee características algo diferentes. En este caso la mayor información se obtiene del estudio de la forma de la banda de resonancia, o lo que es lo mismo, de la función $g(\nu)$.

Sea $h = H - H_0$ la diferencia entre el campo H para el cual resuena una fracción $g(H)$ de protones, y el campo H_0 para el que resuenan solamente aquellos protones exentos de interacción; h representa, pues, el campo magnético local y, por consiguiente, posee análogo significado a H' en el caso de un monocristal, de tal forma que podemos poner:

$$h = \pm \frac{3}{2} \mu_H R^{-3} (3 \cos^2 \theta - 1)$$

La probabilidad de que un núcleo resuene para valores de esta función comprendidos entre h y $h + dh$, será igual a la probabilidad de que θ esté comprendido entre valores θ y $\theta + d\theta$. Expresando esta igualdad analíticamente, resulta:

$$g(h) dh = \frac{2\pi R^2 \sin \theta d\theta}{4\pi R^3} = 1/2 \sin \theta \cdot d\theta$$

Combinando las dos ecuaciones precedentes tendremos que

$$g(h) = \frac{R^3}{\sqrt{36} \mu_H} \left(1 - \frac{2hR^3}{3\mu_H}\right) - 1/2$$

de donde se desprende que el estudio del perfil de resonancia de un polvo nos proporciona la medida de R.

Estudios análogos pueden hacerse en el caso de otras configuraciones simples de núcleos en interacción. Gracias a esto ha sido posible realizar estudios estructurales de moléculas en las que intervienen tres y cuatro átomos de la misma especie, como son el H_2O (Richards y Smith, 1951), y el NH_4 (Gutowsky et al., 1954), entre otros.

b) *Interacción múltiple. El segundo momento.*

Cuando los núcleos en interacción son muy numerosos, es posible obtener información estructural a partir de una función S (función de forma del perfil de la banda), denominada «segundo momento».

Matemáticamente el segundo momento se define como

$$S_2 = h^2 g(h) \cdot dh$$

y representa una medida de la anchura cuadrática media de la banda expresada en gauss. Su medida puede realizarse, bien a partir de la misma banda de absorción, o bien a partir de su derivada (fig. 8).

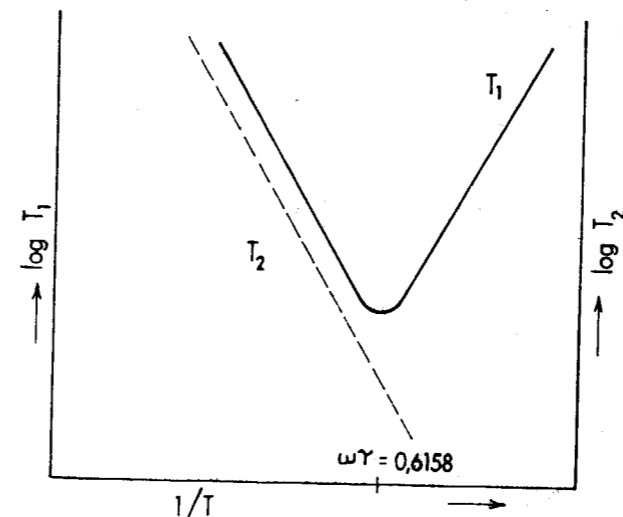


Fig. 10.—Dependencia de los tiempos de relajación longitudinal y transversal con la temperatura.

En el caso concreto de dos protones en interacción, la aplicación del segundo momento conduce a

$$S_2 = \frac{4}{5} K^2 \mu_H^2 R^{-6}$$

El segundo momento posee la propiedad aditiva y según ha demostrado van Vleck (1948), puede ser aplicado a cualquier sistema con un número N de núcleos en interacción. En este caso se demuestra que

$$N \cdot S_2 = \frac{9}{5}$$

expresión que separa en sus dos términos la inter-

acción de núcleos de la misma especie ($K = 3/2$), de la de núcleos de especies diferentes ($K = 1$).

En el caso de un polvo cristalino el segundo momento no permite determinar más que uno de los parámetros estructurales R_{ij} . Sin embargo, cuando se trabaja con un monocristal, jugando con la orientación puede llegar a obtenerse hasta quince de estos parámetros entre átomos de la misma especie (Mc. Call y Hamming, 1959).

En ciertos casos esta información puede ampliarse mediante estudios comparativos entre moléculas de igual estructura, en las que ciertos átomos son sustituidos por otros de distinto momento magnético. Un ejemplo típico lo constituyen el estudio realizado por Andrew (1953), en el que llega a medir las distancias entre hidrógenos en el benceno (C_6H_6), comparando su espectro con el de la forma deuterada $C_6H_5D_3$.

Estudio de fenómenos de difusión

Como ya hemos apuntado, los movimientos atómicos y moleculares que tienen lugar en las redes estructurales de los sólidos como consecuencia de la agitación térmica, ejercen una marcada influencia sobre las condiciones de resonancia de los núcleos.

En el caso de dipolos en movimiento, el campo magnético local varía con el tiempo, y puesto que su valor medio sobre todas las orientaciones posibles que pueden adoptar las parejas de dipolos a lo largo del tiempo es, en general, inferior al campo local estable de un sistema rígido, el espectro de resonancia será más estrecho. Este estrechamiento se acentúa a medida que aumenta la temperatura del sólido y los átomos adquieren mayor grado de libertad, hasta llegar al límite en que se alcanza el punto de fusión y el sólido pasa a líquido.

No vamos a insistir más sobre las causas de este fenómeno, las cuales quedaron explicadas en la primera parte de este trabajo; sin embargo, queremos hacer hincapié en el hecho evidente de que la medida de la anchura de las bandas de resonancia, o lo que es lo mismo, del segundo momento, puede utilizarse para predecir, al menos aproximadamente, el grado de libertad de los átomos en el interior de la red.

Existe además un instrumento mucho más sensible para detectar los movimientos atómicos; nos referimos a aquel que se basa en el estudio de los fenómenos de relajación «spin-spin» y «spin-red» que tales movimientos producen, y del cual vamos a tratar fundamentalmente en este apartado.

a) *Mecanismos de relajación.*

Son tres los principales mecanismos origen de los fenómenos de relajación caracterizados por los tiempos de relajación longitudinal T_1 y transversal T_2 : la rotación, la autodifusión y la vibración de las moléculas que integran la red. Estos tres tipos de movimiento son consecuencia de la agitación térmica y, por consiguiente, se encuentran gobernados por la temperatura.

Los movimientos de rotación son aquellos que efectúan moléculas o grupos de átomos al girar alrededor de ciertos ejes de simetría. Los movimientos de autodifusión no son más que movimientos de traslación de las moléculas en el interior de la red, los cuales son posibles gracias a la existencia de vacantes estructurales. Por último, aun en ausencia de estos dos tipos de movimientos, existen frecuentemente en la mayoría de los sólidos ciertas vibraciones reticulares que pueden ser igualmente responsables de los fenómenos de relajación que nos ocupan.

Los movimientos de rotación (reorientación), junto con los de vibración, son considerados como movimientos intramoleculares, mientras que los de difusión son intermoleculares.

Los tres tipos de movimientos se caracterizan por una frecuencia ν_c y un período τ_c , ambos gobernados por la temperatura del sistema T a través de una ley de tipo Arrhenius de la forma

$$\tau = \tau_0 \exp(Q/RT)$$

donde Q es la energía de activación o altura de la barrera de potencial creada por las fuerzas intermoleculares que se oponen al movimiento, y τ_0 la frecuencia con que una molécula atraviesa dicha barrera.

La contribución de los movimientos intermoleculares a los tiempos de relajación T_1 y T_2 viene dada por las expresiones

$$\frac{1}{T_1} = \frac{1}{T_{1 \text{ inter}}} + \frac{1}{T_{1 \text{ intra}}}$$

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_{2 \text{ inter}}} + \frac{1}{T_{2 \text{ intra}}}$$

b) *El tiempo de correlación y su dependencia con T_1 y T_2 .*

La teoría construida por Bloembergen, Purcell y Pound (1948) predice que cuando la interacción entre dipolos magnéticos nucleares está gobernada por un único período τ_c (tiempo de correlación de los movimientos moleculares o tiempo

medio que una molécula tarda en recorrer una distancia comparable con sus dimensiones), ambos T_1 y T_2 son de la forma

$$T_1^{-1} = C \left[\frac{\tau_c}{1 + \omega^2 \tau_c^2} + \frac{4 \tau_c}{1 + 4 \omega^2 \tau_c^2} \right] \quad (1)$$

$$T_2^{-1} = C \left[\frac{3}{2} \tau_c + \frac{5}{2} \frac{\tau_c}{1 + 4 \omega^2 \tau_c^2} \right] \quad (2)$$

siendo

$$C = \frac{2}{5} \gamma^4 h^2 I(I+1) \sum r_{ij}^{-6} \quad (*)$$

En aquellos casos en que los movimientos de difusión son considerados bidimensionales (difusión superficial), $T_{1\text{-inter}}$ y $T_{2\text{-inter}}$ se obtienen a partir de las ecuaciones precedentes (O'Reilly y Poole, 1963), sin más que tener en cuenta que

$$T_{1 \text{ inter}}^{-1} = \int_{r=a}^{\infty} T_{1 \text{ inter}}^{-1} N 2 \pi r \cdot dr$$

$$T_{2 \text{ inter}}^{-1} = \int_{r=a}^{\infty} T_{2 \text{ inter}}^{-1} N 2 \pi r \cdot dr$$

y reemplazando τ_c por $\tau_{\text{trans}} = \frac{r^2}{8D}$ (donde D es

el coeficiente de difusión, N el número de unidades difusoras por unidad de superficie y a la distancia mínima entre dos de las unidades difusoras consideradas, bien sean átomos, iones o moléculas).

Normalmente los movimientos no están gobernados por un único tiempo de correlación, sino por una distribución de tales tiempos. Frecuentemente estas distribuciones vienen representadas por funciones de la forma

$$K(\tau_c) d\tau_c = \frac{B}{\pi} \exp(-B^2 Z^2) dZ$$

en donde $Z = \ln(\tau_c/\tau_c^*)$, $\tau_c^* = \exp(\ln \tau_c)$, y B representa la anchura de la distribución.

En estos casos, las expresiones (1) y (2) que ligan T_1 y T_2 con τ_c quedan sustituidas por las ecuaciones integrales (Odajima, 1959):

(*) Las variables usadas siguen teniendo el mismo significado que se las dio en un principio, y entre ellas ω representa la frecuencia de resonancia y r_{ij} la distancia entre núcleos atómicos.



Para dar una idea de lo incipiente de la R.M.N. en el campo de la mineralogía, diremos que de más de cien especies nucleares con momento magnético, sólo se han realizado por el momento observaciones sobre unas diez.

Sobre la base expuesta, y para justificar el interés que tiene la aplicación de la R. M. N. en mineralogía, vamos a citar algunos de los problemas abordados en las dos últimas décadas dentro de aquellos dos campos que han sido más estudiados: 1) Mineralogía estructural, y 2) Difusión de moléculas en estructuras minerales.

Mineralogía estructural

La aplicación de la R. M. N. a cualquier campo de la investigación requiere como condición «sine qua non» la presencia de núcleos atómicos con spin no nulo y elevado cociente giromagnético, por ser éstas las únicas que producen señales de resonancia fácilmente detectables.

a) *La localización de hidrógenos.*

Entre los elementos que producen señales de resonancia de más alta calidad, el H es sin duda el mejor. Esto, unido a que el H es uno de los elementos más difíciles de detectar mediante la difracción de rayos X, hace que la R. M. N. protónica sea utilizada con éxito en los estudios estructurales del agua constituyente de los minerales. Este campo de investigación es uno de los más explotados, y los resultados obtenidos hasta el momento son sin duda los más espectaculares.

Entre los minerales en los cuales el agua es elemento integrante, bien en forma de OH, bien como H_2O , la R. M. N. distingue los siguientes grupos:

a.1) *Hidratos.*

Pake (1948) es el primer autor que realiza estudios estructurales sobre el agua de constitución del $SO_4Ca \cdot 2H_2O$, llegando a medir distancias H—H y O—H. Miyazaki (1967) extiende su estudio al agua de las fases α y β del yeso parcialmente deshidratado ($SO_4Ca \cdot 1/2 H_2O$). Huton y Pedersen (1969) estudian muestras de yeso parcialmente deshidratado, y basándose en el análisis de la estructura hiperfina y del segundo momento determinan la posibilidad de acceso del deuterio a la estructura. Estudios similares han

$$T_1^{-1} = C \omega^{-1} \left[\int_0^{\infty} \left(\frac{\omega \tau_c}{1 + \omega^2 \tau_c^2} + \frac{4 \omega \tau_c}{1 + 4 \omega^2 \tau_c^2} \right) K(\tau_c) d\tau_c \right]$$

y

$$T_2^{-1} = C \omega^{-1} \left[3/2 \omega \tau_c \exp\left(\frac{1}{(4B)^2}\right) + \int_0^{\infty} \left(\frac{5}{2} \frac{\omega \tau_c}{1 + \omega^2 \tau_c^2} + \frac{\omega \tau_c}{1 + 4 \omega^2 \tau_c^2} \right) K(\tau_c) d\tau_c \right]$$

las cuales han sido tabuladas por Nowick y Berry (1961).

Para estudiar la dependencia de T_1 y T_2 con la temperatura, basta con sustituir el valor de τ_c sacado de la ecuación de Arrhenius

$$\tau_c = \exp(Q/RT),$$

en las ecuaciones (1) y (2).

A bajas temperaturas, en que τ_c es grande, $\omega^2 \tau_c^2 \gg 1$, y las expresiones (1) y (2) quedan reducidas a

$$T_1^{-1} = \frac{2C}{\omega^2 \tau_c^3} e^{-Q/RT} \quad \text{y} \quad T_2^{-1} = \frac{3C}{2} \tau_0 e^{Q/RT}$$

Por el contrario, a temperaturas elevadas, en que τ_c es pequeño, $\omega^2 \tau_c^2 \ll 1$, y

$$T_1^{-1} = T_2^{-1} = 5 C \tau_0 e^{-Q/RT}$$

Vemos, pues, que en el primer caso, T_1 es directamente proporcional a τ_c , y T_2 inversamente proporcional, mientras que en el segundo caso T_1 y T_2 son inversamente proporcionales a τ_c . Esto quiere decir que para temperaturas intermedias ($\omega^2 \tau_c^2 \approx 1$), T_1 deberá pasar por un mínimo. El valor de este mínimo se obtiene para $\tau_c = 0,6158$ radianes, sin más que anular la primera derivada de la función $T_1 = T_1(\tau_c)$ (ecuación (1)).

La figura 10 muestra gráficamente la dependencia de $\lg T_1$ y $\lg T_2$ con la inversa temperatura absoluta. En ella puede verse cómo a partir de la medida experimental de T_1 y T_2 podemos calcular el tiempo de correlación τ_c que caracteriza los movimientos moleculares. A su vez, de la medida de τ_c para diferentes temperaturas, puede llegar a calcularse la energía de activación Q del movimiento (pendiente de las rectas representadas en la figura 8).

sido realizados sobre otros hidratos, tales como el $Mg \cdot SO_4 \cdot 7H_2O$ (Van Meerssche et al., 1962), el $NaCO_3 \cdot H_2O$ (Van Meerssche et al., 1961), el $PO_4HCa \cdot 2H_2O$ (Jones y Smith, 1960) y la autinita (Yoshinori et al., 1969).

a.2) Hidróxidos.

El estudio de hidróxidos de Mg, Ca y Al es especialmente interesante, dado que su estructura es parte integrante de numerosos filosilicatos. Los trabajos de Elleman y Williams (1956) sobre cristales de brucita conducen a la localización de los protones y medida de distancias O—H. En la misma línea pueden considerarse los estudios de Henderson y Gutowsky (1962) sobre el $Ca(OH)_2$.

a.3) Zeolitas.

Por medio de R. M. N. pueden distinguirse dos tipos de zeolitas (Marfunin, 1965). La natrolita, analcima y tonsonita producen espectros a temperatura ambiente, lo cual es típico de hidratos con moléculas de agua en posiciones fijas. Concretamente, la natrolita ha sido estudiada con mayor detalle por Gabuda et al. (1963), quienes llegan a fijar la posición de los protones en su estructura. El segundo grupo de zeolitas poseen bandas muy estrechas, lo cual da idea de la gran movilidad del agua y de su escasa ligadura a la estructura. A baja temperatura su espectro es análogo al de los hidratos. Moiseev (1967), realiza un estudio sobre condiciones físicas y estructurales del agua en zeolitas a partir del análisis del segundo momento.

a.4) Filosilicatos.

El estudio del agua en filosilicatos encierra grandes dificultades, ya que estos minerales presentan la coexistencia de dos diferentes tipos de agua: agua interlaminaar y OH estructurales. Sin embargo, dentro de este grupo y especialmente en el de los silicatos laminares de la arcilla, las investigaciones han sido muy numerosas. En términos generales, puede decirse que los espectros de R. M. N. protónica de este grupo de minerales presentan dos zonas: una de bandas anchas de tres a seis gauss e incluso más (caso de caolinita y gibsita), correspondientes a OH estructurales, y otra de bandas estrechas (0,1 a 0,9 gauss), debida al agua interlaminaar, netamente influenciada por los cationes de cambio.

Sloninsnaya y Raitburd (1965) estudian la estructura cristalina del agua absorbida en la cao-

linita y la montmorillonita, haciendo hincapié en la influencia ejercida por la presencia de cationes de cambio. Touillaux y Fripiat (1967) ponen a punto un método de diferenciación de micas, basándose en la influencia de la orientación de grupos OH y naturaleza de los cationes octaédricos sobre los espectros de resonancia. Brekhunels (1968) utiliza monocristales de vermiculita para estudiar la estructura del agua adsorbida y del agua de constitución. Ivlev et al. (1968) estudian la proporción de vectores H—H y su orientación dentro de la estructura de la apofilita. Por último, citaremos el trabajo de Van Olphen et al. (1970) sobre el agua adsorbida en minerales de la arcilla, el cual combina la información suministrada por la R. M. N. acerca de la orientación de vectores H—H, con los resultados de los espectros de infrarrojo acerca de la orientación de vectores O—H.

b) Otros problemas estructurales.

Además del H existen otras especies nucleares, tales como el B, Al, C, Fe y Na, que producen señales de resonancia de gran calidad y que de hecho han sido estudiadas en algunos casos bajo forma de sus respectivos isótopos ^{11}B , ^{27}Al , ^{13}C , ^{57}Fe y ^{23}Na , estables en cristales naturales.

Para citar algunos ejemplos, diremos que el ^{27}Al ha sido estudiado por Ghose (1964), y Derighetti y Ghose (1969), en las medidas de constantes de acoplamiento de granates. Este mismo elemento es estudiado por Yancey (1967) en el topacio, y por Lee et al. (1968) en el rubí. En feldespatos, Brinkmann y Stachli (1968) lo utilizan para localizar las posiciones ocupadas por este catión dentro de la red y obtener información acerca de la distribución Si-Al. En problemas estructurales de «orden-desorden», el Al es muy utilizado por Brun et al. (1959) y Hafner et al. (1962) en feldespatos, y por Brum y Hafner (1962) en espinelas.

El ^{13}C ha sido usado por Srinivasa (1968) en estudios estructurales de carbonatos basados en el análisis del segundo momento.

Sedlak (1968) estudia la frecuencia e intensidad de la señal del ^{57}Fe en hematites en función de la temperatura y orientación de los cristales.

El ^{23}Na es utilizado por Kornfel'd (1965) para estudiar las influencias de impurezas metálicas sobre la estructura del $ClNa$, y por Brun (Brun et al., 1959) en problemas estructurales de «orden-desorden» en plagioclasas.

Núcleos tales como el ^{11}B , que poseen momento cuadrupolar, producen bandas cuya forma y anchura dependen de la constante de interacción cuadrupolar ($e \cdot Q \cdot q$), de tal forma que la me-

didada de esta constante revela el tipo de coordinación del átomo. Como ejemplo citaremos los trabajos de Holuj y Petch (1960) sobre colemánita, los de Cuthbert y Petch (1963) sobre bórax y tincalconita, y el de Pennington y Petch (1960) sobre la nderita.

Dentro de este mismo apartado de aplicaciones a problemas estructurales, conviene apuntar que la R. M. N. ha sido también aplicada a estudios de dislocaciones en cristales (Kanert, 1968), y que su información, según cita Vinokurov (1969), puede ser muy útil a la hora de detectar impurezas paramagnéticas, estudiar mecanismos de compensación de carga eléctrica o analizar tipos de enlaces atómicos.

Difusión molecular en minerales

La aplicación de la R. M. N. al estudio de problemas de difusión atómica en minerales ha despertado un gran interés entre los investigadores, como lo demuestran los numerosos trabajos aparecidos en los últimos años.

Aparte de las razones ya expuestas que hacen del agua una de las moléculas más idóneas para su estudio por R. M. N., el hecho de que debido a su propia naturaleza posea ésta un alto grado de libertad dentro de los retículos cristalinos, hace de ella un modelo ideal en los estudios de fenómenos de difusión por R. M. N.

De los dos tipos de agua presente en los minerales, agua de cristalización y agua adsorbida, es la segunda la que posee una mayor movilidad por estar más débilmente ligada a la red cristalina, razón sin duda por la cual su estudio ha sido más extenso.

Uno de los primeros investigadores en abordar este tema fue Zimmerman. A sus trabajos sobre agua adsorbida en geles de sílice comenzados en 1956 (Zimmerman et al., 1956; Zimmerman y Brittin, 1957; Zimmerman y Lasater, 1958; Woessner y Zimmerman, 1963), se deben sin duda los primeros avances en este campo. Por otra parte, los trabajos de O'Reilly y Poole (1963) y Resing et al. (1964) sobre agua adsorbida en Al_2O_3 y carbón activo, sustancias de superficies estructuralmente simples, deben también considerarse como modelos para posteriores aplicaciones de la R. M. N. al estudio de difusión protónica sobre superficies más complejas.

Entre los minerales que más fácilmente adsorben agua se encuentran, sin duda, los del grupo de los filosilicatos. Las superficies de estos minerales, constituidos por oxígenos o grupos hidroxilos, facilitan excepcionalmente la interacción agua-superficie (formación de puentes de hidrógeno). Esto, unido a su gran superficie específica y

a la presencia, a veces, de cationes interlaminares más o menos ligados a la red y ávidos de agua, determina el que la proporción de agua almacenada en los espacios interlaminares pueda en algunos casos llegar a ser superior al 100 por 100 del peso total del mineral deshidratado. Estas excepcionales circunstancias obligan a considerar a estos minerales como modelos idóneos para el estudio de difusión protónica en superficies minerales.

Los primeros trabajos en este campo se deben a Ducros (1960), Turkevich et al. (1961) y Ducros y Dupont (1962), quienes trabajando sobre nontronita, montmorillonita, vermiculita y sepioita, son los primeros en establecer la elevada movilidad protónica de las moléculas de agua superficiales. Posteriormente, Ducros y Dupont (1964), así como Graham et al. (1964), Tarasvich (1964) y Hecht et al. (1966), insistiendo sobre el mismo problema obtienen nuevos resultados en apoyo de la hipótesis de que tal agua debe estar altamente ionizada, lo cual explicaría las peculiares propiedades que la diferencian netamente del agua normal.

Slonimskaya y Raitburd (1965) realizan un interesante estudio comparativo entre el agua adsorbida por la caolinita (mineral exento de cationes de cambio) y la montmorillonita (mineral tipo con cationes cambiables), llegando a la conclusión de que en la primera el agua posee estructura anisotrópica, mientras que la de la segunda es isotrópica y mucho más móvil, poniendo de manifiesto una vez más la fuerte acción polarizante de los cationes de cambio sobre las moléculas de agua vecinas.

Fraissard (1970), por comparación de las señales de resonancia entre muestras naturales y deuteradas, consigue determinar la concentración y repartición del agua entre el interior y la superficie, así como la migración de la primera hacia el exterior, utilizando alúmina y geles de sílice-alúmina.

La aplicación de la «resonancia magnética nuclear pulsada» ha proporcionado en los últimos años datos de gran interés acerca de energías de activación, constantes de disociación y coeficientes de autodifusión del agua adsorbida por ciertos minerales. Sirvan de ejemplo los trabajos realizados por Matiash et al. (1962) sobre zeolitas, así como los efectuados más recientemente por Fripiat y colaboradores sobre montmorillonita y vermiculita (Touillaux et al., 1968; Stone, 1970).

Otro caso en donde el análisis de la movilidad protónica por R. M. N. es de gran utilidad, lo constituye el estudio dinámico de los procesos de hidratación y de deshidratación en minerales (Ivlev et al., 1968; Yoshinori et al., 1969).

Fuera ya del dominio de la resonancia protóni-

ca, la R. M. N. es también aplicable al estudio de fenómenos de relajación de otros átomos en redes cristalinas. Sirva de ejemplo el estudio realizado por Dantv et al. (1962) sobre el efecto de la temperatura en la relajación del ^{19}F en la red de la fluorita.

Otras aplicaciones

Desde un punto de vista práctico, la R. M. N., apoyándose en su doble carácter estructural y espectroscópico, puede ser utilizada en mineralogía como técnica analítica complementaria de otras tales como la difracción de rayos X y la espectroscopía infrarroja.

Antes de terminar con este sucinto bosquejo del alcance de la R. M. N. dentro de la mineralogía, quiero citar, aunque sólo sea de paso, un nuevo campo que aparece actualmente abierto a la investigación, y que si no tanto como las anteriores, todavía puede despertar el interés de algunos mineralogistas interesados en problemas fisicoquímicos. Me refiero al problema de la interacción entre materia orgánica y materia mineral. En términos generales este problema abarca desde la génesis de hidrocarburos hasta la transformación de la materia orgánica en los suelos empleados en agricultura, pasando por la elaboración de productos industriales basados en la síntesis de complejos órgano-minerales. De hecho, Fraissard (1970) ha demostrado la gran utilidad de la R. M. N. en el estudio de fases orgánicas adsorbidas sobre superficies minerales.

REFERENCIAS

- ANDREW, E. R. y EADGES, R. G. (1953): *Separation of the intramolecular and intermolecular contributions to the second moment of the nuclear magnetic resonance spectrum.* «Proc. Phys. Soc. London», A, 66, 415.
- BLOEMBERGEN, N., PURCELL, E. M. y POUND, R. V. (1948): *Relaxation effects in nuclear magnetic resonance absorption.* «Phys. Rev.», 73, 679.
- BREKHUNELS, A. G. (1968): *Proton magnetic resonance in a vermiculite single crystal.* «Kolloid. Zh.», 30 (3), 324.
- BRINKMANN, D. y STACHLI, J. L. (1968): *Nuclear magnetic resonance of Al-27 in anorthite.* «Helv. Phys. Acta», 41 (3), 247.
- BRUN, E., HAFNER, ST., HARTMANN, P., LAVES, F. y STAUB, H. (1959): *Magnetische kernresonanz zur beobachtung des Al, Si-ordnungs/unordnungsgrades in einigen feldspaten.* «Z. Kristall.», 113, 65.
- BRUN, E. y HAFNER, ST. (1962): *Die elektrische quadrupolungspaltung von ^{27}Al in spinell MgAl_2O_4 und korund Al_2O_3 .* «Z. Kristall.», 117, 37.

- CUTHBERT, J. D. y PETCH, H. E. (1968): *Nuclear magnetic resonance studies of hydrated sodium tetraborate minerals. I. Boron-oxygen polyons in borax and tincalconite.* «J. Chem. Phys.», 38, 1912.
- DANTOV, R. A., KOREPANOV, V. D. y CHERNITSYN, A. I. (1962): *Study of the temperature dependence of relaxation of the ^{19}F in a synthetic CaF_2 single crystal.* «Itog. Nauchn. Konf. Kazansk», Univ. za 1962 g.
- DERIGHETTI, B. y GHOSE, S. (1969): *Nuclear magnetic resonance of Al-27 in the garnet grossularite $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.* «Phys. Lett.», 28 (7), 523.
- DUCROS, P. (1960): *Etude de la mobilité de l'eau et des cations dans quelques zéolites par relaxation diélectrique et resonance magnetique nucléaire.* «Bull. Soc. Franc. Miner. Crist.», 83, 85.
- y DUPONT, M. (1962): *Etude par resonance magnetique nucléaire des protons dans les argiles.* «C. R. Acad. Sci.», 254, 1409; «Bull. Group. Franc. Argiles», 8, 59.
- y — (1964): *Nuclear magnetic resonance studies on the low-temperature thermal dissociation of hidradation water in Na and Ca-montmorillonite.* «Bull. Group. Franc. Argiles.», 14 (9), 99.
- ELLEMAN, D. y D. y WILLIAMS, D. (1956): *Proton position in brucite crystals.* «J. Chem. Phys.», 25, 472.
- FRAISSARD, J. (1971): *Application de la resonance magnetique nucléaire à l'étude de l'eau de constitution des solides devises.* «Memorias 1.ª Reunión Hispano-Belga de Minerales de la Arcilla». Madrid, junio 1970 (en prensa).
- (1971): *Application magnétique nucléaire à l'étude de la structure des phases adsorbées.* «Memorias 1.ª Reunión Hispano-Belga de Minerales de la Arcilla». Madrid, junio 1970 (en prensa).
- GABUDA, S. P., LUNDIN, A. G., MIKHAILOV, G. M. y ALEXANDROV, K. S. (1963): *Position of hydrogen atoms in natrolite.* «Kristallografiya», 8, 388.
- GHOSE, S. (1964): *Nuclear magnetic resonance spectrum of ^{27}Al in a natural almandine garnet.* «Solid. State. Commun.», 2 (11), 361.
- GRAHAM, J., WALKER, G. F. y WEST, G. W. (1964): *Nuclear magnetic resonance study of interlayer water in hydrated layer silicates.* «J. Chem. Phys.», 40, 540.
- GUTOWSKY, H. S., PAKE, G. E. y BERSOHN, R. (1954): *Structural investigations by means of nuclear magnetism. III. Ammonium halides.* «J. Chem. Phys.», 22, 643.
- HAFNER, ST., HARTMANN, P. y LAVES, F. (1962): *Magnetische kernresonanz von ^{27}Al in adular, zur dentung der adularstruktur.* «Schweiz. Miner. Petr. Mitt.», B42, 277.
- HECHT, A. M., DUPONT, M. y DUCROS, P. (1966): *Etude des phenomenes de transport de l'eau adsorbée dans certains mineraux argileux par resonance magnetique nucléaire.* «Bull. Soc. Fr. Miner. Cristallogr.», 89, 6.
- HENDERSON, D. M. y GUTOWSKY, H. S. (1962): *A nuclear magnetic resonance determination of the hydrogen positions in $\text{Ca}(\text{OH})_2$.* «Am. Mineral.», 47 N11, 12.
- HOLUJ, F. y PETCH, H. E. (1960): *A nuclear magnetic resonance study of colemanite.* «Canad. J. Phys.», 38, N4.

- HUTTON, G. y PEDERSEN, B. (1969): *Proton and deuteron magnetic resonance in partly deuterated crystals of gypsum.* «J. Phys. Chem. Solids», 30 (2), 235.
- IVLEV, V. F., ZAVARZINA, N. I. y GABUDA, S. P. (1968): *Position of protons and diffusion of H_2O molecules in apophyllite.* «Kristallografiya», 11 (5), 815.
- JONES, D. W. y SMITH, J. A. S. (1960): *Proton magnetic resonance in brushite.* «Trans. Faraday. Soc.», 56, 688.
- KANERT, O. (1968): *Calculation of quadrupole broadening from (111) and (100) dislocations in cubic crystals.* «Phys. Status. Solidi.», 30 (1), 127.
- KORNFEL'D, M. I. y LEMANOV, V. V. (1965): *Compensation of divalent metal impurities in alkali halide crystals.* «Fiz. Tverd. Tela.», 7 (7), 2249.
- LEE, SOOK., JEEK, R. K. y JACOBMEYER, V. P. (1968): *^{27}Al nuclear magnetic resonance structures in ruby under dynamic nuclear polarization.* «Phys. Rev. Lett.», 21 (8), 515.
- MARFUNIN, A. S. (1965): *Radiospectroscopy of minerals.* «Geol. J.», 4 (2), 361.
- MATIASH, I. V., PIONTKOVSKAJA, M. A., TARASENKO, L. M. y TJUTJUNIK, R. R. (1962): *Proton magnetic resonance of water in zeolites.* «Zh. Strukt. Khim.», 3, N2.
- MC. CALL, D. W. y HAMMING, R. W. (1959): *Nuclear magnetic resonance in crystals.* «Acta Crystallogr.», 12, 81.
- MIYAZAKI, H. (1967): *Dehydration process of calcium sulfate hydrate.* «Kogyo. Kagaku. Zasshi.», 70 (3), 261.
- MOISSEV, B. M. (1967): *Water molecules in some zeolites and crystal hydrates by nuclear magnetic resonance.* «Byull. Nauchtekh. Inform. Min. Geol. SSSR.», 5, 18.
- NOWICK, A. S. y BERRY, B. S. (1961): «I. B. M. Journal, Res. Develop.», 5, 297.
- ODAJIMA (1959): «Progr. Theoret. Phys. (Kyoto) Suppl.», 10, 142.
- O'REILLY, D. E. y POOLE, C. P. (1963): *Nuclear magnetic resonance of alumina containing transition metals.* «J. Phys. Chem.», 67, 1762.
- PAKE, G. E. (1948): *Nuclear resonance absorption in hydrated crystals, fine structure of the proton line.* «J. Chem. Phys.», 16, 327.
- PENNINGTON, K. S. y PETCH, H. E. (1960): *Nuclear magnetic resonance spectrum of ^{11}B in iherite.* «J. Chem. Phys.», 33, 329.
- RESING, H. A., THOMPSON, J. K. y KREBS, J. J. (1964): *Nuclear magnetic relaxation times of H_2O adsorbed on charcoal.* «J. Phys. Chem.», 68, 1621.
- RICHARDS, R. E. y SMITH, J. A. S. (1951): *Nuclear magnetic resonance spectra of some acid hydrates.* «Trans. Faraday Soc.», 47, 1261.
- SEDLAK, B. (1968): *Nuclear magnetic resonance of iron-57 in hematite.* «Czech. J. Phys.», 18 (11), 1374.
- SLONIMSKAYA, M. V. y RAITBURD, T. M. (1965): *Structure of absorbed water in kaolinite and montmorillonite.* «Dokl. Akad. Kautk. SSSR», 162 (1), 176.
- SRINIVASA, R. A. (1968): *Carbon-13 nuclear magnetic resonance in calcite.* «Acta Phys.», 25 (1), 129.
- STONE, W. (1971): *Etude par resonance magnetique nucléaire des molécules d'eau adsorbées sur les argiles.* «Memorias 1.ª Reunión Hispano-Belga de Minerales de la Arcilla». Madrid, junio 1970 (en prensa).
- TARASCVICH, YU. I. (1964): *Nuclear magnetic resonance of the protons of water adsorbed on montmorillonite.* «Dokl. Akad. Kauk. SSSR», 156 (4), 926.
- TOUILLAUX, R. L. y FRIPIAT, J. J. (1967): *Characterization of micas by proton magnetic resonance.* «Proc. Colloq. Ampère», 14, 425.
- y SALVADOR, S. P., VANDERMEERSCH, C. y FRIPIAT, J. J. (1968): *Study of water layers adsorbed on Na- and Ca-montmorillonite by the pulsed nuclear magnetic technique.* «Israel, J. Chem.», 6, 337.
- TURQUEVICH, J., MACKAY, J. y THOMAS, W. H. (1961): *Some electron and proton resonance studies in heterogeneous catalysis.* «Actes 2e. Congr. Intern. Catalyse». Paris, 1960, 2, 1815.
- VAN. OLPHEN, H., SERRATOSA, J. M., STONE, W. y HOUARDY, J. (1971): *Intelayer water in vermiculite: Thermodynamic properties, packing density, nuclear pulse resonance and infrared adsorption.* «Discussion. Faraday Soc on thin liquid films, 1970» (en prensa).
- VAN MEERSSCHE, DEREPEPE, J. M. y LOBO, P. W. (1961): *Résonance protonique de $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.* «Bull. Soc. Chim. France», 12, 2217.
- y — (1962): *Résonance protonique de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ et $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.* «Bull. Soc. Chim. France», 5, 1035.
- VAN VLECK, J. H. (1948): *The dipolar broadening of magnetic resonance lines in crystals.* «Phys. Rev.», 74, 1168.
- VINOKUROV, V. M. (1969): *Magnetic properties of minerals and methods of studying them.* «Sovrem. Metody Miner. Issled.», 2, 7.
- WOESSNER, D. E. y ZIMMERMAN, J. R. (1963): *Nuclear transfer and anisotropic motional spin phenomena. Relaxation time temperature dependence studies of water adsorbed on silica gel.* «J. Phys. Chem.», 67.
- YANCEY, K. E. (1967): *Quadrupole splitting of the nuclear magnetic resonance spectrum of Al-27 in topaz.* «Virginia Polytech. Inst., Blacksburg. Va.».
- YOSHINORI, S., HISASHI, K. y KOZO, N. (1969): *Nuclear magnetic resonance of water of crystallization in autunites.* «Nipon. Kagaku. Zasshi.», 90 (1), 52.
- ZIMMERMAN, J. R., HOLMES, B. G. y LASATER, J. A. (1956): *A study of adsorbed water on silica gel by nuclear resonance technique.* «J. Phys. Chem.», 60, 1157.
- y BRITTON, W. (1957): *Nuclear magnetic resonance studie in phase systems: Lifetime of a water molecule in adsorbing phase on silica gel.* «J. Phys. Chem.», 61, 1328.
- y LASATER, J. A. (1958): *Nuclear magnetic resonance relaxation studies of adsorbed water on silica gel.* «J. Phys. Chem.», 62, 1157.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- ABRAHAM, A. (1961): *The principles of nuclear magnetism*. Oxford University Press. N. Y.
- ANDREW, E. R. (1955): *Nuclear magnetic resonance*. Cambridge University Press.
- BOBEY, F. A. (1969): *Nuclear magnetic resonance spectroscopy*. Academic Press.
- EMSLEY, J. W., FEENEY, J. y SUTCHIFFE, L. H. (1966): *Progress in nuclear magnetic resonance spectroscopy*. Pergamon Press.
- HARMEIN, M. (1963): *Etudes récentes de la structure de quelques minéraux à l'aide de la résonance magnétique nucléaire*. «J. Phys. Paris», 24, 753.
- LOESCHE, A. (1957): *Kerninduktion*. Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- MOONEY, E. F. (1968): *Annual Reviews of nuclear magnetic resonance spectroscopy*. Academic Press.
- PAKE, G. E. (1956): *Nuclear magnetic resonance in solid state physics*, vol. II. Academic Press, N. Y.
- POPLE, I. A., SCHNEIDER, W. G. y BERNSTEIN, H. I. (1959): *High resolution nuclear magnetic resonance*. Mc Graw-Hill, N. Y.
- ROBERTS, J. D. (1959): *Nuclear magnetic resonance*. Mc Graw-Hill, N. Y.

Recibido: 2-II-1971.

INFORMACION

Resumen de las actividades del IGME durante el tercer trimestre de 1971

MINERIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE PLOMO Y CINC EN EL SUR DE MURCIA

Se ha concluido la labor de campo correspondiente al estudio geológico a E. 1:10.000 de la zona Coto Fortuna-El Forestal (área de Mazarrón). Se está finalizando el estudio geológico de detalle del área de Cabo Tiñoso, (Escala 1:10.000). Actualmente se trabaja en los estudios de gabinete correspondiente a ambas zonas.

En lo referente a geología de minas, se ha terminado el estudio de Cantera Navidad, encontrándose actualmente en gabinete el análisis de los datos obtenidos en campo.

Por lo que respecta a los trabajos de geofísica, finalizaron los levantamientos de polarización inducida y los cálculos correspondientes. Se ha elaborado ya el informe de esta zona (Coto Fortuna-El Forestal), existiendo alguna anomalía de cierto interés.

Durante el trimestre se terminaron los sondeos S-25, a la profundidad de 48,25 m., a causa de un fuerte hundimiento; S-26, a 290,30 m., que entre 118 y 289 m., cortó múltiples indicios de piritita y barita, y algunos de blenda, todo ello en riodacita; S-27, que concluyó a 203,25 m., habiendo cortado sulfuros diseminados en caliza entre 172,60 y 195,65 m. El sondeo profundo SP-1, con el que se esperaba atravesar el paleozoico alpujárride y entrar posteriormente en mármoles de la serie filábride, cortó rocas volcánicas alteradas de tipo andesítico desde 167 m. hasta 388,50 m., profundidad a la que se dio por terminado, habiéndose atravesado una zona con mineralización de sulfuros entre 160 y 240 m.

El sondeo S-28 se encuentra actualmente a la profundidad de 110 m., con problemas en su avance a causa de hallarse en filitas. Ha cortado una zona mineralizada a 76 m de profundidad. Se han comenzado las labores de preparación del emplazamiento del sondeo S-29, encontrándose en fase de traslado y montaje el S-30.

En el laboratorio de Cartagena se han cortado 40 m. de testigo del sondeo S-9, que se han enviado a Madrid para su análisis. Se concluyó, asimismo, el corte de testigos mineralizados de aquellos sondeos que lo requirieron.

En los laboratorios centrales del IGME se han analizado químicamente 54 muestras de los testigos de los sondeos de este proyecto, con un total de 142 determinaciones.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE PLOMO Y CINC EN LA RESERVA DE AZUAGA (BADAJOZ) Y FUENTEVEJUNA (CÓRDOBA)

Ha continuado el estudio litológico en detalle de la formación de Azuaga con el fin de tratar de llegar a conclusiones sobre la condición sinsedimentaria o no de las metalizaciones de plomo. Parece confirmarse el origen hidrotermal y su localización en estratos de relativa competencia y, por tanto, menos plásticos que los no mineralizados.

Se está realizando un estudio geológico de detalle en Navalespino y en la llamada serie volcánica de transición, con el fin de interpretar correctamente los resultados positivos, que se manifiestan en anomalías geoquímicas, obtenidos en cuanto a plomo y cobre.

A finales de agosto se han recogido en la formación a que últimamente se hace referencia una serie de 1.072 muestras para determinaciones geoquímicas. Actualmente se procede al análisis espectrográfico de dichas muestras.

En las proximidades de Azuaga se ha profundizado hasta los 22,4 m. un pocillo de investigación que ha cortado una interesante estructura filoniana con cortejo de filoncillos secundarios, con galena abundante. Se presenta, además, diseminación de plomo en la roca de caja. Se trata del pocillo denominado Esperanza, que se continúa profundizando.

Se ha realizado el estudio de los testigos de los sondeos perforados en Las Californias y se ha iniciado el correspondiente al sondeo ya finalizado, sobre filón paralelo al que se investiga en el Pozo Esperanza.

Una serie de calicatas, algunas de ellas con resultados positivos, en la zona de Azuaga, completan el conjunto de trabajo de campo realizado en el trimestre.

Ha proseguido por el departamento de Geoquímica el estudio y entrega de información relativa a la especialidad.

Es destacable la aparición de cierto número de anomalías en relación con cobre. Afecta la mineralización cuprífera,

cuya importancia económica será objeto de trabajos sucesivos, a la antes citada serie volcánica de transición en los parajes denominados Hondalizo, Juanita y Navalespino.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE PLATA
Y ORO EN HIENDELAENCINA

Se ha continuado la prospección sobre el filón Rico, que ha seguido dando resultados positivos, habiéndose reconocido una longitud aproximada de unos 700 m. Este filón mantiene la misma dirección media que en las inmediaciones de la falla A. Para su reconocimiento se han hecho 12 calicatas y se han acondicionado un pozo y dos galerías, a ambos lados del río Bornova, más antiguas que las de explotación de la mina Santa Teresa, habiéndose visto en estas últimas labores que el filón presenta características similares, de dirección y buzamiento, a los metros próximos a la citada mina.

Se concluyó un sondeo en los filones Diógenes, siendo su resultado negativo al no haberse podido efectuar ningún reconocimiento de dichos filones.

Se ha programado una campaña intensiva de sondeos en el filón Rico, habiéndose hecho uno de ellos durante el mes de agosto en dirección inclinada 30°; a la profundidad de 92 m. se cortó el filón cuya traza se había determinado en una de las calicatas en superficie. A la vista de tal resultado se ha colocado otro sondeo con una inclinación de 30° y sobre el mismo plano vertical que el anterior, con objeto de cortar el filón a 320 m. de profundidad, correspondiente a la de máxima riqueza en plata de la vecina mina Nochebuena. En estos momentos el sondeo ya se encuentra a plena marcha.

Además, dentro de la misma campaña se han colocado otras dos máquinas más sobre el mismo filón, de las cuales una de ellas ha terminado ya su trabajo, habiéndose perdido el testigo en una zona muy rota que posiblemente coincida con el filón, ya que la profundidad esperada era la correspondiente a dicha zona. Este sondeo se ha terminado a la profundidad de 147,70 m. y la de la zona correspondiente al filón era de 112 m. Otra de las máquinas hizo el sondeo denominado SR-3, que concluyó a 198 m., después de cortar barita a 47,52 m. y una zona descompuesta, posible filón, a 173,80 m.

Se ha seguido la prospección por medio de bateas en la zona de río Hondo, habiéndose cogido unas 200 muestras de aluviones.

Por lo que se refiere a labores mineras, se ha realizado durante el mes de septiembre un socavón sobre un filón de cuarzo situado en la ladera oeste del barranco de Alcorlo, que aflora unos 40 m. sobre el nivel del río y que presenta algunas mineralizaciones metálicas. Se ha hecho un avance de unos 5 m., con una sección de 2 x 1,50 m. También se han efectuado 8 ó 10 pocillos de 4,50 m. de profundidad media en la zona del filón Rico para poderlo reconocer mejor.

A los laboratorios del Instituto se han enviado 35 muestras para su análisis, determinándose oro, antimonio, cobre y plata en varias de ellas. Como dato interesante diremos

que una muestra tomada en el socavón del barranco de Alcorlo dio 0,013 por 100 de antimonio y 436 g/T. de plata, razón por la que se decidió la ejecución de dicho socavón.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE PLOMO
Y CINC EN LA RESERVA DEL VALLE DE ALCUDIA
(CIUDAD REAL)

Durante este trimestre ha continuado el trabajo de gabinete consistente en la confección de fichas, columnas litológicas de sondeos e informes parciales sobre determinadas zonas de interés, con objeto de solicitar ocupaciones temporales de terreno a la Dirección General de Minas o en preparación para el informe anual de aquella donde se han realizado los sondeos previstos para el proyecto.

En el aspecto geológico se han efectuado recorridos de campo, al objeto de hacer comprobaciones de la cartografía ya realizada y se han ido cartografiando con detalle las zonas seleccionadas para su investigación en el año actual.

En Geofísica y Geoquímica se han continuado los trabajos de campo y se procede a la interpretación de resultados en las áreas prospectadas.

Se ha continuado el reconocimiento de diversos socavones y pequeños pozos visitables y la excavación de calicatas en diversas zonas.

Se han realizado tres sondeos núms. 16, 17 y 18, este aún no terminado, con una longitud total perforada de 416 m.; el primero cortó pequeñas mineralizaciones de galena a 76,75, a 85,25 y a 152 m. Los dos segundos se situaron en la Jarosa, el número 17 cortó un filón que puede tener interés entre 141,40 y 135,52 m.: la investigación ha quedado centrada en esta zona por presentar una red filoniana y por los resultados obtenidos en las prospecciones geofísicas y geoquímicas allí realizadas y a la de La Matanza por su posible interés en vista de las observaciones geofísicas y geoquímicas.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE PLOMO
EN MAZARAMBROZ (TOLEDO)

La labor realizada ha consistido en la recopilación de datos, confección de documentación base y reconocimiento geológico-minero general de toda la provincia, con especial atención a los indicios de toda clase de sustancias dentro del perímetro de la reserva.

Especialmente, éstos se agrupan en cinco zonas de la provincia.

Zona de Mazarambroz (Reserva), con indicios de Cu, Pb y grafito.

Zona de Madridejos, con indicios de Pb y barita.

Zona de Almorox, con indicios de Cu y Pb.

Zona de Sevilleja de la Jara, con indicios de Sn, Au, Cu y Pb.

Zona de Valdeverdeja, con indicios de Pb y Fe.

En la zona de Mazarambroz existen indicios de plomo y grafito, que parecen guardar cierta relación con una supuesta

INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE HIERRO
EN SIERRA BLANCA (MÁLAGA)

Se han iniciado los trabajos topográficos necesarios para el posterior replanteo de las anomalías aeromagnéticas.

INVESTIGACIÓN DE MINERALES DE NÍQUEL
EN LA SERRANÍA DE RONDA

Han comenzado los trabajos topográficos para la iniciación de los estudios posteriores.

AGUAS SUBTERRANEAS

PROYECTO PILOTO DE UTILIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR

Se han ejecutado doscientos cincuenta metros de sondeo, con toma de testigo continuo a la vez que se ha llevado a cabo el control de 378 pozos testigos en la zona. Se han efectuado 24 tomas de muestras de aguas en el río Guadalquivir para su análisis químico.

Se han realizado estudios edafológicos del suelo, investigación de nuevas técnicas para el desarrollo de sondeos y realización de modelos hidrogeológicos en la vega de Granada en colaboración con la empresa Meta de Estados Unidos.

Se trabaja en la redacción del Plan General de Colonización en la zona regable y saneamiento de la de Almonte-Marismas con informe para captación de aguas y en la redacción y edición final del Informe de Proyecto.

Se está preparando un Seminario Internacional de Hidrogeología en Granada.

PROYECTO DEL MAPA HIDROGEOLÓGICO NACIONAL
A ESCALA 1:1.000.000

Se ha entregado para su publicación los originales de los mapas hidrogeológicos y de escorrentía total.

Asimismo se ha publicado ya el mapa de síntesis de sistemas acuíferos, en donde se delimita, define y evalúa las potencialidades de los principales acuíferos de la nación.

Paralelamente a ello continúan los trabajos de inventario para lograr un mejor conocimiento de los acuíferos de las cuencas del Duero, Ebro, Júcar y Baleares. Continúa el trabajo para la confección del archivo de puntos acuíferos habiendo totalizado en este trimestre 2.700 puntos.

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA COMARCA
DE CAZORLA-HELLÍN-YECLA

Se han cartografiado geológicamente 300 km.² a escala 1:50.000, lo que eleva a 4.500 km.² la superficie cartografiada.

zona de fractura (reflejo de un accidente de zócalo) donde se encuentran en contacto mecánico las migmatitas precámbricas de los Montes de Toledo y el Terciario del Valle del Tajo: más al Sur, los indicios de cobre y plomo aparecen asociados, al menos espacialmente, con otro accidente tectónico que pone en contacto a las migmatitas y los granitos de la zona de Mazarambroz, donde también se sitúan los afloramientos paleozoicos más septentrionales.

En la zona de Madridejos las mineralizaciones van asociadas a formaciones carbonatadas cámbricas y su morfología parece estratiforme; ambas características prestan interés a estos indicios.

En la zona de Almorox, al NO, de la provincia, se consideran de escaso atractivo los indicios filonianos en granito, tanto de minerales de plomo como de cobre.

En la de Sevilleja de la Jara, el SO. de la provincia, se encuentran también indicios de cobre y plomo, en fracturas de dirección N. 60° E. cuya importancia es muy dudosa; pueden tener interés en cambio los de estaño, oro y cobre de Campillo de la Jara, Nava de Ricomalillo y Aldeanueva de San Bartolomé.

En la de Valdeverdeja, por el momento no se concede gran interés a los indicios de plomo, piritita y hierro.

En conclusión, en esta primera visión general de la provincia de Toledo se consideran como de mayor interés las mineralizaciones de plomo, asociadas al gran accidente tectónico de Mazarambroz, y las de la misma sustancia que aparecen en la formación carbonatada cámbrica de Madridejos.

INVESTIGACIÓN DE HIERROS EN EL SUROESTE

Se llevan estudiadas un total de 17 zonas por magnetometría, habiéndose detectado anomalías interesantes en las zonas de la Parrilla, La Bóveda, La Valera y Catalina la Grande, todas ellas en la provincia de Badajoz.

Se está confeccionando actualmente todo el informe final de la geología minera de la reserva.

En las zonas anteriormente mencionadas y a la vista de los resultados obtenidos se está programando la ejecución de sondeos de reconocimiento que permitan valorar el verdadero interés de la zona.

INVESTIGACIÓN DE HIERROS EN LA RESERVA DE VIZCAYA

Se ha terminado la recogida de información de toda la reserva y se confecciona actualmente el correspondiente informe. El plano de concesiones de la zona «Bilbao» ha sido terminado y el de la zona de «Supuerta» lo será en breve.

SONDEOS EN EL COTO WAGNER (PONFERRADA)

Ha terminado el reconocimiento programado mediante ocho sondeos con los que se han perforado un total de 2.958,65 m., habiéndose ejecutado igualmente el estudio y análisis de los mismos. El informe final se encuentra actualmente en ejecución.

da por el estudio. Asimismo se han cartografiado hidrogeológicamente 1.500 km² a E. 1:100.000 totalizando en el momento presente 18.000 km.² la superficie cartografiada.

En este trimestre se han inventariado 850 puntos de agua.

Ha finalizado la campaña geofísica en los Llanos de Albacete con 220 sondeos eléctricos verticales. Igualmente se ha verificado la testificación geofísica en todos los sondeos realizados en este estudio.

Se han efectuado tres bombeos de ensayo para determinar las características hidráulicas de la formación Chorro (Dogger). Dentro de la hidrología superficial se han equipado 14 surgencias o manantiales de las formaciones acuíferas de entidad regional, para facilitar la campaña de aforos sistemáticos que el estudio realiza en la red hidrométrica.

La labor más importante que el proyecto ha llevado a cabo en este trimestre es la campaña de sondeos de investigación, piezométricos y de preexplotación. Se han realizado tres de investigación, siete piezométricos y nueve de preexplotación. Los resultados obtenidos son bastante alentadores ya que los sondeos de preexplotación que interesan la formación Chorro, han dado caudales muy elevados del orden de 150 l/sg. con depresiones mínimas del orden de 1 a 10 centímetros.

PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL CAMPO DE NÍJAR (ALMERÍA)

Dentro de la provincia de Almería se ha iniciado el estudio de los acuíferos del Campo de Níjar, en donde se presentan problemas de sobreexplotación.

La finalidad última de este estudio es poder establecer unas normas técnicas de la explotación de estos acuíferos. Hasta la fecha, y para cumplir estos fines, se han inventariado 250 pozos y manantiales, se han cartografiado hidrogeológicamente 324 km.², se han nivelado 167 pozos y realizado 36 ensayos de bombeo, así como 98 sondeos eléctricos verticales y analizado las aguas de 120 pozos.

Se han perforado sondeos de investigación con un total de 1.000 m. En la actualidad se está estableciendo el balance hídrico de la zona y está en ejecución un tercer sondeo de investigación.

GEOTECNIA

INVESTIGACIÓN DE YACIMIENTOS DE YESO, ZONA DE LEVANTE

Ha continuado el trabajo de campo con la ejecución de sondeos en las 10 zonas que a continuación se indican y que se han considerado como principales:

Soneja, Almansa, Cofrentes, Puerto de Cárcel, Elda, Villena, Benejuzar, San Miguel de Salinas, con un total de metros lineales de sondeo ejecutado de 173,45 m. finalizando la campaña el mes de agosto.

Se han seleccionado las muestras para su análisis químico y mineralógico, que se realiza en la actualidad.

MAPA GEOTÉCNICO GENERAL E. 1:200.000, HOJA DE MADRID

Se ha proseguido en este trimestre el trabajo de campo, cartografiando las distintas formaciones de suelos y llevando a cabo la toma sistemática de muestras.

Se ha cubierto la superficie de las Hojas E. 1:50.000 comprendidas dentro de la Hoja 5-6 de Madrid E. 1:200.000 siguientes. 17-24, 18-24, 17-23, 18-23, 19-23, 19-24, 20-23, 20-21, 20-22, 20-24, 19-21, 18-21, 18-22 y 17-22 (según división cartográfica militar).

Las muestras obtenidas se enviaron al laboratorio a fin de realizar los ensayos de identificación (límites de Atterberg y granulometría), también en algunos casos sulfatos, estando realizados ya los correspondientes a 291 muestras. El total de muestras a ensayar será de 700.

Actualmente quedan aún por realizar el estudio y recogidas de muestras de la Hoja 17-21, habiéndose iniciado en gabinete la ubicación de los puntos de toma de muestras y el estudio de los resultados facilitados ya por el laboratorio.

INVESTIGACIÓN GENERAL DE ROCAS. MAPA DE ROCAS A ESCALA 1:200.000, HOJA DE ELCHE

El objeto del trabajo es realizar el inventario de rocas industriales de la superficie de la Hoja de Elche a escala 1:200.000, que comprende parte de la provincia de Albacete, Murcia y Alicante

El trabajo se inició en el mes de abril con el estudio en gabinete de la documentación existente y la fotogeología de la zona. El estudio de campo se ha realizado entre el 15 de mayo y el 25 de julio, y ha consistido en la cartografía de las masas rocosas, establecimiento de columnas y cortes litológicos, toma de muestras para análisis y ensayos en número aproximado de 300, junto con la toma de datos de las cantidades existentes en la zona.

Los tipos de rocas que se han estudiado en esta Hoja son los siguientes: calizas y calizas marmóreas, arenas y gravas, margas, arcillas, yeso, ofitas, basalto, areniscas, tripoli y turba.

Durante este tiempo se ha ido confeccionado el estudio geológico, fundamentalmente en su aspecto litológico aplicado a las rocas industriales y se han establecido las fichas de cada yacimiento y explotaciones existentes con datos geológicos técnicos y estadísticos. El número aproximado es de 200.

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL POLÍGONO DE TRECANTOS

Este estudio tenía como finalidad realizar la cartografía geotécnica del polígono industrial y urbano de Trescantos para determinar las características tectónicas y capacidades portantes de los terrenos integrantes del polígono.

Las obras de reconocimiento efectuadas en dicho estudio fueron:

Sondeos mecánicos	40
Metros de sondeo	535
Penetraciones dinámicas	50
Metros penetración dinámicas	185
Calicatas	50
Metros de calicatas	150
Pocillos	22
Metros de pocillos	66

Se han analizado un total de 394 muestras con 2.950 determinaciones.

Los resultados se han sintetizado en un informe que comprende memoria explicativa, fichas de sondeos, fichas de penetración, resultados de laboratorio, climatología y meteorología y viabilidad de una presa.

GEOLOGÍA

PROYECTO DE CONFECCIÓN DE OCHO HOJAS GEOLÓGICAS MODELO A ESCALA 1:50.000

En la Hoja número 351 de Olvega, se finalizó la cartografía final de campo del Jurásico, Wealdico, Cretácico y Terciario que en un 80 por 100 se puede considerar como definitiva. Se comenzó el estudio del Triásico y Paleozoico con varios itinerarios generales.

En la Hoja número 159 de Bembibre se iniciaron los trabajos con objeto de conocer la geología regional y posteriormente se han establecido las series estratigráficas. Se ha completado hasta el 80 por 100 de la cartografía geológica.

En la Hoja número 175 de Sigües han continuado los trabajos de campo fundamentalmente en la zona Norte, habiéndose dado por terminado en la parte cubierta por el Terciario. En esta zona se está procediendo a realizar las correcciones de los diferentes cortes efectuados. Los trabajos

XVI Campamento de Geología, Bielsa 1970: Resultados obtenidos (*)

INTRODUCCIÓN

Durante los días comprendidos entre el 5 y el 23 de julio de 1970 se ha desarrollado el XVI Campamento para Prácticas de Geología «Bielsa 1970», organizado por la Cátedra de Geología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros e Minas de Madrid, bajo la dirección de su catedrático titular, don José María Ríos García.

Este año ha asistido al Campamento un total de 16 participantes: cinco titulados superiores de reciente graduación 11 alumnos procedentes de la Escuela Técnica Superior

(*) Por A. García Loygorri, F. Bodega Barahona, E. Fernández Vargas y J. Saenz de Santa María.

de campo se han extendido en un 70 por 100 de la superficie de la Hoja.

En la Hoja número 510 de Marchamalo se ha estudiado el Mioceno de las zonas Norte y Centro de la Hoja, para lo que se ha levantado 35 cortes estratigráficos con recogida de 150 metros. En los cortes que se consideró oportuno se hicieron estaciones de medidas de parámetros para cantos, con un total de 1.400 medidas de ejes. Con estos datos se calcularán índices de esfericidad, aplanamiento, etc., que puedan aportar conclusiones sobre características de las sedimentaciones.

En la Hoja número 910 de Caravaca se ha completado los cortes sedimentológicos de detalle del Jurásico y Cretácico. La cartografía se puede considerar prácticamente terminada en 7/8 partes de la Hoja. Se completará esta labor con un reconocimiento de los mejores yacimientos de macrofauna, para recoger y clasificar algunos ejemplares que nos permitan dataciones bastantes precisas.

En la Hoja número 908 de Montoro ha continuado la cartografía de la Hoja habiéndose terminado el trabajo de campo en un 80 por 100 de la superficie de la misma.

En la Hoja número 62 de Durango se ha cartografiado aproximadamente los 2/3 de la superficie de la Hoja que incluye el conjunto Wealdense del ángulo Suroeste, el Cretácico del Sur del Anticlinario, el conjunto de Triás y Cretácico del Este de Guernica y algunos recorridos por el Terciario.

Finalmente en la Hoja número 919 de Almadén de la Plata, se ha terminado un primer recorrido de toda la Hoja a través de numerosos itinerarios, en ocasiones bastantes dificultosos, lo que ha permitido en primer lugar, un conocimiento de las formaciones con cierto detalle, imprescindible, dada la carencia de restos fósiles. Se está trabajando en la diferenciación al máximo posible de los distintos horizontes. Se ha hecho el estudio de numerosas muestras en lámina delgada.

de Ingenieros de Minas de Madrid, de las Facultades de Ciencias de las Universidades de Madrid y Barcelona, y de la Universidad de Oslo (Noruega).

Elegida la zona de trabajo, prolongación de lo estudiado por Campamentos anteriores, se decidió que Bielsa (Huesca) fuera la base de operaciones, como centro más importante de la región, excluido el pueblo de Ainsa, más distanciado que aquél.

ZONA DE ESTUDIO. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y FISIográficas

Estando ya en curso, a cargo de Campamentos anteriores, el estudio geológico de la Hoja núm. 179 (Bielsa), situada

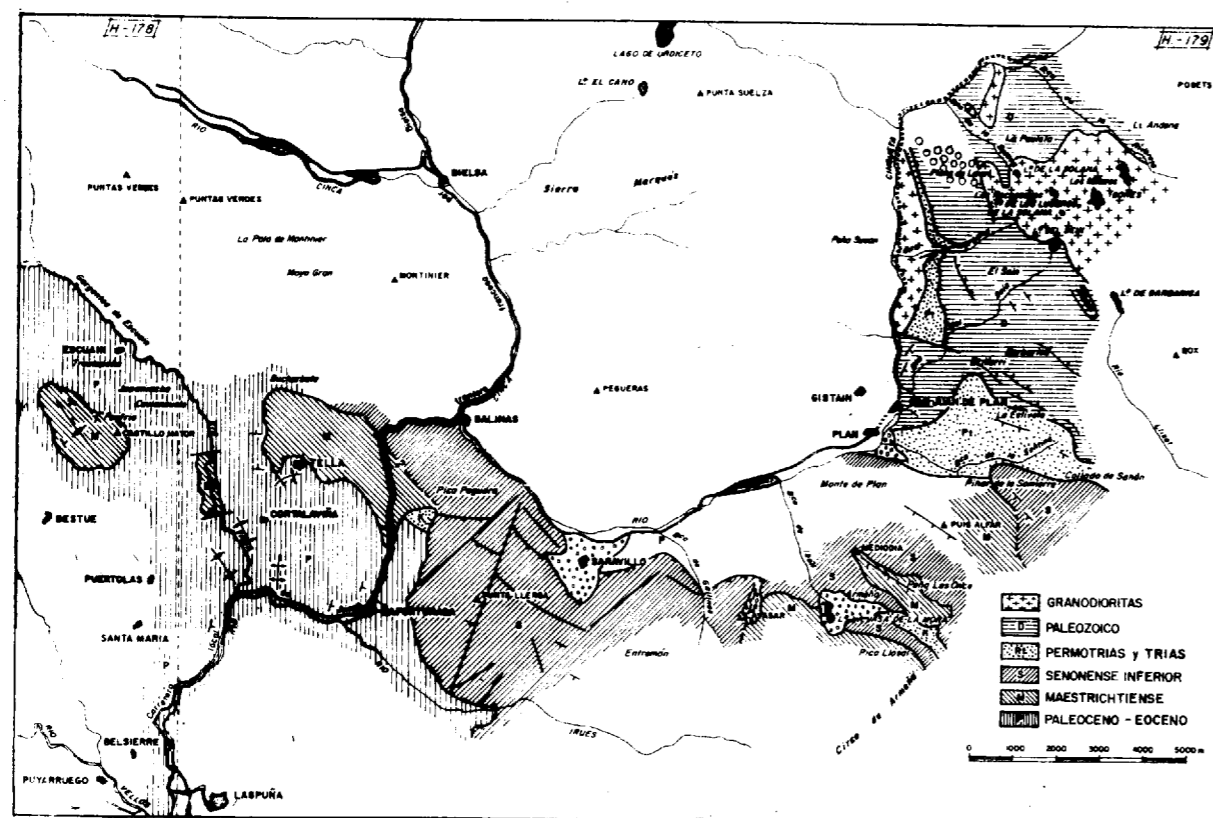
en pleno Pirineo oscense, se eligió como zona de trabajo para este Campamento, la franja que bordea con una anchura media de unos seis kilómetros, aproximadamente, la que fue lugar de prácticas en los años 1968 y 1969, que ocupa el cuarto noroeste de la mencionada Hoja

Sus límites quedaron establecidos como sigue: al Norte, el curso del río Cinqueta, desde el paraje Els Plans, sito en el borde septentrional de la Hoja, hasta su confluencia con el río Cinca, y prolongado hacia el Oeste por los escarpes

marcados siempre en una topografía muy accidentada, que una tectónica violenta y la erosión posterior han esculpido en esta región pirenaica, dando lugar a la aparición de los impresionantes picos y vertiginosas laderas, que a lo largo de nuestra estancia, todos pudimos admirar.

Así, la mole caliza de Castillo Mayor, con sus 2.123 metros de altitud; los escarpes de la Pala de Montinier, con 2.523 metros; las hoces del río Cinca, a su paso por las inmediaciones de los picos Peguera (1.484 m.) y San Mi-

BOSQUEJO GEOLOGICO COMPUESTO EN EL XVI CAMPAMENTO DE GEOLOGIA. BIELSA-1970



de Mallo Grau y la Pala de Montinier hasta las Gargantas de Escuin en el río Yaga; su otro límite estuvo formado por la línea que pasando por la divisoria de aguas entre el Cinqueta y el Esera, desde la collada de Eristé hasta la de Sahún, sigue por el vértice Casania; La Barana, pico Llosat; vértice Lavasar; pico Entremón, confluencia de los ríos de la Garona e Irués; curso de este último hasta su empalme con el Cinca; río Cinca hasta el pueblo de Laspuña; y desde allí hacia el Norte, por la línea de crestas Invillón, Mondoto, El Solano, y Castillo Mayor, dentro ya de la Hoja núm. 178 (Broto), hasta las Gargantas de Escuin.

El estudio de la zona ha resultado sumamente atractivo, por cuanto que a la variedad y complejidad de los problemas geológicos que planteaba, al incluir formaciones de edades muy diversas —paleozoicas, secundarias y terciarias—, se sumaban la belleza de los variados paisajes, en-

guel (1.329 m.); Punta Llerga y pico Entremón, imponentes masas calizas de 2.280 y 2.600 m., respectivamente; la Garganta del Cinqueta, en las proximidades de Saravillo, cuando su paso queda encajonado por las paredes calizas casi verticales de la Peña de Sin (1.661 m.) y de las estribaciones del Entremón, Lavasar (2.374 m.) y Medioldia (2.427); el cordal que este último vértice forma con la Peña Las Once (2.675 m.), todos ellos en formaciones preferentemente cretácicas y paleocenas. Y dentro del dominio paleozoico, los montes del Sein y la Barbarisa, que suben a cotas superiores a los 2.700 m. en la divisoria de las aguas del Cinqueta y del Esera; y, por fin, la mole granítica de Rechanzar y los Millares, en la que numerosos ibones duermen a alturas, en ocasiones, superiores a los 2.800 metros, rodeados por circos que alcanzan los 3.000 m. de altitud.

RESULTADOS OBTENIDOS

La zona objeto de nuestro estudio, cuyo carácter de reconocimiento general fue fijado desde un principio, ha comprendido una superficie de unas 16.000 hectáreas, en las que hasta ahora no se habían desarrollado prácticas por parte de los Campamentos, y que incluyen las más variadas formaciones geológicas.

En este Campamento han quedado definidas algunas de las líneas geológicas más importantes de la zona, con el establecimiento de varios de los rasgos estratigráficos y tectónicos más acusados. Por su parte, los estudios posteriores de laboratorio, tanto petrográficos como micropaleon-

de diques de lamprófidos que siguen una de las direcciones predominantes de diaclasas —N. 20° O—, con corridas hasta de 100 metros; además, y asimismo en forma de diques, hemos encontrado tonalitas (dentro del Paleozoico), pórfidos cuarzo-dioríticos (aflorando en el Paleozoico, en la subida por el barranco del Sein), pórfidos graníticos (no lejos del Hospital de Gistain).

En los confines de las manchas graníticas no es raro que la roca pase a ser una cuarzo-diorita, en la que se produce una asimilación parcial de la roca calcárea encajante, cuando existe, con enriquecimiento en Ca y Mg, y pérdida porcentual de Al y Na.

En cuanto a los terrenos paleozoicos —que junto con los afloramientos graníticos y permotriásicos integran la Zo-



Fig. 1.—Vista de los pliegues de La Ardana y de la Collada de Eristé.

tológicos, han permitido respectivamente la clasificación de una primera selección de rocas ígneas y metamórficas, procedentes de las áreas I y II, y la de las microfacies y contenidos en foraminíferos de las formaciones cretácicas, paleocenas y eocenas, que componen las áreas III, IV, y V, y la parte meridional de la II.

En el área I se ha delimitado el afloramiento granodiorítico de la zona de Los Millares, en contacto con el Paleozoico, y se han señalado algunas de las estructuras más aparentes que en este último aparecen.

La roca ígnea predominante es la granodiorita mencionada en la que sus componentes principales son plagioclasa (andesina), hornablenda, biotita, cuarzo y microclino, y constituye la mancha de Los Millares y el núcleo del anticlinal del Cinqueta, al Sur del Hospital de Gistain; aunque aparecen también distribuidos por este área, afloramientos más pequeños, dioríticos, en el barranco de La Solana y a ambos lados del Cinqueta, ya en el borde de la Hoja de Bielsa.

En el núcleo de Los Millares se puede observar una serie

na I—, se hallan constituidos en gran parte por pizarras de tonos grises oscuros, con brillo y piritita en cristales y agregados, que tiznan las manos cuando se tocan, entre las que se intercalan esporádicamente algunos lechos de calizas y de cuarcitas de poco espesor. En ocasiones las pizarras toman una pátina ocre originada por la oxidación de los sulfuros contenidos. Aunque durante las excursiones no se encontraron fósiles con qué datar esta formación, se ha atribuido al Gothlandés, en base a sus características litológicas, semejantes a las descritas en otros Campamentos referentes al mencionado Sistema.

En las proximidades de los granitos se observa claramente el metamorfismo de contacto que las ha afectado, dando lugar a la aparición de pizarras chiastólicas, de cuarzo-biotita-cordierita, corneanas, etc., pudiéndose apreciar en frecuentes ocasiones la presencia de cristales de andalucita y sillimanita. La existencia de áreas afectadas por este metamorfismo, de pequeñas dimensiones, aisladas y alejadas de los afloramientos ígneos, denota la proximidad de apófisis graníticas recubiertas.

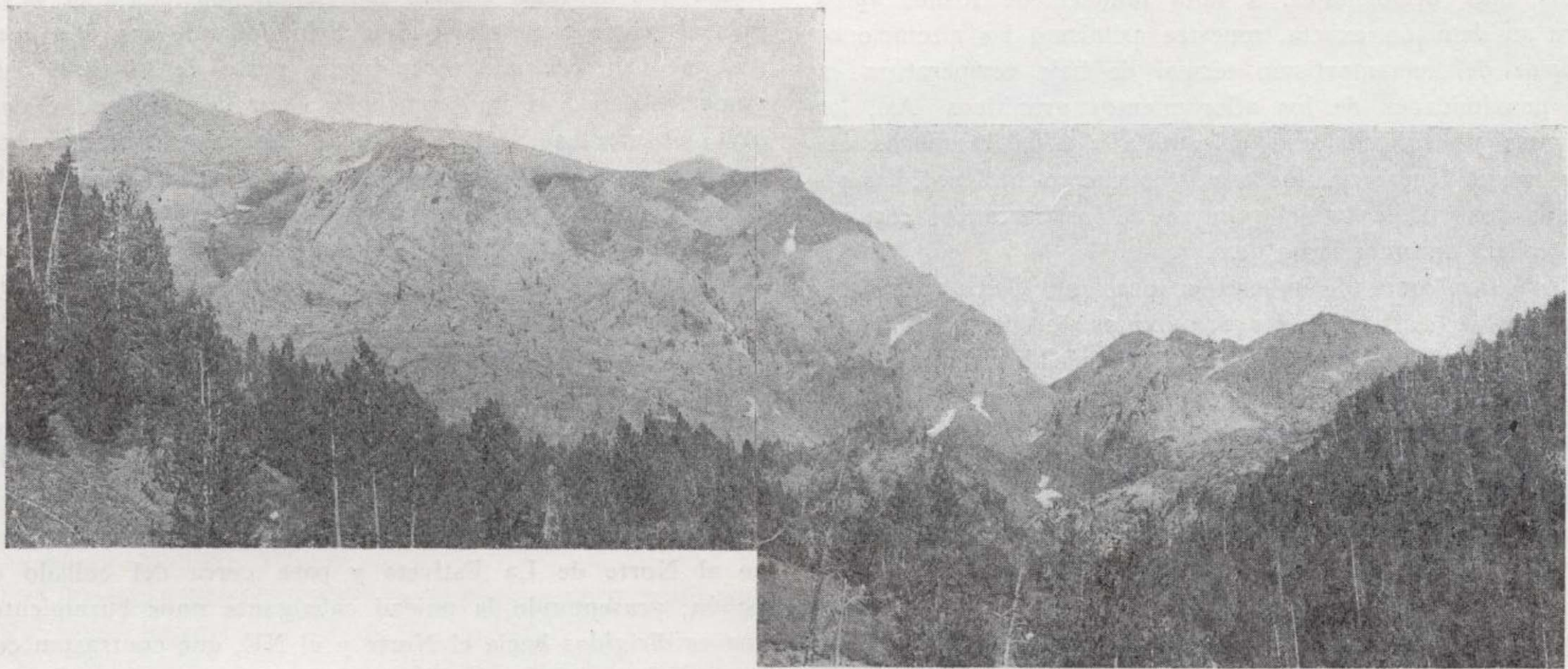


Fig. 1.—Vista de los pliegues de La Ardana y de la Collada de Eristé.

Aunque la potencia de la formación no debe ser exagerada, a todo lo largo de la falda Norte de Los Millares, desde el Cinqueta, no se observa entre la vegetación sino estas pizarras que sin duda deben encontrarse bastante replegadas, de acuerdo con la tectónica de pliegues tumbados isoclinales y corrimientos visible en toda la zona paleozoica de esta parte del Pirineo.

Al Sur de la mancha granítica de Los Millares, el Paleozoico muestra ya unas características diferentes, no solamente por el tipo de las pizarras, menos oscuras, a veces verdosas o rojizas, frecuentemente calcáreas, con restos de Crinoides y Briozoos, sino, sobre todo, por la presencia de importantes tramos calizas alternando con aquéllas.

Esta formación, que atribuimos al Devoniano, ateniéndonos a su facies, similar a la estudiada en años anteriores en áreas más occidentales, a falta también de fósiles aptos para su datación exacta, muestra asimismo las alteraciones propias del metamorfismo termal de baja temperatura en las proximidades de los afloramientos graníticos. Así, las pizarras y esquistos con chialtolita de los barrancos del Sein y del Huérbena, los esquistos cuarzo-micáceos, las pizarras con cordierita del primero de los barrancos citados, las calizas marmorizadas, etc.

Como acabamos de indicar, en ocasiones, las pizarras devonianas se hallan teñidas por óxidos de hierro, tomando unas coloraciones rojizas claramente visibles desde lejos; de este modo se presentan en la falda del monte El Sein, en el flanco inferior de una estructura dibujada por distintos paquetes devonianos, integrada por un pliegue acostado cuyo núcleo se halla constituido por una alternancia de calizas y pizarras que se cierra en la línea de crestas al Sur del lago del Sein, y cuyo plano axial presenta un buzamiento muy tendido hacia el NO.

Las calizas, de tonos oscuros y muy veteadas por calcita, son fácilmente observables en estas series. Así ocurre en las márgenes del Cinqueta, al Norte de San Juan de Plan, donde se hallan dispuestas en bancos potentes, a veces tableados, con potencia vista superior a los 250 metros. En el ascenso desde el collado de Sahún hacia la línea de crestas que sirve de divisoria entre los valles del Cinqueta y del Esera, y a partir del frente de cabalgamiento del Devoniano sobre el Permo-Trías, se observan unas areniscas cuarcíticas oscuras veteadas de calcita, sobre las que descansan unas calizas grises tableadas, con superficies de delizamiento —ambos conjuntos con potencia de pocos metros—, bajo un potente conjunto formado por las pizarras que hemos descrito antes. Estas alternancias de calizas arcillosas de tono gris oscuro y pizarras son también visibles a lo largo del barranco del Sein hasta alcanzar la formación rojiza de las cotas altas. En frecuentes ocasiones la alternancia se hace sumamente delgada, como ocurre en los contactos con los granitos cuando las bandas arcillosas y calcáreas se disponen en un fajeado muy fino, subrayado por la acción del metamorfismo de contacto.

Refiriéndonos a los trabajos de anteriores Campamentos en zonas próximas, el Devoniano —al que atribuimos provisionalmente los materiales que acabamos de citar—, se halla integrado en su tramo inferior por calcoesquistos que

encierran restos de lamelibranchios, braquiópodos y crinoides, esquistos margo-calcáreos con crinoides y briozoarios y pizarras arcillosas y arenosas; el tramo medio es eminentemente calcáreo, iniciándose con unas calizas tableadas oscuras con nódulos de pirita y finalizando con otras calizas, esta vez de tonos grises más claros, muy recristalizadas; finalmente, en el tramo superior aparecen unas alternancias de pizarras y calizas, en lechos de poca potencia, sin fósiles, sobre las que descansan unas pizarras arcillosas grises con tallos de crinoides, quedando coronado todo el conjunto por series de pizarras y cuarcitas de gran potencia, entre las que se intercalan algunas calizas recristalizadas de poco espesor.

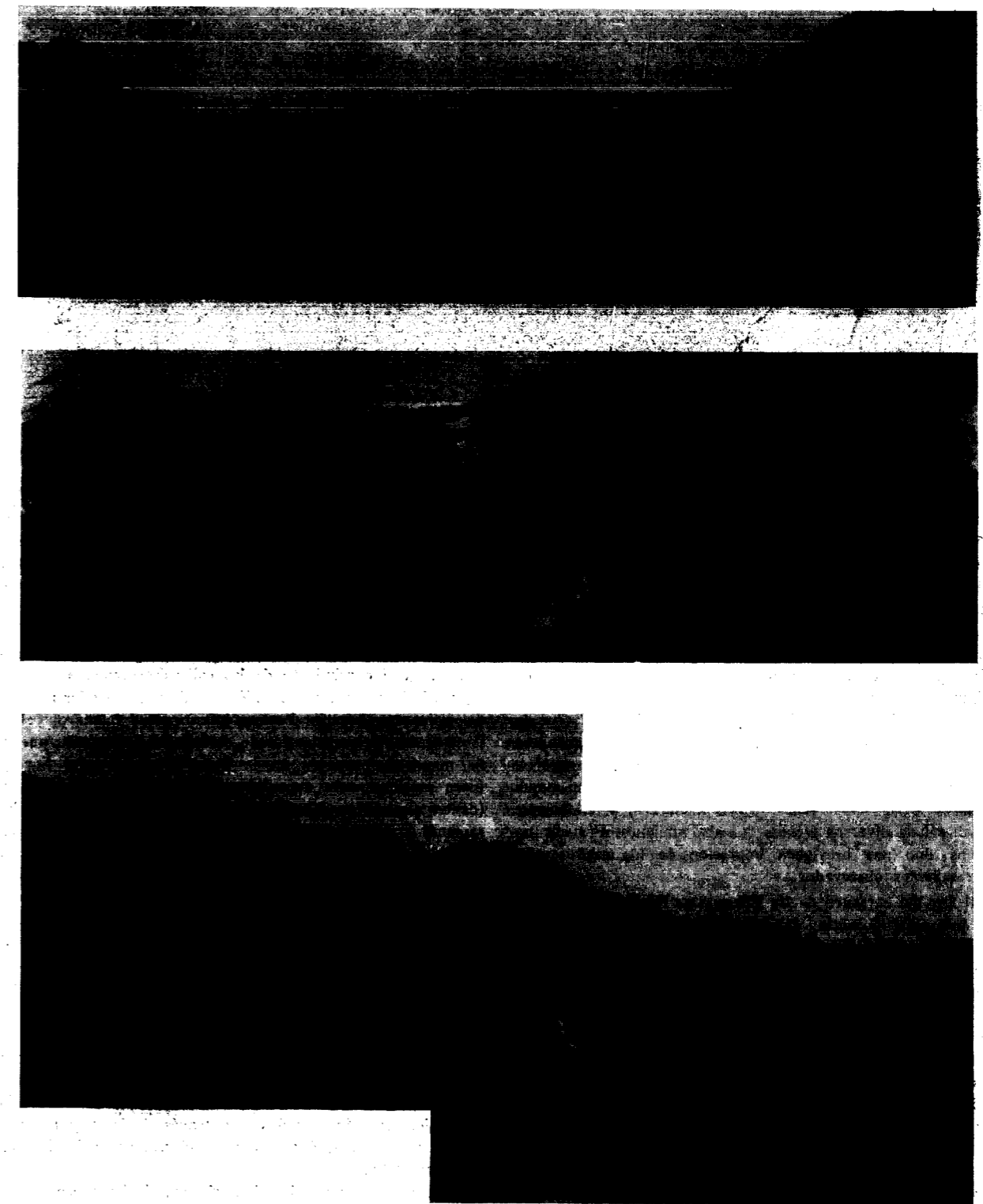
Desgraciadamente, el mal tiempo nos impidió concluir una de las excursiones previstas y proseguir el itinerario planeado que desde el collado del Sahún nos habría de llevar más al Norte hacia el lago del Sein, fallando con ello nuestro propósito de reconocer buena parte de la serie dada como «Paleozoico indiferenciado», por Misch, que constituye los montes del Sein y de la Barbarisa. Sin embargo, los caracteres litológicos observados a lo largo de los demás recorridos, que muy brevemente hemos expuesto poco más arriba, nos inducen a situar las series paleozoicas de las áreas I y II —aunque con carácter totalmente provisional, a falta de completar la información geológica en próximos Campamentos—, dentro de los tramos inferior y medio del Devoniano que acabamos de describir.

El rasgo tectónico más importante de estas dos áreas, junto con las intrusiones de origen ígneo, es el cabalgamiento del Devoniano sobre el Permo-Trías, que corre al Este de San Juan de Plan. Su frente de avance se reconoce al Norte de La Estiveta y pasa cerca del collado de Sahún, presentando la unidad cabalgante unos buzamientos suaves dirigidos hacia el Norte y el NE, que contrastan con los del Permo-Trías, subhorizontales o poco inclinados hacia el Sur.

En general, todas las estructuras que afectan al Paleozoico se encuentran gobernadas por la dirección de empuje del cabalgamiento, manteniendo sus orientaciones mayores dirigidas NO.-SE., con buzamientos hacia el NE.

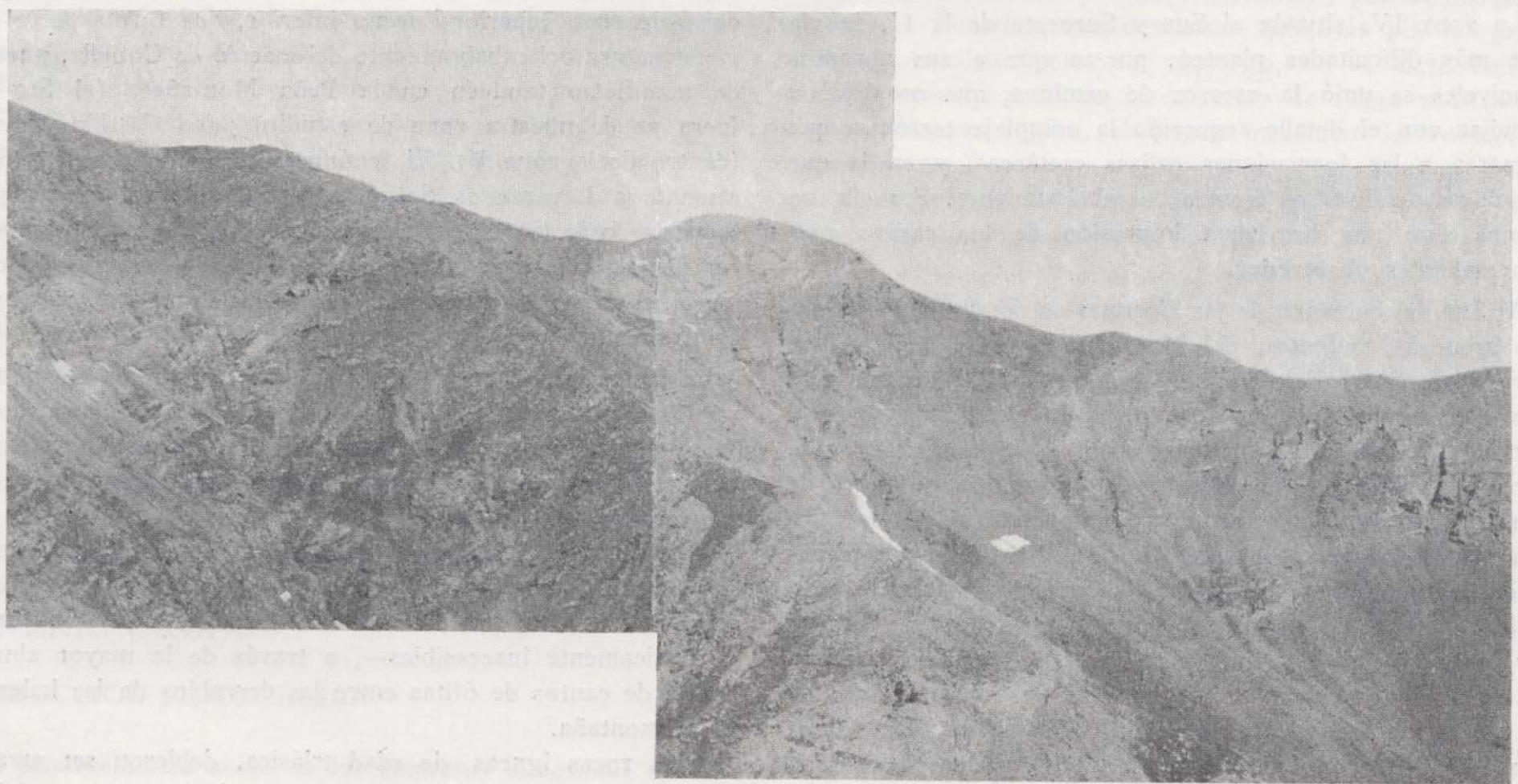
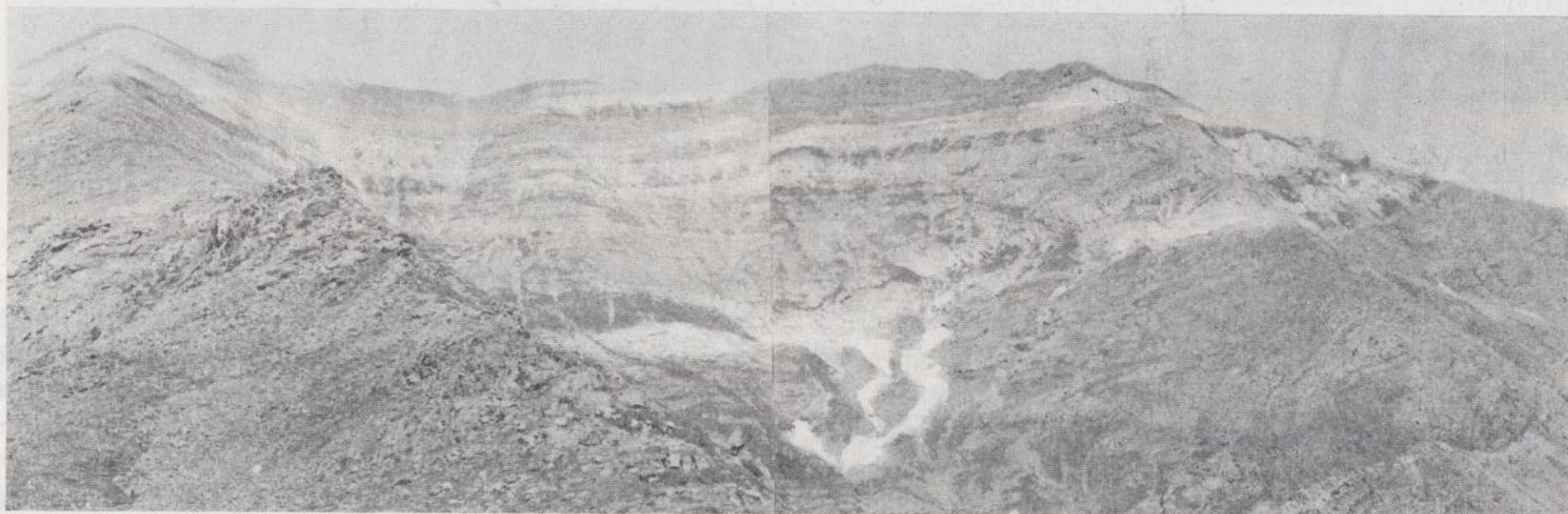
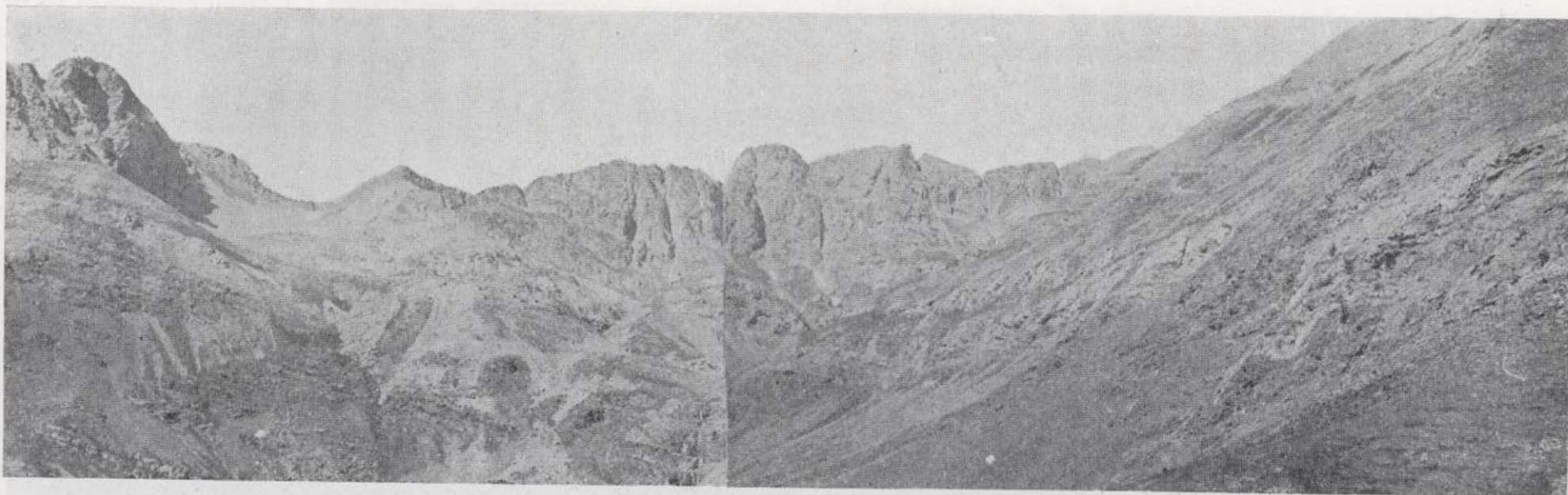
El contacto Devoniano-Permo-Trías queda también puesto de manifiesto en las márgenes del Cinqueta en las zonas I y II, en las que un anticlinal, que describe Misch, deja descubierto en su núcleo la formación granítica, recubierta en sus flancos por el Permo-Trías y todo el conjunto a su vez por el Devoniano. Este anticlinal queda roto, a la altura del barranco de La Poma, por una falla cuya brecha queda expuesta en la margen izquierda del Cinqueta, no aflorando ya los terrenos rojos permotriásicos hasta más al Sur de San Juan de Plan, cuando quedan liberados del cabalgamiento paleozoico.

El Permo-Trías de la Estiveta se encuentra formado por una alternancia de arcillas, margas y areniscas, generalmente micáceas, con los clásicos tonos rojizos que lo hacen fácilmente identificable. No se encuentran nunca alteradas por metamorfismos del granito con el que en ocasiones se hallan en contacto. Hacia el Sur, se halla en contacto mecánico con las calizas tableadas del Pinar de la Somierie, de



Figs. 2, 3 y 4.—Panorámica desde la subida al Lago del Sein, tomada a 2.000 m. de altitud y abarcando de NE a SE, desde Sein hasta La Barbarisa. Al fondo, granito que constituye la divisoria Millares-Sein.

En primer término pizarras. Entre el granito y las pizarras, pliegue acostado de calizas claras quizás devonianas.



Figs. 2, 3 y 4.—Panorámica desde la subida al Lago del Sein, tomada a 2.000 m. de altitud y abarcando de NE a SE, desde Sein hasta La Barbarisa. Al fondo, granito que constituye la divisoria Millares-Sein. En primer término pizarras. Entre el granito y las pizarras, pliegue acostado de calizas claras quizás devonianas.

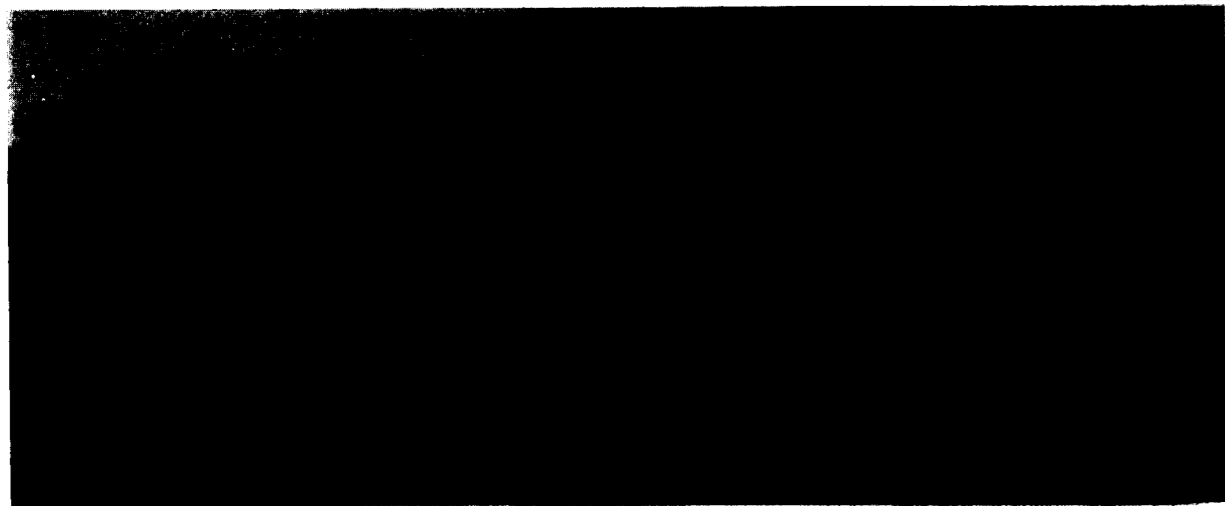


Fig. 5.—Vista parcial del pliegue de las pizarras rojizas y calizas blancas superiores paleozoicas (devonianas?) sitas entre los montes de Sein y la Barbarisa. Vergencia del pliegue hacia el N. O. Fotografía tomada a 1.600 metros de altitud.

edad senonense (Campaniense-Santonense). Aunque en este contacto los buzamientos medidos en las calizas van dirigidos hacia el Norte, en el barranco de La Sentina, en general parece que estos estratos, que se alinean NO.-SE., se hundan hacia el Sur. Así, al menos, se ha podido comprobar en la ladera Norte del barranco de las Coronas, en el crestón que sirve de abrigo a la Fuente Fría, y en el camino que desde el barranco del Vallón lleva al collado de Sahún.

La zona IV, situada al Sur y Suroeste de la II, fue la que más dificultades planteó, puesto que a sus abruptos desniveles se unió la escasez de caminos, que no dejaron estudiar con el detalle requerido la compleja tectónica que enmarca a las formaciones calizas cretáceas, y en la que Misch señala diversos frentes de cabalgamiento. Por ello no damos sino una brevísima impresión de los rasgos más sobresalientes observados.

Al Sur del barranco de las Coronas se desarrollan las calizas arenosas, potentes, del Maestrichtiense de Puig Alfà, coronadas por el Paleoceno. Más al Sur, y a cotas aún más elevadas descuella la corrida caliza de Peña Las Once y vértice Mediodía, de posible edad maestrichtiense, que, formando parte, según Misch, de la unidad alóctona de Armeña, cabalga sobre las formaciones anteriores que afloran más al Norte. A la caída de Peña Las Once y a levante del lago de Vasa de la Mora encontramos unas manifestaciones margosas del Triás, que suponemos hayan podido ser inyectadas en las superficies de despegue y deslizamiento en algún corrimiento. En general, las orientaciones de las series maestrichtienses de Puig Alfà y Peña Las Once, son NO.-SE., con buzamientos no muy pronunciados dirigidos hacia el Sur.

Al Oeste de la anterior, la zona III se halla también constituida preferentemente por calizas del Cretáceo Superior aunque aparece ya, cerca de la Carretera de Ainsa a Bielsa,

y de la de Bielsa a Plan, la formación margosa del Paleoceno superior-Eoceno inferior, que se extiende hacia el Sur-Suroeste. Dentro del primero, las muestras recogidas únicamente han permitido la diferenciación del Maestrichtiense en el Senonense, sin que, por esta razón se hayan cartografiado por separado los demás pisos de esta serie.

El accidente más importante, tanto topográfico como tectónico, es el corrimiento de las calizas senonenses que integran la imponente masa de Punta Llerga, sobre las margas del Paleoceno superior-Eoceno inferior, que forma parte de la estructura del cabalgamiento del macizo de Cotiella, puesta de manifiesto también en la Peña Montañesa (al Sur y fuera ya de nuestra zona de estudio) y en Castillo Mayor (dentro de la zona V). El fenómeno se puede observar claramente a Levante de Saravillo, donde afloran las margas terciarias bajo las calizas cretáceas, que presentan buzamientos dirigidos hacia el Sur, y en el contacto entre ambas formaciones al Norte y al Este de los ríos Irués y Cinca, respectivamente.

La inclinación poco pronunciada que muestran las calizas, cambia en las proximidades de la cima de Punta Llerga, donde se doblan invirtiendo el buzamiento e insinuando la existencia de un posible pliegue acostado, no comprobado en más puntos de la zona.

A lo largo del contacto del corrimiento se observa una serie de afloramientos ofíticos, de los que solamente se han señalado algunos, presumiendo la existencia de varios más —prácticamente inaccesibles—, a través de la mayor abundancia de cantos de ofitas entre las derrubios de las laderas de la montaña.

Estas rocas ígneas, de edad triásica, debieron ser arrasadas por los yesos del Keuper a través de las superficies de deslizamiento y las fallas consiguientes. Apoya esta hipótesis el hecho de que, según supimos por los vecinos de Saravillo, en la construcción del canal que desde el em-

balse de Plan llega hasta La Fortunada, discurriendo soterrado desde el primer pueblo citado por el borde del corrimiento, a favor del cambio de pendiente que éste provoca, se produjeron algunos levantamientos del terreno, ocasionados por la fluidez de las masas yesíferas que atravesó a su paso en diversas ocasiones. Como comprobación de lo que nos fue dicho, en la escombrera de la entrada del túnel encontramos yesos rojos y blancos del Keuper, que no alcanzamos a ver repetidos hasta el lago de La Vasa de la Mora y el kilómetro 25 de la carretera de Ainsa a Bielsa, junto a la central de San Marcial.

Las ofitas, sin embargo, vuelven a aflorar claramente en el kilómetro 28 de la carretera de Bielsa a Plan, y en la margen derecha del Barranco de Gallinés, donde se presentan en parecidas condiciones que en Punta Llerga, siguiendo la superficie de corrimiento.

La unidad cabalgada, formada principalmente por margas grises, figura datada por Misch como eocena, aunque en los estudios micropaleontológicos efectuados en Adaro, se le atribuye una edad Paleoceno-Eoceno inferior, sin poder precisar más a tenor de su contenido en foraminíferos, salvo en una muestra procedente del contacto occidental de Punta Llerga que ha sido situada dentro del Ilerdense. Como rasgo característico de esta serie hay que hacer notar su pizarrosidad que enmascara generalmente la verdadera orientación de los estratos en esta zona III, reconocida casi únicamente en las inmediaciones de la confluencia de los ríos Irués y de la Garona, donde se puede observar la superposición de las dos unidades tectónicas que, siendo de la misma dirección, muestran vergencias opuestas.

Finalmente, sólo cabe añadir que en la zona aparecen dos manchas cuaternarias de origen fluvio-glacial; una muy desarrollada, alrededor de Saravillo, y otra, bastante más reducida, junto a Lafortunada. En la mancha de Saravillo es de notar una cierta seriación de episodios morrénicos y fluviales, presentándose los primeros frecuentemente recalcificados, dando lugar incluso a pequeñas cavernas hasta de un par de metros cúbicos de capacidad.

La zona V se encuentra formada ya en su mayor parte por la formación margosa citada antes, aunque, no obstante, es también importante la representación del Maestrichtiense en Tella, Castillo Mayor y río Yaga.

Es frecuente en las margas su aspecto nodular y forman en esta zona pequeñas estructuras sinclinales y anticlinales, como las que se ven en las cercanías del curso del río Yaga, a Norte del Hospital de Tella, que se repiten sucesivamente. Sobre ellas se apoya en la parte Sur el flysch eoceno, constituido por alternancias finas de margas micáceas y areniscas margosas. Se observan en la carretera de Ainsa a Bielsa, al Sur del Hospital de Tella, y en la carretera de Puértolas a Escuaín, en las proximidades del collado de Custodia. El contacto entre la serie margosa y el flysch es gradual, por lo que no ha sido cartografiado en nuestros mapas.

En cuanto a las calizas maestrichtienses, como ya queda indicado, existen unos asomos en el río Yaga, de los cuales, el que se halla situado más al Sur, presenta sus estratos alineados NO.-SE., con buzamientos dirigidos al SO., estando limitado por fallas de dirección E-O. Más al Norte vuelven a aparecer estas calizas, en las que el mismo río ha abierto las abruptas Gargantas de Escuaín.

La cima de Castillo Mayor, formando parte del corrimiento ya mencionado del macizo de Cotiella se encuentra igualmente constituida por calizas maestrichtienses que, disponiéndose en una suave estructura sinclinal, cabalgan sobre las margas mucho más replegadas. Hemos podido observar fácilmente la superficie de corrimiento, en la que una banda de pocos centímetros muestra el producto de alteración y trituración de los materiales margosos y calizos, que toma un color oscuro, de aspecto, hasta cierto punto, carbonoso.

La última mancha maestrichtiense importante es la situada al Oeste de Tella, que queda enmarcada por las calizas senonenses de Punta Llerga, a Levante, y por las margas terciarias, a Poniente, que descansan cobijadas por las primeras. El cabalgamiento, sin embargo, no es claro entre los kilómetros 22 y 23 de la carretera de Ainsa a Bielsa, aunque, como es lógico, el origen mecánico del contacto Maestrichtiense-Eoceno no se debe poner en duda, quedando confirmado, por la frecuencia con que se producen en su entorno, fallas de dimensiones diversas.

Recibido: 27-X-71.

Noticias

MINERALURGIA

PRODUCCION SIDERURGICA

La producción de acero de las empresas integradas en la Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas (UNESID), servicio del Sindicato del Metal, ascendió en el mes de septiembre a 642.582 t., alcanzando así la producción acumulada de los nueve primeros meses del año la cifra de 5,56 mi-

llones de t., lo que representa, sobre iguales períodos del año anterior unos aumentos del 7,8 por 100 y 4,1 por 100 respectivamente.

Sin embargo, la producción más directamente relacionada con el mercado sigue siendo inferior a la cifra del pasado año. La producción de laminados en caliente, en acero equivalente, durante el mes de septiembre, según cifras provisionales fue de 548,282 t., con una disminución del 1,9 por 100 sobre la correspondiente igual mes de 1970, y durante

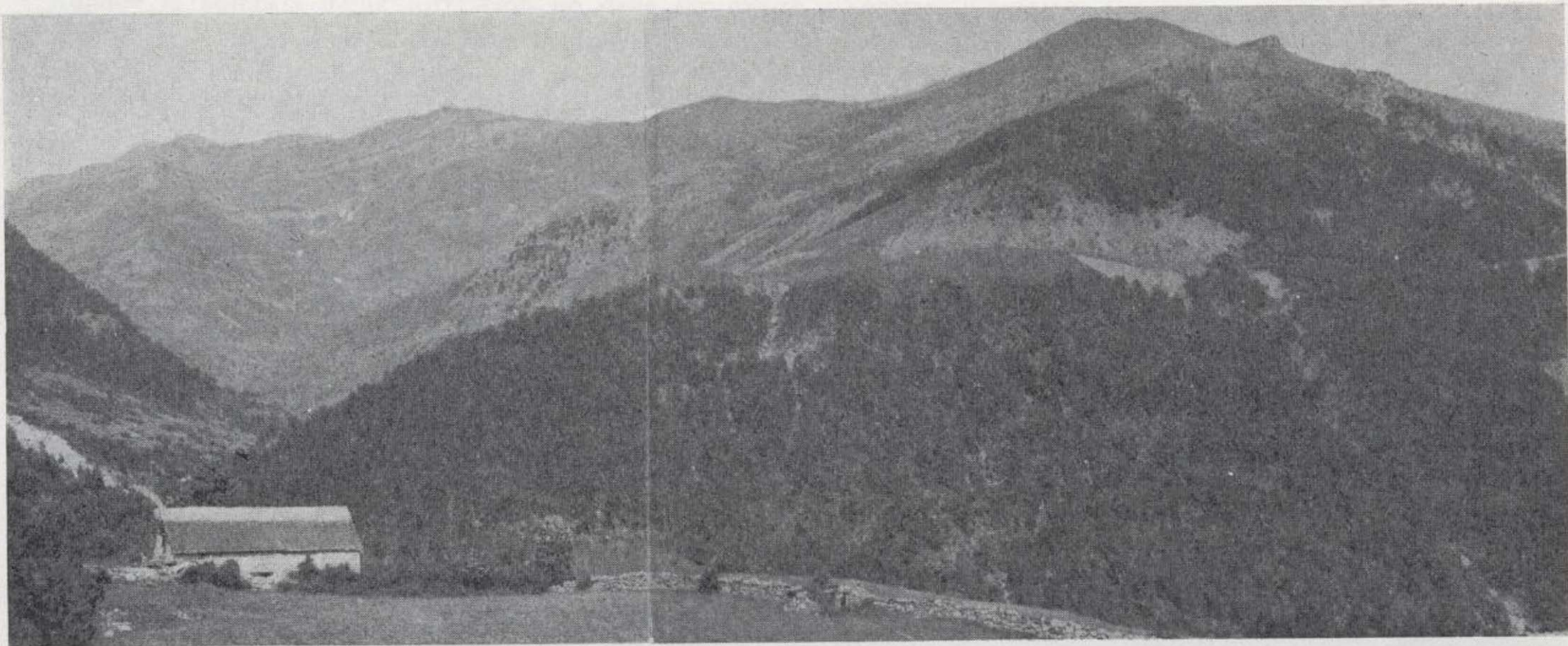


Fig. 5.—Vista parcial del pliegue de las pizarras rojizas y calizas blancas superiores paleozoicas (¿devonianas?) sitas entre los montes de Sein y la Barbarisa. Vergencia del pliegue hacia el N. O. Fotografía tomada a 1.600 metros de altitud.

los nueve primeros meses se produjeron un total de 4,97 millones de t., cifra inferior también, en un 2,5 por 100, a la de igual período de 1970.

MINERÍA

PLATINO EN AUSTRALIA

Se ha descubierto un gran yacimiento de platino en Australia occidental, a 1.000 km. al norte de la ciudad de Perth. Según los cálculos realizados, contiene alrededor de un millón de kilogramos de este metal. El mineral de dicho yacimiento contiene también níquel y oro. Se estima que la explotación del yacimiento mencionado producirá unos beneficios del orden de los 80,2 millones de \$ anuales.

HIDROLOGÍA

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO GENERAL DE LA PROVINCIA DE GUIPUZCOA

Há sido realizado el estudio de referencia, por el ingeniero del Instituto Geológico y Minero de España, don Jorge Porrás Martín. Consta de una Memoria y varios tomos de gráficos.

La Memoria, de 130 folios mecanografiados, se divide en los siguientes capítulos: 1. Introducción. 2. Esbozo geográfico. 3. Condiciones geológicas. 4. Climatología e hidrología superficial. 5. Hidrogeología. 6. Conclusiones.

En la introducción se trata de la metodología y fases del estudio.

En el esbozo geológico se analiza la orografía e hidrografía de la provincia, señalándose las características físicas, en más estrecha relación con la geología y la hidrogeología local. También se detallan las características demográficas de las distintas zonas de la provincia, destacándose el espectacular crecimiento de algunos pueblos que desarrollan a gran ritmo sus industrias.

En las condiciones geológicas, se describe la disposición general de las estructuras y se da un resumen de la estratigrafía y la tectónica de la provincia.

En el capítulo de climatología se analiza con detalle la pluviometría, disponiéndose de fichas perforadas, en las que se recogen los datos observados, de los que se deducen las cifras, que se reflejan en un mapa de isoyetas, que abarca el período 1954-55 hasta 1965-66. Se acompañan también gráficos de medias mensuales de lluvia en las distintas estaciones.

En el capítulo de Hidrogeología se destaca que los manantiales con mayor caudal provienen siempre de acuíferos calizos. Se destaca que no existen formaciones permeables extensas, explotadas metódicamente. Hay muy pocas obras de captación vertical. Se hace un estudio de las formaciones calcáreas arrecifales urgonianas, de las que se describen cinco,

señalándose los manantiales que las drenan y las obras de captación existentes o realizadas.

En las conclusiones se resumen las características hidrogeológicas de varias zonas naturales de la provincia, y se establece un programa de estudios para cada zona, según sean aquellas.

La parte gráfica del estudio es muy importante, presentándose un volumen de mapas y otro de gráficos. Aquellos son: geológico, geográfico, hipsométrico, hidrográfico, pluviométrico, de situación de puntos acuíferos, de obras de captación y geológicos locales, los gráficos son los perfiles de los ríos, la pluviometría anual y mensual de varias estaciones y fotografías, que en gran número hacen más claras las explicaciones geológicas o hidrogeológicas de la Memoria.

En otro volumen, se señalan todos los puntos de agua inventariados, con indicación de la hoja del M. T. N., en que se encuentran, coordenadas, caudal, temperatura y si se ha hecho análisis del agua. Se dan detalles de 194 puntos. Se recogen en gráficos Schoeler Berkolaff los análisis efectuados, así como los resultados obtenidos en los bombeos de ensayo realizados.

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA DEL DUERO (ZAMORA)

Se ha redactado el informe correspondiente a las fases 4.ª y 5.ª, del referido estudio, que fue iniciado en 1969.

Como datos básicos se cuenta con el registro de 1.295 puntos acuíferos, en fichas que podrán ser tratadas por ordenador electrónico, habiéndose podido establecer un primer mapa piezométrico de la zona.

El estudio se refiere a la superficie que abarcan las hojas del Mapa Topográfico Nacional núms. 269, 270, 271, 307, 308, 309, 340, 341, 369, 370, 397, 398, 426, y 427.

Se ha levantado un mapa de isoyetas y de evapotranspiración real, con datos del período 1942-1962.

Como es natural, se describe la geología de la zona del estudio, dedicándose especial atención a la estratigrafía y a la tectónica.

Para su descripción, se ha dividido el conjunto de la superficie estudiadas en varias zonas.

En la zona norte, el Paleozoico está formado por sedimentos cuarcíticos y pizarrosos, del Cámbrico y Ordoviciense, que presentan un proceso de erosión diferencial muy destacado.

Los sedimentos terciarios en contacto con el Paleozoico, ofrecen una facies de borde, atribuible al Mioceno inferior o medio.

La cuenca del río Tera se divide en dos subcuencas hidrogeológicas semejantes, pero de muy diferente interés, desde este punto de vista.

En la zona Orbigo-Esla-Cea, el Mioceno muestra una mayor selección en sus materiales. Los sedimentos son mayores con intercalaciones detríticas de un 5 a un 10 por 100 del espesor total, en los primeros 120 metros.

Se calcula que el espesor máximo del Mioceno no sobre-

pasa los 300 metros, en la parte oriental de la zona, que es la más profunda.

La facies de Villafafila, se caracteriza porque los sedimentos arcillosos están impregnados de sales, que restan todo interés hidrogeológico a los primeros 150 metros.

Se describen minuciosamente la estratigrafía del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, en la zona de Zamora capital, Toro y sur del Duero.

La estadística, como dijimos, se refiere a 1.295 puntos de agua, de los cuales 739 son pozos, de los que se poseen cortes litológicos de 504.

Los sondeos registrados son 546 (355 con columna litológica).

Dentro del área total estudiada se ha delimitado la zona en la que los sondeos cortan agua salobre, las varias zonas en las que los sondeos producen agua surgente y los sondeos que han alcanzado el Paleozoico.

Se recoge con todo detalle el historial del comportamiento de los sondeos, es decir, sus variaciones de caudal o de nivel a lo largo del tiempo, en que se vienen explotando.

El número de sondeos, sus caracteres hidrodinámicos y físicos, y sus rendimientos, se recogen en dos cuadros, refiriéndolos a las hojas del M. T. N.

Con todos los datos se ha podido redactar un capítulo en el que se ofrecen datos concretos sobre el número de acuíferos, en cada término municipal, con indicación de sus profundidades, características litológicas y rendimientos, es decir, caudales de explotación y posición de los niveles estáticos.

Se ha levantado el mapa en isopiezas, dibujándose éstas cada 20 metros, representándose desde la de los 700 a los 640 metros s. n. m.

Del referido mapa se deducen las naturales consecuencias sobre permeabilidad y drenaje de los acuíferos.

Se describen después los resultados hidrogeológicos de los sondeos de investigación perforados.

Como conclusiones finales, se detallan las zonas de la provincia, en las que cabe esperar mejores resultados, mediante captaciones, anticipándose cifras de caudales presumibles y características químicas de las aguas que se alumbren.

MAPA HIDROGEOLOGICO DE EUROPA

El 5 de octubre tuvo lugar en Krefeld en la Sede del Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen la reunión de la Subcomisión de mapas hidrogeológicos de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo.

A esta reunión asistieron representantes de los siguientes países:

Noruega, República Federal Alemana, España, Bélgica, Suecia, Holanda, Polonia, Italia, Hungría y Holanda.

El Sr. Richter (República Federal Alemana) distribuyó entre los asistentes un mapa de Turquía en escala 1:1,5 millones, compuesto por la Sra. Atuk, del Servicio Geológico de Ankara.

El Sr. Karrenberg (República Federal Alemana) presentó un mapa de la República Federal Alemana, en escala 1:1 mi-

llón, que se utilizará como base de la parte alemana de la referida Hoja.

El representante de España, Sr. Gálvez-Cañero, entregó la parte española de la Hoja B-5, de la cual es editor científico el señor Margat, acordándose que dentro del año 1972 esta Hoja se daría a la publicación.

El Sr. Gálvez Cañero añadió que tenían datos suficientes en el Instituto Geológico y Minero de España para componer la Hoja B-6 durante el próximo año, y que también estaban preparando un mapa hidrogeológico de toda España a escala 1:1.000.000. Entonces se requirió al Sr. Richter (República Federal Alemana) que tomara contacto con Marruecos y Argelia para obtener la colaboración de estos dos países para la edición de la Hoja B-6.

Como punto final se trató de nombrar editores científicos en las hojas cuya publicación se prevé para un plazo más o menos próximo, tomándose los siguientes acuerdos:

Hoja A-5, será editor científico el Sr. Gálvez Cañero. Tomará contacto con Portugal y requerirá de este país su colaboración para la publicación de esta hoja. Hoja A-6, se buscará un científico de Portugal. Hoja C-6, Sr. Manfredini. Hoja D-3, Sr. Egorov. Hoja D-4, Sr. Kolago. Hoja D-5, Sr. Szebényi. Hoja D-6, se buscará un científico de Grecia.

Se dio cuenta de que Grecia había editado un mapa hidrogeológico en escala 1:1.000.000. En cuanto a Chipre, se ha publicado un mapa de la misma clase, a escala 1:200.000.

SEMINARIO SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS

Durante los días 18 al 23 de octubre y patrocinado por el Gobierno Español y la FAO se celebró en Granada el anunciado seminario sobre aguas subterráneas, con la participación de personalidades destacadas de los ministerios de Agricultura, Industria y Obras Públicas, la FAO, así como miembros de la industria y la enseñanza. Es de notar que la aportación de participantes extranjeros fue también valiosa e interesante.

Los temas tratados se agruparon de la siguiente manera: Los embalses subterráneos, su alimentación natural y recarga artificial; Los recursos subterráneos, su evaluación y explotación; Utilización de los recursos en aguas subterráneas para el desarrollo agrícola y las necesidades domésticas e industriales; papel de los embalses subterráneos en la explotación óptima de los recursos; Utilización conjunta de las aguas superficiales y subterráneas.

Finalizó el seminario con una visita a la zona de actuación del Proyecto del Guadalquivir de Almonte-Marismas.

Es de destacar la activa participación en la organización del Instituto Geológico y Minero de España y de la FAO.

AGUA DULCE DEBAJO DEL SUELO MARINO

Científicos de la URSS han descubierto inmensas reservas de agua dulce debajo del suelo marino situado junto a la cos-

ta soviética del Mar del Japón. Este hecho fue dado a conocer por el profesor Igor Komarow, del Instituto de Estudios Geológicos de Moscú, señalando que a unos 200 metros de profundidad se encuentran cauces fluviales que corresponden a una zona que anteriormente fuera tierra firme. La disposición y naturaleza de estos cauces servirá de base para el estudio de la estructura geológica de aquel terreno hundido.

REUNIONES CIENTIFICAS

XVI COLLOQUIUM SPECTROSCOPICUM INTERNATIONALE

Del 4 al 9 de octubre se celebró en Heidelberg el XVI Coloquio Espectroquímico Internacional, con la participación de 32 países y 500 congresistas, entre los que figuraba como representación principal la española, con 16 miembros y tres acompañantes, del cual fue miembro de honor el Dr. Ing. López de Azcona. Se pronunciaron 11 conferencias plenarias y presentaron 200 comunicaciones, de ellas, seis de españoles.

La sección de aplicación de la espectroscopia a la geología, la presidió el Académico López de Azcona y en ella se tuvo una conferencia plenaria sobre análisis de materiales lunares y se dio cuenta de las comunicaciones siguientes: Influencia de los elementos base en el análisis espectral de minerales. Determinación del mercurio por emisión espectral en las rocas patrón de la U. S. G. S.: análisis espectroquímico de elementos raros en los silicatos; Separación química y determinación del grupo de las tierras raras en rocas y minerales; Interpretación geoquímica y estudio espectroquímico y al microscopio electrónico de dolomías del muschelkalk de la Cadena Ibérica de España; Método espectrográfico para la determinación del platino, paladio y oro en materiales geológicos; Análisis espectral semicuantitativo por emisión en arco de carbón, con un espectrógrafo de resolución elevada, en un instituto de mineralogía.

REUNION INTERNACIONAL EN LA SEDE DEL B. R. G. M.

En la Sede del B. R. G. M. (Orleans, Francia) y durante los días 12 y 13 del pasado mes de noviembre tuvo lugar una reunión de directores de los Centros Geológico-Mineros de Europa Occidental. Dicha reunión —en la que España estuvo representada por el director del I. G. M. E.— tuvo por objeto el establecimiento de futuros contactos entre dichos centros, para una investigación más coordinada.

PROGRAMA INTERNACIONAL DE CORRELACION GEOLOGICA

Se ha celebrado en París del 19 al 29 del pasado mes de octubre la Conferencia Intergubernamental de Expertos para

la preparación del Programa internacional de Correlación Geológica. España estuvo representada por el jefe de la División de Geología del I. G. M. E.

VI CURSO INTERNACIONAL DE HIDROLOGIA SUBTERRANEA DE BARCELONA

El curso va dirigido a graduados universitarios o de E. T. S., que en su momento deberán acreditar esta condición.

Duración: Del 12 de enero al 23 de junio de 1972.

Horario: Miércoles, jueves y viernes, de 17 a 21 h., las clases teóricas. Las clases prácticas y visitas se realizarán generalmente estos mismos días, aunque podrían tener un horario especial. Número de plazas: 25 participantes.

IV CURSO DE FOTOINTERPRETACION PARA GRADUADOS

Organizado por la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense para graduados universitarios o de E. T. S.

Se divide en dos ciclos. El I se refiere a técnicas, su utilización métrica, construcción de mapas y fotoplanos y metodología de la Fotointerpretación. El ciclo II es de especialización en diferentes técnicas y aplicaciones para los que hayan realizado el ciclo I.

Duración: Ciclo I: 18 de octubre a 6 de noviembre. Ciclo II: geología, 8 de noviembre a 20 de noviembre; geografía, 22 de noviembre a 4 de diciembre; edafología, 7 de febrero a 4 de marzo; arqueología, 6 de marzo a 18 de marzo; urbanismo, 3 de abril a 15 de abril.

El número de plazas estará limitado a 25 participantes

CURSO SOBRE CROMATOGRAFIA DE GASES

Organizado por el Departamento de Instrumentación Analítica de Philips Ibérica, y durante los días 10 y 12 del próximo mes de enero, se celebrará en Madrid un curso sobre Cromatografía de Gases.

El contenido de este curso está orientado principalmente al estudio de los fundamentos de la mencionada técnica, así como al planteamiento y resolución de los distintos problemas de carácter analítico con especial dedicación al campo de las explicaciones, siendo todo ello complementado con clases prácticas.

Las conferencias, que tendrán lugar en los locales de Philips de Madrid, en dicha fecha, correrán a cargo del doctor Gascó Sánchez, jefe de la Sección de Análisis Iónico de la Dirección de Química e Isótopos de la Junta de Energía Nuclear, Dr. Dabrio Bañuls, del Departamento de Análisis: Técnicos Instrumentales del Centro Nacional de Química Orgánica, y Sr. Gil Torner, del Departamento de Instrumentación Analítica de la firma organizadora.

VI CURSO DE HIDROGEOLOGIA «NOEL LLOPIS»

Organizado por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, el Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid y el Instituto de Geología Económica del C. S. I. C. se celebrará en Madrid del 11 de enero al 22 de julio de 1972 el VI Curso de Hidrogeología «Noel Llopis». Las clases se impartirán en horario de tarde en el Pabellón III de la Facultad de Ciencias (Ciudad Universitaria) y en el Servicio Geológico de Obras Públicas (Avda. de Portugal, 81).

El curso comprende unas ciento diez horas de clases teóricas, cuarenta horas de clases prácticas o de laboratorio y unas veinte horas dedicadas a la exposición de casos reales. En este conjunto no se incluyen las visitas a obras o laboratorios, ni las salidas al campo, ni las horas dedicadas por los participantes a realizar en su casa los problemas o ejercicios prácticos. Todos los participantes deberán realizar un informe o estudio hidrogeológico sobre un problema real cuyo tema deberá ser aprobado por la Comisión Docente.

En conjunto se estima que es difícil que un participante pueda superar las pruebas necesarias para la obtención del diploma con una dedicación inferior a quinientas horas; es decir, equivalente a unas veinte horas semanales de trabajo.

Las materias a explicar son las siguientes:

1. Disciplinas auxiliares:

Principios de Climatología, Principios de Mecánica de Fluidos, Principios de Hidrología de Superficie. Estadística Aplicada a la Hidrología.

2. Características del Flujo en Medios Porosos:

Propiedades de los Medios Porosos. Aplicación de la ecuación general de la continuidad y métodos de solución. Dispersión hidrodinámica. Hidráulica de pozos. Relaciones entre aguas superficiales y subterráneas. Intrusión de agua marina.

3. Caracteres Físico-Químicos-Biológicos de las Aguas Subterráneas.

Elementos de Química Hidrológica. Técnicas nucleares en Hidrogeología. Relaciones entre las características químicas y el medio hidrogeológico. Características biológicas de las aguas. Calidad del agua para distintos usos. Tratamiento de aguas. Contaminación de acuíferos.

4. Técnicas de Exploración Hidrogeológica regional:

Objetivos y métodos generales. Métodos geológicos. Exploración en diferentes ámbitos estructurales y litológicos. Exploración en regiones cársticas. Peculiaridades de la exploración en distintos climas. Cartografía hidrogeológica. Prospección geofísica. Sondeos mecánicos. Sistemas de inventarios de datos hidrogeológicos.

5. Exploración de acuíferos:

Balances hidrológicos. Modelos analógicos y digitales. Construcción de pozos y galerías. Recarga artificial de Acuíferos. Hidroeconomía. Legislación de Aguas. Introducción a la Ingeniería de Recursos Hidráulicos.

NUEVOS ORGANISMOS CIENTIFICOS COMUNITARIOS EUROPEOS

Uno sería el «Comité de Investigación y Desarrollo Europeo» (CERD), y otro la «Agencia Europea de Investigación y Desarrollo» (AERD). El CERD se encargaría de la planificación y programación de diversos proyectos científicos y la AERD de su realización. En esta nueva agencia AERD tendrían que fusionarse EURATM y las otras agencias científicas y atómicas actuales de las Comunidades Europeas. Entre los primeros problemas que tendría que abordar la nueva agencia se encuentran el control de la polución y la protección del medio ambiente.

ENERGIA

APLICACION DE LA ENERGIA NUCLEAR A LA INDUSTRIA DEL ACERO

Según el Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich, en la República Federal Alemana, se ha puesto a punto un proceso que permite aplicar la energía térmica de origen nuclear en la industria del acero. El proceso consiste en la gasificación de lignito por el calor obtenido en la central nuclear. Este gas puede sustituir con ventaja al carbón para los hornos altos, con lo que la industria del acero reducirá notablemente sus coste de fabricación, ya que la utilización del lignito se podrá realizar todavía durante bastantes años a precios competitivos. Se calcula que el proceso podrá iniciarse industrialmente para 1975.

CONSUMO DE URANIO

Se valoran en 525.000 t. de uranio natural el consumo de la Comunidad Económica Europea en los próximos treinta años, según el estudio realizado por una comisión de dicha organización internacional. Puesto que las reservas actuales de uranio de la Comunidad ascienden a 58.000 t., en dicho informe se indica que los países miembros deben intensificar su acceso a reservas de uranio extranjeras, especialmente en Africa. El país de la «Pequeña Europa» que posee actualmente mayores reservas de uranio es Francia, no sólo por las existentes en su propio subsuelo, de las que obtiene una producción anual de 1.600 t., sino por aquellas de que dispone en Africa, que suman 35.000 t., y que le permitirán elevar su producción ultramarina de las 500 t. actuales a unas 2.700 t. para 1975.

UN COMPLEJO QUIMICO DE ISLANDIA USARA FUENTES TERMALES

Islandia proyecta explotar sus fuentes termales como fuente principal de materia prima, más agua de mar y cal, para crear un complejo químico que producirá 250.000 toneladas

anuales de sal y cloruro de magnesio, cloruro de calcio, cloruro de potasio y bromo. La perforación de pozos ha sido iniciada en la península de Reykjanes, donde se hallan ubicadas las fuentes geotérmicas.

ENERGIA NUCLEAR EN EE. UU.

La capacidad de producción de las centrales nucleares construidas en EE. UU., tras la realización de un programa de inversiones que rebasó en conjunto los 120.000 millones de pesetas, ha pasado de 3 mills. kW/h. en 1968 a 7,5 mills. en 1970.

ENERGIA NUCLEAR PARA COREA

En 1975 deberá entrar en funciones la primera planta de energía nuclear de Corea, instalada en Ko-Ri, a 200 millas al Sudeste de Seul. El reactor, del tipo de agua a presión, será suministrado por la Westinghouse Electric Internacional desde los EE. UU. Los equipos eléctricos y auxiliares, por un valor de más de 72 millones de dólares, serán suministrados por compañías inglesas, incluyendo la English Electric-AEI Turbine Generators Ltd., que entregará el turbogenerador de 600 MW y 1800 v/min.

GEOCIENCIAS

COMPLEJO PETROQUIMICO EN LA ARGENTINA

Se están reestructurando los planes para establecer un complejo petroquímico en Bahía Blanca, Argentina, de forma que la inversión primaria será hecha por inversionistas argentinos privados.

Según fuentes oficiales, «Técnica y económicamente, el proyecto es sólido y apropiado para la Argentina, pues aprovecha los excelentes recursos petroquímicos naturales y la abundancia de materias primas de la Argentina.»

El interés minoritario en el proyecto de Bahía Blanca representa sólo una fracción de los intereses sustanciales que la Dow tiene en la Argentina.

La Dow tiene un interés de 25 por 100 en Atanor S.A.M., una fábrica argentina de productos químicos. Además la Dow es propietaria de una nueva planta para la producción de látex de estireno-butadieno, ubicada en San Lorenzo, provincia de Santa Fe, la que entró en funciones el año 1970. Cerca de Buenos Aires, Dow tiene también una planta de cáustico-cloro y agente de blanqueo. En La Plata, la compañía ha constituido y opera con un terminal marítimo para manejo de productos químicos a granel.

PLANTA DE MOLIBDATO AMONICO EN HOLANDA

La mayor planta de molibdato amónico de Europa será constituida en Rotterdam, Países Bajos, por la Climax Mo-

dlydenum Co., una división de la Amax de EE. UU. Tendrá una capacidad anual de 2,5 millones de kg. El proyecto y construcción de la planta están a cargo de Tebodin N.V. de La Haya. La nueva tecnología desarrollada en los laboratorios de Amaz en Michigan y Colorado, EE. UU., hallará aplicación en esta planta sumamente automatizada, que deberá entrar en funciones para mediados de 1972

OBTENCION DE MAGNESIO Y CLORO EN LOS EE. UU.

Mediante la evaporación solar y un sistema continuo de celdas electrolíticas, la firma NL Industries Inc. producirá 45.000 toneladas de magnesio y 80.000 toneladas de cloro partiendo de la salmuera del Gran Lago Salado, de Utah, EE. UU. En este proceso, se concentra a 7 por 100 la salmuera del lago, cuyo contenido en magnesio es algo inferior a 1 por 100. El cloruro anhidro de magnesio se alimenta en forma continua en el sistema electrolítico, donde se disocia en magnesio y cloro. El magnesio es extraído de las celdas y vacía en lingotes ya sea puro o aleado. El gas cloro producido por las celdas se licúa. En Rowley, Utah, se está terminando la construcción de una planta que aplicará este proceso.

NUEVA PLANTA PETROQUIMICA EN PUERTO RICO

La nueva planta de la Sun Oil Co. en Yabucoa, valuada en 120 millones de dólares, está elaborando crudo para la fabricación de productos comerciales. Está terminándose la construcción de la unidad de aceite lubricante, como segunda etapa del complejo petroquímico. Pronto quedará terminada la tercera etapa, que es la construcción de un puerto artificial, con un costo de 14 millones de dólares, capaz de acomodar barcos hasta de 70.000 toneladas.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

AMPLIFICADOR PARA SELECCIONAR SENALES SISMICAS

Un nuevo amplificador forma el corazón de un sistema sísmico de datos que recibe, amplifica instantáneamente y registra las señales eléctricas a través de una escala dinámica en exceso de 144 decibelios. Su fidelidad elevada es capaz de detectar señales débiles de ruidos de fondo. Una utilidad evidente del sistema está en la prospección petrolera.

PERFORACION DE TUNELES

En el Instituto de Investigaciones sobre Ferrocarriles de la Empresa Nacional de Ferrocarriles de Japón se ha

ideado un máquina taladradora para la perforación de túneles, basada en el mismo principio de la pistola de agua. Con esta máquina se puede producir un chorro de agua a una presión de 7.000 atmósferas, capaz de destruir rocas y piedras de cualquier tamaño y grosor. La máquina tiene un metro de longitud y un peso de 300 kg. y, según indican sus constructores, se puede obtener con ella un ahorro sustancial de mano de obra y mayor seguridad en el trabajo de perforación que con los métodos convencionales.

SEPARACION DE NITROGENO Y RECUPERACION DEL HELIO EN EL GAS NATURAL

Un proceso a temperatura baja, desarrollado por la firma Messer Griesheim GmbH, Frankfurt/Main, reduce el contenido en nitrógeno de gas natural de 14 por 100 a cerca de 2,5 por 100. En un método de destilación a dos etapas, se licúan el metano y los hidrocarburos pesados, mientras el nitrógeno permanece en estado de gas. El dióxido de carbono permanece constantemente disuelto, por consiguiente, no se requiere equipo de purga para su extracción.

El mismo proceso recupera el 85 por 100 del contenido de 0,04 a 0,05 por 100 de helio en el gas usando equipo especial de purificación del helio. El helio recuperado sólo contiene 1 ppm de hidrógeno y de nitrógeno.

CONTAMINACION

TRATAMIENTO EFICIENTE DE AGUAS CLOACALES

Las inversiones en instalaciones para tratamiento de aguas cloacales pueden ser reducidas en un 75 % usando una planta de carbón, según el Dr. Alan J. Shuckrow, de Battelle Northwest Laboratories en Richland, Estado de Washington, quien informa que una planta para una ciudad de 100.000 habitantes costaría cerca de 4,6 millones de dólares si se usa el tratamiento químico biológico tradicional, mientras su costo sólo sería de 1,2 millones con las nuevas plantas de tratamiento al carbón. La planta de carbón ocupa menor espacio y hace el tratamiento de las aguas cloacales en menos de una hora, frente a las diez horas que necesitan los actuales sistemas para aguas cloacales.

CONTAMINACION DE LA REGION ANTARTICA

Dentro del Programa de Investigación de la Antártida, establecido para el período de 1970-71 por la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU., seis científicos de la Universidad de Rhode Island (California) investigarán la contaminación de la región antártica. Analizarán en muestras de la atmósfera de esta zona la presencia de plomo, cobre, hierro, aluminio y otros metales. Otra de las actividades a realizar será la recopilación de datos sobre la distribución

del DDT y otros hidrocarburos clorados en sus aguas y el estudio de la capacidad de reproducción de petrel de Wilson, ave marina que se caracteriza por la gran cantidad de hidrocarburos clorados que es capaz de acumular en su organismo.

MENOS PLOMO EN LA GASOLINA ALEMANA

El Gobierno federal alemán ha adoptado por unanimidad una Ley dentro de su lucha contra la contaminación atmosférica, por la que se reduce la cantidad de óxido de plomo en la gasolina. De acuerdo con esta Ley, este aditivo, que actualmente se eleva a 0,44 gramos por litro, deberá reducirse hasta 0,40 gramos el 1 de enero de 1972.

En una etapa posterior, esta cantidad de óxido de plomo descenderá hasta 0,15 gramos a primeros del año 1976.

ELIMINACION DE MERCURIO A LAGOS Y RIOS

Según Walter J. Hickel, secretario del Interior de EE. UU. la eliminación de compuestos de mercurio a los lagos y ríos del país, realizada por 50 empresas industriales, de las que diez habían sido sometidas a una investigación judicial promovida por la «Federal Water Quality Administration» (FWQA), ha disminuido en 86 por 100. El caso más notorio a este respecto es el de la firma «Allied Chemical», propietaria de dos plantas productoras de sosa cáustica que eliminaban, antes de la citada investigación, en el Lago Orondaga, 2 kg. diarios cada una de sustancias mercuriales, en tanto que la cantidad de éstas vertida actualmente por ambas plantas no sobrepasa los 450 g. La «Allied Chemical» ha sido obligada a remitir un informe semanal a la FWQA sobre la cantidad de mercurio que es eliminado diariamente por ambas plantas.

PRONTO HABRA MOTORES ANTICONTAMINACION

La noticia del acuerdo entre Renault, Peugeot y Volvo para la construcción, en Douvrin (norte de Francia) de motores no contaminantes —hecha pública recientemente— tiene inmediato interés para España en cuanto que una de dichas empresas tiene intereses en nuestro país.

De toda formas no parece ser que se vaya a proceder inmediatamente a la construcción en serie de motores no contaminantes, como se anuncia a bombo y platillo, sino a la construcción de motores clásicos. Se calcula una capacidad de producción plena de unos 350.000 motores anuales para 1980. En cuanto a los motores antipolución, requerirán un largo período de experimentación, y no se espera que la nueva empresa filial de Renault, Peugeot y Volvo los empiece a producir en pequeñas series antes de cuatro o cinco años.

NUEVA Y MAS RIGIDA REGLAMENTACION AMERICANA ANTICONTAMINACION

Para 1975, los porcentajes máximos de contaminantes en el escape de los motores de automóviles —monóxido de carbono e hidrocarburos, concretamente— no podrán ser, en Estados Unidos de América, mayores del 90 por 100. Para 1976, tampoco podrá rebasarse este porcentaje en cuanto a contenido de nitrógeno.

En la nueva reglamentación se han revisado los sistemas de control de la contaminación, dando, en parte, satisfacción a la industria automovilística, que no ha hecho comentarios. Pero, en conjunto, los nuevos estándares son un duro golpe para la industria.

Ford ha declarado que será imposible cumplir con ellos en el plazo debido.

Las reglas actuales prohíben emisiones de monóxido que excedan los 34 gramos por milla, y las de hidrocarburos que excedan 4,1 gramos por milla. La reglamentación anunciada reducirá estos límites nada menos que a 3,4 y 0,41 gramos, respectivamente. La reglamentación sobre gases nitróxicos es nueva y no existen en la actualidad estándares en vigor al respecto.

Los automóviles, se dice, son la fuente de más de dos tercios de todo el monóxido de carbono que cada año se añade a la atmósfera de los Estados Unidos, y de más de dos quintales de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Los fabricantes de automóviles han estimado el costo del equipo anticontaminación que será necesario entre unos 80 y 600 dólares por automóvil.

EQUIPOS DE LABORATORIO

INSTRUMENTACION ANALITICA POR RAYOS X

La presentación del nuevo sistema modular de rayos X, tipo PW 1450, desarrollado por «Philips», permite a las industrias necesitadas del control analítico de procesos efectuar la inversión mínima al adquirir un equipo de esta naturaleza y ampliarlo a medida que se presenten nuevas exigencias.

Existen cuatro versiones distintas, cada una de ellas con un cierto grado de automatización y, claro está, con su nivel de precio.

En la versión más sencilla, el funcionamiento es semiautomático, mientras que en la más elaborada el grado de automatización es total, con la ayuda de un ordenador de ocho mil posiciones de memoria. De esta forma se pueden almacenar 32 programas de análisis, cada uno de ellos comprendiendo 24 líneas espectrales, o bien 9 programas de 72 elementos.

El sistema PW 1450 posee una combinación de características fuera de lo normal. A sus posibilidades analíticas, que lo hacen especialmente apto para resolver problemas de efecto-matriz muy complejos, hay que añadir su gran precisión, velocidad, seguridad y simplicidad, hasta el pun-

to de no requerirse un entrenamiento específico para poder manejarlo.

La velocidad angular del goniómetro es de 600 grados por minuto, siendo posible la selección de ángulos de Bragg desde 0 a 148 grados, en pasos de 0,01 grado con reproducibilidad de 0,003 grados.

El equipo permite analizar sólidos, líquidos y polvo. Se puede acoplar un cambiador de muestras de 60 posiciones a fin de que trabaje durante la noche sin intervención de persona alguna. Por razones de flexibilidad y conveniencia, lleva incorporado un portacristales capaz de contener cinco monocromadores, con lo que quedan cubiertas todas las posibilidades de selección conocidas hasta la fecha.

Todo el sistema se ha construido a prueba de polvo y provisto de compensación automática de variaciones de temperatura y presión atmosférica, permitiendo de este modo su empleo bajo cualquier condición ambiental con una perfecta reproducibilidad de los análisis.

Entre las características del equipo PW 1450 que contribuyen especialmente a lograr una mayor precisión, destacan el corrector automático de tiempo-muerto basado en la técnica de adición de impulsos; el selector automático de altura de impulsos, que disminuye la interferencia espectral, así como el empleo de ventanas extraordinariamente ligeras en el contador de flujo. Por otra parte su electrónica a base de circuitos integrados, junto con una ejecución modular ampliable, convierten al PW 1450 en el primer equipo de la tercera generación de instrumentos analíticos de rayos X, al mismo tiempo que ofrecen una seguridad de funcionamiento más allá de lo convencional.

La versión automática del PW 1450 permite el establecimiento de un programa de elementos prioritarios, es decir, la posibilidad de efectuar un análisis rapidísimo de unos pocos elementos especialmente críticos, como sucede en el caso de las industrias fabricantes de cemento o en las plantas metalúrgicas.

ANALISIS CROMATOGRAFICO CON ORDENADOR

El primer sistema cromatográfico controlado por computador, desarrollado por Pye Unicam, ha comenzado a funcionar satisfactoriamente en la refinería de Shell de Stanlow, Inglaterra.

La refinería Shell, que está planificando sus instalaciones para el futuro a fin de aumentar considerablemente su producción, indicó que la instalación del Sistema Datacon de Pye Unicam forma parte de esta expansión, ya que el mismo ofrece la solución más rentable para resolver el problema que supone la avalancha de trabajo de tipo analítico que se avecina.

El ordenador instalado se encarga de controlar el funcionamiento de 15 cromatógrafos, y se espera que un mayor número de éstos será conectado en fecha próxima.

Entre las aplicaciones del sistema destacan el análisis de hidrocarburos en muestras que comprenden desde la gasolina al gas-oil, distribuciones del punto de ebullición en

aceites pesados y ceras, así como otros estudios de control de calidad.

El sistema Datacon DP 90 de Pye Unicam, compañía perteneciente al consorcio Philips, constituye una novedad importante en el campo del proceso de datos, ya que permite controlar automáticamente, mediante un ordenador, hasta 450 análisis por hora sobre 30 cromatógrafos trabajando simultáneamente.

Una segunda instalación está a punto de ser finalizada en las industrias farmacéuticas Duphar, in Weesp (Holanda).

LA DETECCION DE BAJOS NIVELES DE MERCURIO CONTRIBUIRA A COMBATIR LA CONTAMINACION AMBIENTAL

La determinación de bajos contenidos de mercurio, aplicando técnicas analíticas, reviste ahora mayor importancia que nunca debido a la especial preocupación que está produciendo la contaminación del medio ambiente.

El empleo de espectrofotómetros de absorción atómica convencionales, para este fin, está restringido por la baja sensibilidad de estos instrumentos para el citado elemento (5 partes de millón), siendo, por otra parte, el umbral de detección muy elevado para aplicaciones prácticas de carácter biológico (1 a 2 partes por millón).

Para solucionar el problema, Pye Unicam Ltd, de Cambridge, compañía perteneciente al consorcio Philips, ha desarrollado un conjunto analizador de vapor frío de mercurio que permite con sensibilidad de 0,1 nanogramo, o menor.

El procedimiento de operación consiste en la reducción del mercurio presente en la muestra a forma atómica mediante tratamiento con cloruro estannoso. La absorción de la radiación de resonancia por el vapor se mide haciendo recircular el mismo a través de una célula de gas situada en haz de un espectrofotómetro de absorción atómica. El vapor circula hasta alcanzar el estado de equilibrio dentro de la célula gaseosa.

La presentación del resultado es similar a la que se obtiene por el método de absorción atómica. Para finalizar el análisis se desconecta la cabeza Dreschel del dispositivo que contiene la muestra permitiendo de esta forma la eliminación del mercurio residual.

El conjunto consta de los dispositivos siguientes: seis recipientes cónicos de 150 ml. construidos en pyrex, cabeza Dreschel equipada con doble filtro poroso, bomba provista de tubos de polipropileno, célula de flujo de gas diseñada especialmente, lámparas de cátodo hueco, cabeza esquemadora modificada e instrucciones para la aplicación y el procedimiento analítico.

NUEVO OSCILOSCOPIO PARA LA ENSEÑANZA

Se presenta un nuevo osciloscopio de uso general, que ha sido diseñado para cubrir todas las necesidades de la enseñanza, tanto de electricidad como electrónica, en sus niveles medio y superior.

El aparato creado por Philips es totalmente automático, lo que simplifica al máximo su modo de empleo, y evita los posibles errores cometidos por alumnos no experimentados.

El sincronismo, por ejemplo, se realiza sobre el valor de pico de la señal de entrada, no siendo por tanto necesarios los mandos auxiliares de control de nivel y de estabilidad. Las características técnicas más sobresalientes se pueden resumir en los siguientes puntos: Gran pantalla, 8 x 10 cm. Anchura de banda de 10 MHz. Posibilidad de disponer de una banda reducida de 5 MHz a 5 mV/cm. Protección a sobrecargas de hasta 1.000 V en c. c. y c. a.

Como complemento de este aparato se entrega también un manual de aplicaciones, de gran interés para todas las actividades docentes. Consta de tres capítulos fundamentales en los que se desarrollan los siguientes temas:

1. Introducción a la teoría y operación general del osciloscopio. La teoría es explicada mediante los diagramas y circuitos típicos simplificados, mientras que el modo operatorio incluye ciertas medidas básicas de tensión, tiempo, frecuencia, base y corrientes. Para cada uno de estas medidas se proporcionan además el esquema teórico y práctico de un circuito que se puede realizar con componentes de uso normal.

2. El capítulo 2.º está dedicado a la medición práctica de señales en electrónica, física, mecánica y matemática. Todos los experimentos están precedidos de una explicación teórica del fenómeno y presentan una selección de las prácticas más generalizadas: Rectificación; Modulación AM y FM; Curvas amplitud-respuesta; Análisis de espectros; Circuitos magnéticos; Circuitos a tiristores y triacs; Medida de vibraciones, etc.

3. En el capítulo final se incluyen aplicaciones prácticas de tipo industrial, como son las mediciones en pequeños calculadores y computadores; Medidas en equipos de radio y TV, etc.

ECONOMIA

PROYECTO DE EXTRACCION DE NINQUEL EN GUATEMALA

Después de negociaciones que duraron seis años, la Internacional Nickel Co. (INCO) del Canadá y la Hanna Mining Co. llegaron a un acuerdo con el Gobierno guatemalteco para llevar adelante un proyecto de desarrollo de níquel, que representa una inversión de 250 millones de dólares. Se espera que la exportación de este metal producirá 60 millones de dólares anuales para Guatemala. Los técnicos de la INCO han desarrollado un proceso que usa hornos eléctricos para convertir el mineral laterítico en un producto completamente refinado de níquel.

AYUDA DE LA URSS PARA EL PETROLEO Y GAS DE BOLIVIA

Se ha hecho público el nuevo programa de asistencia técnica y financiera por parte del Gobierno soviético al de

Bolivia. Hasta ahora la cooperación entre ambos países se limitaba a los sectores de la metalurgia y de la minería. Pero gracias al nuevo acuerdo, Bolivia recibirá la doble asistencia citada, para llevar a cabo en el país prospecciones encaminadas a descubrir yacimientos de gas y petróleo. Por otra parte, la Unión Soviética facilitará los medios adecuados para la construcción de varias plantas de tratamientos de minerales diversos.

MAS SOBRE EL III PLAN DE DESARROLLO

Una de las novedades del III Plan de Desarrollo consiste en formular la previsión de lo que nos deparará la economía de la nación al final de la década de los años 1970. Si la vida media de una máquina corriente es de unos diez años, resulta racional y hasta normal programar una economía con técnicas de perspectiva por ese mismo período.

Debemos al subcomisario del Plan los datos que se han manejado para que, junto al período de cuatro años, con determinaciones concretas, se tengan trazadas unas directrices para cualquier medida coyuntural que deba tomarse.

Según declaró el Sr. Estapé, se ha decidido prescindir de la teoría de los frenos y la aceleración: «Utilizando el simil automovilista, más bien prefiero el cambio de marchas». Y entrando en el terreno de las cifras, el subcomisario facilitó una serie de magnitudes, obtenidas a través de modelos económicos, que indican que en el período del III Plan, más el de los años 1976 a 1980, el crecimiento puede ser superior al 6,5 por 100, que es el que se fija, y puede incluso llegarse a un 7 por 100 real acumulativo, sin cambios estructurales. Esto supone alcanzar la renta de 2.000 dólares de valor actual, o de 2.100 dólares, en la segunda hipótesis, con una hipótesis, con una población de 37,5 millones de habitantes, y una población activa de 15 millones.

Estapé estableció una serie de contrastes entre un pasado que hizo arrancar de 1960, el presente y la próxima década.

Así, por ejemplo, la renta por habitante en 1960 era de 290 dólares. En 1970, de 818 dólares. En 1980 será de 2.000 a 2.100.

ACUERDO HISPANO OIL URSS

La compañía Hispano Oil ha firmado un acuerdo con la Unión Soviética para la importación en España de 250.000 toneladas de petróleo crudo. Este contrato supone la reanudación de unas operaciones que el pasado año se habían interrumpido.

CAIDA DE LOS PRECIOS DE LA PLATA

La persistente baja de los precios de la plata, como consecuencia de las incesantes liquidaciones, está causando alarma en los centros de contratación donde existen «stocks» del metal. Según la opinión de expertos londinenses, estas liquidaciones son el resultado del fracaso de la plata como mo-

neda «fuerte» y elemento de cobertura contra la inflación, a pesar de la última crisis del dólar.

NACIONALIZACION DEL COBRE EN MEJICO

El secretario del Patrimonio Nacional de Méjico, anunció la nacionalización de la industria del cobre, en una conferencia de Prensa que tuvo lugar en el Palacio Nacional, tras haber conversado largamente con el presidente Luis Echeverría. Durante los seis primeros meses de 1971, Méjico produjo 35.000 toneladas de cobre y ha exportado 4.851 toneladas, lo que representa más del doble de ventas en relación al mismo período del año anterior.

VARIOS

PORCELANA EN POLVO

La empresa alemana «Lorenz Hutschenreuther AG» ha desarrollado un nuevo procedimiento para la fabricación de porcelana en polvo, caracterizados por una calidad y rentabilidad mejores del producto obtenido que los conseguidos por los métodos tradicionales de fabricación de dicho material. Esta firma ha montado una instalación en Schmelitz (Alto Palatinado), que ha comenzado a funcionar en 1970.

ELIMINACION DE LOS SULFATOS DEL AGUA DEL MAR

El Departamento de Minas de EE. UU. ha puesto a punto un método para la eliminación de los sulfatos del agua del mar, con lo que se evita la formación de costras en los equipos de desalación. El proceso de desulfatación se basa en el empleo de una resina de cambio iónico que precipita como sulfato de bario a los sulfatos contenidos en el agua salada. Con ello se elimina prácticamente la formación de incrustaciones y las temperaturas de destilación se pueden elevar hasta los 38° C. eliminando previamente el CaSO₄, cuya solubilidad se reduce con el aumento de la temperatura.

FERTILIZANTE OBTENIDO DE BASURAS «DIGERIDAS»

La empresa Ecology, Inc. está haciendo pruebas de un proceso que consiste en la molienda de basuras y desperdicios «digeridos» biológicamente hasta que toda la materia orgánica haya sido reducida a un abono artificial fino. Mediante el agregado de sustancias químicas que contienen nitrógeno, potasio y fósforo se obtiene un fertilizante. Este abono produce rendimientos hasta una tercera parte superior que cuando se utilizan fertilizantes químicos, debido a su contenido orgánico.

LOS CRUDOS DE ALASKA

Su transporte plantea actualmente serios problemas económicos a las autoridades de EE. UU. y a las empresas directamente interesadas en la explotación de los yacimientos petrolíferos. El Gobierno de Canadá, temeroso de la contaminación de sus aguas territoriales, ha rehusado la autorización para que los petroleros gigantes naveguen por éstas y, por su parte, el Ministerio norteamericano del Interior vacila en permitir el tendido de un oleoducto que atraviese el país de norte a sur, ya que el petróleo, bombeado a 30° C. deshelaría el suelo y podrá romper el equilibrio natural de la región.

La construcción de un ferrocarril, única solución al parecer viable, requerirá al menos un plazo de cinco años, y como la explotación intensiva de los yacimientos había sido proyectada para 1973, las inversiones realizadas hasta ahora, que suman ya más de 5.000 millones \$ (350.000 millones de pesetas), no serán rentables antes de 1976.

AGUA SIN SABOR A CLORO

En el Canadá se está probando el tratamiento por ozono como proceso de saneamiento del agua y para sustituir o complementar el tradicional método de la cloración. En algunos países europeos se ha dado preferencia al tratamiento por ozono debido a que no deja sabor a cloro. Las pruebas canadienses, llevadas a cabo en Manitoba, han comprobado que el poder oxidante del ozono elimina los olores causados por vegetaciones de algas y podredumbre, y además que es un bactericida mucho más eficaz que el cloro.

EL ELEMENTO 112

Tres equipos de investigadores ingleses creen haber descubierto el elemento 112, obtenido por bombardeo con protones de muestras de volframio, utilizando para ello el sincrotrón de protones del CERN. Basándose en que este elemento debe situarse debajo del mercurio en el sistema periódico y, por tanto, presentar cierta analogía en sus propiedades, se mezclaron con el volframio sometido a radiación 40 µg de mercurio y se investigó cuidadosamente la fracción de mercurio, una vez separada de la mezcla. En la fracción residual de la purificación del mercurio se ha encontrado un emisor de partículas α cuya energía de radiación de 6,73 MeV concordante con el valor calculado para el elemento 112.

CONVERSION DE BASURAS A GAS

Según el Negociado de Minas de EE. UU., se puede obtener un volumen determinado de gas metano con la quemada de un menor peso de basuras municipales que si se usaran esquistos bituminosos. Un kilogramo de basura só-

lida podría rendir de 0,5 a 0,6 metros cúbicos, y el lignito 0,55 metros cúbicos. El proceso de hidrogasificación para convertir desperdicios en gas es el mismo que para lignito o esquistos bituminosos. En sus experimentos, el citado Negociado ha hecho reaccionar desperdicios sólidos con hidrógeno para producir gases de hidrocarburos en una autoclave.

BANDA TRANSPORTADORA CON MENOS APOYOS

En un nuevo sistema de banda transportadora se usará sólo la mitad del número de rodillos locos como puntos de apoyo que en un sistema convencional. En la cantera de piedra caliza que la California Portland Cement Co. posee en Rillito, Arizona, E. U. A., la banda transportadora en instalación estará dotada de rodillos locos a separaciones de 3 m. en el lado de la descarga y de 6 m. en el lado de retorno. En sistemas convencionales los rodillos locos se hallan a intervalos de 1, 5 y 3 m. Los ahorros en el costo de construir y mantener el sistema se deben al hecho de usar una banda capaz de conservar su tensión a través de tramos largos sin apoyo.

NUEVO EQUIPO DE ALARMA

Se ha desarrollado un nuevo equipo de alarma especialmente dirigido para comerciantes, joyeros, almacenistas e incluso particulares.

Este aparato es capaz de detectar cualquier masa en movimiento en un recinto de 15 metros cuadrados. Está realizado por Philips a base de una materia plástica, dura y resistente pero liviana, sólo pesa 1,500 kg. Su precio en nuestro país será inferior a las 13.000 pesetas.

El principio de funcionamiento está basado en la radiación de una frecuencia ultrasonora que es reflejada por las paredes y objetos inmóviles de la zona a proteger, y recogida por el propio aparato; en el momento que algo perturba la radiación reflejada o emitida, saltará la alarma con un fuerte y extridente sonido por el altavoz del equipo, éste puede suprimirse haciendo que suene en otro sitio con un altavoz supletorio, para no alertar al intruso. Puede disponerse que además el equipo actúe sobre alarmas exteriores, encendiendo luces, cerrando puertas, etc.

Al objeto de evitar su puesta fuera de servicio por corte de energía eléctrica accidental o intencionado, va equipado con cinco pilas secas de 1,5 V., tubulares de fácil adquisición.

El aparato va dotado con 6 pulsadores numerados de codificación para cebarlo, una vez apretados los pulsadores o pulsador, sólo se pondrá fuera de servicio apretando los mismos pulsadores, y aunque se aprieten todos no tendrá efecto. Caben 63 combinaciones diferentes.

Cuando se desee cubrir una zona mayor, al aparato se le adicionan unas unidades supletorias «Transductores» que se sitúan en otro sitio, por ejemplo, otra habitación u otra puerta para un local grande, estas unidades auxiliares están conectadas eléctricamente al principal.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

PRODUCTOS	1970 Diciembre	1971 Marzo	1971 Junio	1971 Septiembre
ALUMINIO				
Nueva York (centavos por libra).....	29,—	29,—	29,—	29,—
Londres (libras por Tm.).....	261,80	261,80	261,80	261,80
CINC				
Nueva York (centavos por libra).....	15,85	15,85	16,85	17,85
Londres (libras por Tm.).....	58-63	58-63	53-58	55-65
COBRE				
Nueva York (centavos por libra).....	46,50	49,50	—	49,85
Londres (libras por Tm.).....	423,—	447,—	467-472	442,—
ESTAÑO				
Nueva York (centavos por libra).....	158-162	158-160	165,50	161,25
MERCURIO				
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg.).....	355,—	345,—	293,—	285,—
Londres (libras por frasco de 3,45 kg.).....	147-150	139-143	103-107	101-104
PLOMO				
Nueva York (centavos por libra).....	15,—	14,80	15,—	14,50
Londres (libras por Tm.).....	151,—	145,—	154,—	145,—
VOLFRAMIO				
Londres (libras por Tm.).....	29-30	26,50-27,50	22-24	16-17

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
242	16320	9-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se hace pública la caducidad de la concesión de la explotación minera que se citan.
242	16318	9-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Almería, por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación que se citan.
242	16320	9-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Gerona, por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
269	18085	10-XI-71	Ind.	Resol. de la D. General de Minas, por la que se hace público la solicitud de declaración minero-medicinal de las aguas del manantial que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
269	18086	10-XI-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Teruel, por la que se hace pública la declaración de minero-medicinal de las aguas del manantial que se cita.
269	18085	10-XI-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Castellón, por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
243	16382	11-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de León, por la que se publica la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
246	16534	14-X-71	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación que se cita.
246	16534	14-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lugo, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
246	16534	14-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Madrid, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
246	16615	15-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Badajoz, por la que se notifica la posible caducidad de las concesiones minerales que se citan.
247	16616	15-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de León, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
247	16617	15-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Vizcaya, por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación que se cita.
248	16695	16-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Avila, por la que se hace público el otorgamiento de la concesión de explotación minera que se cita.
248	16696	16-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Cuenca, por la que se hace público el otorgamiento de la concesión de explotación minera que se cita.
248	16696	16-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Granada, por la que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan.
248	16696	16-X-71	Ind.	Resol. por la que se hace pública la cancelación de los permisos de investigación que se citan, de la Delegación Provincial de La Coruña.
248	16695	16-X-71	Ind.	Resol. por la que se notifica la caducidad de la concesión minera que se cita, de la Delegación Provincial de Badajoz.
249	16754	18-X-71	Ind.	Resol. por la que se notifica la caducidad de la concesión minera que se cita, de la Delegación Provincial de Badajoz.
249	16754	18-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lugo, por la que se hace pública la cancelación del permiso de investigación que se cita.
250	16821	19-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lugo, por la que se hace pública la cancelación del permiso de investigación que se cita.
250	16821	19-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Albacete, por la que se hace público el otorgamiento de la concesión de explotación minera que se cita.
250	16821	19-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Córdoba, por la que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan.
252	16973	21-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Salamanca, por la que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan.
252	16974	21-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Oviedo, por la que se hace público el otorgamiento de la concesión de explotación minera que se cita.
252	16974	21-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Teruel, por la que se hace público el otorgamiento de la concesión de explotación minera que se cita.
259	17418	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Vizcaya, por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación que se cita.
259	17415	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Badajoz, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se cita.
259	17417	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Jaén, por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
259	17412	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, por la que se hace público que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en el de Gerona.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
259	17413	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Badajoz, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
259	17414	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Burgos, por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación que se cita.
259	17415	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Córdoba, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se cita.
259	17415	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Granada, por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación que se cita.
259	17415	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Jaén, por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación que se citan.
259	17419	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lugo, por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan.
259	17418	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Madrid, por la que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan.
259	17420	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Salamanca, por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
259	17420	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Santa Cruz de Tenerife, por la que se hace público el otorgamiento de las concesiones de explotación minera que se citan.
259	17420	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Segovia, por la que se hace público el otorgamiento de la concesión de explotación minera que se cita.
259	17420	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Sevilla, por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita.

HIDROCARBUROS

237	16006	4-X-71	Ind.	Orden del 22 de julio de 1971, por la que se concede una primera prórroga de tres años a los permisos de investigación de hidrocarburos denominados «Amposta B», «Amposta C», en Zona I (Península)
255	17150	25-X-71	Ind.	Orden de 15 de septiembre de 1971, por la que se concede una primera prórroga a los permisos de investigación de hidrocarburos denominados «Amposta A», «Amposta D», en Zona I (Península).
268	18005	9-XI-71	Ind.	Decreto 2.749/1971, de 21 de octubre, por el que se adjudica a «Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A.» (E. N. P. A. S. A.) y «Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, S. A.» (EMPESA), seis permisos de investigación de Hidrocarburos en Zona I (Península).
245	15848	1-X-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, por la que se concede autorización al Ayuntamiento de Iznate (Málaga) para aprovechar aguas del subálveo del río Iznate, con destino al abastecimiento de agua a su población

VARIOS

259	17419	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara de utilidad pública las instalaciones eléctricas que se citan, Referencia D-1985. R. L. T.
235	15885	1-X-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, por la que se concede a don Luis Santacana Farat un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera del Palaú y Torrente de las Baldainas, en término municipal de Castellvi de Rosanés (Barcelona), con destino a riegos.
248	16696	16-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Granada, por la que se autoriza administrativamente se aprueba el proyecto de ejecución de la instalación eléctrica que se cita y se declara la utilidad pública. (Exp. 1.320/A. T.).
248	16696	16-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Guadalajara, por la que se autoriza el establecimiento de la instalación eléctrica que se cita.
254	17089	23-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Tarragona, por la que se autoriza y declara la utilidad pública en concreto de la instalación eléctrica que se cita

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
254	17086	23-X-71	Ind.	Orden del 29 de septiembre de 1971, por la que se autoriza la reserva definitiva a favor del Estado «Cáceres cincuenta y uno», sita en el término municipal de Tejada de Tiátar, en la provincia de Cáceres.
259	17419	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan, Referencia: B-1968. R. L. T.
259	17420	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se cita, Referencia: C-2.037. R. L. T.
259	17421	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Tarragona, por la que se autoriza y declara la utilidad pública en concreto de la instalación eléctrica que se cita.
259	17413	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Vizcaya, por la que se declara de utilidad pública la instalación eléctrica que se cita. L-902.
259	17417	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia D-1.875. R. L. T.
259	17417	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia D-1.478. R. L. (Modif).
259	17417	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia D-1.994. R. L. T.
259	17417	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia D-1.993. R. L. T.
259	17419	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia D-1.973. R. L. T.
259	17418	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia D-1.973. R. L. T.
259	17418	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia H-915-b. R. L. T.
259	17418	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérida, por la que se autoriza y declara la utilidad pública de las instalaciones eléctricas que se citan. Referencia H-915-a. R. T.
259	17413	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Barcelona, por la que se autoriza y declara la utilidad pública en concreto de la instalación eléctrica que se cita.
259	17414	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Ciudad Real, por la que se autoriza y se declara de utilidad pública la línea eléctrica que se cita.
259	17415	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de Jaén, por la que se autoriza y declaran de utilidad pública en concreto las instalaciones eléctricas que se citan.
259	17416	29-X-71	Ind.	Resol. de la D. P. de La Coruña, por la que se autorizan y declaran de utilidad pública en concreto las instalaciones eléctricas que se citan.
268	17962	9-XI-71	Ind.	Orden del 27 de octubre de 1971 sobre excepciones de la clasificación de instalaciones radiactivas.
269	18064	10-XI-71	E. C.	Orden del 29 de septiembre de 1971, por la que se nombra el Tribunal de oposición a la cátedra del grupo XXI de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.
271	18242	12-XI-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad de Aguas «Temandaya» para continuar trabajos de alumbramiento de aguas subterráneas al Monte de Propiao de Arico, Tenerife.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
271	18242	12-XI-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización para alumbrar aguas subterráneas en terrenos de Montes de propios del Ayuntamiento de Villafior (Santa Cruz de Tenerife), y legalizar las obras ejecutadas clandestinamente en la galería que tiene autorizada, a favor de la Comunidad Aguas de «La Candelaria».
271	18245	12-XI-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, por la que se concede al Ayuntamiento de Vélez-Málaga un aprovechamiento de aguas subterráneas del Río Lagos, en su término Municipal, con destino al abastecimiento.
272	18320	13-XI-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad de Aguas de Chío para continuar labores de alumbramientos de aguas subterráneas en Guía de Isora (Santa Cruz de Tenerife).
273	18376	15-XI-71	O. P.	Resol. de la D. G. de Obras Hidráulicas por la que se publica la autorización concedida a la Comunidad de Aguas de Chío para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en Guía de Isora (Tenerife).

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

FRANCISCO GONÇALVES: *Contribuição para o conhecimento geológico dos marmores de Estremoz*. Estudos, Notas e trabalhos, vol. XX, fas. 1-2, págs. 201-207.

Presenta el autor la cartografía geológica actualizada a 1:25.000 y observaciones sobre la geología económica (exploración de mármoles) de la región comprendida entre Estremoz y Villa Voçosa.

Describe sucintamente las unidades estratigráficas presentes, relacionándolas con formaciones similares del Bajo Alentejo.

Por primera vez, según el autor se señalan en esta región rocas hiperalcálicas.—L. DE A.

D. CARVALHO, J. GOINHAS, V. OLIVEIRA, e A. RIBEIRO: *Observações sobre a geologia do sul de Portugal e consequências metalogénicas*. Estudos, Notas e Trabalhos, vol. XX, fas. 1-2, págs. 153-200.

Proponen los autores una división de zonas paleogeográficas y estructurales de la rama SW de la cadena herciniana de Portugal; describen la estratigrafía de la zona de Estremoz-Evora-Beja, y de la zona Sur-Portuguesa; establecen una estratigrafía de las formaciones azoicas del macizo de Evora-Beja, por comparación con las formaciones medias datadas de la región de Estremoz.

Estudian la tectónica de cada una de las zonas separadas por los accidentes de primer orden. Intentan establecer una correlación de fases tectónicas de diferentes zonas, lo que

les lleva a la conclusión de la existencia de una migración de orogenia herciniana del NE hacia el SW.

La primera parte del estudio termina con un ensayo de síntesis de la evolución paleogeográfica y tectónica de este sector de la cadena herciniana.

La segunda parte se ocupa de la geología minera.

Estos resultados obtenidos son consecuencia de las campañas de prospección realizadas por el S. F. M. en el S. de Portugal, insistiendo sobre todo la geología; y analizan brevemente los yacimientos minerales de cada zona, estudian de manera más detallada los yacimientos de sulfuros de plomo y cinc y de magnetitas de la zona de Evora-Beja, y los yacimiento de piritas de la Banda Piritosa. Intentan establecer las guías geológicas para cada tipo de yacimiento en función de las conclusiones obtenidas en la primera parte.—L. DE A.

R. MOUTERDE, y CH. RUGET: *Le Lias moyen de Sao Pedro de Muel* (Deuxieme partie: Paleontologie). Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. LIV, 1970, páginas 79-114.

Presentan los autores el inventario de los foraminíferos encontrados en un corte de San Pedro de Muel. Desgraciadamente cuando estos levantamientos fueron hechos, los desplazamientos del terreno ocultaron una parte del corte. Ciertos niveles se destacan como extremadamente pobres y pueden ser debidos a una alteración del aire marino. Otras veces, gracias al método de Bradosol, poseen los autores una información bastante compleja para un buen número de capas del Lotharingense superior o del Domerense infe-

rior, permitiendo así establecer correlaciones con otras capas portuguesas que tienen en estudio.—L. DE A.

VÍCTOR HUGO FORJAZ, JOÃO LEAL MONJARDINO, y NUNO SANTA MARIA FERNANDES: *Contribuição para o estudo das jazidas fossilíferas das ilhas do Faial, Pico, S. Jorge e Terceira (Açores)*. Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. LIV, 1970, págs. 27-38.

Los yacimientos fosilíferos de las islas Azores han sido estudiados por diversos autores, pero la mayoría de los trabajos dicen respecto a la fauna miocena de la isla de Santa María, como resultado de importancia estratigráfica y que revisten las formaciones calcáreas allí existentes.

El estudio geológico de algunas islas azorianas, permiten localizar varias formaciones volcánicas fosilíferas interesantes.

En este trabajo se recopilan los elementos existentes sobre los yacimientos fosilíferos de las islas de Faial, Pico, S. Jorge y Terceira. La mayor parte de las observaciones registradas resultaron de dos campañas de cartografía geológica de aquellas islas, ejecutadas por el Centro de Geología de la Facultad de Ciencias de Lisboa.—L. DE A.

R. MOUTERDE, y CH. RUGET: *Le Lias moyen de São Pedro de Muel* (Deuxieme partie: Paleontologie). Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal. LIV, 1970, págs. 39-78.

El estudio de las formas del género *Platypleuroceras* no ha sido abordado y necesita una revisión completa y un estudio del tipo de *P. brevispina* Sow. En la parte estratigráfica ha utilizado el autor este género, tomando en el sentido amplio e interpretando la especie tipo como lo hacen Wright y Quenstedt y más recientemente Donovan. Los ejemplares a que se refiere este género tienen tabiques muy recortados, a primera vista muy parecidos a los de la *Cruciloboceras*-*Metaderoceras* y es posible que hayan pasado insensibles, de un género a otro; hay duda en las formas de sección ogival alto y unos tubérculos menos fuertes colocados en la *Platypleuroceras*, mientras que las formas de tubérculos muy desarrollados, los tubérculos externos muy especialmente y en sección muy baja de tipo subcuadrado han sido agrupadas entre los *Cruciloboceras*-*Metaderoceras*.

Los géneros *Polimorphites* y *Uptonia* merecen una revisión de conjunto a realizar sobre el material portugués y sobre las colecciones de Inglaterra y de Souabe.

La descripción de alguna de estas especies muestra la originalidad de la fauna del Lias medio portugués y su afinidad con la cuenca anglo-parisiana y suaba, pero especialmente con Inglaterra en razón del desarrollo de los *Dayiceras*. La presencia del *Metaderoceras beirense* no es debida probablemente a influencias mesógenas puesto que es asociada y próximas de *M. venarense*, en la cuenca de París, mientras que el *M. gemmellaroii* está ausente. En el Domerian la abundancia de *Protogrammoceras lusitanicum* puede también indicar

influencias mesógenas, pero no se debe obligar a que este género penetre bastante ampliamente en la cuenca de París, especialmente sobre los bordes meridionales.—L.

L. VIA BOADA, y J. PADRENY PINEDA: *Dos nuevas especies de Clypeaster del Eoceno de Cataluña*. Instituto de Investigaciones Geológicas, Barcelona, vol. XXIV, octubre, 1970, págs. 89-98.

Describen dos especies de *Clypeaster* del Eoceno de Cataluña. Comparadas metódicamente con las formas existentes difieren marcadamente en sus características, por lo que se dan como nuevas. Se trata de las primeras citas de *Clypeaster*, en el Eoceno estricto de Cataluña y de España.

MINERALES Y ROCAS

A. LÓPEZ-SOLER y J. M. BOSCH-FIGUEROA: *Determinación y cálculo de las constantes ópticas en un cristal opaco biáxico: Enargita, Cu₃AsS₄*. Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 3, págs. 82-85.

A partir de los valores de reflectancia para longitudes de onda comprendidas entre 440 a 660 nm obtenidos por el método microfotométrico con incidencia normal con el empleo de medios de índice de refracción conocidos han calculado el índice de refracción y el coeficiente de absorción en las tres direcciones principales de vibración de la enargita. Efectúan las mediciones en las secciones orientadas (001) y (110). El mineral se ha identificado mediante la difracción de rayos X.—L.

A. LÓPEZ-SOLER, y J. M. BOSCH-FIGUEROA: *Medida de la reflectancia de una superficie pulida: Estudio microscópico de minerales opacos*. Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 3, págs. 3-6.

Inician este trabajo con una introducción histórica y describen el método de estudio de minerales opacos con microscopía cuantitativa de luz reflejada. Exponen el método a seguir para el cálculo de las constantes físicas: índice de refracción y coeficiente de absorción a partir de los datos experimentales. Establecen las recomendaciones de la nomenclatura para definir las propiedades ópticas de los cristales absorbentes.—L.

A. LÓPEZ-SOLER, y J. M. BOSCH-FIGUEROA: *Descripción de los equipos microfotométricos de reflexión con incidencia normal*. Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 3, págs. 71-73.

Establecen las condiciones que deben cumplir los equipos utilizados en la microscopía cuantitativa de reflexión y describen las principales características comunes de los equipos microfotométricos más generalizados.—L.

A. LÓPEZ-SOLER, y J. M. BOSCH-FIGUEROA: *Obtención de las secciones pulidas utilizadas en los métodos cuantitativos*. Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), núm. 3, págs. 74-77.

Describen detalladamente las condiciones en las que se han de efectuar los diferentes procesos de corte de secciones, prepulido, pulido y acabado final, conducentes a obtener secciones pulidas orientadas, en las que se efectuaron las mediciones de reflectancia. Citan los abrasivos más adecuados y de fácil adquisición.—L.

A. LÓPEZ-SOLER y J. M. BOSCH-FIGUEROA: *Determinación y cálculo de las constantes ópticas en un cristal opaco uniaxial: Cinquenita* (S_4Sb_2Pb). Acta Geológica Hispánica, tomo VI (1971), núm. 3, págs. 78-81.

A partir de los valores de la reflectancia para longitudes de onda que varían de 440 a 660 nm, obtenidos por el método microfotométrico con incidencia normal, empleando los medios de índices de refracción conocidos, calculan el índice de absorción y el coeficiente de absorción, en las dos direcciones principalmente de vibración, correspondientes a los rayos ordinarios y extraordinarios. Han efectuado las mediciones en las secciones orientadas (0001) y (1010) de la cinquenita. El mineral estudiado fue identificado mediante la difracción de rayos X. Establecen su composición media por el método de la expectrografía de fluorescencia de rayos X.—L.

MANUEL PEREIRA: *Notas sobre a petrologia dos arenitos do Cambriaco inferior do alto Alentejo (Ouguela)*. Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, LIV, 1970, págs. 17-26.

Las areniscas feldespáticas de Ouguela reposan en discordancia sobre un zócalo pre-paleozoico plisado y erosionado que Carlos Teixeira atribuye a los granos de arena, una edad cámbrica inferior. En la base hay conglomerados y presentan estratificación entrecruzada. Las gravas que encierra son de cuarzo rodado y cuarzo filoniano. El carácter conglomerado desaparece hacia la parte superior de la formación.

El feldespato alcanza hasta el 20 por 100 en algunas muestras analizadas. El restante material detrítico es constituido por cuarzo. Los clastos son cementados por una matriz filítica y también por un cuarzo en continuidad óptica con los fragmentos detríticos.

El feldespato potásico y la pertita constituyen la mayor parte del feldespato, se ha encontrado también la albita en casi todas las muestras analizadas.

El material que constituye esta roca procede probablemente de granitos alcalinos de gneises de cuarzo filoniano y en parte de rocas sedimentarias preexistentes.—L. DE A.

M. MONTOTO SAN MIGUEL: *Aspectos microestructurales en la deformación de las rocas*. Instituto de Investigaciones Geológicas, vol. XXIV, octubre, 1970, págs. 99-118.

Presenta una serie de características microestructurales desarrolladas en el seno de las rocas con las que se puede ayudar a interpretar su pasado historial mecánico.

Trata de los fenómenos de deformación desarrollados inter e intragranularmente, centrados en esta publicación en los siguientes minerales petrográficos: cuarzo, feldespatos, biotita, olivino y calcita.

Mediante la aplicación de criterios de orientación pretroestructural (eje óptico de la calcita, planos de maclación mecánica en piroxenos, bandas de deformación y recristalización en rocas cuarcíticas, etc) es posible realizar algunas de las citadas características con la distribución y orientación de las tensiones tectónicas que actuaron sobre el macizo rocoso y dejaron su huella en la actual mineralogía y estructura.—L.

ALFREDO SAN MIGUEL ARRIBAS, y ALICIA MASRIERA GONZÁLEZ: *Contribución al estudio petrológico de los niveles de areniscas de Montjuic (Barcelona)*. Instituto de Investigaciones Geológicas, Barcelona, vol. XXIV, octubre, 1970, págs. 11-34.

Este trabajo es un estudio de la composición mineralógica de los caracteres texturales de los niveles de areniscas silíceas del mioceno de Montjuic (Barcelona). Tiene por objeto profundizar en el conocimiento petrológico y sedimentológico de los materiales, ayudando a una mejor comprensión del proceso diagenético de los mismos. Han utilizado una serie de técnicas de laboratorio, en particular la difracción de rayos X, a la que han recurrido cuando les fue insuficiente el estudio petrográfico por medio del microscopio polarizante.

Los más destacados de sus conclusiones son:

1.º Las areniscas de Montjuic están compuestas mineralógicamente la mayoría por cuarzo detrítico que en general alcanza más del 60 por 100 con respecto a la fracción terrígena de la roca. Le siguen en importancia cuantitativa los feldespatos y la moscovita. Algunas muestras presentan también fragmentos de roca y otras presentan algún mineral pesado.

2.º El estudio del cemento de las areniscas por difracción de rayos X identifica una fase arcillosa común a todas ellas del tipo illita-caolinita, con excepción de alguna muestra que no presenta caolinita.

3.º Sobre las génesis de las bandas de ferruginización que presentan algunas areniscas y vistos los resultados obtenidos en el estudio petrográfico y en el análisis complexométrico, deciden que aunque macroscópicamente parecen responder a una estructura, no es así en las observaciones microscópicas. La disposición de los óxidos de hierro en la lámina no es regular. A modo de película recubren los granos detríticos, rellenan fisuras en caso de que éstos las pre-

señalen o se confunden con el cemento en alguna de las muestras enmascarándolo.—L. DE A.

J. BECH BORRAS, y J. M. FERNÁNDEZ DELGADO: *Aportación al conocimiento de las estructuras de los travertinos de la terraza alta de Bañolas (Gerona)*. Instituto de Investigaciones Geológicas, Barcelona, vol. XXIV, octubre, 1970, págs. 63-76.

El estudio de las secciones en láminas delgadas del travertino de la terraza alta de Bañolas confirma la separación establecida en dos niveles.

1. Uno inferior, arenoso, con fracción detrítica cuarzosa variable (entre un 4 y un 30 por 100), en el seno de una masa micrítica de origen algal.

2. Otro superior, compacto, sin fracción detrítica destacable, de caliza micrítica algal con algunas cavidades, «tubos» o espacios rellenos de ortosparitas y ortomicrosparita granular y drúsica.

Procesos posteriores de diagénesis han originado nuevas formas de grano pseudomicrosparítico y pseudosparítico granular y fibroso, con la consiguiente deformación de las primitivas formas orgánicas (Caráceas, Gasterópodos y Ostrácosos esencialmente) presentes en estos materiales. Un último proceso edafogénico parece evidente según se deduce del estudio de las muestras de la parte alta, limonítica y vermicular, de dicho nivel compacto.—L. DE A.

GIUSEPPE MANUPPELLA: *Rochas dolomíticas da serra de Aire*. Estudos, Notas e Trabalhos, vol. XX, fas. 1-2, págs. 129-152.

Presenta el autor los resultados obtenidos por el estudio de las rocas dolomíticas conocidas en la serie Bajociense, que aflorante en la sierra del Aire y en el anticlinal de la laguna de Foradouro.

Después de algunas consideraciones sobre la geología de esta región, describe los resultados de los análisis efectuados sobre muestras de rocas dolomíticas recogidas en los cinco cortes ejecutados entre Casal do Feixo y Ribeira da Fornia.

Se refiere también a los posibles orígenes de las rocas dolomíticas estudiadas y al problema de la dolomitización, y llega a las siguientes conclusiones:

En la región de la sierra del Aire, en particular en el anticlinal de la Lagunade Furadouro, existen dolomitas cuyas leyes medias de MgO oscilan entre un máximo de 18,57 por 100 y un mínimo de 15,20 por 100. Destaca como más frecuentes los valores medios superiores al 17 por 100.

En lo que se refiere a los espesores fueron determinadas potencias del orden de 133 m. Piensa el autor que sería interesante realizar sondeos a fin de calcular convenientemente las reservas.—L. DE A.

ORLANDO DA CRUZ GASPAR: *O asbesto do Arado do Castanheiro (Portel)*. Estudo de algumas propriedades mineralógicas com interesse para o seu aproveitamento industrial. Estudos, Notas e Trabalhos, vol. XX, fas. 1-2, páginas 107-128.

El asbesto de Arado do Castanheiro se presenta íntimamente asociado con la serpentina de Santana, concejo de Portel en Evora, aparentando un complejo de fracturas poligonales. Las serpentinas resultantes de una roca ultramáfica peridotítica, como se pudo verificar por la petrografía, microscopia de minerales, distribución geoquímica de Cr, Ni, y Co, se encuentran en el seno de las «rocas verdes», de las subfacies cuarzo-albita-moscovita-clorita, de edad precámbrica a cámbrica.

El asbesto está constituido esencialmente por una tremolita-actinolita, en la que se junta al cuarzo algunas veces con leyes del 40 por 100, siendo todavía acompañado usualmente en las zonas de fractura con clorita. Sobre el asbesto incidirán estudios de microscopia, difracción de rayos X y químicos, con el fin de que se determinen las propiedades mineralógicas con interés para su tecnología, siendo todavía relacionados con éstos, ejecutados ensayos de comportamiento térmica y resistencia al ataque por los ácidos y bases.—L. DE A.

MINERIA

F. SOARES CARNEIRO: *Potencialidades minerais da metropole, base firme de desenvolvimento industrial do país*. Arquivos da Direcção-Geral de Minas a Serviços Geológicos. Lisboa, 1971.

Los fines perseguidos por el autor con el trabajo presentado son: Ofrecer una fuente de información rápida y actual sobre la importancia del sector minero y canteras, tomando como principal indicador las producciones de los últimos tiempos y potenciales existentes; Provocar una política de grandes espacios en las actuales circunstancias de la panorámica minera, de coordenadas estratégicas favorables al lanzamiento de bastos complejos industriales: Analizar la valoración y eficiencia de la política de Fomento Minero en los últimos tiempos; Presentar al Ministerio correspondiente las medidas para un mayor dinamismo de esta política y para su cumplimiento con los medios apuntados para una mayor participación de las riquezas minerales en el desarrollo del país.

Por el cuadro que da de evolución de la producción por clases excepto «piedra, arcilla y arena» en el periodo 1950-1970, se ve el paso de un producto bruto de 309.195 contos a 708.544. En el año 1970 la composición de éstos es así: Carbón, 57.462; mineral de hierro, 22.237; minerales metálicos excepto hierro, 458.965; otros minerales no metálicos, 174.880.

La obra está dividida en los siguientes capítulos: minerales y rocas, carbón, petróleo bruto y gas natural, minerales metálicos, en los que considera separadamente el hierro, los restantes salvo el hierro, los complejos y los metálicos no especificados; piedra, arcilla y arenas, otros minerales no metálicos y el último está dedicado a las aguas minerales de mesa y termales.

Consagra un capítulo a la importancia de las estaciones termales con polos naturales de producción regional. Da una amplia e intensa valoración de las potencialidades mineras en su relación con el desarrollo industrial del país y termina con un capítulo de política minera.

En cuanto se refiere a la potencialidad minera se destaca que Portugal continental ocupa una posición de realce y prestigio en lo referente al cobre, hierro, cinc, volframio, estaño, plata, plomo y uranio.

A la conclusión que se llega es que no puede existir la vida sin la utilización de las minas, las canteras y los manantiales de agua subterránea y que con base de estas riquezas se debe preparar el desarrollo de los pueblos.—L. DE A.

MICHELINE BERTON: *Applications pacifiques des explosions nucléaires, Géologie, Séismologie Comportement des Sols et des Roches*. Bibliographie CEA-BIB-152 (Additif n.º 1), pág. 203, 1971.

Esta bibliografía que reseñamos se considera como complementaria de la número 152. Contiene 643 referencias. Los documentos fueron clasificados según los capítulos: sismología, estudio de los suelos y fractura de las rocas después de las explosiones nucleares o bajo las condiciones de presiones o temperatura muy elevadas. Acompañan a la obra varios índices, que son: materias, informes, artículos de revistas, congresos y tesis.—L.

GEORGES ZBYSZEWSKI, e JORGE BARRETO DE FARIA: *O sal-gema em Portugal Metropolitano; suas jazidas, características e aproveitamento. Estudos, Notas e Trabalhos*, vol. XX, fas. 1-2, págs. 5-106.

Los autores después de haber estudiado la edad y la posición estratigráfica de la sal gema en Portugal Metropolitano, describen los sondeos que alcanzaron las formaciones salíferas profundas y citan otras regiones donde la presencia de sal gema puede ser posible.

Presentan los análisis de la sal gema y después de citar las explotaciones existentes, dan informaciones sobre la producción, la importación y la exportación, las cantidades utilizadas y de una manera general, las reservas probables de sal, así como su valor económico.—L. DE A.

LEAN GAUTIER: *Etudes experimentales et de synthèse de l'influence des propriétés des explosifs et des caractéristiques mécaniques des sols et des roches sur les dimensions des cratères*. Rapport CEA-R-4242, pág. 301, 1971.

El autor establece las relaciones entre las dimensiones de los cráteres de explosión en los suelos de una parte y las

propiedades de los explosivos de otra. Las propiedades de los explosivos químicos, las leyes de transmisión de la onda de choque al suelo y alguna propiedad de los suelos, en particular su deformaciones rápidas, también son objeto de atención. Reseña los resultados de una serie de explosiones de pequeñas cargas de dinamita-goma, en una arena donde se ha hecho cuidadosamente medidas características. Los resultados experimentales encontrados en la literatura, las pegas de todas dimensiones (de algunos gramos a algunas toneladas de TNT) también se reagrupan con ayuda de un análisis dimensional. Las correlaciones establecidas a partir de estos resultados experimentales son presentadas en forma de abaco, permitiendo el cálculo de las dimensiones de un cráter conociendo el medio del explosivo. Presenta el autor varias aplicaciones concretas al caso, y los resultados obtenidos.

Esta obra es una tesis de la Universidad Científica y Medicina de Grenoble para obtener el grado de Doctor Ingeniero.—L.

HIDROLOGIA

F. ORTI CABO: *Notas acerca de la prospección hidrogeológica realizada por el abastecimiento de la central nuclear de Vandellós (Tarragona)*. Instituto de Investigaciones Geológicas. Barcelona, vol. XXIV, octubre, 1970, págs. 77-88.

El autor da una idea esquemática de los problemas hidrogeológicos planteados en el abastecimiento de agua dulce de la central nuclear de Vandellós (provincia de Tarragona) y cita las diferentes etapas de los trabajos que se han llevado a cabo. Las unidades hidrogeológicas más favorables para la explotación han resultado ser los piedemontes cuaternarios del borde SO de la Cuenca de Reus y las dolomías jurásico-cretácicas de la sierra de Vandellós.—L.

QUIMICA MINERAL

GERARD LAMARQUE: *Determinations spectrophotométriques de traces de Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, V après séparations sélectives à la B. P. H. A. (N-Bansoyl Phenyl Hydroxylamine) Application aux composés de l'uranium*. Rapport CEA-R-4215, pág. 63, 1971.

Estudia el autor las características de extracción de microcantidades de titanio, circonio, hafnio, niobio y tántalo por el sistema HCl-N-Benzoyl-phenyl hydroxylamine al 0,1 por 100, 0,2 por 100 y 0,5 por 100 en el benceno. El estudio de las características de reextracción por el sistema HCl-HF permite presentar las diversas posibilidades de separación, conducentes para cada elemento, a la realización de una valoración espectroquímica separada. Las técnicas de valoración propuestas, simples y selectivas, aplicables a las soluciones de uranio, permiten con dos tomas de ensayos de 5 gramos de uranio, el detectar, en masa con relación a la matriz, 0,15 ppm de titanio, 0,08 ppm de circonio, 0,12 ppm de hafnio, 0,05 ppm de niobio y 0,15 ppm de tántalo. Una tercera

toma de ensayo de 4 gramos de uranio permite detectar 0,25 ppm de vanadio.

Estos fines logrados son consecuencia del interés que tenía el autor de valorar titanio, circonio, hafnio, niobio y tántalo en las matrices de uranio a nivel de la parte por millón, y han sido alcanzadas en condiciones satisfactorias. Al mismo tiempo pretendía que la técnica que se lograra esencialmente práctica. De esta manera se logran valoraciones espectrofotométricas de tanto por millón de tántalo en un medio simple a fin de evitar las interferencias de elementos homogéneos.

La valoración de hafnio en presencia de circonio, tal como la ha resuelto, no es perfecta, pero constituye una solución elegante y razonablemente segura, en un problema donde las dificultades no son conocidas por todos los químicos.—L.

BIOGRAFIA

PIERRE ABAILARD y L. S. BERG: *Dictionary of Scientific Biography*. Vol. I. «American Council of Learned Societies», Editor Charles Scribner's sons New York, 1970.

La «Charles Coulston Gillispie» proyecta editar un diccionario de biografías científicas, obra iniciada con el tomo primero, aparecido el pasado año de 1970.

Esta grandiosa obra, requirió una selección de los científicos a biografiar, así como el establecimiento del criterio en la redacción y preparación de estas biografías, encomendadas a personas relevantes en los campos de la ciencia y de la técnica de varios países.

Los hechos de cada biografía se narran de una manera clara y amena, con resalte de su obra en relación con los predecesores, los contemporáneos y sus sucesores. Completan esta exposición, una serie de datos personales de cada biografiado, como: lugares y fechas de nacimiento y óbito, antecedentes familiares y descendientes, educación, religión, salud, instituciones científicas que se honraron con encuadrarlo entre sus miembros, actividades extracientíficas y en general cuanta información sea útil para destacar la personalidad.

La preparación de cada biografía exige una lectura de los escritos, así como los comentarios de su obra.

En este tomo destacamos como geólogos las biografías de: ABEL, Othenio (Viena, 1875-1946), fundador de la Paleontología

ABICH, Otto Hermann Wilhelm (Berlín, 1806-1886), in-vestigador sobre la espinela y los campos volcánicos.

ADAMS, Frank Dawson (Montreal, 1859-1942), destacado petrógrafo.

AGASSIZ, Jean Louis Rodolphe (Motier-en-Vully, 1807-1873), geólogo y paleontólogo especializado en el campo de los peces.

AGRICOLA, Georgius (Glauchau, 1494-1555), minero y metalurgista inmortalizado con su obra «De re metallica» y considerado como el fundador de la mineralogía.

ALBERTI, Friedrich August von (Stuttgart, 1795-1878), geólogo, minero, pionero en el estudio del SW. de Alemania y pro-

motor de la denominación de triásico para las formaciones antiguas del mesozoico.

AMECHINO, Florentino (Luján, 1854-1911), paleontólogo dedicado principalmente al estudio de los mamíferos.

ANDRUSOV, Nikolai Ivanovich (Odesa 1861-1924), paleontólogo promotor de la denominación de «onkoids» a una estructura típica de la caliza.

ARCHIAC, Etienne-ules-Adolphe Desmier de Saint-Simon (Rheims 1802-1868), Geólogo y paleontólogo autor de obras clásicas una de geología y otra de paleontología.

ARGAND, Emile (Ginebra, 1879-1940), activo geólogo en la cartografía de Suiza.

AYBUSSION DE VOISINS, Jean-Francois D' (Touloise, 1769-1841), trabajó como geólogo y minero en la administración francesa, en la docencia y autor de varios libros.

BSBINGTON, William (Port. Glenone 1756-1888), geólogo y mineralista, autor de una clasificación basada en la composición química y en los caracteres físicos y externos.

BAIER, Johann Jacob (Jena, 1677-1735), desarrolló la «oryctografía» encaminada a la demostración de que los fósiles no son una casualidad o juego de la naturaleza.

BSILEY, Loring Woart (West Point 1839-1925), catálogo de las diatomeas canadienses.

BAKEWELL, Robert (Englan, 1768-1843), geólogo. BARLOW, William (Islington 1845-1904), cristalógrafo autor de la teoría de que las propiedades cristalinas son función de la ordenación atómica.

BARRANDE, Joachim (Sanguis, 1779-1883), paleontólogo especializado en el Siluriano, habiendo aportado interesantes datos principalmente de Bohemia.

BARRELL, Josph (New Providence, 1869-1919), cultivó la isostasia, sedimentología, metamorfismo y cálculo por los procesos de denudación y sedimentación de un valor absoluto de la edad del precámbrico de 1.400 m. de a.

BARROIS, Charles (Lille, 1851-1939), muy apreciado por los geólogos españoles por sus interesantes trabajos de Asturias y Galicia.

BASSLER, Raymond Smith (Philadelphia, 1878-1961), conocedor profundo de los briozorios del silúrico y ordovícico.

BATHER, Francis Arthur (Richmond, 1863-1934), investigador activo sobre la morfología de los equinodermos.

BAUMAUER, Edouard Henri Adolf (Bonn, 1848-1926), estudió la morfología de los cristales y su efecto en el ataque de las caras de los minerales con diversos solventes.

BECKE, Friedric Johann Karl (Prague, 1855-1931), autor de descubrimientos interesantes petrográficos y mineralógicos e introductor de los términos; cristaloblasto, porfiroblasto, granoblasto, blastofítico, blastogranítico, blastoporfírico, diaqtosis.

BECKER, George Ferdinand (New York, 1847-1919), geofísico, autor de varios trabajos sobre geoelectricidad, esfuerzos y ruptura de rocas.

BÉGUYER DE CHANCOURTOIS, Alexandre-Emile (París, 1820-1886), geólogo famoso por su genial clasificación sistemática de los elementos encontrados en minerales y rocas, precursoras de la actual tabla periódica de los elementos.

BELL, Robert (Toronto, 1841-1917), precursor de los estudios geológicos y cartográficos del Canadá.
 BELLARDI (Genoa, 1818-1889), paleontólogo investigador de la evolución de los moluscos a través de los tiempos geológicos.

Como españoles nos agrada la inclusión de la misma, con justos merecimientos, de las biografías de:

ABBAS IBN FIRNAS (Ronda, 274, a. J.), humanista y tecnólogo.

ABU ABDALLAH MUHAMMAD (Granada, 1080-1169), destacado geógrafo.

ACOSTA, Cristóbal (Boa Ventura, 1525-1596), destaca entre sus obras el «Tratado de las drogas y medicinas de las Indias Orientales».

ACOSTA, José de (Medina del Campo, 1539-1599), geógrafo de la Compañía de Jesús, autor de la «Historia natural y moral de las Indias».

ALFONSO EL SABIO (Toledo, 1221-1284), popular por sus muchas obras como el «Código de las Siete Partidas», las «Tablas Alfonsinas», «Libros del saber de astronomía», «Tratado del cuadrante», y sus bellísimas cantigas en lengua gallega.

ARNALDO DE VILLANUEVA, Juan (Aragón, 1240-1313), médico y alquimista, descubridor de varios compuestos químicos.

IBN AL AWWAM ABU (español de la segunda mitad del siglo XIII destacado agrónomo).

AZAFRA, Félix de Barbuñales, 1742-1821, geógrafo y naturalista.

IBN BASA (Zaragoza, siglo XI-1132), filósofo.

AL-BARKRI, Abu Ubayd Abdallha Inb Abd Al-Aziz Ibn Muhammad (1010-1094), geógrafo hispanoárabe.

BARBA, Alvaro Alonso (Lepe, 1569-1640), mineralurgista immortalizado con su obra «El arte de los metales» y descubridor de importantes técnicas de beneficios de los minerales de plata y de oro.

IBN ALBAYTAR Almalaquí (Málaga, 1190-1248), autor de la catalogación de más de 1.400 formas de origen animal, vegetal y mineral.

FORST DE BELIDOR, Bernardo (Catalán, 1693-1761), a quien se debe importantes obras de matemática y de física para ingenieros, así como la prolongación hacia el N. de la meridiana de París. También estableció la falta de proporcionalidad entre el alcance de las balas de los cañones y la cantidad de pólvora utilizada.

Es lástima que estén omitidos en este catálogo la aportación de eminentes obras de origen español, y que algunos tengan inexactitudes en los apellidos y en las fechas de nacimientos o de fallecimiento.

A través de estas biografías se ve el paso de las ciencias, desde la consideración como integrantes en la filosofía natural, concepto conservado todavía, por muchos centros tradicionales en los rituales de colación de grados, a la especialización extraordinaria de nuestros días, debido a un progreso que ha enriquecido la historia de las ciencias, recopilada en la obra comentada.

Este diccionario se ha podido realizar gracias al entusiasmo actual hacia los estudios biográficos y de historia de las ciencias, donde, se puede seguir el avance por una pléyade de plumas seleccionadas, unos índices abundantes en todos los campos de las ciencias y de todos los países.—L. DE A.

INDICE DE MATERIAS

Páginas

Geología

La Geología de la Serranía de Ronda (cordillera bética occidental, por <i>F. Mauthe</i>	1
Fauna fósil de la «Cueva de los Muñecos», Abenojar (Ciudad Real), por <i>T. Torres Perezhidalgo</i>	37
Sobre la posición de los terrenos de «facies de Utrillas» en la Zona Prebética, al NE. de la provincia de Jaén, por <i>A. C. López-Garrido</i>	47
Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante), por <i>C. Montenat</i> et <i>G. Truc</i>	52
Bosquejo estratigráfico y paleogeográfico de la Zona Prebética en la región de Isso-Elche de la Sierra-Moratalla (provincias de Albacete y Murcia), por <i>L. Jerez Mir</i>	117
Estudio geológico del extremo occidental de los Montes de Málaga y de la Sierra de Cártama (Provincia de Málaga), por <i>Ricardo Mon</i>	132
Observaciones sobre la tectónica de las series precámbricas y paleozoicas del Este de la provincia de Cáceres, por <i>R. Capote</i> , <i>M. Gutiérrez Elorza</i> y <i>R. Vegas</i>	147
Contribución al estudio geológico y mineralógico de la plataforma continental submarina en el área de las islas Columbretes, por <i>F. Cañada Guerrero</i>	152
Nota previa sobre los blastoideos del devoniano de la Cordillera Cantábrica (España), por <i>Albert Breimer</i>	157
Nota previa sobre la paleogeografía brioveriense y el dominio del Paleozoico superior en la Península Ibérica, por <i>V. Pastor Gómez</i>	172
Sobre el límite inferior del Cámbrico y la existencia de Eocámbrico en el Macizo Hespérico, por <i>J. R. Parga</i>	234
An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt, por <i>L. J. G. Schermerhorn</i>	239
Los grandes rasgos geológicos del Sur de la provincia de Badajoz y Norte de la de Huelva, por <i>M. Gutiérrez Elorza</i> , <i>J. L. Hernández Enrile</i> y <i>R. Vegas</i>	269
Breve apontamento sobre a geologia da região de Moura, por <i>A. Barros e Carvalhosa</i> e <i>A. M. Galopim de Carvalho</i>	274
Esquema Geológico de la Hoja núm. 878 de Azuaga (Badajoz), por <i>M. Delgado-Quesada</i>	277
Características fundamentales de los «sierros» de la provincia de Salamanca, por <i>L. C. García de Figuerola</i> y <i>J. R. Parga</i>	287
Nota previa sobre o provável caracteres subvulcânico do maciço granítico de Santa Eulália (Alto Alentejo), por <i>F. Gonçalves</i> e <i>A. V. T. Pinto Coelho</i>	291
El Precámbrico de Puebla del Maestre (Badajoz), por <i>S. Cadavid Camiña</i> y <i>M. Gutiérrez Elorza</i>	299

	Fáginas
Pyrite emplacement by gravity flow, por <i>L. J. G. Schermerhorn</i> ...	304
Tectónica do Carbónico marinho da região da Carrapateira (SW de Portugal), por <i>M. Feio</i> e <i>A. Ribeiro</i> ...	309
Las series del Cámbrico inferior y Eocámbrico en la Cordillera Cantábrica, por <i>J. R. Parga</i> y <i>C. Luque</i> ...	310
Observaciones sobre el Cámbrico de la provincia de Córdoba, por <i>R. Cabanas</i> ...	321
Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sud-ibérique; comparaison de la variabilité des caractères géotectoniques de ces zones avec les orogènes «orthotectoniques», por <i>J. P. Bard</i> ...	324
Le gran Dike doléritique de l'Alentejo, por <i>C. Teixeira</i> , <i>M. H. Canilho</i> et <i>J. C. Lopes</i> ...	346
Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena occidental y las Sierras del N. de la provincia de Cáceres (Extremadura española), por <i>R. Vegas</i> ...	351
Las rocas porfiroides del límite Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza-Monesterio (Badajoz), por <i>J. L. Hernández Enrile</i> ...	359
El borde meridional de la Cordillera Ibérica en los alrededores de Algora (Guadalajara), por <i>J. A. Pérez Azuara</i> ...	401
Estudio geológico de la Sierra de Aralar (Cuenca Cantábrica Oriental), por <i>R. Soler</i> y <i>José</i> ...	406
Los foraminíferos de un yacimiento de peces al S.SE. de la Sierra de Columbares (Murcia, España), por <i>C. Martínez Díaz</i> ...	429
Estructuras de colapso en la vertiente occidental de Sierra Nevada (Sector de Nigüelas, Granada), por <i>V. García-Dueñas</i> y <i>M. C. Comas</i> ...	507
Contribución al estudio del Valle de Alcudia, por <i>V. Crespo</i> y <i>J. Rey</i> .	512
 <i>Minería</i>	
Incidencia de los precios en la minería del estaño: posibles modos de actuación, por <i>E. Fernández-Marina</i> y <i>A. Quesada García</i> ...	447
 <i>Agua s subterráneas</i>	
Cartografía hidrogeológica. Introducción al estudio de su normalización, por <i>J. Porras Martín</i> ...	59
Aforos químicos de pequeños caudales: río Aguas (Almería), por <i>V. Sánchez Fresneda</i> ...	174
Evacuación de aguas residuales industriales mediante su inyección en el subsuelo, por <i>F. Gómez-Pallete</i> y <i>Rivas</i> ...	459
 <i>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</i>	
Uranio y renio en rocas sedimentarias. II. Cuenca Miocena de Granada, por <i>A. Martín</i> y <i>L. García-Rosell</i> ...	65
Uranio y renio en rocas sedimentarias. III. Lignitos de la depresión del Ebro, por <i>A. Martín</i> y <i>L. García-Rosell</i> ...	178

	Páginas
Estudio estadístico de los parámetros elásticos y su posible correlación con las rocas sedimentarias, por <i>M. López Linares</i> ...	468
Falta cooperación entre la hidrogeología y la hidrogeofísica, por <i>F. Esteban Santisteban</i> ...	516
 <i>Estudio de minerales y rocas</i>	
Estudio petrológico de una formación de grauvacas cámbricas del norte de la provincia de Huelva, por <i>R. Marfil Pérez</i> y <i>M. Gutiérrez Elorza</i> ...	70
Síntesis de minerales a temperatura ordinaria. I. Estudio preliminar, por <i>J. Linares</i> y <i>F. Huertas</i> ...	77
Presencia de vonsenita en la mina «Monchi», Badajoz (España), por <i>A. Cueto</i> , <i>C. Ruiz</i> y <i>P. Arévalo</i> ...	186
Estudio petrológico de la formación plutónica de Zarza la Mayor (provincia de Cáceres), por <i>L. C. García de Figuerola</i> , <i>L. G. Corretge</i> y <i>O. Suárez</i> ...	217
Estudio de tremolitas complejas procedentes del suroeste de España, por <i>J. Doetsch</i> y colaboradores ...	520
Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. I. Cuenca del Tajo, por <i>F. Huertas</i> , <i>J. Linares</i> y <i>J. L. Martín Valdi</i> ...	534
Aplicaciones de la resonancia magnética nuclear en mineralogía, por <i>P. Salvador Salvador</i> ...	543

INDICE DE AUTORES

	Páginas
ARÉVALO, P.; CUETO, A. y RUIZ, C.: Presencia de vonsenita en la mina «Monchi», Badajoz (España)	186
BARD, J.-P.: Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sud-ibérique; comparaison de la variabilité des caractères géotectoniques de ces zones avec les orogènes «orthotectoniques»	324
BREIMER, A.: Nota previa sobre los blastoideos del devoniano de la Cordillera Cantábrica (España)	157
BARROS E CARVALHOSA, A. e GALOPIM DE CARVALHO, A. M.: Breve apontamento sobre a geologia da região de Moura	274
CABANAS, R.: Observaciones sobre el Cámbrico de la provincia de Córdoba	321
CADAVID CAMIÑA, S. y GUTIÉRREZ ELORZA, M.: El Precámbrico de Puebla del Maestre (Badajoz)	299
COMA, M. del y GARCÍA-DUEÑAS, V.: Estructura de colapso en la vertiente occidental de Sierra Nevada (Sector de Nigüelas, Granada)	507
CANILHO, M. H.; TEIXEIRA, C. et LOPES, J. L.: Le gran Dike doléritique de l'Alentejo	346
CAÑADA GUERRERO, F.: Contribución al estudio geológico y mineralógico de la plataforma continental submarina en el área de las islas Columbretes	152
CAPOTE, R.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. y VEGAS, R.: Observaciones sobre la tectónica de las series precámbricas y paleozoicas del Este de la provincia de Cáceres	147
CORRETGE, L. G.; GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. y SUÁREZ, O.: Estudio petrológico de la formación plutónica de Zarza la Mayor (Provincia de Cáceres)	217
CRESPO, V. y REY, J.: Contribución al estudio del Valle de Alcuía.	512
CUETO, A.; RUIZ, C. y ARÉVALO, P.: Presencia de vonsenita en la mina «Monchis», Badajoz (España)	70
DELGADO-QUESADA, M.: Esquema Geológico de la Hoja núm. 878 de Azuaga (Badajoz)	277
DOETSCH, J. y colaboradores: Estudio de tremolitas complejas procedentes del SO. de España	520
ESTEBAN SANTISTEBAN, F.: Falta cooperación entre la hidrología y la hidrogeofísica	516
FEIO, M. e RIBEIRO, A.: Tectónica do Carbónico marinho da região da Carrapateira (SW de Portugal)	309
FERNÁNDEZ-MARINA, E. y QUESADA GARCÍA, A.: Incidencia de los precios en la minería del estaño: posibles modos de actuación	447
GALOPIM DE CARVALHO, A. M. e BARROS E CARVALHOSA, A.: Breve apontamento sobre a geologia da região de Moura	274

	Páginas
GARCÍA-DUEÑAS, V. y COMAS, M. C.: Estructura de colapso en la vertiente occidental de Sierra Nevada (Sector de Nigüelas, Granada)	507
GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.; CORRETGE, L. G. y SUÁREZ, O.: Estudio petrológico de la formación plutónica de Zarza la Mayor (Provincia de Cáceres).	217
GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. y PARGA, J. R.: Características fundamentales de los «sierros» de la provincia de Salamanca	287
GARCÍA-ROSELL, L. y MARTÍN, A.: Uranio y renio en rocas sedimentarias. II. Cuenca Miocena de Granada	65
GARCÍA-ROSELL, L. y MARTÍN, A.: Uranio y renio en rocas sedimentarias. III. Lignitos de la depresión del Ebro	178
GÓMEZ-PALLETE Y RIVAS, F.: Evacuación de aguas residuales industriales mediante su inyección en el subsuelo	459
GONÇALVES, F. e PINTO COELHO, A. V. T.: Nota previa sobre o provável caracteres subvulcânico do maciço granítico de Santa Eulália (Alto Alentejo)	291
GUTIÉRREZ ELORZA, M.; HERNÁNDEZ ENRILE, J. L. y VEGAS, R.: Los grandes rasgos geológicos del Sur de la provincia de Badajoz y Norte de la de Huelva	269
GUTIÉRREZ ELORZA, M. y CADAVID CAMIÑA, S.: El Precámbrico de Puebla del Maestre (Badajoz)	299
GUTIÉRREZ ELORZA, M.; CAPOTE, R. y VEGAS, R.: Observaciones sobre la tectónica de las series precámbricas y paleozoicas del Este de la provincia de Cáceres	147
GUTIÉRREZ ELORZA, M. y MAFIL PÉREZ, R.: Estudio petrológico de una formación de grauvacas cámbricas del norte de la provincia de Huelva	70
HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. y VEGAS, R.: Los grandes rasgos geológicos del Sur de la provincia de Badajoz y Norte de la de Huelva	269
HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: Las rocas porfiroides del límites Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza-Monesterio (Badajoz)	359
HUERTAS, F.; LINARES, J. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. I. Cuenca del Tajo	534
HUERTAS, F. y LINARES, J.: Síntesis de minerales a temperatura ordinaria. I. Estudio preliminar	77
JEREZ MIR, L.: Bosquejo estratigráfico y paleogeográfico de la Zona Prebética en la región de Isso-Elche de la Sierra-Moratalla (provincias de Albacete y Murcia)	117
LINARES, J. y HUERTAS, F.: Síntesis de minerales a temperatura ordinaria. I. Estudio preliminar	77
LINARES, J.; MARTÍN VIVALDI, J. L. y HUERTAS, F.: Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. I. Cuenca del Tajo	534
LOPES, J. C.; TEIXEIRA, M. H. et M. H. CANILHO: Le gran Dike doléritique de l'Alentejo	346
LÓPEZ-LINARES, M.: Estudio estadístico de los parámetros elásticos y su posible correlación con las rocas sedimentarias	468
LÓPEZ-GARRIDO, A. C.: Sobre la posición de los terrenos de «facies de Utrillas» en la Zona Prebética, al NE de la provincia de Jaén.	47

	Páginas
LUQUE, C. y PARGA, J. R.: Las series del Cámbrico inferior y Eocámbrico en la Cordillera Cantábrica	320
MARFIL PÉREZ, R. y GUTIÉRREZ ELORZA, M.: Estudio petrológico de una formación de grauvacas cámbricas del norte de la provincia de Huelva	70
MARTÍN, A. y GARCÍA-ROSELL, L.: Uranio y renio en rocas sedimentarias. II. Cuenca Miocena de Granada	65
MARTÍN, A. y GARCÍA-ROSELL, L.: Uranio y renio en rocas sedimentarias. III. Lignitos de la depresión del Ebro	178
MARTÍN VIVALDI, J. L.; HUERTAS, F. y LINARES, J.: Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias españolas. I. Cuenca del Tajo	534
MARTÍNEZ DÍAZ, C.: Los foraminíferos de un yacimiento de peces al S.SE. de la Sierra de Columbares (Murcia, España)	429
MAUTHE, F.: La Geología de la Serranía de Ronda (cordillera bética occidental)	1
MON, R.: Estudio geológico del extremo occidental de los Montes de Málaga y de la Sierra de Cártama (provincia de Málaga)	132
MONTENAT, C. et TRUC, G.: Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante)	52
PARGA, J. R.: Sobre el límite inferior del Cámbrico y la existencia de Eocámbrico en el Macizo Hespérico	234
PARGA, J. R. y GARCÍA DE FIGUEROLA: Características fundamentales de los «sierros» de la provincia de Salamanca	287
PARGA, J. R. y LUQUE, C.: Las series del Cámbrico inferior y Eocámbrico en la Cordillera Cantábrica	310
PASTOR GÓMEZ, V.: Nota previa sobre la paleogeografía brioverriense y el dominio del Paleozoico superior en la Península Ibérica	172
PÉREZ AZUARA, J. A.: El borde meridional de la Cordillera Ibérica en los alrededores de Algora (Guadalajara)	401
PINTO COELHO, A. V. T. e GONÇALVES, F.: Nota previa sobre o provável caracteres subvulcánico do maciço granítico de Santa Eulália (Alto Alentejo)	291
PORRAS MARTÍN, J.: Cartografía hidrogeológica. Introducción al estudio de su normalización	59
QUESADA GARCÍA, A. y FERNÁNDEZ-MARINA, E.: Incidencia de los precios en la minería del estaño: posibles modos de actuación	447
REY, J. y CRESPO, V.: Contribución al estudio del Valle de Alcuñá. RIBEIRO, A. e FEIO, M.: Tectónica do Carbónico marinho da região da Carrapateira (SW de Portugal)	309
RUIZ, C.; CUETO, A. y ARÉVALO, P.: Presencia de vonsenita en la mina «Monchis», Badajoz (España)	186
SALVADOR SALVADOR, P.: Aplicaciones a la resonancia magnética nuclear en mineralogía	37
SÁNCHEZ FRESNEDA, V.: Aforos químicos de pequeños caudales: río Aguas (Almería)	174
SCHERMERHORN, L. J. G.: An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt	304
SCHERMERHORN, L. J. G.: An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt	239
SOLER y JOSÉ, R.: Estudio geológico de la Sierra de Aralar (Cuenca Cantábrica Oriental)	406
SUÁREZ, O.; GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. y CORRETGE, L. G.: Estudio petrológico de la formación plutónica de Zarza la Mayor (provincia de Cáceres)	217

	Páginas
TEIXEIRA, C.; CANILHO, M. H. et LOPES, J. C.: Le gran Dike dolé-ritique de l'Alentejo	346
TORRES PEREZHIDALGO, T.: Fauna fósil de la «Cueva de los Muñecos», Abenojar (Ciudad Real)	37
TRUC, G. et MONTENAT, C.: Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante)	52
VEGAS, R.: Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena occidental y las Sierras del N. de la provincia de Cáceres (Extremadura española)	351
VEGAS, R.; CAPOTE, R. y GUTIÉRREZ ELORZA, M.: Observaciones sobre la tectónica de las series precámbricas y paleozoicas del Este de la provincia de Cáceres	147
VEGAS, R.; GUTIÉRREZ ELORZA, M. y HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: Los grandes rasgos geológicos del Sur de la provincia de Badajoz y Norte de la de Huelva	269

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de tercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo harán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

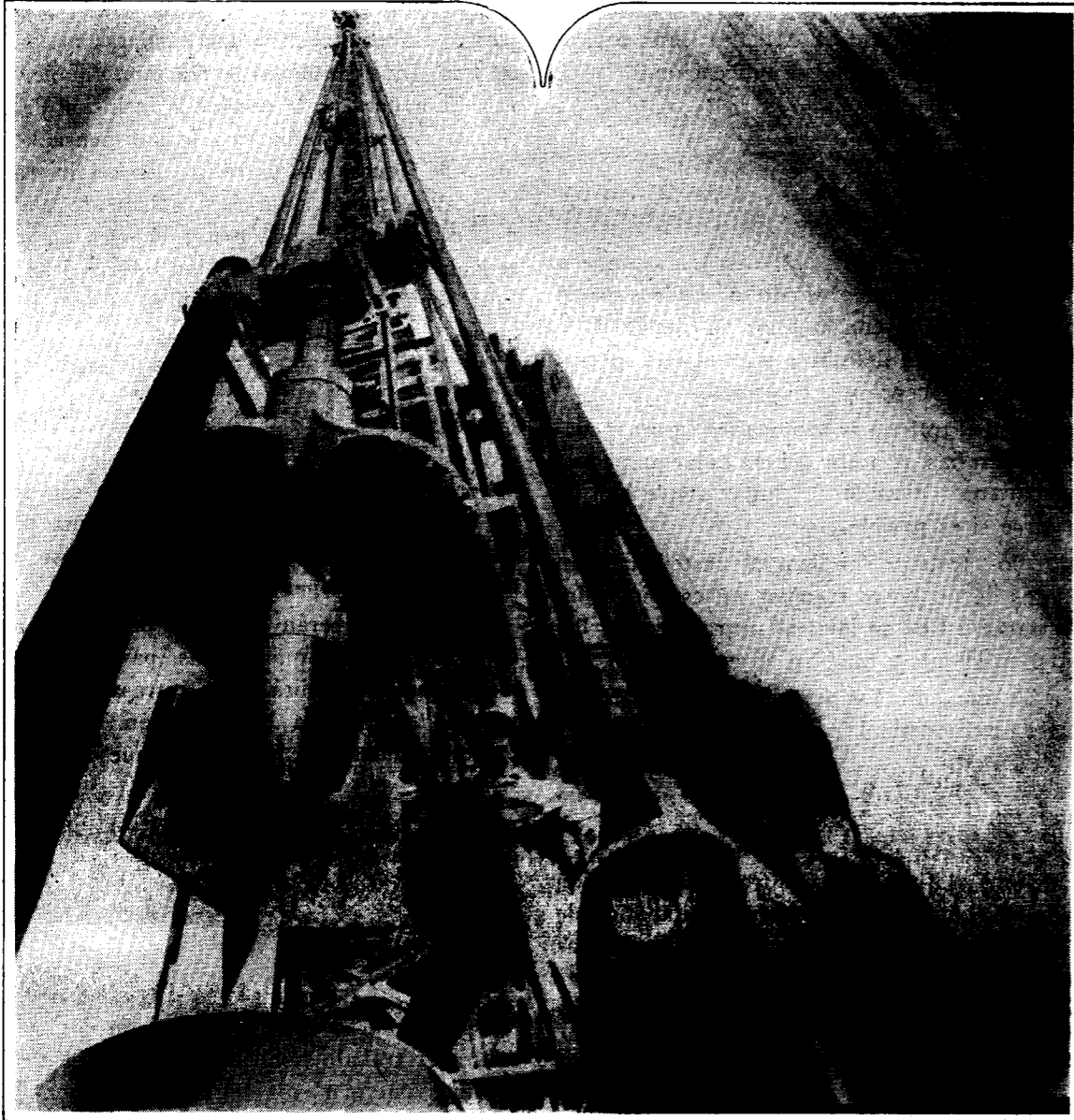
Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Vegarada...
y brotó el agua con fuerza!
¡con potencia!



potente maquinaria
en
manos expertas.

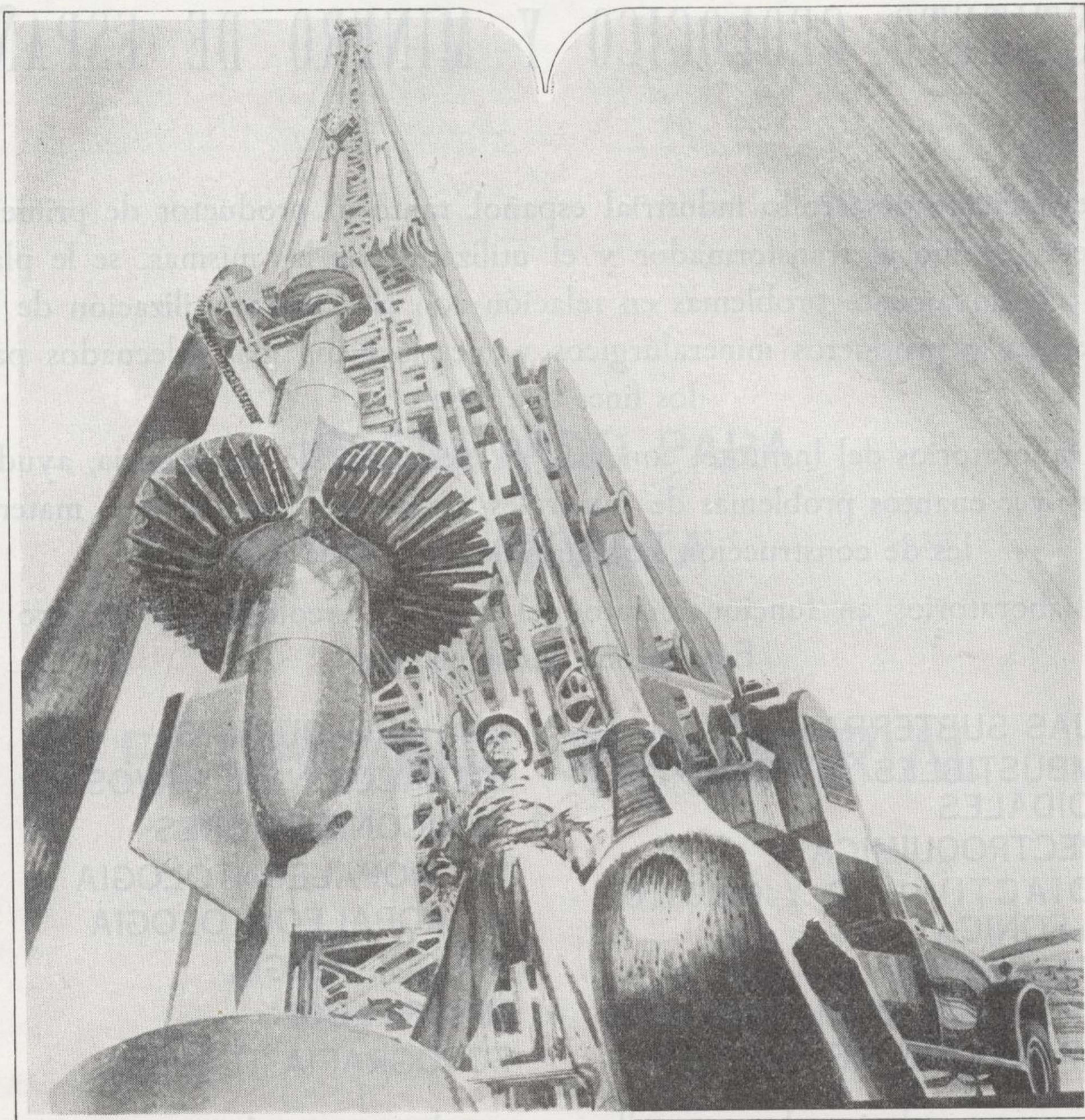


Vegarada
perforaciones

parque de las naciones • c/. guzmán el bueno, 121
tel. 2534200 • madrid - 3.

CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS

Vegarada...
y brotó el agua con fuerza!
¡con potencia!



**potente maquinaria
en
manos expertas.**



Vegarada
perforaciones

parque de las naciones • c/. guzmán el bueno, 121
tel. 2534200 • madrid - 3.

CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS