

II/2-4-1

03 MAYO 1977

En este número:

- Aspectos geológicos del metalotecto plumbífero de La Carolina-Santa Elena, en Sierra Morena Oriental (Jaén-España).
- Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín).
- Capacidad de regulación de Terciario y Cuaternario sobre los caudales del río Jarama en los alrededores de Madrid.
- El método gravimétrico aplicado a la prospección de los yacimientos de piritita del suroeste de la Península Ibérica.
- Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia (2.ª Parte).
- Descomposición térmica de algunas sulfosales de cobre: Luzonita (Luzón, Filipinas) Tenantita (Zacatecas, Méjico) y Tetraedrita (Zips, Hungría).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVIII, Segundo Fascículo. Marzo - Abril 1977

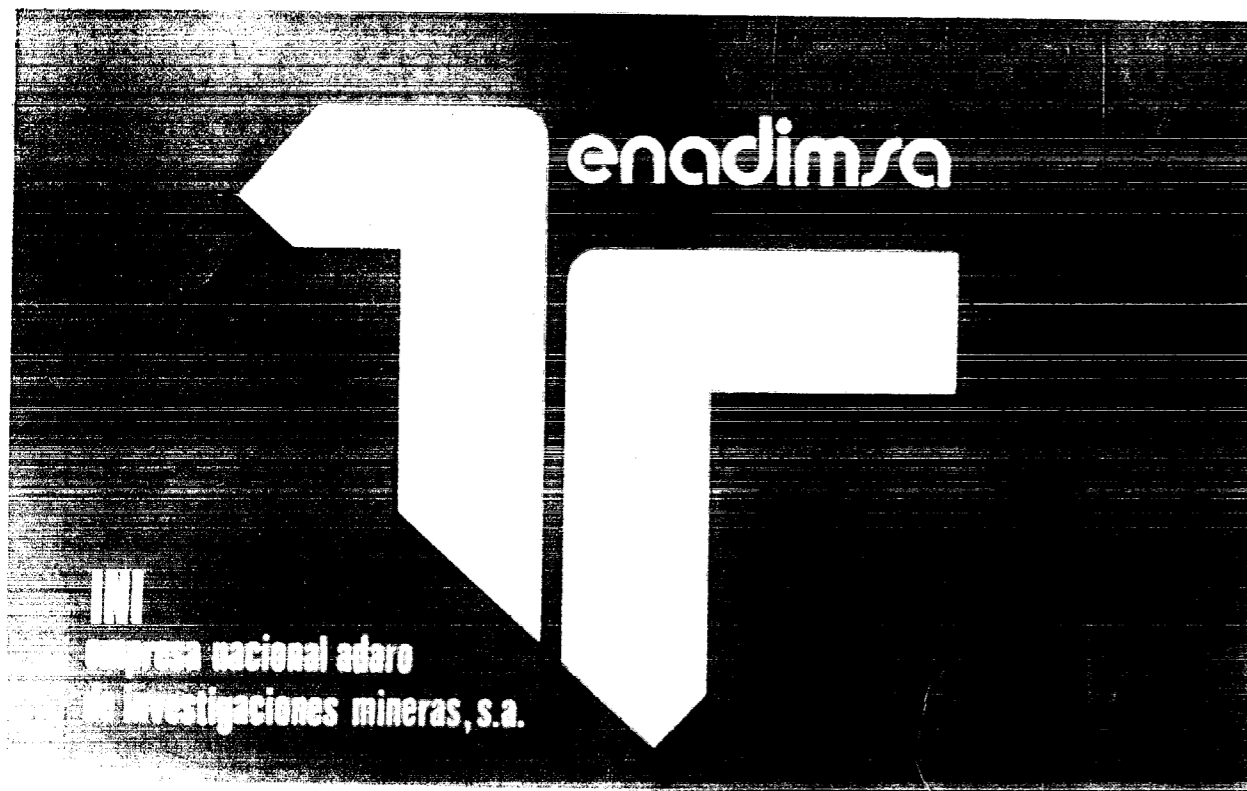


boletín geológico y minero

7801720
7801721 7801724
7801722 7801725
7801723

geología • minería • aguas subterráneas • estudios de minerales • mineralurgia



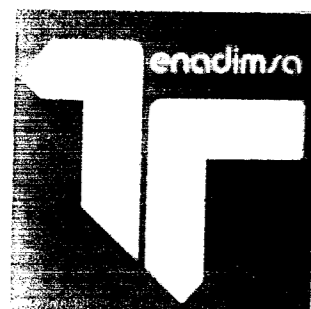


**exploración, investigación e
ingeniería de desarrollo de recursos
del subsuelo y plataforma continental**

**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

**protección del medio ambiente
y tratamiento de residuos
urbanos e industriales**

**ordenación geológica
de la infraestructura para el
desarrollo regional**



domicilio social y gerencia:
serrano, 116. madrid-6
☎ 262 41 10*

centro de investigación "juan gavala"
carretera de andalucía, km. 12
getafe (madrid)
☎ 797 34 00*

II / 2 - 41

03 MAYO 1977

**ALUMBRAMIENTO
DE AGUAS
SUBTERRANEAS**

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72

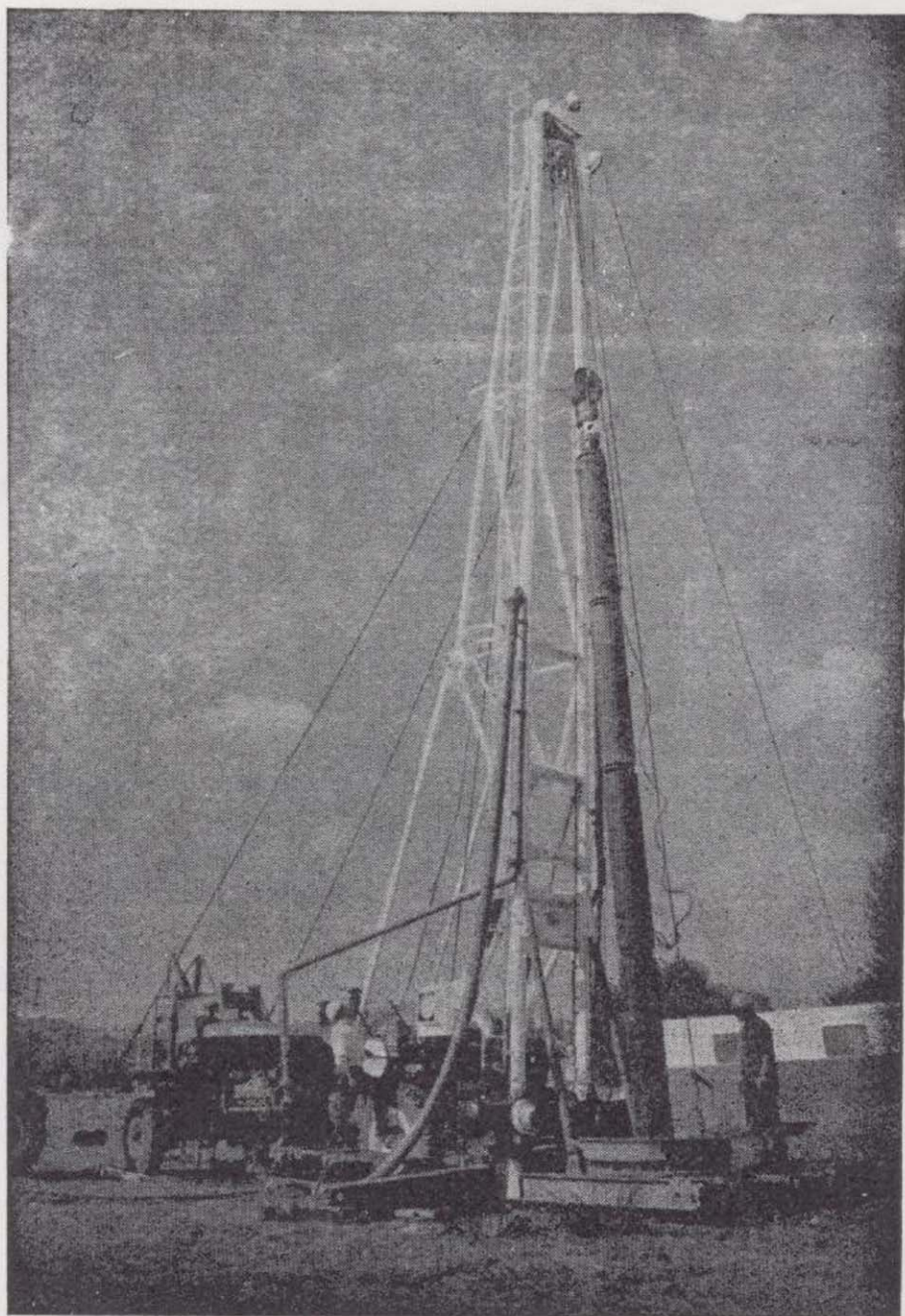
MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testigueso continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72

MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA - METALOGENIA
- PROYECTOS MINEROS
- CONTROL DE COSTOS.

General Mola, 210, 1.º D — Teléfonos 2 50 18 03 - 45 — MADRID-2

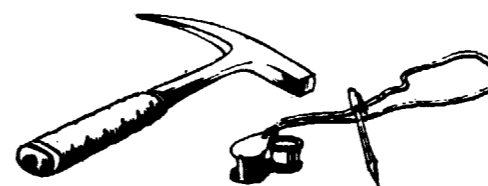


FINA IBERICA S.A

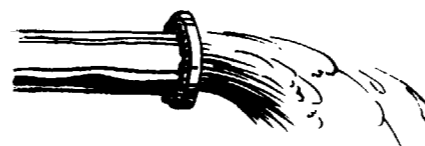
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

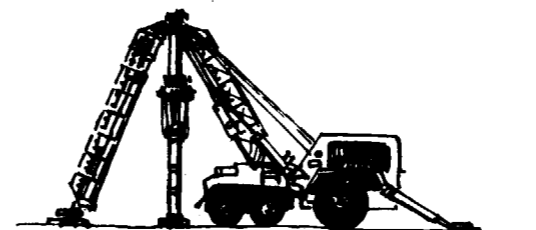
Tno. 2 59 78 04



Investigacion
Geologica



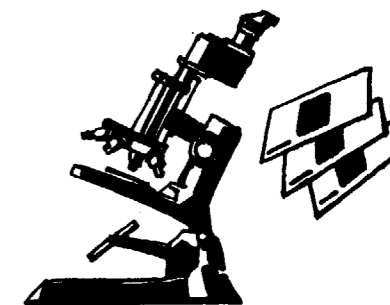
Hidrogeologia



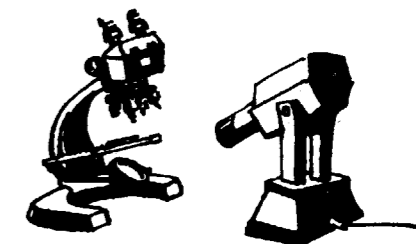
Perforacion



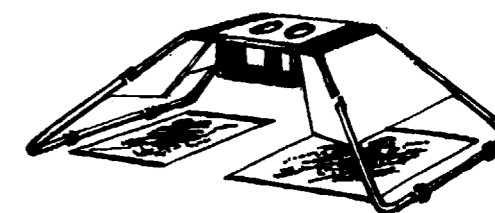
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio

La línea del progreso.

En sus distintos tipos y tamaños, el papel Kodak Linagraph le ofrece información directa en segundos.

Puede utilizarlo en oscilografía de registros fotográficos para usos industriales en los campos de la investigación y el desarrollo, control de calidad, ensayos de materiales, instrumentación, etcétera.

Los trazos permanecen sobre su superficie plana y sin arrugas.

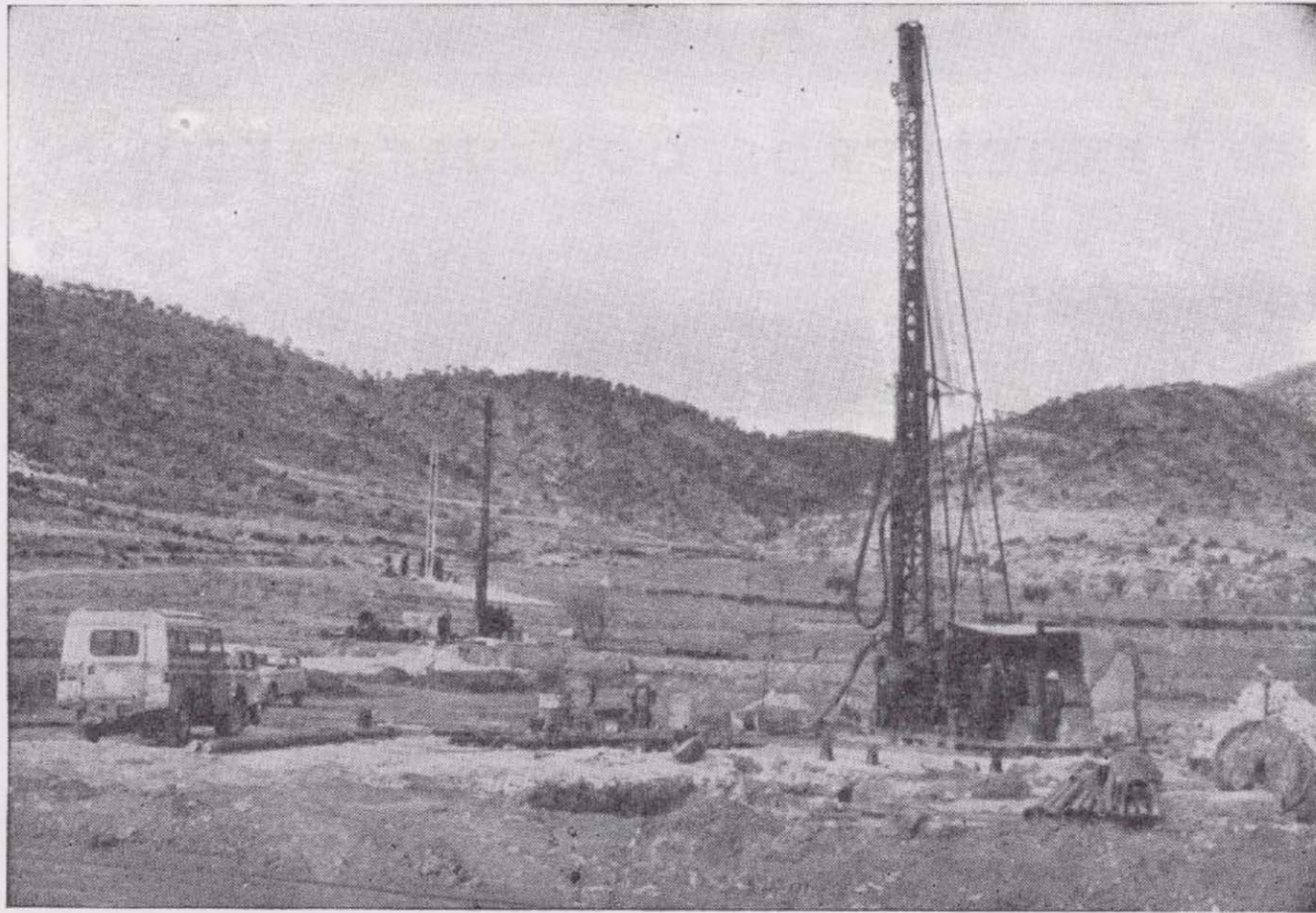
Para más información, dirijase a Kodak, Departamento de Rayos X e Instrumentación. Irún, 15, Madrid-8

**° RESULTADOS
QUE CUENTAN**



Papel Kodak Linagraph

SONDEOS RODES



SONDEOS PARA

CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, INVESTIGACIONES GEOLOGICAS Y ELIMINACION DE AGUAS RESIDUALES.

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.

EQUIPOS DE PERFORACION A PERCUSION Y ROTACION PARA PROFUNDIDADES HASTA 1.400 METROS.

★ ★ ★

Consúltenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria

★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359

VILLENA (Alicante)



vea los resultados: MAS AGUA

Podemos resolver de forma completa su problema de agua. Para ello contamos con modernos y potentes equipos de sondeo, con una avanzada técnica y con una acreditada y experta organización. Podemos ocuparnos desde la captación de caudales hasta la realización, si se nos pide, de los trabajos de conducción, distribución o puesta en riego o en depósito. Tenemos diversas modalidades de contratación. Nosotros estudiaremos la solución que más convenga a sus necesidades. Solicitenos información.

Vegarada Guzmán el Bueno, 133
Tel. 233 71 00-253 42 00
MADRID-3

DELEGACIONES REGIONALES Y EQUIPOS EN TODA ESPAÑA

Pb-8

Tomo 88

Fascículo II

Marzo - Abril 1977

Boletín Geológico y Minero



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

SUMARIO

Geología	S. RÍOS ARAGÜES: Aspectos geológicos del metalotecto Plumbífero de La Carolina - Santa Elena, en Sierra Morena Oriental (Jaén-España)	1
	M. GUTIÉRREZ ELORZA y J. L. PEÑA MONNE: Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín).	11
Aguas subterráneas	F. LÓPEZ VERA y J. SÁIZ GARCÍA-CUENCA: Capacidad de regulación del Terciario y Cuaternario sobre los caudales del río Jarama en los alrededores de Madrid	18
Geofísica	M. GARCÍA GARCÍA y J. DURÁN ZALOÑA: El método gravimétrico aplicado a la prospección de los yacimientos de pirita del suroeste de la Península Ibérica	33
Geotecnia	R. M. ESBERT y J. ORDAZ: Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia (2.ª Parte).	41
Estudio de Minerales y Rocas	A. LA IGLESIA, F. LÓPEZ AGUAYO y J. M. MARTÍN POZAS: Descomposición térmica de algunas sulfosales de cobre: Luzonita (Luzón, Filipinas), Tenantita (Zacatecas, Méjico) y Tetraclita (Zips, Hungría)	48
Información	Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXII Campamento para Prácticas de Geología "Bielsa-Benasque 1976".—Se crea la Comisaría de Energía y Recursos minerales.—X Curso de Hidrogeología Aplicada.—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	57

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 234 13 28

ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid-1

Teléfono 276 20 01

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

**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

Schieren en granito biotítico, Serranillos (Avila)
Foto: A. G. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-IV-1977.

Aspectos geológicos del metalotecto plumbífero de La Carolina-Santa Elena, en Sierra Morena Oriental (Jaén, España)



Por S. RIOS ARAGÜES (*)

RESUMEN

El autor trata de explicar los condicionantes geológicos que concurren en el metalotecto plumbífero de La Carolina-Santa Elena, con una finalidad eminentemente práctica, cual es la de que constituyan guías para la prospección de nuevos filones.

El campo filoniano de La Carolina-Santa Elena está constituido por filones plumbíferos que encajan, salvo excepciones, en la serie detrítica del Ordoviciense y en granito, y está situado en el borde suroriental de la meseta hercínica española. Incluye filones tan importantes como el Filón Guindo, de unos 10 kilómetros de longitud, que se explota hasta profundidades de 650 metros. Los indicios mineros se localizan con preferencia en el contacto del Ordoviciense con el Siluriano, a lo largo de una banda de dirección E-W, reconocida a lo largo de unos 90 kilómetros.

Tras una breve introducción geológica regional y una somera explicación de las características formales y mineralógicas de los filones, se hace referencia a la litoestratigrafía de la zona. Se comentan los aspectos tectónicos y metamórficos de estos materiales, que explican el hecho paradójico de que filones plumbíferos se hallen aparentemente controlados por un contacto sedimentario.

ABSTRACT

The author tries to explain the geological conditions which coincide in the lead metalotecto of La Carolina-Sta Elena, with an eminently useful object, which is that they may constitute guides for the prospection of new ore veins.

The La Carolina-Santa Elena ore veins field is made by lead veins which are inserted, except for some exceptions, in the Ordovician detrital serie and in granite, and is situated in the South-East margin of the Spanish hercynian plateau. It includes so important veins as the Guindo one about 10 kms long which is worked down to 650 m. The mining traces are localized preferently in the contact Ordovician-Silurian along a and of trend E-W inspected along about 90 Km.

After a brief local geological introduction and a superficial explanation of the geometric and mineralogical features of the veins, some reference about the litho-stratigraphy of the area is made. Some metamorphic and tectonic appearances of these materials are made which explain the paradoxical fact that lead veins are apparently controlled by a sedimentary contact.

1. INTRODUCCION

El campo filoniano de la Carolina-Santa Elena se encuentra situado en el flanco Sur de un gran anticlinorio de dirección hercínica (anticlinorio de Alcudia), en el extremo SE de la meseta hercínica española, muy próximo de la depresión del Gua-

dalquivir, accidente tectónico que limita al Sur la mencionada meseta (fig. 1).

Los filones encajan principalmente en terrenos ordovícicos al techo de los cuales se encuentran materiales silurianos, devonianos y carboníferos. Todo el conjunto paleozoico ha sido plegado y metamorfozado durante la orogenia hercínica.

Debido a condiciones físico-químicas y mecánicas de los términos cuarcíticos y areniscosos de

(*) Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A. Madrid.

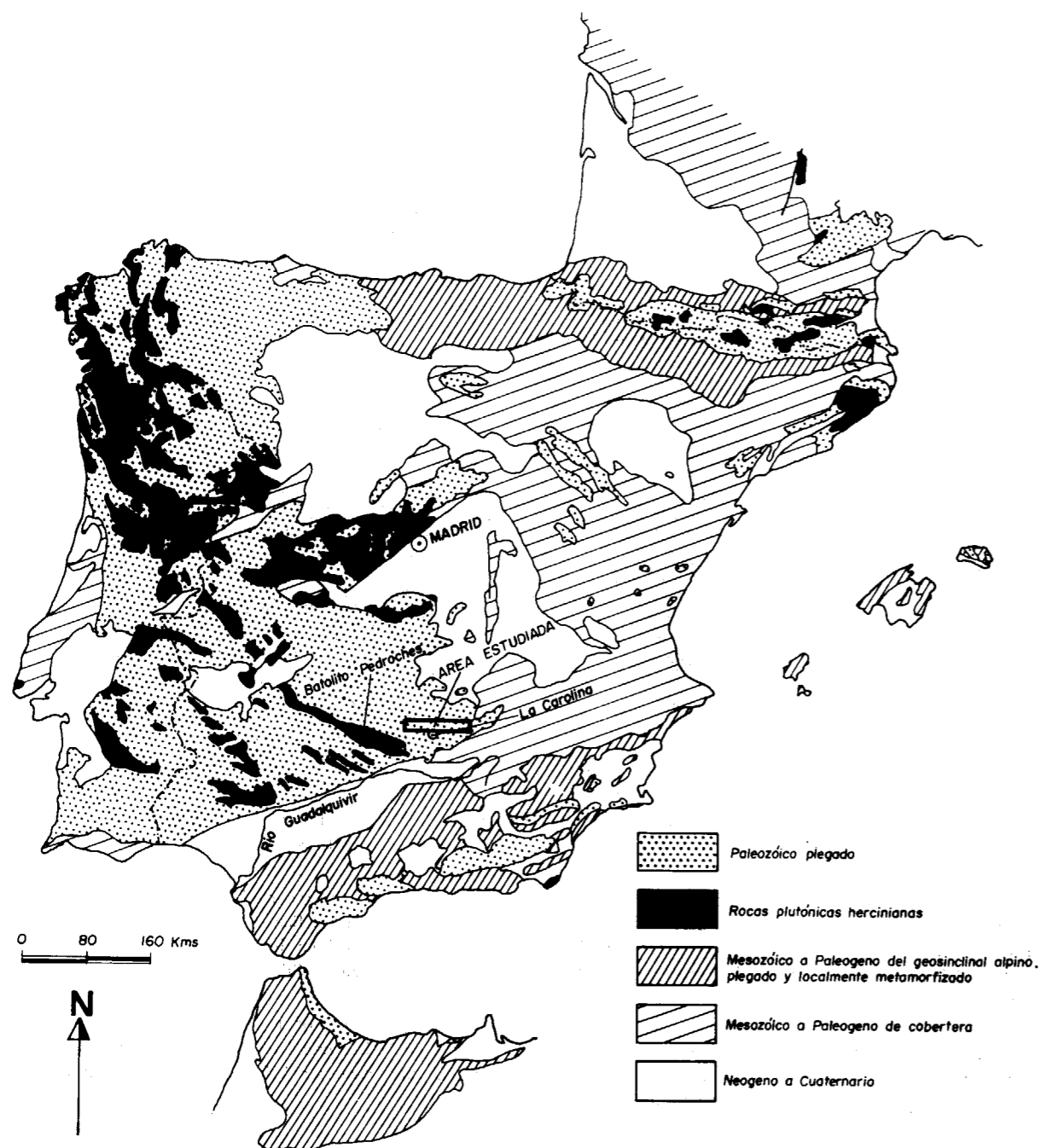


Figura 1

esta serie, los filones están metalizados si encajan en cuarcita (o arenisca) esterilizando rápidamente si lo hacen en pizarras. Es por ello, que un conocimiento litoestratigráfico y estructural de la serie se hace imprescindible para conocer el potencial minero de los filones en profundidad.

En este trabajo se comentarán aquellos hechos u observaciones geológicas que concurren en las inmediaciones de los filones de La Carolina-Santa Elena, excepción hecha de aquellos que encajan en el Carbonífero. Dichas condiciones se conservan al Este de Santa Elena, a lo largo de una banda de

dirección E-W en la que no existen grandes explotaciones mineras pero sí multitud de indicios de pequeña magnitud y que coincide prácticamente con el techo estratigráfico del Ordoviciense.

2. ASPECTOS GENERALES DE LAS MINERALIZACIONES PLUMBIFERAS DE LINARES LA CAROLINA-SANTA ELENA

Los filones de Pb-Ag de La Carolina-Santa Elena forman parte del importante campo filoniano plumbífero de Linares-La Carolina, que durante casi cuarenta años (1880-1920) fue el máximo foco productor de plomo del mundo. En la actualidad se explotan tres filones en el campo de Linares y otros tres en el campo de La Carolina, encontrándose pues, la mayoría, explotados parcial o totalmente. Una idea sobre el potencial minero de la zona, lo da el hecho de que existen unas 1.300 minas, con más de 65 kilómetros de pozos maestros y unos 786 kilómetros de galerías sobre filón (AZCÁRATE, J. E. (1971)). Sin embargo, fuera de los ámbitos muy mineros, la región se halla poco investigada y existen, como se verá más adelante, poderosas razones para pensar que pueden existir filones no descubiertos hasta hoy día.

Los filones de los distritos mineros de Linares y La Carolina se hallan en clara relación espacial con adamellitas y granodioritas que han sido emplazadas en fases tardías de la orogenia hercínica. Los afloramientos graníticos de Linares y La Carolina constituyen prácticamente las últimas manifestaciones ígneas de la meseta hacia saliente, como prolongación del Batolito de los Pedroches y de los complejos ígneos que, impuestos y controlados por grandes accidentes de zócalo, según direcciones hercínicas, afloran en la meseta paleozoica. Al contrario de lo que ocurre en el complejo ígneo de Pedroches, al que se asocia un cortejo filoniano muy variado (Pb, Zn, Cu, Bi, W, Sn, U), los afloramientos adamellítico-granodioríticos (de Linares) y granodiorítico (de La Carolina) se hallan en relación exclusiva con filones de Pb-Ag. La formación de estos filones ha ocurrido una vez consolidada y enfriada la roca granítica y corresponde por tanto a las etapas finales del desarrollo de las zonas móviles en el sentido de Yu. A. Bilibin. El Pb no parece tener una relación genética directa con el granito sino que proven-

dría de niveles profundos de la corteza, puestos en comunicación con los ámbitos de deposición, a favor de accidentes de zócalo y fallas que han podido ser aprovechadas con anterioridad, para el emplazamiento de los complejos ígneos.

Morfológicamente los filones, salvo los que encajan en carbonífero, son subverticales, presentan un gran desarrollo longitudinal (el filón Guindo alcanza los 10 kilómetros) y se explotan o se han explotado hasta profundidades próximas a los 700 metros. En el campo de Linares presentan direcciones norteadas (varían de N 30 E a N 45 E) y encajan en granito o en pizarras silíceas metamórficas de contacto carboníferas; en el campo de La Carolina-Santa Elena lo hacen en granito y en la serie detrítica del Ordoviciense (salvo el grupo Araceli que encaja en un Carbonífero aneriscoso) y presentan direcciones próximas a la E-W.

El aspecto de los filones, debido a fenómenos de movilidad tectónica acaecidos con posterioridad a la cristalización de la galena, es sumamente brechoide presentándose la galena de modo discontinuo en ámbitos enriquecidos de forma lenticular. La potencia filoniana puede variar de pocos decímetros a más de 5 metros, siendo lo más corriente que oscile entre uno y dos metros. La mena que se aprovecha es la galena y los sulfoantimoniuros de Ag (en los filones de Linares al contenido de Ag oscila alrededor de los 250 gr/t de plomo, mientras que en los del Ordoviciense es algo más alto, 350 gr/t). AZCÁRATE, J. E. (1971) distingue tres etapas fundamentales de mineralización:

- a) Mineralización de sulfoantimoniuros de Pb-Ag.
Mena principal: Galena.
Mena acompañante: Sulfoantimoniuros de Ag.
Ganga: Ankerita.
Edad: Anterior al Permotrías.
- b) Mineralización de sulfuros de Cu y Fe de mayor temperatura.
Mena principal: Calcopirita, pirita y marcasita.
Mena acompañante: Sulfuros de Fe, Ni, Co, Sn.
Ganga: Cuarzo, calcita y clorita.
Edad: Afecta ocasionalmente a los niveles del Permotrías.
- c) Mineralización no metalífera de barita, fluorita y cuarzo, de edad Alpina.

3. LITOESTRATIGRAFIA DEL ORDOVICIENSE

Los materiales del Ordoviciense a grandes rasgos, se pueden agrupar en tres tramos de potencias parecidas (del orden de 600 metros) que de abajo a arriba son:

— Una serie cuarcítica inferior, compuesta por la cuarcita armoricana o de Despeñaperros y por una alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras (alternancia inferior), situada al techo de la cuarcita armoricana y en la que se incluyen algunos niveles cuarcíticos radioactivos con zircón y rutilo. Se encuentran scolithus y cruzianas (Arenig-Llanvirniense).

— Un tramo de pizarras denominado Pizarras de las Correderas, con algunas intercalaciones poco potentes de areniscas. Generalmente son negro-azuladas y hacia el techo presentan unos fajeados claro-oscuros. Se han encontrado trilobites, braquiópodos y orthoceráticos (Llanvirniense-Llandeilo).

— Una serie alternante superior de cuarcitas, areniscas y pizarras al techo de la cual y de abajo arriba presenta tres niveles muy característicos que se siguen bien a lo largo del área. La Caliza Urbana de carácter arrecifal y lenticular, la Pizarra de Castellar (pizarras negras silíceas sin fósiles de 30 a 150 metros de potencial) y la Cuarcita de Castellar (de 0 a 60 metros) que constituye el techo del Ordoviciense aunque sobre esto, al no contener fósiles, difiere la opinión de algunos autores.

Es en esta alternancia superior donde encajan todos los filones del metalotecto del Ordoviciense al Oeste de Santa Elena. Es por ello, que sus características litológicas y paleontológicas han sido bien estudiadas en los ámbitos mineros por los geólogos de las compañías mineras y en especial por HENKE, W. (1926) para el área del filón Guindo, y por TAMAIN, G. (1966) para la del El Centenillo.

Así distinguen una serie de tramos: Cuarcitas Inferiores, Pizarras Botela o Pizarras Guindo, Cuarcitas Botella o Cuarcitas Guindo, Pizarras Cantera, Bancos mixtos o Estratos Orthis, Caliza Urbana, Pizarras Chavera o Pizarras Castellar, Cuarcitas Superiores o Cuarcitas Castellar, que se reconocen en los cortes de los pozos mineros. Sin embargo, estos tramos, en nuestra opinión, no pueden ser aplicados a todo el Ordoviciense de la Sierra Morena Oriental (TAMAIN, G. (1967)), debido a que existen variaciones de espesores y de litologías muy notables dentro de esta serie detrítica. Así, en la parte Oeste

del área reconocida (El Centenillo), se pueden estimar unos 750 metros de alternancia superior de predominio cuarcítico; al Este de Santa Elena (barranca de las Herrerías) se han medido 400 metros en los que es imposible reconocer los tramos mencionados, excepción hecha de los tres últimos (Caliza Urbana, Pizarra Castellar y Cuarcita Castellar).

4. LITOESTRATIGRAFIA DEL SILURIANO

Al techo de la Cuarcita Castellar se encuentra un tramo muy característico de pizarras negras grafitosas con numerosos graptolites hacia su base, y frecuentes nódulos limonitizados. KETTEL, D. (1968) menciona la presencia de grafito en la parte inferior de estas pizarras, lo que junto con la presencia de pirita, indican un medio de deposición reductor. ALIA MEDINA y otros (1971) mencionan para la provincia de Ciudad Real, a unos 25 kilómetros al N de la zona que nos ocupa, unas intercalaciones de areniscas y cuarcitas, a veces con ritmo flysch, que también hemos podido observar al Oeste de El Centenillo.

La potencia de estas pizarras puede llegar hasta 150 metros, y lo más notable de ellas es que se hallan metamorfizadas presentando un moteado blanco muy típico, a lo largo de todo el metalotecto del Ordoviciense. Los componentes más destacados, además de chialtolita, son sericita-grafto-cuarzo-clorita (ARGÜELLES, A. (1974)).

Muy ligadas a estas pizarras se encuentra una concentración supérgena, consistente en un conglomerado cuaternario cuyos clastos, de cuarcita y pizarra fundamentalmente, están soldados por un cemento ferruginoso. La extensión superficial de este conglomerado siempre es pequeña, pero se encuentra con mucha frecuencia a lo largo del techo del Ordoviciense, sustentado siempre por las pizarras silurianas.

5. NATURALEZA DEL CONTACTO ORDOVICIENSE-SILURIANO

Hay autores que incluyen la Cuarcita de Castellar en la base del Siluriano: RICHTER, P. (1967), BUTENWEG, P. (1968), KETTEL, D. (1967), ALIA MEDINA, CAPOTE, R. y HERNÁNDEZ ENRILE, J. L. (1971), y otros, que la dan como techo del Ordoviciense:

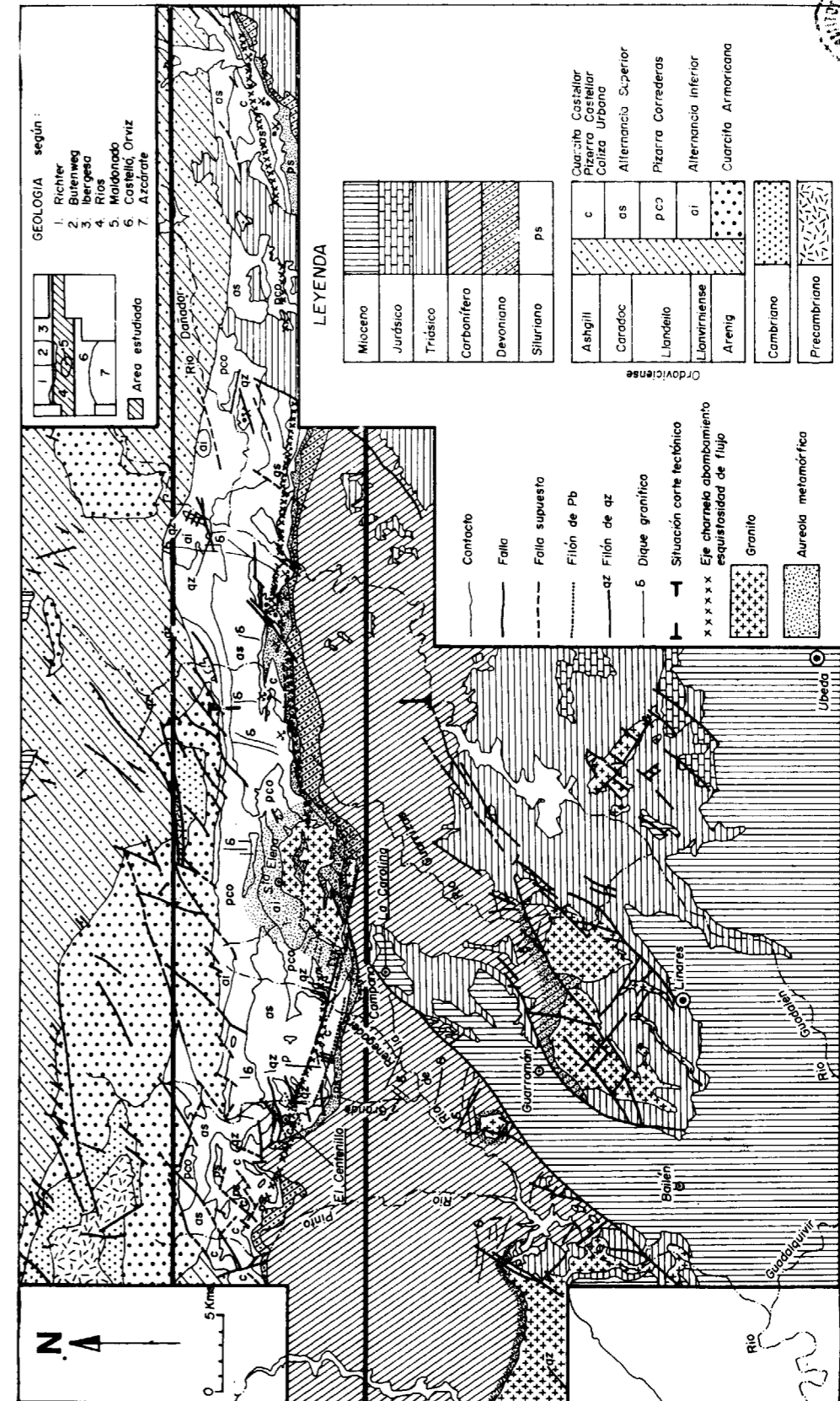


Figura 2

HENKE, W. (1926), TAMAIN, G. (1964). Creemos como acertada la opinión de los segundos.

Según TAMAIN, G. (1972), las Cuarcitas Superiores (=Cuarcitas Castellar) terminan el ciclo Ordoviciense: "La sucesión: "Caliza Urbarna" - "Pizarras Chavera" (=Pizarras Castellar) - "Cuarcitas Superiores" (=Cuarcitas Castellar) traduce una neta regresión. Después habla de la evidencia de una discontinuidad entre el Ordoviciense y las pizarras de graptolites superpuestas, si bien los ejemplos que él explica, los interpretamos de otra manera.

A nuestro entender es evidente que existen fenómenos erosivos y/o hiatos en la sedimentación de los términos Castellar (pizarras y cuarcitas de) y que por lo tanto las pizarras de graptolites se apoyan en discordancia sobre la serie del Ordoviciense. En efecto, en las inmediaciones del granito de Santa Elena, en el arroyo Herrerías, la Cuarcita de Castellar se adelgaza hasta desaparecer; lo mismo le acontece, en parte, a la Pizarra Castellar. Así, por ejemplo, a unos dos kilómetros al SE de la Estación de Santa Elena, en la trinchera del ferrocarril (kilómetro 281,4), se observa un "hard ground" al techo de la Alternancia Superior, sobre el que reposan las pizarras de graptolites silurianas.

El contacto Ordoviciense-Siluriano (o Cuarcita Castellar-pizarras graptolíticas) presenta ciertas peculiaridades tectónicas que luego se comentarán, pero en esencia, es un contacto discordante sedimentario, que pudiera ser indicio de los movimientos tectónicos caledonianos que comenta TAMAIN, G. (1964).

El hecho de que las pizarras silurianas se hallen metamorfizadas a lo largo de una banda E-W de unos 75 kilómetros, junto con observaciones, un tanto ligeras, de que al N de esta banda, la tectónica predominante es de cabalgamientos, con vergencia Sur, y que la monótona serie carbonífera, situada al Sur de esta banda, está afectada por plegamientos isoclinales con vergencia Norte, ha hecho pensar a algunos geólogos, que a lo largo de la misma, existe una gran dislocación de zócalo (falla graptolítica?), a favor de la cual, han podido circular soluciones que han metamorfizado las pizarras silurianas, y que ha podido ser la causa de esta aparente discrepancia tectónica. Como se explica a continuación los materiales paleozoicos han sido plegados por la misma orogenia hercínica y presentan el mismo estilo estructural.

6. TECTONICA

En el conjunto paleozoico se observan la presencia de dos fases tectónicas, Ríos, L. y Ríos, S. (1974). La primera de las dos fases ha generado un crucero de flujo o esquistosidad (slaty cleavage), muy penetrativa que es observable generalmente en los términos pizarrosos tanto del Carbonífero como del Ordoviciense.

En el Ordoviciense, esta fase es la responsable de los pliegues de orden hectométrico que, presentan un estilo similar muy marcado. Una idea del estilo tectónico da la figura 3. El flanco normal del pliegue es subhorizontal con un gran desarrollo superficial, al contrario de lo que le pasa al flanco invertido por estar próximo a la vertical.

Las esquistosidades y planos axiales buzcan N pero en las proximidades del Siluriano se van horizontalizando hasta buzcan S, al Sur de la línea indicada

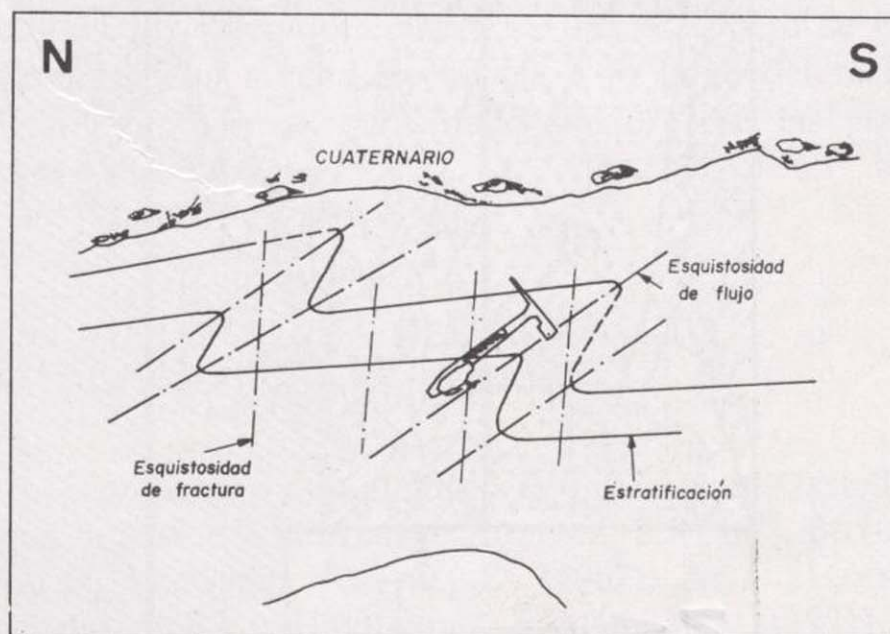


Figura 3

HENKE, W. (1926), TAMAIN, G. (1964). Creemos como acertada la opinión de los segundos.

Según TAMAIN, G. (1972), las Cuarcitas Superiores (=Cuarcitas Castellar) terminan el ciclo Ordoviciense: "La sucesión: "Caliza Urbarna" - "Pizarras Chavera" (=Pizarras Castellar) - "Cuarcitas Superiores" (=Cuarcitas Castellar) traduce una meta regresión. Después habla de la evidencia de una discontinuidad entre el Ordoviciense y las pizarras de graptolites superpuestas, si bien los ejemplos que él explica, los interpretamos de otra manera.

A nuestro entender es evidente que existen fenómenos erosivos y/o hiatos en la sedimentación de los términos Castellar (pizarras y cuarcitas de) y que por lo tanto las pizarras de graptolites se apoyan en discordancia sobre la serie del Ordoviciense. En efecto, en las inmediaciones del granito de Santa Elena, en el arroyo Herrerías, la Cuarcita de Castellar se adelgaza hasta desaparecer; lo mismo le acontece, en parte, a la Pizarra Castellar. Así, por ejemplo, a unos dos kilómetros al SE de la Estación de Santa Elena, en la trinchera del ferrocarril (kilómetro 281,4), se observa un "hard ground" al techo de la Alternancia Superior, sobre el que reposan las pizarras de graptolites silurianas.

El contacto Ordoviciense-Siluriano (o Cuarcita Castellar-pizarras graptolíticas) presenta ciertas peculiaridades tectónicas que luego se comentarán, pero en esencia, es un contacto discordante sedimentario, que pudiera ser indicio de los movimientos tectónicos caledonianos que comenta TAMAIN, G. (1964).

El hecho de que las pizarras silurianas se hallen metamorizadas a lo largo de una banda E-W de unos 75 kilómetros, junto con observaciones, un tanto ligeras, de que al N de esta banda, la tectónica predominante es de cabalgamientos, con vergencia Sur, y que la monótona serie carbonífera, situada al Sur de esta banda, está afectada por plegamientos isoclinales con vergencia Norte, ha hecho pensar a algunos geólogos, que a lo largo de la misma, existe una gran dislocación de zócalo (falla graptolítica?), a favor de la cual, han podido circular soluciones que han metamorizado las pizarras silurianas, y que ha podido ser la causa de esta aparente discrepancia tectónica. Como se explica a continuación los materiales paleozoicos han sido plegados por la misma orogenia hercínica y presentan el mismo estilo estructural.

6. TECTONICA

En el conjunto paleozoico se observan la presencia de dos fases tectónicas, Ríos, L. y Ríos, S. (1974). La primera de las dos fases ha generado un crucero de flujo o esquistosidad (slaty cleavage), muy penetrativa que es observable generalmente en los términos pizarrosos tanto del Carbonífero como del Ordoviciense.

En el Ordoviciense, esta fase es la responsable de los pliegues de orden hectométrico que, presentan un estilo similar muy marcado. Una idea del estilo tectónico da la figura 3. El flanco normal del pliegue es subhorizontal con un gran desarrollo superficial, al contrario de lo que le pasa al flanco invertido por estar próximo a la vertical.

Las esquistosidades y planos axiales buzando N pero en las proximidades del Siluriano se van horizontalizando hasta buzando S, al Sur de la línea indicada

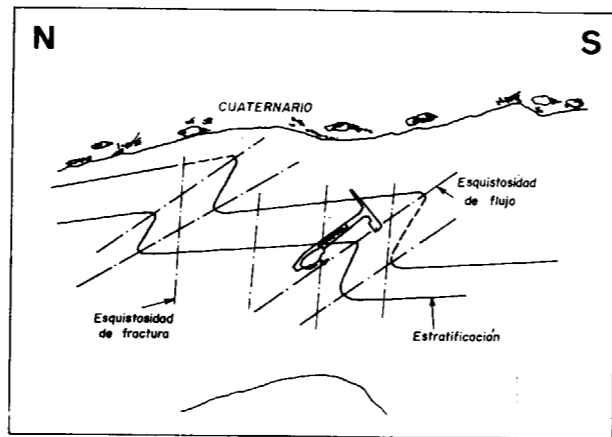
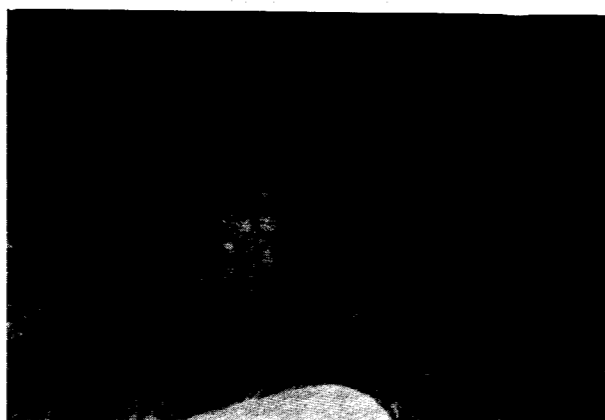


Figura 3

en la figura 2, que representa la charnela del abombamiento de la esquistosidad de flujo. Es en esta banda de planos axiales buzando Sur, pero próximos a la horizontal, donde se observan cabalga-

leoico que ha hecho bascular al Sur la banda del Carbonífero con relación a la del Ordoviciense. El eje de este arqueamiento sigue aproximadamente la línea marcada con aspas en la figura 2. El corte de

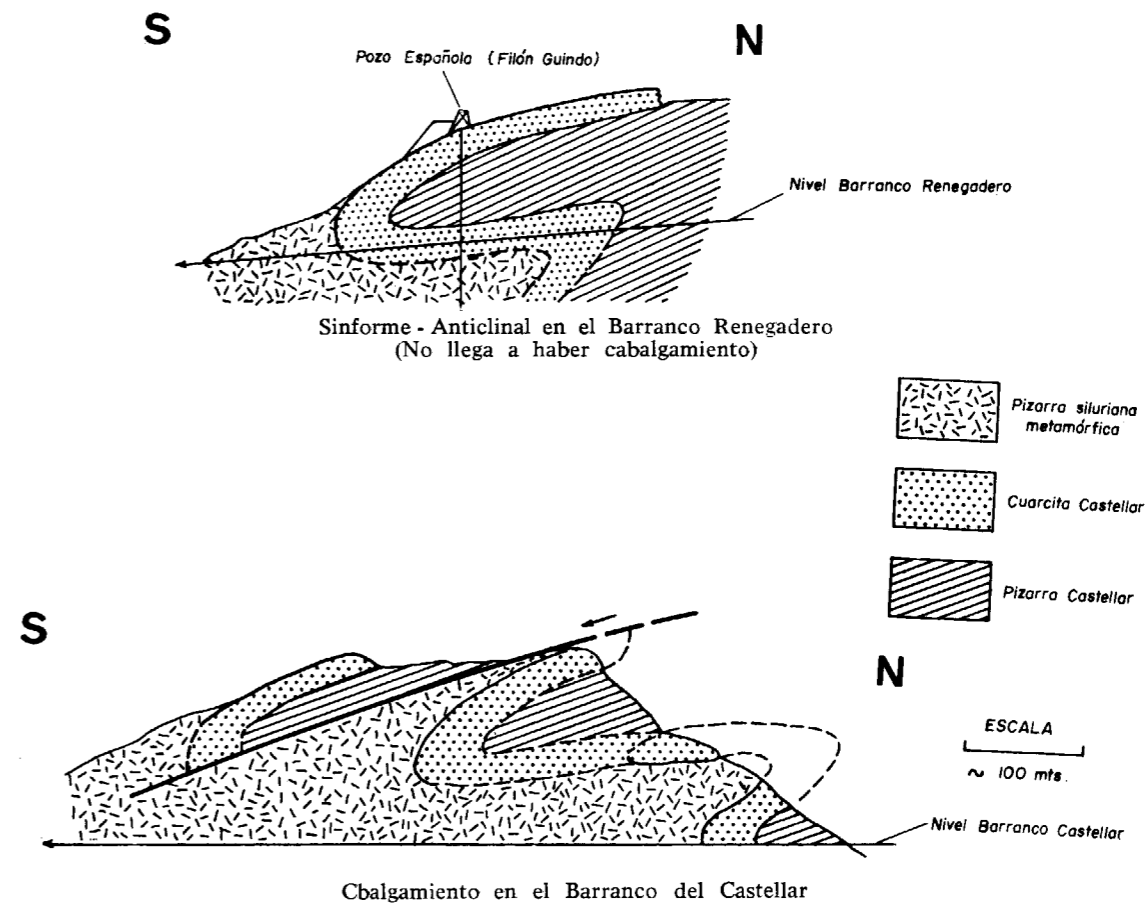


Figura 4

mientos de la Cuarcita Castellar sobre las pizarras silurianas según planos de falla con buzamientos próximos a los de los planos axiales de los repliegues existentes en estos niveles. Los esquemas de la figura 4 explican la naturaleza de dichos cabalgamientos.

Más al Sur, dentro del Carbonífero la esquistosidad de flujo buza al Sur de manera permanente. En conjunto, salvo zonas de repliegues decamétricos, la esquistosidad buza menos que la estratificación lo que parecía indicar que la serie carbonífera se halla invertida, lo cual es absurdo ya que hacia el Norte, se encuentran terrenos inferiores. Lo que ocurre es que posteriormente a la primera fase tectónica ha habido un arqueamiento del conjunto pa-

la figura 5, explica lo comentado con anterioridad (Ríos, L., Ríos, S. (1974)).

La segunda fase tectónica se reconoce por una esquistosidad de fractura o clivo-deslizamiento (strain slip cleavage) que afecta, produciendo un rizado o crenulación, a la esquistosidad de flujo o estratificación, a las que pliega en "uve". Se encuentra frecuentemente en el Carbonífero y también, a veces, en el Ordoviciense. Los buzamientos de esta esquistosidad son tanto al S como al N, siendo más frecuentes al N en el Carbonífero.

Probablemente se trata de dos sistemas de fractura conjugados en relación con el movimiento de basculamiento. ARMENGOT, J., CASTELLO, R., PÉREZ, H. (1971), en el Carbonífero de la Hoja de Mon-

toro, al Sur del Batolito de Pedroches, mencionan esta esquistosidad de fractura y la atribuyen a movimientos hercínicos tardíos, posteriores a la intrusión del complejo granítico.

No obstante, el hecho de que el eje del arqueamiento citado, siga una dirección paralela a la de la banda de las pizarras silurianas metamorizadas, su-

rras silurianas. Se encuentran metamorizadas desde el meridiano que pasa por El Centenillo, hasta el límite oriental de la zona reconocida, presentando un moteado blanco muy típico, constituido por pequeños porfidoblastos de chiastolita caolinizada. El moteado blanco en contraste con el negro de la pizarra, constituye una característica específica de este

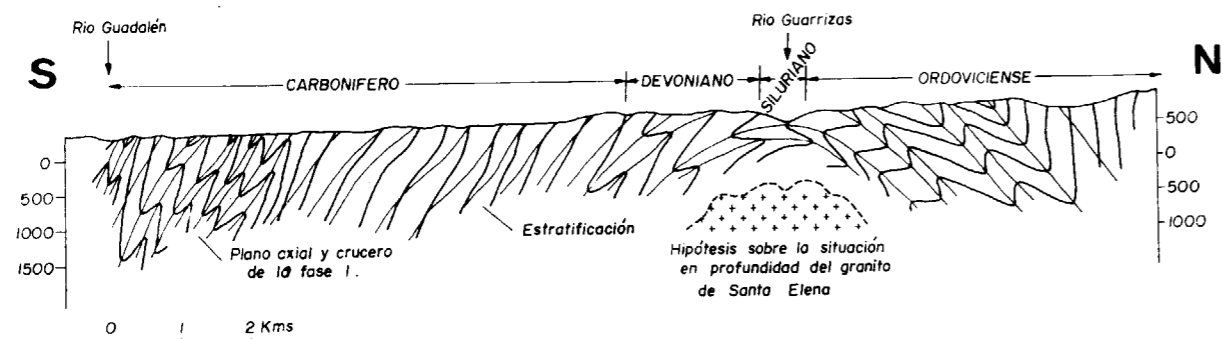


Figura 5

giere que este arqueamiento ha podido ser producido, por un gran accidente de zócalo a favor del cual ha sido empleada la granodiorita de Santa Elena.

Dentro del conjunto del Ordoviciense se localizan una serie de fallas normales, en las inmediaciones de las cuales, y con rumbos parecidos, encajan los filones mineralizados.

7. FORMACIONES METAMORFICAS DE CONTACTO

Aparte del débil metamorfismo regional que afecta al conjunto paleozoico, la intrusión de la granodiorita de Santa Elena, ha producido, en el conjunto plegado del Ordoviciense, una aureola metamórfica de hasta tres kilómetros de extensión superficial. En ella se desarrollan cristales de andalucita de varios centímetros de longitud.

En el borde Sur del afloramiento granítico, la aureola metamórfica es prácticamente nula, lo que indica un contacto tectónico a favor de una falla que afecta al Ordoviciense. La granodiorita en su borde Sur presenta una orientación en sus ferromagnesianos y se halla fuertemente milonitizada.

La formación metamórfica de contacto que más llama la atención es la correspondiente a las piza-

rras silurianas. Se encuentran metamorizadas desde el meridiano que pasa por El Centenillo, hasta el límite oriental de la zona reconocida, presentando un moteado blanco muy típico, constituido por pequeños porfidoblastos de chiastolita caolinizada. El moteado blanco en contraste con el negro de la pizarra, constituye una característica específica de este

nivel que permite su cartografía, incluso dentro de la aureola metamórfica localizada alrededor del afloramiento granítico de Santa Elena. La gran sensibilidad de la pizarra siluriana a metamorizarse se debe a su alto contenido en Al₂O₃. La Pizarra Castellar que se encuentra separada de la siluriana por el tramo de Cuarcitas Castellar, no se halla metamorizada salvo en la aureola de la granodiorita de Santa Elena y en algunos afloramientos en la Hoja de Venta los Santos. He aquí la media de los análisis de tres muestras de pizarras silurianas y de tres muestras de Pizarra Castellar, que se corresponden en situación con las anteriores, elegidas convenientemente a lo largo de todo el contacto Ordoviciense-Siluriano:

Tanto por ciento	Pizarra Siluriana	Pizarra Castellar
SiO ₂	54,32	51,86
Al ₂ O ₃	31,65	24,80
MgO	0,58	3,40
Fe ₂ O ₃	1,15	8,85
CaO	0,69	0,14
K ₂ O	2,91	4,72
TiO ₂	1,30	1,19
MnO	0,01	0,02
Na ₂ O	0,61	0,47
Materia carbonosa	1,1	0,9

en los que se observa que la relación Al³⁺ a K⁺ es dos veces mayor en la pizarra siluriana que en la Castellar lo que ha favorecido la formación de cristales de chiastolita.

Dentro del Ordoviciense se han cartografiado una serie de diques de composición granítica y granodiorítica en los que no se han observado fenocristales. Presentan una dirección norteada y son anteriores a la formación de los filones plumbíferos pues son cortados por ellos. Metamorfizan local y muy ligeramente los hastiales de las rocas encajantes.

8. CONCLUSIONES

El estudio de la geología de los ámbitos mineros en el distrito filoniano de La Carolina-Santa Elena, al Oeste de Santa Elena, define una serie de características geológicas, que se conservan al Este de Santa Elena a lo largo de una banda de dirección aproximada E-W, de unos 60 kilómetros de longitud, lo que confiere a este área, junto con la presencia de indicios mineros de pequeña importancia, una gran esperanza para la localización de nuevos filones. Estas características son:

— Los filones, en relación con la esquistosidad de flujo generada en la fase orogénica principal, se localizan en una posición estructural muy característica, aquella en la que la esquistosidad de flujo (subparalela a los planos axiales de los pliegues de tipo similar), es horizontal o próxima a la horizontal. Ocupan una posición de charnela en relación con el abombamiento que hizo bascular al Sur el conjunto Carbonífero. El eje de dicho abombamiento de la esquistosidad sigue una dirección aproximada E-W paralela y próxima o coincidente, al contacto Ordoviciense-Siluriano.

La ubicación de los filones al techo del Ordoviciense les confiere un gran potencial cuarcítico en profundidad (serie alternante superior) y por ende, máximas posibilidades de que se hallen mineralizados a lo largo del espesor de esta serie en sus tramos cuarcíticos.

— El Siluriano en contacto con el Ordoviciense, se halla metamorizado, debido a su alto porcentaje en Al₂O₃, a lo largo de una corrida de unos 80 kilómetros. La causa de este metamorfismo se debe a la intrusión de la granodiorita de Santa Elena que, fuera de la aureola de contacto de su afloramiento en Santa Elena, no metamorfiiza más que las pizarras silurianas.

El techo de la intrusión granítica, debe de seguir en profundidad, aproximadamente, el eje de abombamiento comentado en el párrafo anterior.

— Presencia de diques norteados de composición granítica a granodiorítica.

— Presencia de fallas normales, generalmente longitudinales, paralelamente a las cuales, y menos frecuentemente en ellas mismas, se localizan los filones.

BIBLIOGRAFIA

ALIA MEDINA, M.; CAPOTE, R., y HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: Rasgos geológicos y tectónicos de la Sierra Morena Oriental y sus estribaciones meridionales en la transversal de Moral de Calatrava (Ciudad Real) a Villanueva del Arzobispo (Jaén). I. Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, t. I, sec. 1 (1971).

ALVARADO, A. DE: Datos referentes a tectónica y formaciones filonianas de plomo. "Bol. Inst. Geol. de España", t. XLIV, IV, 3.ª serie (1923).

ARGÜELLES, A.: Estudio petrográfico de varias muestras de la provincia de Jaén. Inédito (1974).

ARMENGOT, J.; CASTELLÓ, R., y PÉREZ, H.: Mapa Geológico Nacional 1:50.000, Hoja de Montoro, núm. 903, IGME (1971).

AZCÁRATE, J. E.: Evolución tectónica y estructuras filonianas en el Distrito de Linares. I. Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, t. I, sec. 4, página 17 (1971).

— Rasgos metalogénicos del extremo oriental de Sierra Morena. Metodología y técnicas para su investigación minera. I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, t. I. sec. 4, pág. 33 (1971).

BORN, A.: Aportación a la geología de Sierra Morena. Pub. Ext., t. VII (1953).

BUTENWEG, P.: Geologische Untersuchungen im Ostteil der Sierra Morena nordöstlich von La Carolina (Provinz Jaén, Spanien). Munstersche Forsch. Geol. & Paldont., fase 6, 125 p. (1968).

CARRE, D., HENRY, J. L.; POUPON, G., y TAMAIN, G.: Les quartzites botella et leur faune trilobitique le probleme de la limite llandeilien-caradocien en Sierra Morena. "Bull. Soc. Geol. Fra.", 7.ª sr., t. XII, p. 774 a 785 (1970).

FUGANTI, A.: Ricerche geologiche e minerarie nella parte orientale della Sierra Morena (Andalusia, Spagna), "Inst. Geol.", núm. 47, Bol. Soc. Geol. It., vol. 86, 703-713, 4 ff. (1967).

HENKE, W.: *Beitrag zur Geologie der Sierra Morena nordlich von La Carolina (Jaén)*. Abh. der Senc. Nat. Ges., t. XXXIX, cud. 2. Publicado en español en Inst. L. Medalla. Public. extranjeras, t. VII, 1953 (1926).

KETTEL, D.: *Zur Geologie der ostlichen Sierra Morena im Grenzgebiet der Provinzen Jaén, Ciudad Real und Albacete (Spanien)*. Muns. Forsch. Geol. Palaont. H. 8, 159 S., 35 Abb., 2 tab., 19 taf. (1968).

LEUTWEIN, F.; SAUPE, F.; SONET, J., y BOUYX, E.: *Pre-miere mesure geochronologique en Sierra Morena. La granodiorite de Fontanosas (Province de Ciudad Real, Espagne)*. Geologie en Mignbou, vol. 49 (4), p. 297-304 (1970).

OVTRACHT, A., TAMAIN, G.: *Tectonique, migration des "centres chaudes" et mineralisations dans le sud de la meseta Iberique (Espagne)*. Colloque scientifique intern. E. Raguin. les roches plutoniques dans leurs rapports avec les gites mineraux, pág. 191 (1973).

POUPON, G., TAMAIN, G.: *Les "Quartzites Campana" et le Néo-Dévonien est-marianique (Espagne)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 268, p. 475-478 (1969).

RAMÍREZ, E., CAÑADA, F.: *Silúrico limitado por los granitos de La Carolina*. Inédito (1956).

RICHTER, P.: *Stratigraphie und Tektonik in der Sierra de San Andrés (Ostliche Sierra Morena. Spanien)*. Munster Forsch. Geol. Palaont, 3, 144 pág. (1965).

RÍOS, L., RÍOS, S.: *Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al Sur de Despeñaperros, provincia de Jaén*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXV-V, 525-527 (1974).

TAMAIN, G.: *Mise en evidence de mouvements tectoniques dans le Sud-Est de la Sierra Morena (Espagne)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 258, p. 977-979 (1964).

TAMAIN, G.: *Les écailles du Centenillo (Jaén, Espagne)*. Contribution a l'étude structurale du rebord meridional de la meseta Ibérique. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 263, p. 1355-1358 (1966).

TAMAIN, G.: *El Centenillo zone de référence pour l'étude de l'ordovicien de la Sierra Morena Orientale (Espagne)*, Acad. Sc. Paris, t. 265, p. 389-392 (1967).

TAMAIN, G.: *Esquisse métallogénique de la Sierra Morena orientale (Espagne)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 266, p. 1364-1366 (1968).

— *Le district minier de Linares-La Carolina et son cadre métallogénique en Sierra Morena orientale (Espagne)*. Bull. Soc. Geol. de France (7), X, 1968, p. 97-102 (1968).

TAMAIN, G.: *Recherches géologiques et minières en Sierra Morena Orientale (Espagne)*. Thèse présentée a L'Université de Paris-Sub., th. I (1972).

Recibido: Enero 1976.

Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín)

Por M. GUTIERREZ ELORZA (*) y J. L. PEÑA MONNE (*)

RESUMEN

El estudio de las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (provincia de Teruel) pone de manifiesto la presencia de corrientes y vertientes de bloques, lóbulos y bancos de geliflución como formas más significativas. Por otra parte, se analiza también la evolución geomorfológica del área.

RESUME

L'étude des accumulations périglaciaires du Massif du Tremedal (province de Teruel) manifeste la présence de coulées et versants de blocailles, de lobes et de bancs de gélifluction comme formes plus significatives. D'autre part, on analyse aussi l'évolution géomorphologique de cette zone.

ABSTRACT

The study of periglacial accumulations of Macizo del Tremedal (Teruel) makes clear the presence of streams and block slopes and gelifluction lobes and benches as the most significant forms. On the other hand, the geomorphological evolution of the area is analysed as well.

1. SITUACION.

El área estudiada se encuentra situada (fig. 1) al oeste de la provincia de Teruel, comprendiendo también una pequeña zona de la provincia de Guadalajara. Forma parte de las hojas de Checa, n. 540 (25-21) y de Tragacete, n. 565 (25-22) del Mapa Nacional, a escala 1:50.000. Geográficamente está enclavada en la Sierra de Albarracín, dentro del Macizo del Tremedal (RIBA, O., 1959 y 1974), más concretamente en el centro y oeste del Macizo. La parte oriental del mismo no ha sido estudiada por ofrecer un menor interés en cuanto a sus acumulaciones periglaciares. Toda la zona está por encima de los 1.400 metros, siendo la máxima cota 1.920 metros (Caimodorro). El Macizo del Tremedal es el de mayores dimensiones de la Sierra de Albarracín y es divisoria hidrográfica entre afluentes

del Tajo y Turia. Geológicamente corresponde a la Rama Castellana, occidental o interna de la Cordillera Ibérica.

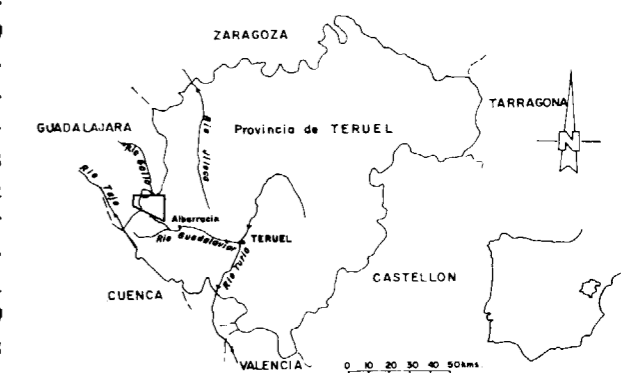


Figura 1

Mapa de situación

(*) Colegio Universitario de Teruel.

2. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El Macizo del Tremedal, constituido por materiales paleozoicos, está orlado por sedimentos triásicos y jurásicos y depósitos detríticos, fundamentalmente neógenos. La orientación de conjunto del Macizo es NW-SE, paralelo a las estructuras alpinas de la Cordillera Ibérica en esta región.

Los materiales son esencialmente series pelítico-arenosas, de edad ordovícica y silúrica, y rocas subvolcánicas y efusivas tardihercínicas. La geología del área ha sido investigada por numerosos autores, siendo el trabajo fundamental el de RIBA, O (1959). Las series más resistentes, desde el punto de vista morfológico, corresponden a cuarcitas de edad Arenig y Valentiense inferior, intercalándose entre estos términos materiales más blandos, constituidos fundamentalmente por series pizarrosas y grauváquicas.

Las deformaciones que afectan a este macizo corresponden a los ciclos hercínico y alpino. Los materiales paleozoicos están afectados por dos fases sinquistosas, siendo la segunda la más claramente visible. Origina pliegues próximos al tipo cilíndrico, por lo general de flancos suaves y de dirección NNW-SSE. La tectónica alpina, que afecta al Paleozoico, es del tipo disruptivo y genera una fracturación de rumbos predominantes NW-SE, localizándose estos accidentes fundamentalmente en el contacto Paleozoico-Mesozoico.

3. MODELADO PERIGLACIAR.

A) INTRODUCCIÓN.

Aunque no es muy conocido el retoque periglaciario en la Cordillera Ibérica, son muy abundantes las formas debidas a este modelado. En el sector central y oriental de la Ibérica únicamente se conocen formas periglaciales en la Sierra del Pobo, citadas someramente por PAILHÉ, P (1971), y en la Sierra de Javalambre, en donde el modelado periglaciario es más acusado y variado (GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L., 1975). También RIBA, O. (1959), en su tesis doctoral, cita coladas de bloques y derrubios ordenados en la Sierra de Albarracín. Ha sido precisamente el reconocimiento de estas coladas de bloques lo que nos ha llevado a estudiar con más precisión esta morfología espectacular.

Además de este modelado de detalle y localizado, hemos observado, en nuestros recorridos por la Cordillera Ibérica, que en las altiplanicies constituidas por la superficie finipontense son muy frecuentes las vertientes regularizadas y los amplios valles de fondo plano y en cuna, los cuales están sin excavar por la red fluvial actual y, por consiguiente, sus depósitos no han sido evacuados.

B) FORMAS ACUMULATIVAS.

Ya indicamos anteriormente las características litológicas del Paleozoico del Macizo del Tremedal, constituido fundamentalmente por bandas subparalelas de cuarcitas y pizarras. Esta diferencia de resistencia de los materiales a los procesos erosivos originó, con anterioridad a los períodos fríos periglaciales, un modelado en crestas de cuarcita y valles excavados en pizarras. Sobre este relieve preexistente tuvo lugar el retoque periglaciario.

Las formas periglaciales reconocidas son del tipo acumulativo, generadas a partir de los procesos de crioclastia o gelivación. Este meteorización mecánica afecta de forma muy dispar a las cuarcitas y a las pizarras, debido a su diferente grado de fracturación. En las pizarras, los gelifractos son de tamaño próximo al centímetro, a causa de que están afectadas por varios planos de rotura (estratificación, dos superficies de pizarrosidad y diaclasado acompañante). Por el contrario, las cuarcitas sólo presentan una estratificación no muy marcada y un diaclasado de amplio espaciado y, además, algunas de las diaclasas son del tipo cerrado; los planos de esquistosidad no son penetrativos en las cuarcitas. Esto trae como consecuencia que la crioclastia genera gelifractos de cuarcita generalmente de gran tamaño y muchos veces de escala métrica.

En estas formas acumulativas periglaciales, además de estos clastos, se encuentran materiales arenosos y arcillosos. Los finos arcillosos tienen que proceder de pizarras y creemos que los arenosos deben de originarse fundamentalmente a partir de una disgregación granular de niveles de areniscas existentes en las formaciones cuarcitosas.

Todo este conjunto de materiales sueltos se moviliza desde las crestas, vertiente abajo, hasta los valles. Las formas generadas en las vertientes son distintas a las de los valles, como a continuación veremos.

a) Acumulaciones de vertiente.

Prácticamente todas las vertientes han sido regularizadas por la acumulación de materiales periglaciales. Esto trae como consecuencia que los afloramientos de pizarras sean muy escasos, excepto para las serias de pizarras y grauvacas del Llandeilo, existentes en el extremo nororiental del mapa geomorfológico. No hemos observado diferencias en las formas de vertiente en función de su orientación. Las disimetrías de los valles son puramente estructurales.

Se han reconocido las siguientes formas en las vertientes:

— *vertiente de bloques* (fot. 1) (*coulées de blocs* de TRICART, J., 1967; *block slopes* de WASHBURN, A. L., 1973; *block streams* de EMBLE-

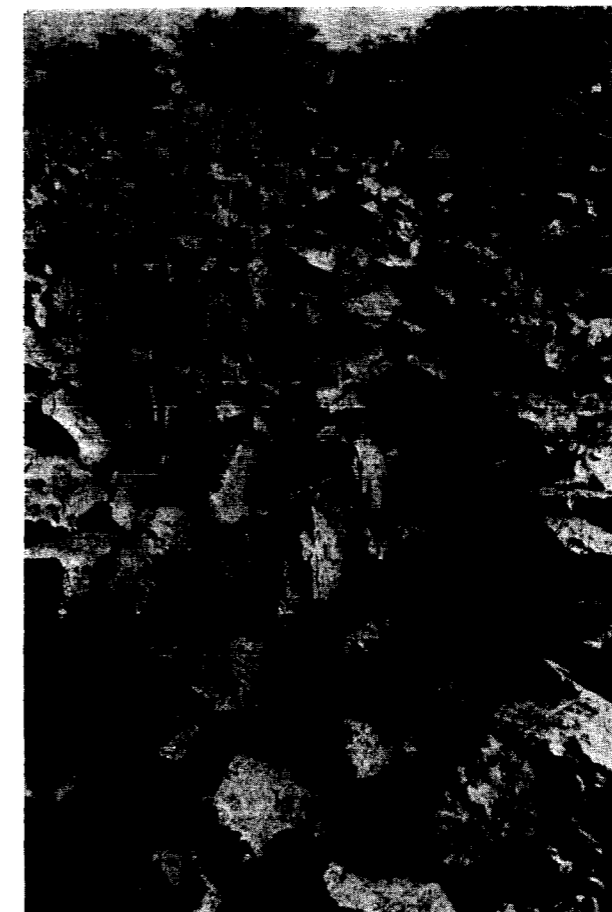


Foto 1

Vertiente de bloques de cuarcitas del Valentiense Inferior. Km. 54,300 en la carretera de Noguera a Orihuela del Tremedal

TON, C., y KING, C. A. M., 1975). Es la forma de acumulación más abundante. Está presente en todas las vertientes al pie de cuarcitas, excepto en aquellas de pendientes suaves. Los ángulos de las vertientes sobre las que están estos depósitos son muy variables. Están constituidos prácticamente por bloques angulosos de cuarcita, siendo la dimensión más frecuente del eje mayor la comprendida entre 25 y 50 cm. Cuando el área fuente es de pórfidos el tamaño es menor. Los ejes mayores están orientados, en líneas generales, en la dirección de máxima pendiente. Los bloques están empastados por una matriz arenoso-arcillosa y en algunas zonas esta matriz ha sido lavada superficialmente, quedando entonces una masa de bloques que contrasta con el arbolado instalado sobre los depósitos que conservan el material fino. La presencia de umbrales en las partes bajas de las vertientes da origen en algunas zonas a difluencias de los materiales. Es difícil calcular la potencia de estos depósitos y creemos que debe ser muy variable, debido a que fosilizan una morfología anterior. En algunos cortes, bastante raros, se observa una ligera clasificación de los clastos, estando los de mayor tamaño en superficie y predominando los finos en profundidad. Estimamos que esta clasificación se debe al proceso de *levantamiento por helada* (*frost heaving*). Otro tipo de clasificación existe de arriba hacia abajo de la vertiente y viene dada por un mayor porcentaje de finos en las partes inferiores y una disminución progresiva del tamaño de los clastos.

— *lóbulos de geliflucción* (*lobes de geliflucción* de TRICART, J., 1967; *gelifluccion lobes* de WASHBURN, A. L., 1973; *stone-banked lobes* de EMBLETON, C., y KING, C. A. M., 1975) y *bancos de geliflucción* (*gelifluccion benches* de WASHBURN, A. L.; *stone-banked lobes* de EMBLETON, C., y KING, C. A. M., 1975). La constitución de estas dos formas es la misma que la de las vertientes de bloques, aunque con mayor porcentaje de finos, generados por deposición del material lavado de las vertientes de bloques, que hay por encima de ellos. Ambas formas están circunscritas a las vertientes de la mitad septentrional del área de estudio (ver mapa geomorfológico), a excepción de unas formas lobadas, existentes dos kilómetros al noreste de Noguera; esta última acumulación se observa con dificultad debido a la vegetación existente y no se descarta la posibilidad de que se trate de un *glaciar rocoso*, alimentado por grandes bloques. Los lóbulos de geliflucción pueden

a) *Acumulaciones de vertiente.*

Prácticamente todas las vertientes han sido reguladas por la acumulación de materiales periglaciares. Esto trae como consecuencia que los afloramientos de pizarras sean muy escasos, excepto para las serias de pizarras y grauvacas del Llandeilo, existentes en el extremo nororiental del mapa geomorfológico. No hemos observado diferencias en las formas de vertiente en función de su orientación. Las disimetrías de los valles son puramente estructurales.

Se han reconocido las siguientes formas en las vertientes:

— *vertiente de bloques* (fot. 1) (*coulées de blocs* de TRICART, J., 1967; *block slopes* de WASHBURN, A. L., 1973; *block streams* de EMBLE-



Foto 1

Vertiente de bloques de cuarcitas del Valentiense Inferior. Km. 54,300 en la carretera de Noguera a Orihuela del Tremedal

TON, C., y KING, C. A. M., 1975). Es la forma de acumulación más abundante. Está presente en todas las vertientes al pie de cuarcitas, excepto en aquellas de pendientes suaves. Los ángulos de las vertientes sobre las que están estos depósitos son muy variables. Están constituidos prácticamente por bloques angulosos de cuarcita, siendo la dimensión más frecuente del eje mayor la comprendida entre 25 y 50 cm. Cuando el área fuente es de pórfidos el tamaño es menor. Los ejes mayores están orientados, en líneas generales, en la dirección de máxima pendiente. Los bloques están empastados por una matriz arenoso-arcillosa y en algunas zonas esta matriz ha sido lavada superficialmente, quedando entonces una masa de bloques que contrasta con el arbolado instalado sobre los depósitos que conservan el material fino. La presencia de umbrales en las partes bajas de las vertientes da origen en algunas zonas a difluencias de los materiales. Es difícil calcular la potencia de estos depósitos y creemos que debe ser muy variable, debido a que fosilizan una morfología anterior. En algunos cortes, bastante raros, se observa una ligera clasificación de los clastos, estando los de mayor tamaño en superficie y predominando los finos en profundidad. Estimamos que esta clasificación se debe al proceso de *levantamiento por helada* (*frost heaving*). Otro tipo de clasificación existe de arriba hacia abajo de la vertiente y viene dada por un mayor porcentaje de finos en las partes inferiores y una disminución progresiva del tamaño de los clastos.

— *lóbulos de geliflución* (*lobes de géliflución* de TRICART, J., 1967; *gelifluction lobes* de WASHBURN, A. L., 1973; *stone-banked lobes* de EMBLETON, C., y KING, C. A. M., 1975) y *bancos de geliflución* (*gelifluction benches* de WASHBURN, A. L.; *stone-banked lobes* de EMBLETON, C., y KING, C. A. M., 1975). La constitución de estas dos formas es la misma que la de las vertientes de bloques, aunque con mayor porcentaje de finos, generados por deposición del material lavado de las vertientes de bloques, que hay por encima de ellos. Ambas formas están circunscritas a las vertientes de la mitad septentrional del área de estudio (ver mapa geomorfológico), a excepción de unas formas lobadas, existentes dos kilómetros al noreste de Noguera; esta última acumulación se observa con dificultad debido a la vegetación existente y no se descarta la posibilidad de que se trate de un *glaciar rocoso*, alimentado por grandes bloques. Los lóbulos de geliflución pueden

encontrarse a lo largo de toda la vertiente, aunque son más frecuentes en las partes medias y bajas. Los bancos de geliflución se encuentran casi siempre en las partes bajas de la vertiente y por debajo de los lóbulos de geliflución (fig. 2).

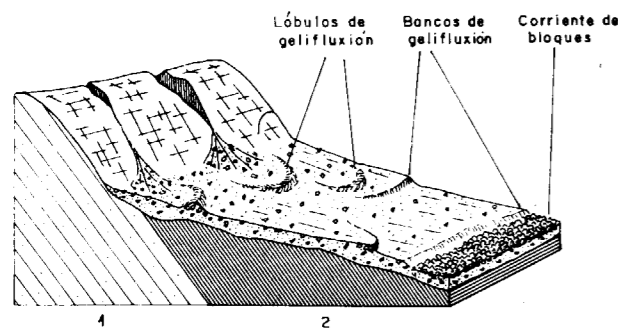


Figura 2

Formas acumulativas periglaciares en vertiente y valle. Cuarcitas del Valentiense Inferior (1). Pizarras ampelíticas del Valentiense (2)

Los lóbulos de geliflución son formas de tipo linguoide con el eje mayor subperpendicular a las curvas de nivel. El tamaño predominante oscila alrededor de los 150 metros de anchura. La medida del eje mayor es difícil de precisar, excepto en aquellos que tienen una cicatriz de arranque, en cuyo caso la dimensión es de magnitud similar a la anchura. Otras veces se unen las partes frontales de varios lóbulos y generan formas coalescentes lobulares más amplias, que simulan bancos. La altura del talud es variable y no supera los tres metros. Cuando la raíz del lóbulo presenta una cicatriz de arranque aparece una pequeña depresión intermedia. Algunos de estos lóbulos están alimentados directamente por canales de avalancha.

Los bancos de geliflución son formas de mayor extensión superficial y la pendiente del replano es menor que en los lóbulos. La longitud es muy variable, desde 0,2 a 2 kilómetros. Cuanto menor es la pendiente del replano, mayor es la superficie del banco. La altura del talud es semejante o ligeramente superior a la de los lóbulos.

Tanto en los bancos como en la mayoría de los lóbulos se desarrollan en los replanos turberas, por lo general de poca potencia. No se han cartografiado por estar presentes en casi todos los rrellanos. Una de ellas ha sido estudiada por MENÉNDEZ AMOR, J., y ESTERAS MARTÍN, M. (1965). Sobre es-

tos replanos se ha instalado una importante vegetación.

Todos estos depósitos, vertientes de bloques, lóbulos y bancos de geliflución se movilizan por procesos de *frost-creep* y *geliflución* en el sentido de WASHBURN, A. L. (1973). El *frost-creep* genera una burda clasificación de los gelifractos en la vertical. Las formas lobadas creemos que se originan por diferencias en la velocidad de movimiento del material, es decir por avances diferenciables vertiente abajo. Quizás el movimiento se vea favorecido por la presencia de pizarras ampelíticas del Valentiense, sustrato del material periglacial, que actúan como lubricante, ayudando al deslizamiento de la masa suprayacente. Tal posibilidad la indican POTTER, N., y MOSS, J. H. (1968), en su estudio sobre el campo de bloques de Blue Rocks, en Pensilvania.

— *canales de avalancha y canchales de geliflución*. Se reconocen dos tipos en función de la litología y del tamaño de los clastos. En las cuarcitas del Valentiense inferior existen enormes canales de avalancha que penetran profundamente en las crestas transportando gelifractos de gran tamaño que se esparcen por las vertientes. Creemos que su funcionalidad actual debe ser muy escasa, si no nula. En las cuarcitas armoricanas, de vertiente mucho más abrupta por lo general, los canales de avalancha son formas dominantes en algunos valles (barranco de la Tejada, al norte de Noguera); no penetran apenas en las crestas y el material es de pequeño tamaño. A diferencia de los anteriores, estos canales de avalancha alimentan la red fluvial actual, que está profundamente encajada. Dada la fuerte pendiente de estos canales y el tamaño de los clastos, estimamos que siguen funcionando en la actualidad.

Además de estos cuatro tipos de acumulaciones reseñadas, existen otras vertientes completamente reguladas por periglacialismo. En ellas no aparecen las formas escritas, debido a una menor inclinación de las vertientes y, posiblemente, a que el porcentaje de finos es muy superior al de bloques.

b) *Acumulaciones de valle.*

Los depósitos periglaciares de vertiente confluyen en los valles, que se generaron con anterioridad al periglacialismo. Este relleno origina valles de fondo plano. Se diferencian, en el área de estudio, dos tipos de valles en base a la granulometría del material depositado. En unos predomina el material fino, y en los otros, los bloques. Estos últimos, den-

tro de la literatura conocida, son tan espectaculares y grandiosos como los existentes en otros lugares del mundo.

Este segundo tipo ha recibido muchas denominaciones: *rock streams*, *block streams*, *rubble streams*, *stone rivers*, *stone runs*, *block slopes*, *stone slopes*, *stone fields*, *block fields* y *boulder fields* en la literatura anglosajona; en alemán se utiliza *felsenmeer* y *blockmeer*, y los autores de lengua francesa lo denominan *coulées de blocailles*. Sin duda, la literatura más abundante está en lengua inglesa, es por esta razón por lo que las denominaciones son variadas y confusas en esa lengua. Es WASHBURN, A. L. (1973), el que realiza una distinción más correcta. En primer lugar, diferencia el calificativo de "boulder" y de "block" en base al grado de redondez de los depósitos, utilizando "block" para clastos angulosos y "boulder" para los redondos. La diferenciación entre "field", "slope" y "stream" la efectúa en base a la posición topográfica del depósito. Para materiales situados en áreas de pendiente inferior a 5° aplica la denominación de "field" y de "slope" para inclinaciones mayores. Cuando la acumulación está confinada a valles principales o a valles en vertiente, la denominación utilizada es de "stream". Por lo tanto, seguiremos la nomenclatura y definición de WASHBURN.

Las corrientes de bloques (fot. 2) se desarrollan en una gran parte de los valles principales y de vertiente de la zona de estudio, tanto en las cuarcitas armoricanas como en las del Valentiense inferior. Las dimensiones máximas de las corrientes de bloque son de 2,6 kilómetros de largo por 0,25 kilómetros de

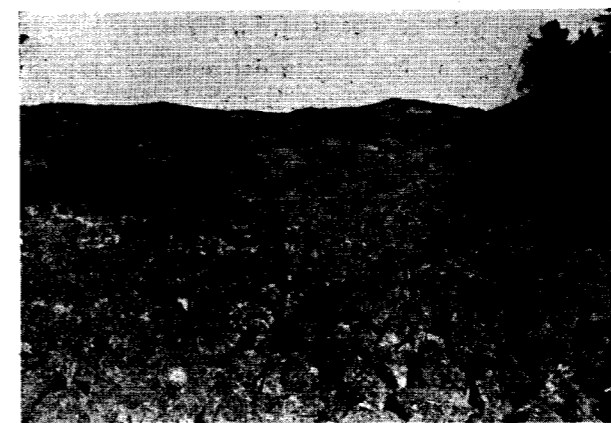


Foto 2

Corriente de bloques al este del cerro San Cristóbal (Orea)

ancho, y la potencia es difícil de estimar, debido a que no se observa el sustrato aflorante, aunque se han medido potencias del orden de los 4 metros. Las pendientes longitudinales de los valles principales varían enormemente, incluso dentro de un mismo valle. A veces se presentan escalonamientos transversales al curso del orden de los 5 metros o más de altura y en otras áreas, sobre todo en las cabeceras de los valles, la altura del escalón es muy superior y quizá tenga un origen estructural.

El material de las corrientes de bloques está prácticamente constituido en superficie por bloques de cuarcita de tamaño variable. Son bloques de forma cúbica predominante. Hacia abajo aparecen, en algunos cortes observados, bloques empastados por una matriz de material fino. La ausencia de finos en superficie se interpreta como debida a un lavado de este material por el agua de escorrentía en períodos de deshielo (ANDERSSON, J. G., 1906; SMITH, H. T. U., y SMITH, A. P., 1945; SMITH, H. T. U., 1953; POTTER, N., y MOSS, J. H., 1968, etcétera). La carencia de finos en superficie impide el desarrollo de un suelo y, por consiguiente, las corrientes de bloques aparecen desprovistas de vegetación. La presencia de material más fino en profundidad se interpreta como originada por el proceso de levantamiento por helada de bloques de tamaño mayor (SMITH, H. T. U., 1953; DAHL, R., 1966, etc.). No observamos ninguna orientación de los bloques en las corrientes, tal como indican POTTER, N., y MOSS, J. H. (1968), y CAINE, N. (1972), a partir de fotografías aéreas a baja altura. Estos autores señalan una disposición de los bloques en formas lobadas y fuertes buzamientos de sus ejes mayores contra pendiente. En el área del presente trabajo no se han observado estas orientaciones, quizá por carecer de este tipo de fotografías, aunque la carencia de bloques tabulares haría muy difícil esa observación.

El movimiento de las corrientes de bloque se debe a los mismos procesos que movilizan el material de las vertientes, es decir, *frost-creep* y *geliflución*. Creemos que el desplazamiento ha debido ser escaso, ya que ninguna de estas corrientes en valles principales llega a su desembocadura. Si así hubiera sido, tendríamos *glacis de bloques* (CAINE, N., 1968, en WASHBURN, A. L., 1973) en las partes terminales de estas corrientes, donde se amplía el valle. Por el contrario, lo que nos encontramos es una superficie de glacis de pie de monte, de gran extensión en algunas zonas, constituido

tro de la literatura conocida, son tan espectaculares y grandiosos como los existentes en otros lugares del mundo.

Este segundo tipo ha recibido muchas denominaciones: *rock streams*, *block streams*, *rubble streams*, *stone rivers*, *stone runs*, *block slopes*, *stone slopes*, *stone fields*, *block fields* y *boulder fields* en la literatura anglosajona; en alemán se utiliza *felsenmeer* y *blockmeer*, y los autores de lengua francesa lo denominan *coulées de blocailles*. Sin duda, la literatura más abundante está en lengua inglesa, es por esta razón por lo que las denominaciones son variadas y confusas en esa lengua. Es WASHBURN, A. L. (1973), el que realiza una distinción más correcta. En primer lugar, diferencia el calificativo de "boulder" y de "block" en base al grado de redondez de los depósitos, utilizando "block" para clastos angulosos y "boulder" para los redondos. La diferenciación entre "field", "slope" y "stream" la efectúa en base a la posición topográfica del depósito. Para materiales situados en áreas de pendiente inferior a 5° aplica la denominación de "field" y de "slope" para inclinaciones mayores. Cuando la acumulación está confinada a valles principales o a valles en vertiente, la denominación utilizada es de "stream". Por lo tanto, seguiremos la nomenclatura y definición de WASHBURN.

Las corrientes de bloques (fot. 2) se desarrollan en una gran parte de los valles principales y de vertiente de la zona de estudio, tanto en las cuarcitas armoricanas como en las del Valentiense inferior. Las dimensiones máximas de las corrientes de bloque son de 2,6 kilómetros de largo por 0,25 kilómetros de

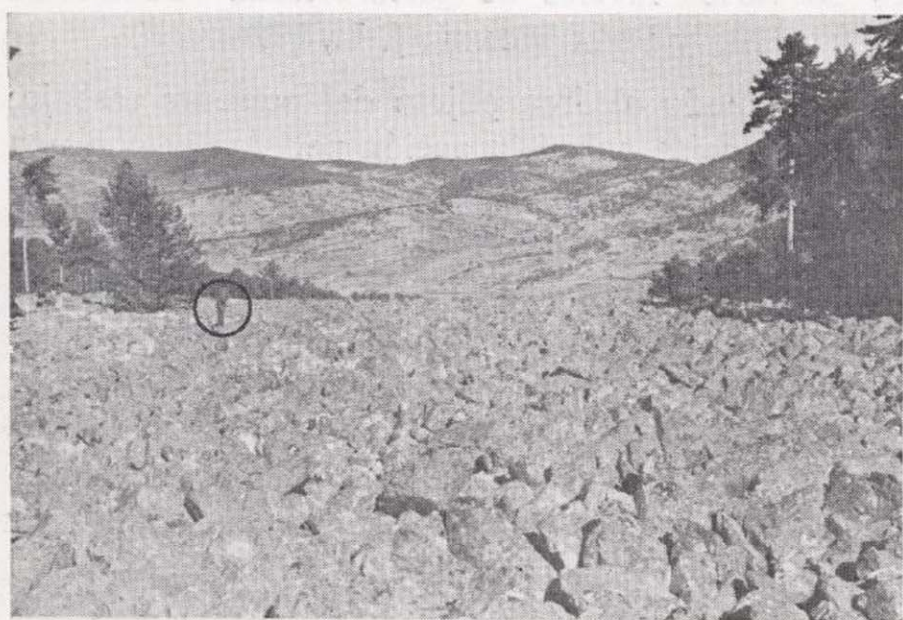


Foto 2

Corriente de bloques al este del cerro San Cristóbal (Orea)

ancho, y la potencia es difícil de estimar, debido a que no se observa el sustrato aflorante, aunque se han medido potencias del orden de los 4 metros. Las pendientes longitudinales de los valles principales varían enormemente, incluso dentro de un mismo valle. A veces se presentan escalonamientos transversales al curso del orden de los 5 metros o más de altura y en otras áreas, sobre todo en las cabeceras de los valles, la altura del escalón es muy superior y quizá tenga un origen estructural.

El material de las corrientes de bloques está prácticamente constituido en superficie por bloques de cuarcita de tamaño variable. Son bloques de forma cúbica predominante. Hacia abajo aparecen, en algunos cortes observados, bloques empastados por una matriz de material fino. La ausencia de finos en superficie se interpreta como debida a un lavado de este material por el agua de escorrentía en períodos de deshielo (ANDERSSON, J. G., 1906; SMITH, H. T. U., y SMITH, A. P., 1945; SMITH, H. T. U., 1953; POTTER, N., y MOSS, J. H., 1968, etcétera). La carencia de finos en superficie impide el desarrollo de un suelo y, por consiguiente, las corrientes de bloques aparecen desprovistas de vegetación. La presencia de material más fino en profundidad se interpreta como originada por el proceso de levantamiento por helada de bloques de tamaño mayor (SMITH, H. T. U., 1953; DAHL, R., 1966, etc.). No observamos ninguna orientación de los bloques en las corrientes, tal como indican POTTER, N., y MOSS, J. H. (1968), y CAINE, N. (1972), a partir de fotografías aéreas a baja altura. Estos autores señalan una disposición de los bloques en formas lobadas y fuertes buzamientos de sus ejes mayores contra pendiente. En el área del presente trabajo no se han observado estas orientaciones, quizá por carecer de este tipo de fotografías, aunque la carencia de bloques tabulares haría muy difícil esa observación.

El movimiento de las corrientes de bloque se debe a los mismos procesos que movilizan el material de las vertientes, es decir, frost-creep y gelifluxión. Creemos que el desplazamiento ha debido ser escaso, ya que ninguna de estas corrientes en valles principales llega a su desembocadura. Si así hubiera sido, tendríamos *glacis de bloques* (CAINE, N., 1968, en WASHBURN, A. L., 1973) en las partes terminales de estas corrientes, donde se amplía el valle. Por el contrario, lo que nos encontramos es una superficie de glacis de pie de monte, de gran extensión en algunas zonas, constituido

por escasos bloques y abundante material fino, que debe provenir en parte del lavado superficial de las corrientes de bloques.

En la actualidad, los bloques están asentados y recubiertos en superficie por líquenes, lo cual es un criterio utilizado por los investigadores en periglaciario para indicar la ausencia de movimiento. El agua, actualmente, discurre bajo los bloques, pudiéndose percibir en algunos puntos el ruido de su escorrentía. A veces aflora en los escalonamientos transversales al cauce, indicados anteriormente.

Valle arriba de las corrientes de bloques aparecen morfologías planas, en las que están situadas las divisorias, que, debido al carácter subhorizontal de esta topografía, son muy imprecisas, presentando incluso áreas endorreicas con alguna laguna prácticamente colmatada por turba. Este endorreísmo no creemos que se haya originado por los procesos periglaciares (termokarst o criokarst), sino que más bien estimamos que es de carácter residual. Zonas planas similares aparecen en los amplios valles de fondo plano, donde confluyen las vertientes reguladas con material fino predominante. Son valles de mucha mayor anchura, caracterizados por una escorrentía imprecisa y por abundancia de turberas.

4. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA.

Con posterioridad a las fases principales del plegamiento hercínico, los materiales paleozoicos sufrieron un arrasamiento generalizado que dio lugar a la superficie de erosión pretriásica, que en la actualidad se observa en los márgenes del Macizo. Sobre esta superficie comienza un largo y complejo ciclo de sedimentación, acompañado de débiles movimientos tectónicos, que abarca todo el Mesozoico, interrumpiéndose finalmente la sedimentación marina con las fases premonitoras del plegamiento alpino. Estas últimas fases hacen emerger los materiales mesozoicos, que son sometidos a los agentes erosivos, dando lugar a una sedimentación continental intramontana, con formación de superficies de erosión policíclicas, que culminan en el extenso arrasamiento generalizado de la superficie de erosión finipontense.

Sobre esta superficie finipontense tuvo lugar un importante proceso de karstificación (GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNÉ, J. L., 1975) que afec-

tó fundamentalmente a las series jurásicas que orlan el Macizo. El límite superior de esta karstificación principal es precuaternario.

Esta penillanura finipontense se deformó (SOLÉ SABARIS, L., y RIBA, O., 1952) con anterioridad al paso del Plioceno al Cuaternario y dio origen a las Fosas Teruel-Calamocha, Calatayud-Montalbán, etcétera, y también generó escalonamientos de la superficie y formas domáticas, desde el punto de vista morfológico.

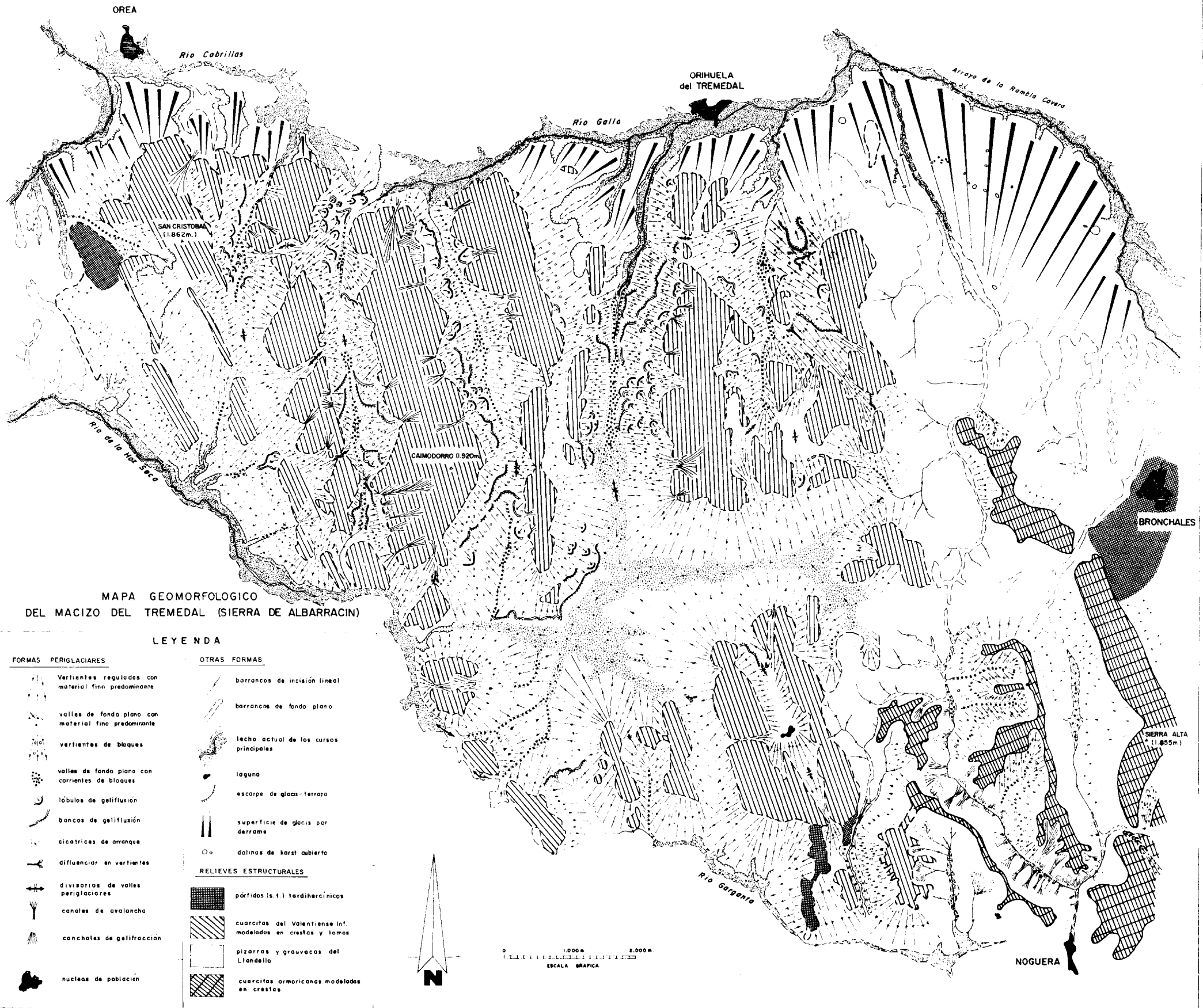
Sobre este nuevo relieve se encajó la red fluvial aprovechando las bandas de afloramiento de rocas blandas del Macizo del Tremedal, quedando en resalte las cuarcitas, modeladas en crestas y lomas, aunque conservando en sus cumbres la superficie de erosión finipontense. Este tipo de disposición constituye un *relieve apalachiano*.

Como ya indicamos anteriormente, la etapa de deformación que afectó a la superficie finipontense dio lugar a áreas deprimidas (fosas) y levantadas. La erosión de estas últimas, bajo un clima de características áridas, generó amplios y extensos conos y glaciares de edad Villafranquiense, presentes en numerosas áreas de esta región central de la Cordillera Ibérica.

En el transcurso del Cuaternario, las zonas altas se vieron afectadas, durante las épocas frías, por la acción de los procesos periglaciares. En las zonas bajas, ligadas a los cursos principales y debido a las fluctuaciones climáticas cuaternarias, se produjo la acumulación de potentes conos y glaciares que empalmaban con los lechos fluviales, generándose, por posterior incisión, el escalonamiento de las vertientes de varios niveles de glaciares-terrazas (GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNÉ, J. L., 1976).

Concretando al área objeto del presente trabajo, todo el Macizo sufrió la acción periglaciaria con una fuerte regulación de todas las vertientes, acompañada aquí de las formas de acumulación anteriormente descritas. El arrastre de estos materiales de gelivación originó en las partes bajas septentrionales un modelado en *glaciares por derrame*, en el que se aprecia la típica selección de tamaño del clasto en sentido longitudinal. En la actualidad, estas superficies de glaciares presentan profundas incisiones por acción lineal de los barrancos.

Sobre estos glaciares se observan pequeñas depresiones cerradas de poca profundidad, en cuyo fondo hay un lavado de material fino y, por lo tanto, acu-



mulación de cantos. Dado que el sustrato de estos depósitos conglomeráticos son calizas jurásicas, se interpretan estas depresiones como *dolinas de karst cubierto*. Esto implica que en este área ha tenido lugar una karstificación reciente, quizá debido a las aguas frías de gran poder disolvente, procedentes del Macizo, que han penetrado en los conglomerados porosos y permeables del glacis.

En la actualidad, el periglaciario es muy débil y se limita a una ligera gelifracción y a fenómenos de pipkrake, que son normales en todas las umbrías del área.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSSON, J. G.: *Solifluction. a component of subaerial denudation*, "Jour. Geol", v. 14, pp. 91-112 (1906).
- CAINE, N.: *Air photo analysis of blockfield fabrics in Tassalus Valley, Tasmania*, "Jour. Sed. Petrol", v. 42, pp. 33-48 (1972).
- DAHL, R.: *Block fields, weathering pits and tor-like forms in the Narvick Mountains, Nordland, Norway*, "Geog. Annaler", v. 48, pp. 55-85 (1966).
- EMBLETON, C., y KING, C. A. M.: *Periglacial Geomorphology*. Ed. Arnold, 2.ª ed. London (1975).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNÉ, J. L.: *Karst y periglaciario en la Sierra de Javalambre (provincia de Teruel)*, "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXVI-VI, pp. 561-572 (1975).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNÉ, J. L.: *Glacis y terrazas en el curso medio del río Alfambra (provincia de Teruel)*. "Bol. Geol. y Min.", en prensa (1976).
- KING, C. A. M.: *Periglacial Processes*, "Benchmark Papers in Geology", n. 27, Dowden, Hutchinson y Ross, 459 pp. Stroudsburg (1976).
- MENÉNDEZ AMOR, J., y ESTERAS MARTÍN, M.: *Análisis polínico de la turbera de "Los Ojos del Tremedal" (Orihuela del Tremedal, Teruel)*, "Rev. Teruel", n. 34, pp. 191-198, Teruel (1965).
- PAILHE, P.: *Caractères morphologiques de la dépression d'El Pobo (Monts Celtibériques Orientaux)*, "Rev. Geogr. des Pyrenées et du Sud-Ouest", t. 42, fasc. 1, pp. 71-82, Toulouse (1971).
- POTTER, N., y MOSS, J. H.: *Origin of the Blue Rocks block field and adjacent deposits, Berks County, Pennsylvania*, "Geol. Soc. America Bull", v. 79, pp. 255-262 (1968).
- RIBA, O.: *Estudio Geológico de la Sierra de Albarracín*, Monografías Inst. Lucas Mallada, C. S. I. C., n. 16, 283 pp., Madrid (1959).
- RIBA, O.: *Sierra de Albarracín*, VIII Curso de Geología Práctica, 31 pp., Teruel (1974).
- SMITH, H. T. U.: *The Hickory Run boulder field, Carbon County, Pennsylvania*. "Am. Jour. Sci.", v. 25, pp. 625-642 (1953).
- SMITH, H. T. U., y SMITH, A. P.: *Periglacial rock streams in the Blue Ridge area*, "Geol. Soc. America Bull", volumen 56, p. 1.198 (1945).
- SOLÉ SABARIS, L., y RIBA, O.: *El relieve de la Sierra de Albarracín y zonas limítrofes de la Cordillera Ibérica*, "Rev. Teruel", n. 7, pp. 7-22, Teruel (1952).
- TRICART, J.: *Le modelé des régions périglaciaires*, SEDES, 512 pp., París (1967).
- WASHBURN, A. L.: *Periglacial processes and environment*, Ed. Arnold, 320 pp., London (1973).

Recibido: Octubre 1976.

Capacidad de regulación de Terciario y Cuaternario sobre los caudales del río Jarama en los alrededores de Madrid

Por F. LOPEZ VERA (*) y J. SAIZ GARCIA-CUENCA (**)

RESUMEN

El aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos en los alrededores de Madrid es un tema que está atrayendo la atención en estos últimos años.

En este trabajo tratamos de estimar los recursos subterráneos de una zona de 1.300 K² de extensión de la Cuenca del Río Jarama, en las proximidades de Madrid. El método seguido ha consistido en calcular la aportación en diversas estaciones de aforos, tras restituir el régimen natural, labor ésta muy complicada por lo regulado y alterado que se encuentra el régimen del citado río. Los cálculos realizados nos han permitido estimar estos recursos de la Facies Detrítica en unos 90 Hm³ y de la Facies Química en casi el doble de éstos, aunque contaminados por la presencia de yesos.

Teniendo en cuenta la litología y la geomorfología de la región, es muy probable que la cuenca topográfica utilizada para los cálculos no coincida con la hidrográfica, pudiendo existir un flujo de trasvase de agua subterránea de NE a SW, aunque este término ni su cuantía se han podido probar suficientemente.

No obstante, los anteriores recursos calculados se nos presentan como un orden de magnitud de los reales, y, aunque no se puedan explotar por completo, debido a condicionantes legales y tecnológicos, estas cifras nos indican el indudable interés económico que presentan.

ABSTRACT

The exploitation of ground water resources in the Madrid area has been increasingly alling the attention in the last years.

In this paper an estimation is made of the resources over a 1.300 Km² area in the basin of the Jarama river near Madrid. The method we have followed included calculation of ground water contributions in different points under former natural conditions. This is a complicated work as many artificial restrictions are superimposed.

The data obtained allow us to estimate resources of the "Detrital Facies" over 90 Hm³ and the "Chemical Facies" over twice that figure, although they are contaminated with gypsum.

From the lithology and morphology of the basin, we conclude that the topographical and hidrological basins don't fit and so a travasing flood is inferred from NE to SW whose magnitude has not yet been determined.

Although no full profit is still taken of the calculated resources, owing to technological and legal reasons, they show interesting possibilities for the future.

1. INTRODUCCION.

El estudio de los recursos de agua en la Cuenca del río Jarama, en los alrededores de Madrid, pre-

senta un indiscutible interés económico por asentarse en esta zona importantes núcleos de alta densidad de población e importantes polígonos industriales, sin olvidar que la vega del Jarama ha sido una zona tradicional de cultivos de regadío, lo que le ha valido la denominación de huerta de Madrid.

Los recursos de aguas superficiales, aguas arriba

de la zona que aquí tratamos, han sido ampliamente utilizados desde mediados del siglo pasado, cuando bajo el reinado de Isabel II se construyó la presa de El Pontón de la Oliva, en el río Lozoya, próximo a su confluencia con el Jarama, y el canal que conducía las aguas a Madrid, sistema que, modificado y ampliado con otras captaciones de aguas de la mayor parte de los ríos que nacen en "La Sierra", viene explotando con eficacia la entidad que lleva la denominación de la soberana bajo cuyo reinado nació.

El aprovechamiento de los recursos hídricos de la llanura que se extiende al pie de la "Sierra", donde se asientan los núcleos que producen la mayor demanda de agua, es un tema que desde antiguo ha llamado la atención de estudiosos, técnicos y planificadores. Pero es en los últimos años cuando, debido a un mejor conocimiento geológico de la región y a un mejoramiento en la tecnología de captaciones de aguas subterráneas, se ha planteado en toda su plenitud la alternativa económica que presenta el aprovechamiento de los recursos hídricos en las distintas fases del ciclo hidrológico.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGIA.

Los materiales del Terciario y Cuaternario, que rellena la fosa tectónica del Tajo al pie del sistema central, constituyen acuíferos que actúan como verdaderos embalses de regulación de los cursos fluviales. Trataremos de establecer la cota mínima, de los recursos, de estos acuíferos en la cuenca del Jarama, sin entrar a considerar las reservas que son capaces de almacenar.

Los recursos de estos acuíferos, los estimamos como aportación subterránea al río Jarama, obtenida a partir del análisis de los hidrogramas de las estaciones foronómicas de entrada y salida de la zona que estudiamos. También se establece mediante un balance hídrico la capacidad de regulación que ejercen estos acuíferos sobre las aportaciones del río Jarama.

No se nos oculta que el establecimiento de un balance hídrico, siquiera elemental, de esta parte de cuenca, presenta numerosas complicaciones por lo regulado y modificadas que se encuentran las condiciones naturales, necesarias para establecer con fiabilidad este balance.

3. CARACTERISTICAS LITOLOGICAS.

Aunque, en casi todos los manuales sobre hidrología, se recomienda efectuar estudios geológicos de las cuencas por especialistas (REMENTERAS, G., 1971, pp. 188; HERAS, R., 1972, pp. 47 y 183, etc.). En la práctica, en nuestro país, estos estudios se encuentran poco desarrollados; incluso es frecuente ver en numerosos informes que se prescinde del medio físico. Este no es el caso cuando se trata de estudiar las aguas subterráneas, donde el estudio detallado del medio es imprescindible e incluso pudiéndose afirmar que la existencia y características de las aguas subterráneas se conocen gracias al estudio del medio físico.

En esta zona —cuya superficie total es de 1.300 kilómetros cuadrados—, como se muestra en la figura 1, la litología del Terciario está constituida por una *Facies Detrítica*, en la mitad norte y colindante con la "Sierra", formada por gravas, arenas arcóscicas, arenas arcillosas, limos y arcillas. Materiales permeables que se extienden al NE y SW, al pie de la "Sierra". Su espesor es considerable, superando los 1.000 metros. El límite superior, la "Sierra", está constituido por materiales graníticos y metamórficos, a esta escala impermeables; estando adosados a ellos, en sus estribaciones una delgada cobertera de arenas, margas y calizas de edad Cretácica, que constituyen un acuífero de dimensiones más locales.

En su límite inferior, la *Facies Detrítica* pasa a la *Facies de Transición*, formada por una unidad inferior de arcillas y margas, a la que se superpone otra unidad formada por calizas, margas, sílex, sepiolita y algunos niveles arcillosos y arenosos. La unidad inferior arcillosa es impermeable, mientras que la superior es permeable por karstificación. Aunque al encontrarse parcialmente erosionada y por su disposición topográfica, colgada en las zonas de interfluvio, presenta un limitado interés hidrogeológico.

La parte más suroriental está ocupada por materiales con *Facies Química*; en ella se distinguen tres unidades, la inferior y más potente, constituida por yesos que se presentan karstificados en superficie, siendo su interés hidrogeológico limitado por la calidad química de sus aguas.

Superpuestas a esta unidad yesífera, se presentan dos unidades calcáreas, separadas en algunas localidades por un delgado miembro detrítico, cu-

(*) Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos, Instituto Lucas Mallada, C. S. I. C.

(**) Comisaría de Aguas de la Cuenca del Tajo. Dirección General de Obras Hidráulicas, M. O. P.

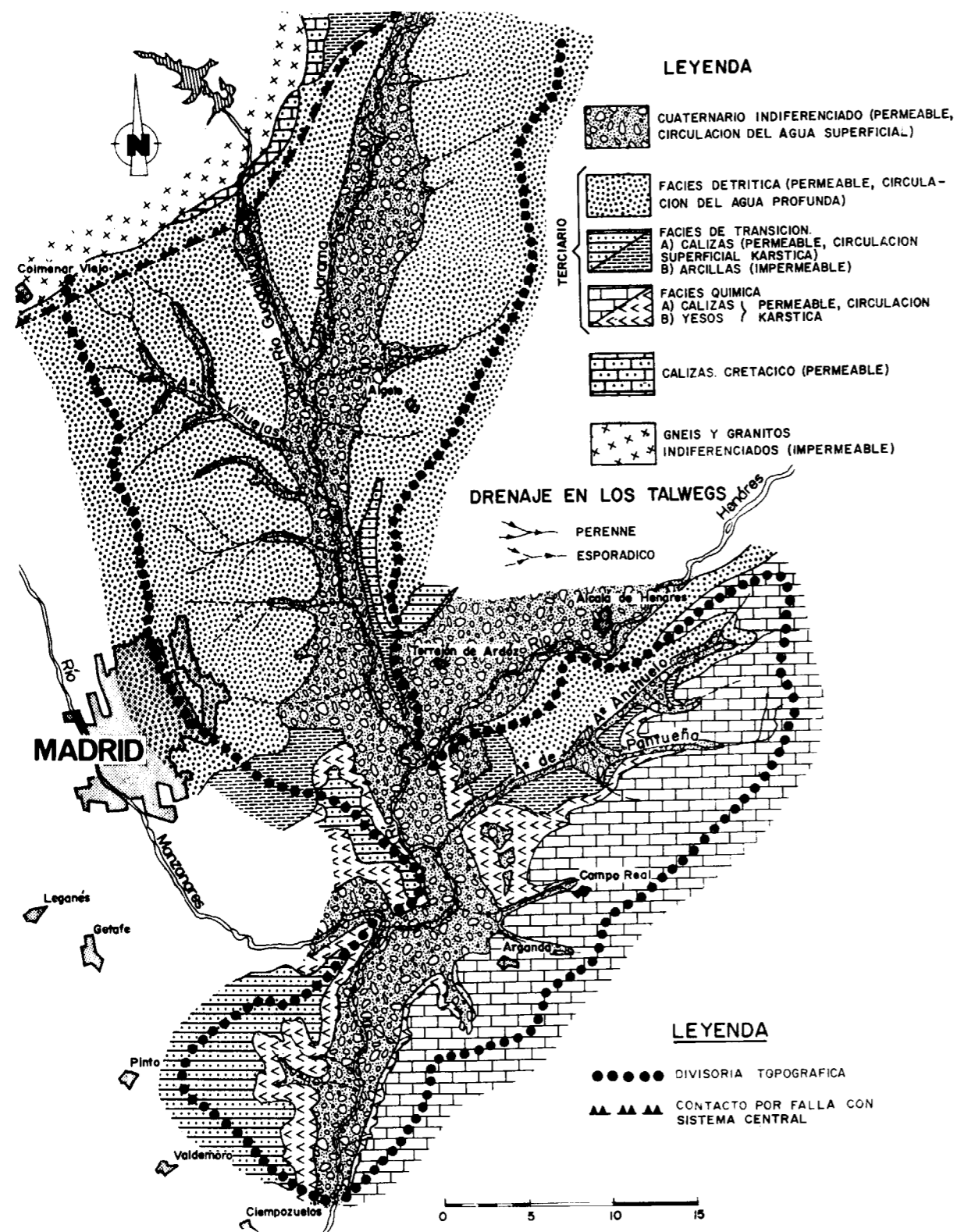


Figura 1

Esquema litológico de la zona estudiada

yo espesor rara vez supera los 15 metros. Estas dos unidades calcáreas son permeables por karstificación; su espesor conjunto es, en algunos sitios, de 100 ó 150 metros, prolongándose sus afloramientos hacia el NE de nuestra zona.

Los depósitos cuaternarios de interés hidrogeológico, los podemos limitar a las terrazas del río Jarama y principales afluentes. Litológicamente, las terrazas están formadas por gravas cuarcíticas y arcillas, sobre las que se apoyan materiales procedentes de las vertientes del valle. Estas terrazas se presentan en la mitad norte de estas zonas, escalonadas en numerosos niveles, estando los inferiores agrupados y conectados hidráulicamente entre sí, y la última, con el río Jarama. Su espesor suele oscilar entre 3 y 8 metros. En la mitad sur, las terrazas inferiores se presentan encajadas unas en otras, presentando espesores de 25 a 30 metros.

Un estudio geológico e hidrogeológico más detallado lo realizó el primero de los autores, en su tesis doctoral, LÓPEZ VERA, F. (1975).

De acuerdo con la anterior descripción litológica y estratigráfica y con el mapa de la figura 1, se nos presentan dos grandes sistemas acuíferos:

- Los materiales de Facies Detrítica y el Cuaternario suprayacente.
- Los materiales de Facies Química y el Cuaternario suprayacente.

El primer sistema está limitado por los materiales impermeables de la "Sierra" y por los materiales arcillosos de la Facies de Transición, que los separa del segundo sistema, constituido por los materiales de Facies Química.

Una segunda conclusión, que se extrae de la anterior descripción litológica y estratigráfica, es que si de acuerdo con REMENIERAS, G. (1971, pp. 181), y HERAS, R. (1972, pp. 51), la definición de cuenca hidrográfica tiene en cuenta el recorrido del agua infiltrada en el terreno, la cuenca topográfica del Jarama en esta zona no coincide, probablemente, con la cuenca hidrográfica, pues, dadas las características litológicas, al ser los materiales permeables y no existir límites laterales al SW y NE impermeables, es muy probable el trasvase subterráneo entre cuencas.

4. CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS.

Como hemos expuesto en otro trabajo (LÓPEZ VERA, F., y PEDRAZA, J., 1976), esta zona geomor-

fológicamente está constituida por una serie de superficies con pequeños gradientes de pendiente en distintas direcciones, según su génesis, siendo los gradientes principales al SW; estas superficies se articulan con el fondo del valle mediante una serie de glacis escalonados, siendo la máxima diferencia de cotas de 377 metros.

En la figura 2 se muestra un perfil del río Jarama y de sus afluentes principales en esta zona. En él hay que destacar que sobre la Facies Detrítica se desarrolla una amplia red de drenaje secundario y terciario, mientras que sobre la Facies Química o Central, tan sólo se desarrolla una reducida red secundaria. En la figura 1 se muestra la estrecha relación que tiene la red de drenaje con la litología.

Sobre la Facies Detrítica, el río Jarama, en la margen izquierda, presenta menor número de afluentes, y éstos, con mayores pendientes que los de la margen derecha; esto, unido al desarrollo de cárcavas, barrancos, etc., nos indican que la escorrentía superficial o directa, es más importante en la margen izquierda que en la derecha.

Sobre la Facies Química o Central, el escaso desarrollo de la red secundaria nos indica que la circulación preferente es kárstica, debiendo ser la infiltración muy alta, lo que se confirma por la observación de estructuras de absorción kársticas, simas, dolinas, etc.

Al pie del perfil de la figura 2 se muestran varias secciones transversales del valle del río Jarama en esta zona. La asimetría que presenta un reflejo de los cambios de facies litológicas que se producen en una u otra margen.

Todo esto nos apoya las bases de partidas planteadas en el anterior epígrafe, éstas son:

- a) Existen dos sistemas acuíferos independientes, uno detrítico y otro kárstico, que deben ejercer en esta zona cierta regulación natural sobre los caudales del río Jarama.
- b) La infiltración en el sistema detrítico es mayor en la margen derecha que en la izquierda, y, en conjunto, menor que en el sistema kárstico.
- c) Al no existir límites laterales, al SW y SE. impermeables en estos dos sistemas acuíferos, dentro de la cuenca topográfica estudiada, y por el gradiente morfológico regional observado, nos indica que es probable que exista un flujo subterráneo o trasvase de cuenca hacia el SW. Por lo que los re-

cursos en esta zona, calculados por el método propuesto, sólo nos indica una cota mínima de los mismos.

Estas condiciones coinciden con las planteadas por otros procedimientos por LLAMAS, M. R., y LÓPEZ VERA, F. (1975, pp. 43. Epígrafe 2.2. y pp. 48, apartado 4).

5. PARAMETROS HIDROLOGICOS.

La precipitación media es de 570 mm. en el período 1945-46 a 1962-63, según S. G. O. P.-C. A. T. (1973) (fig. 3). La superficie que vamos a considerar es de 2.000 Km² por la necesidad de in-

cluir la Facies Química y el Cuaternario, hasta la estación de Puente Largo (fig. 3).

El volumen medio de las precipitaciones, obtenidas de planimetrar las isoyetas medias anuales durante el período 63-64 a 72-73 (Tabla I y II) es:

Facies Detrítica: 254,4 Hm³
 Facies Química: 498,4 Hm³
 Cuaternario: 289,9 Hm³

La intercepción por la vegetación, dada la escasa cobertura existente en la zona, excepto en la vega del río, y el bosque poco denso de encinas existente en la parte NW de la zona, la estimamos de acuerdo con HERAS (1972, pp. 184) igual o in-

TABLA I

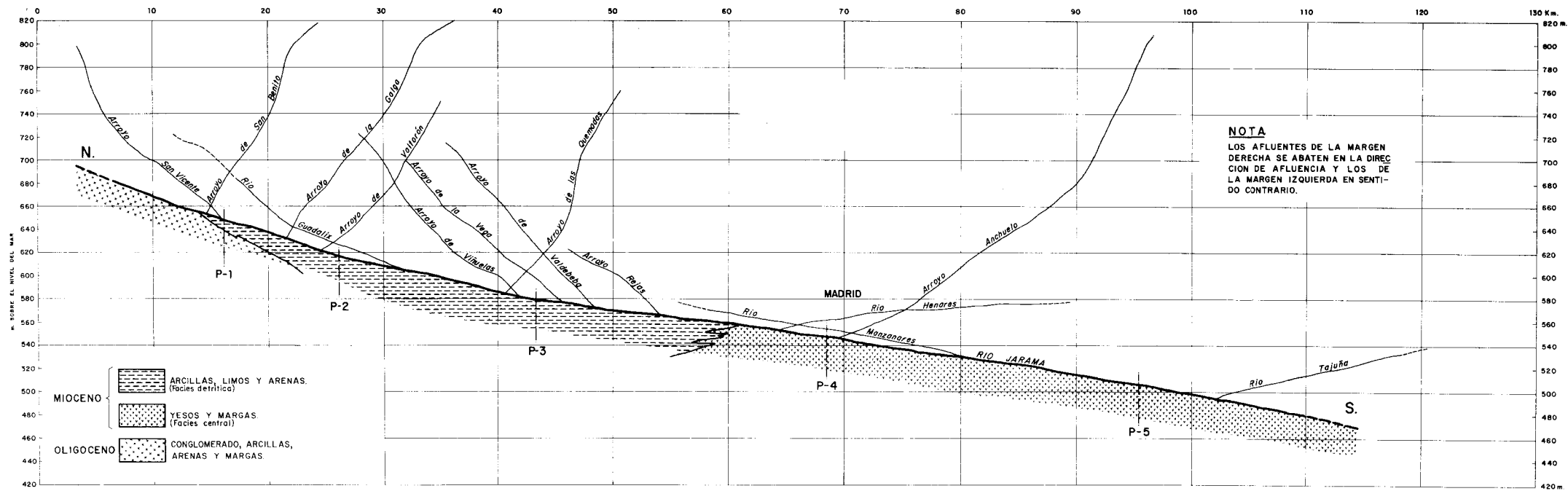
Distribución de las precipitaciones sobre las distintas facies hasta Mejorada.

Año	Facies detrítica 468 Km ²	Facies Química 140 Km ²	Cuaternario 288 Km ²	Total (896 Km ²)
63-64	600 mm 280,8 Hm ³	500 mm 70,0 Hm ³	530 mm 152,6 Hm ³	503,4 Hm ³
64-65	360 mm 168,5 Hm ³	325 mm 45,5 Hm ³	350 mm 106,8 Hm ³	314,8 Hm ³
65-66	725 mm 339,3 Hm ³	575 mm 80,5 Hm ³	700 mm 201,6 Hm ³	621,4 Hm ³
66-67	500 mm 234,0 Hm ³	450 mm 63,0 Hm ³	480 mm 138,2 Hm ³	435,2 Hm ³
67-68	500 mm 234,0 Hm ³	430 mm 60,2 Hm ³	480 mm 138,2 Hm ³	432,4 Hm ³
68-69	600 mm 280,8 Hm ³	500 mm 70,0 Hm ³	560 mm 161,3 Hm ³	512,1 Hm ³
69-70	520 mm 243,4 Hm ³	500 mm 70,0 Hm ³	500 mm 144,0 Hm ³	457,4 Hm ³
70-71	520 mm 243,4 Hm ³	500 mm 70,0 Hm ³	440 mm 126,7 Hm ³	440,1 Hm ³
71-72	530 mm 248,0 Hm ³	500 mm 70,0 Hm ³	460 mm 132,5 Hm ³	450,5 Hm ³
72-73	580 mm 271,4 Hm ³	500 mm 70,0 Hm ³	530 mm 152,6 Hm ³	494,0 Hm ³
Valores medios	254,4 Hm ³	62,4 Hm ³	144,8 Hm ³	466,1 Hm ³

TABLA II

Distribución de las precipitaciones sobre las distintas facies hasta Puente largo.

Año	Cuaternario 325 Km ²	Facies Química (Terciario) 950 Km ²	Total 1.275 Km ²
63-64	500 mm 162,5 Hm ³	500 mm 475,0 Hm ³	637,5 Hm ³
64-65	305 mm 99,1 Hm ³	325 mm 308,8 Hm ³	407,9 Hm ³
65-66	520 mm 169,0 Hm ³	545 mm 517,7 Hm ³	686,7 Hm ³
66-67	350 mm 113,8 Hm ³	340 mm 323,0 Hm ³	436,8 Hm ³
67-68	410 mm 133,2 Hm ³	410 mm 389,5 Hm ³	522,7 Hm ³
68-69	510 mm 165,8 Hm ³	540 mm 513,0 Hm ³	678,8 Hm ³
69-70	470 mm 152,8 Hm ³	470 mm 446,5 Hm ³	599,3 Hm ³
70-71	440 mm 143,0 Hm ³	480 mm 456,0 Hm ³	599,0 Hm ³
71-72	480 mm 156,0 Hm ³	500 mm 475,0 Hm ³	631,0 Hm ³
72-73	480 mm 156,0 Hm ³	480 mm 456,0 Hm ³	612,0 Hm ³
Valores medios	145,1 Hm ³	436,0 Hm ³	581,2 Hm ³



SECCIONES TRANSVERSALES AL RIO JARAMA

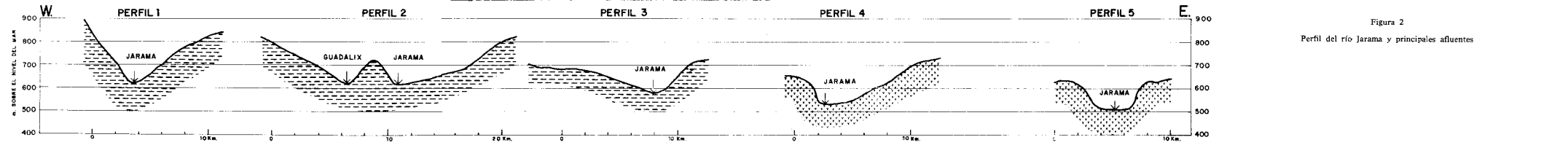


Figura 2
 Perfil del río Jarama y principales afluentes

ferior al 10 por 100 de la precipitación. No obstante, esta estimación tiene poca importancia, puesto que determinaremos conjuntamente las pérdidas por evaporación y transpiración.

La temperatura media de 14 estaciones termométricas, distribuidas por toda la zona, en el período de diez años estudiados, es de 13,2° C. Tabla III y LÓPEZ VERA (1975, pp. 3-13 y AP., 3).

La evapotranspiración real, según las fórmulas empíricas de BECERRIL (GÓMEZ NAVARRO, J. L., y JUAN-ARACIL SEGURA, J., 1958, pp. 117) y TURC COUTAGNE (REMENIERAS, G., 1971, pp. 262 y 263) son, respectivamente, 364,3 mm., 369,5 mm. y 416 mm.

Todos estos datos vienen tabulados para el período considerado en la Tabla III.

TABLA III

Temperatura media, °C; precipitación, mm, y evapotranspiración, según Becerril, Turc y Coutagne.

Año	Temperatura media anual °C	Precipitación mm.	E. R. Becerril mm.	E. R. Turc mm.	E. R. Coutagne mm.
63-64	13,2 *	561	388,3 69 %	382,4	443
64-65	13,2 *	351	265,5 75 %	312,8	305
65-66	13,2 *	693	455,9 66 %	392,6	513
66-67	12,8	485	346,2 71 %	360,0	395
67-68	13,3	482	344,5 71 %	367,4	395
68-69	13,5	571	398,6 69 %	390,3	451
69-70	14,0	510	360,3 71 %	386,6	416
70-71	12,6	491	349,6 71 %	358,1	398
71-72	12,9	502	355,8 71 %	365,6	406
72-73	13,1	551	382,9 70 %	378,9	436
Medias	13,2		364,3 mm	369,5 mm	416 mm

* Valor medio de la serie de siete años, 66-67 a 72-73, por no poseer el dato correspondiente a un año.

6. APORTACION SUBTERRANEA DE LA FACIES DETRITICA.

La aportación subterránea del sistema considerado en la figura 4 a, obtenida del análisis de los hidrogramas en la estación de aforos E-52, de Mejorada (fig. 3), presenta muchas dificultades, como ya expusimos anteriormente, por estar el régimen del río Jarama muy alterado.

En la Tabla IV se presentan las aportaciones subterráneas calculadas a partir de la descomposición de los hidrogramas de caudales mensuales corregidos, en el período considerado (1962-63 a 1972-73), tal como se muestra en los hidrogramas de la figura 5.

La corrección de los datos realizada ha consistido en sustraer de los caudales reales, en Mejorada (E-52, fig. 3), los caudales desaguados por los embalses de Lozoya, El Vado y El Vellón, aguas

arriba de nuestra zona, más los vertidos al Jarama en la zona industrial de San Sebastián de los Reyes-Alcobendas-Barajas y las detracciones para riegos, menos el 25 por 100 de retornos, procedentes de dichos regadíos.

Las hipótesis empleadas han sido las siguientes:

- Consumos abastecimiento a Torrejón 0,30 m³/seg.
- Consumos industriales 1,5 m³/seg.
- Vertidos industriales, Ayo. de La Vega, Teatinos, etc. 2 m³/seg.

La superficie regada en esta parte del Jarama es del orden de 7.200 Ha., según datos del libro de registro de concesiones de la Comisaría de Aguas del Tajo (M. O. P.), con una dotación anual de 7.300 m³/Ha., del cual se estiman que retornan el 25 por 100.

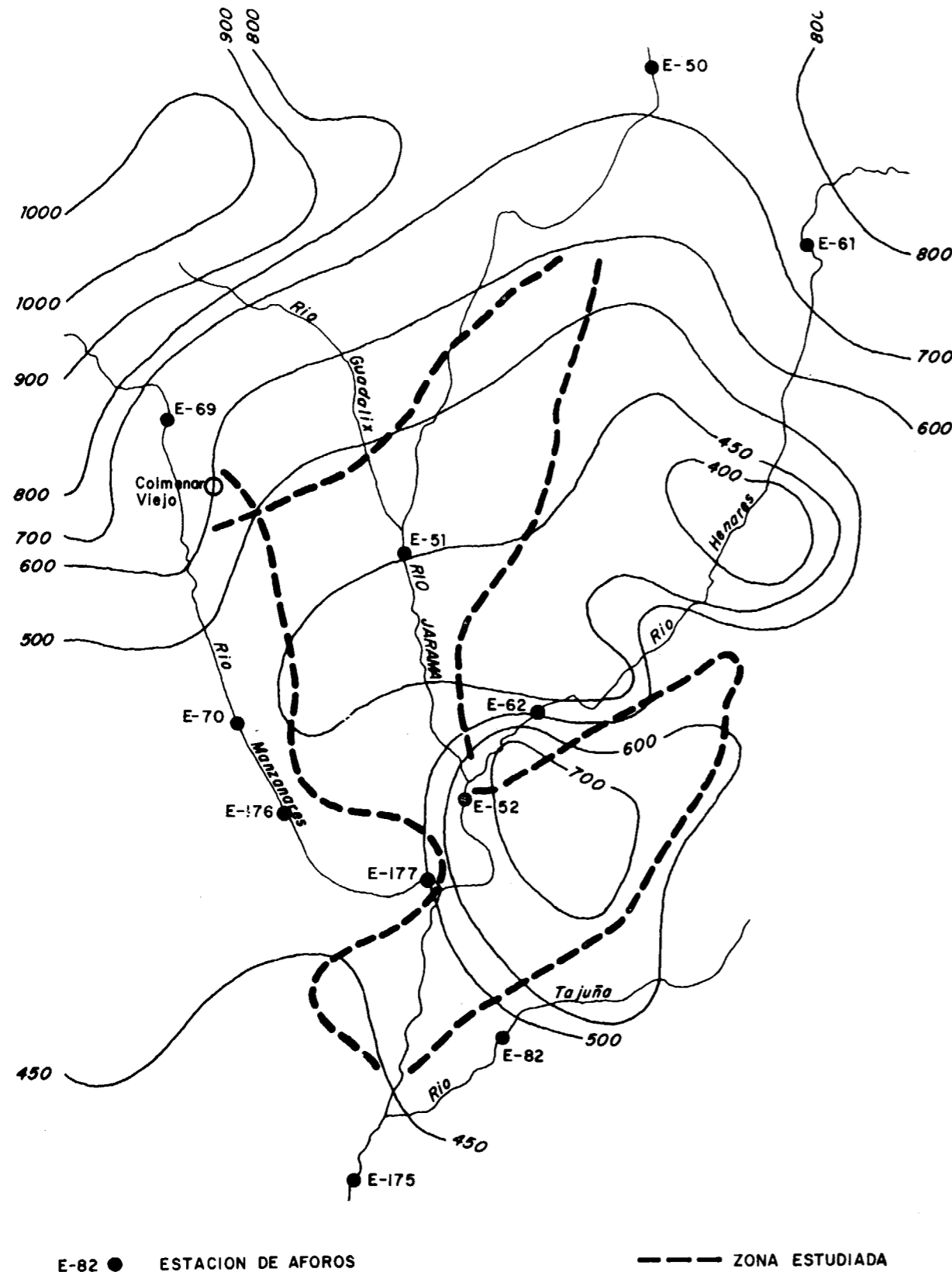


Figura 3

Isoyetas medias 1945-46 y 1963-73

Con aguas subterráneas, se estima que se riega un 35 por 100 de esta superficie, o sea, 2.555 Ha., según S. G. O. P.-C. A. T. (1973), por lo que el agua bombeada la estimamos en unos 18.447.000 m³ de los cuales retornan 4.611.775 m³.

La descarga del acuífero de las calizas cretácicas se realiza a través de los ríos Guadalix, Lozoya y Jarama (éste último drena las calizas de Torrelaguna). La descarga total se estima en 50 Hm³/año (S. G. O. P.-C. A. T., 1973), de los cuales el acuífero de Torrelaguna descarga al Jarama 30 Hm³/año, según CORCHÓN, F. (1976).

Resumiendo, el caudal medio mensual que se ha empleado para dibujar los hidrogramas en Mejorada es el resultado de restar al caudal real en esta estación, los desaguados al río por los embalses ci-

tados en el mes correspondiente y los vertidos industriales, más los riegos y retornos del 25 por 100 de lo detraído.

Un método semejante, empleando los caudales medios mensuales para construir los hidrogramas, lo hemos utilizado con resultados aceptables en otros trabajos (SAIZ GARCÍA-CUENCA, J. (1973), SAIZ GARCÍA-CUENCA, J., y REBOLLO FERREIRO, L. (1975) y LÓPEZ VERA, F., y SAIZ GARCÍA-CUENCA, J. (1976).

También se determinó la escorrentía total y subterránea en la E-62, Espinillos, sobre el Henares (figura 3), con lo que, por diferencia entre las aportaciones básicas de Espinillos y Mejorada, determinamos las aportaciones subterráneas del sistema considerado, cuyo esquema se muestra en la figura 4 a.

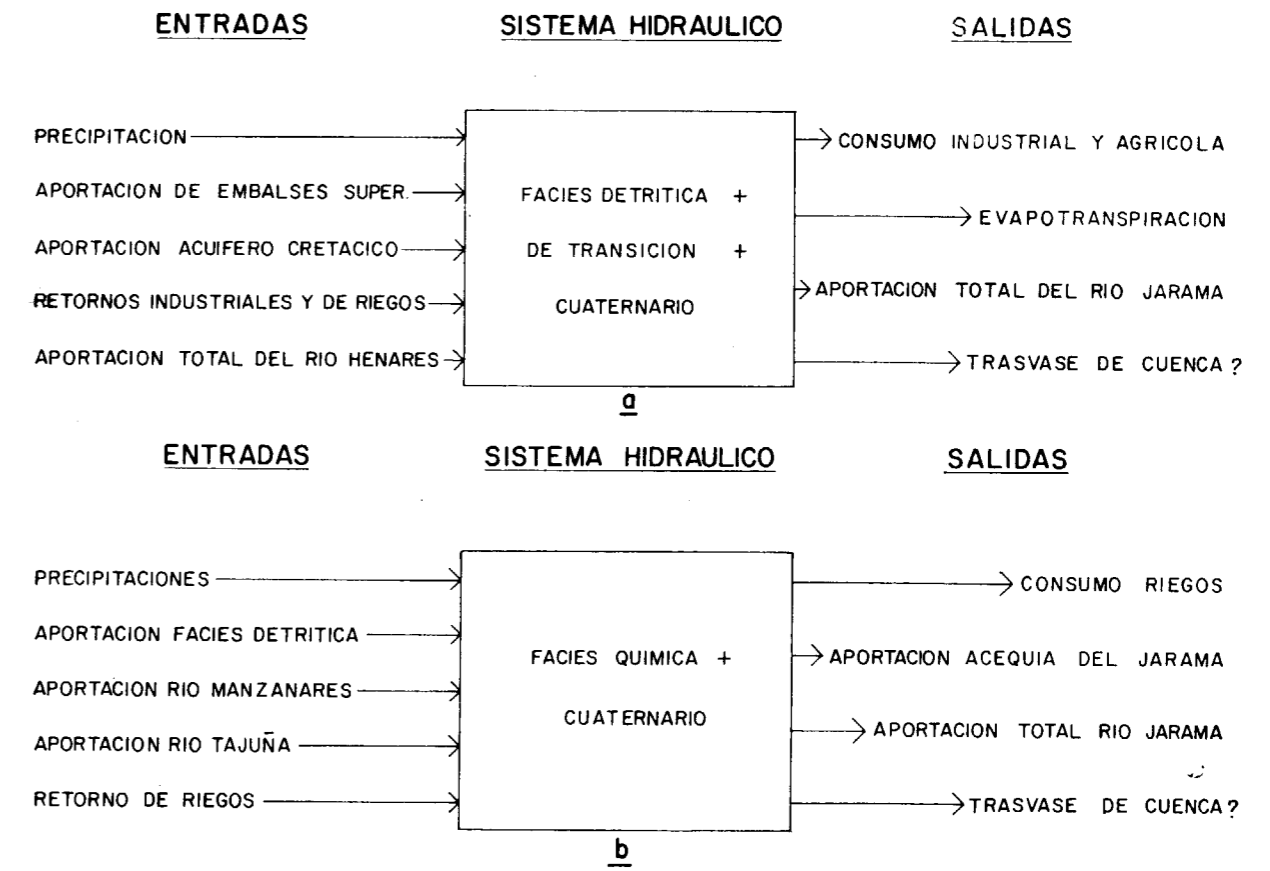


Figura 4

Sistemas hidráulicos considerados

El valor medio de la escorrentía subterránea, así calculada, para la década considerada (Tabla IV) es de 92 Hm³, que corresponde a un coeficiente, sin incluir el año 72-73, del 0,221, o sea, del orden del 20 por 100 de las precipitaciones.

El segundo autor calcula la aportación subterránea de esta misma unidad litológica en el río Guadarrama (SAIZ GARCÍA-CUENCA, J., y REBOLLO FERREIRO, L., 1975, pp. 50) en, aproximadamente, el 12 por 100 de las precipitaciones, estando el régimen hidráulico de este río menos alterado. El valor medio de la aportación es de 50 Hm³/año.

Las diferencias obtenidas en el coeficiente de las aportaciones subterráneas en ambas cuencas puede ser debido a:

1) Error en la estimación de hipótesis en la cuenca del Jarama.

2) Diferencias fisiográficas, geológicas y climatológicas entre ambas cuencas. La cuenca del río Guadarrama tiene mayores pendientes y el Cuaternario está mucho menos desarrollado.

3) Que el flujo de trasvase de agua subterránea saliente sea mayor en la cuenca del río Guadarrama.

Nosotros nos inclinamos a considerar más la segunda y tercera hipótesis, por lo que consideramos aceptables los valores de la Facies Detrítica más el Cuaternario de la cuenca del Jarama en un 20 por 100 de la precipitación, o sea, unos 92 Hm³/año.

TABLA IV

Coeficiente de escorrentía de la Facies Detrítica + de Transición + Cuaternario.

Año	Aportac. subterránea mejorada. Hm ³ incluido cretácico	Aport. anual en Hm ³ de cretácico	Aport. subterránea mejorada en Hm ³ descontando cretácico (*)	Precipitación media anual Hm ³	Coeficiente de escorrentía subterránea
62-63	89,08	29,7	59,4		
63-64	133,98	44,6	89,4	503,4	0,177
64-65	123,33	41,0	82,3	314,8	0,261
65-66	233,02	77,6	155,4	621,4	0,250
66-67	132,06	44,0	88,0	435,2	0,202
67-68	100,34	33,4	66,9	432,4	0,154
68-69	139,03	46,3	92,7	512,1	0,181
69-70	165,00	55,0	110,0	457,4	0,240
70-71	131,49	43,8	87,7	440,1	0,199
71-72	—	—	—	450,5	—
72-73 (+)	243,10 (+)	80,9	162,2 (+)	494,0	0,328 (+)
Medias	149,00	49,6	92,4	466,1	0,221

(*) Valores obtenidos descontando una aportación anual, por escorrentía subterránea del Cretácico de Torrelaguna, correspondiente a un valor anual medio de 50 Hm³.

(+) Valores excesivamente altos.

— La escorrentía subterránea es, pues, del orden del 20 por 100 de las lluvias.

7. BALANCE HIDRAULICO DE LA FACIES DETRITICA.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, podemos plantear un balance hidráulico de la Facies Detrítica más el Cuaternario suprayacente en esta cuenca, en los términos:

$$P - ER = A_{sub} + A_{sup} \pm T_{sub}$$

P = Precipitación en Hm³.

ER = Evapotranspiración real (empírica) en Hm³
 A_{sub} = Aportación subterránea, corregida, en Hm³
 A_{sup} = Aportación superficial, corregida, en Hm³
 T_{sub} = Trasvase subterráneo en Hm³.

Se considera el trasvase subterráneo negativo o positivo si hubiera ganancia por trasvase de la cuenca del Henares o pérdidas por trasvase a la cuenca del Manzanares-Guadarrama-Alberche-Tajo (entre el Embalse de Castrejón y Talavera).

Si operamos de igual manera con la media de los valores de ER, obtenidos con las fórmulas de BECERRIL y TURC (Tabla VI), tendríamos:

$$466,1 \text{ Hm}^3 - 326,5 \text{ Hm}^3 = 92,4 \text{ Hm}^3 + 49,8 \text{ Hm}^3 - 2,6 \text{ Hm}^3$$

Operando con la ER, obtenida por la fórmula de COUTAGNE, con las medias del período considerado (Tabla V), tendríamos:

$$466,1 \text{ Hm}^3 - 373 \text{ Hm}^3 = 93,7 \text{ Hm}^3 + 12,5 \text{ Hm}^3 - 13,1 \text{ Hm}^3$$

TABLA V

Balance hídrico de la Facies Detrítica + de Transición + Cuaternario

Año	Lluvia Hm ³	E. R. Hm ³ Coutagne	Aportación Subterránea Hm ³	Aportación Superficial Hm ³
62-63			59,4	
63-64	503,4	397	89,4	17,0
64-65	314,8	273	82,3	-40,5
65-66	621,4	460	155,4	6,0
66-67	435,2	354	88,0	-6,8
67-68	422,4	354	66,9	11,5
68-69	512,1	404	92,7	15,4
69-70	457,4	373	110,0	-25,6
70-71	440,1	357	87,7	-4,6
71-72	450,5	364	—	—
72-73	494,0	391	162,2 *	-59,2 *
Medias	466,1	373	93,7	12,5 (1)

(1) Media de valores positivos.

* Muy altos (despreciamos los valores).

NOTA: E. R. por Coutagne.

TABLA VI

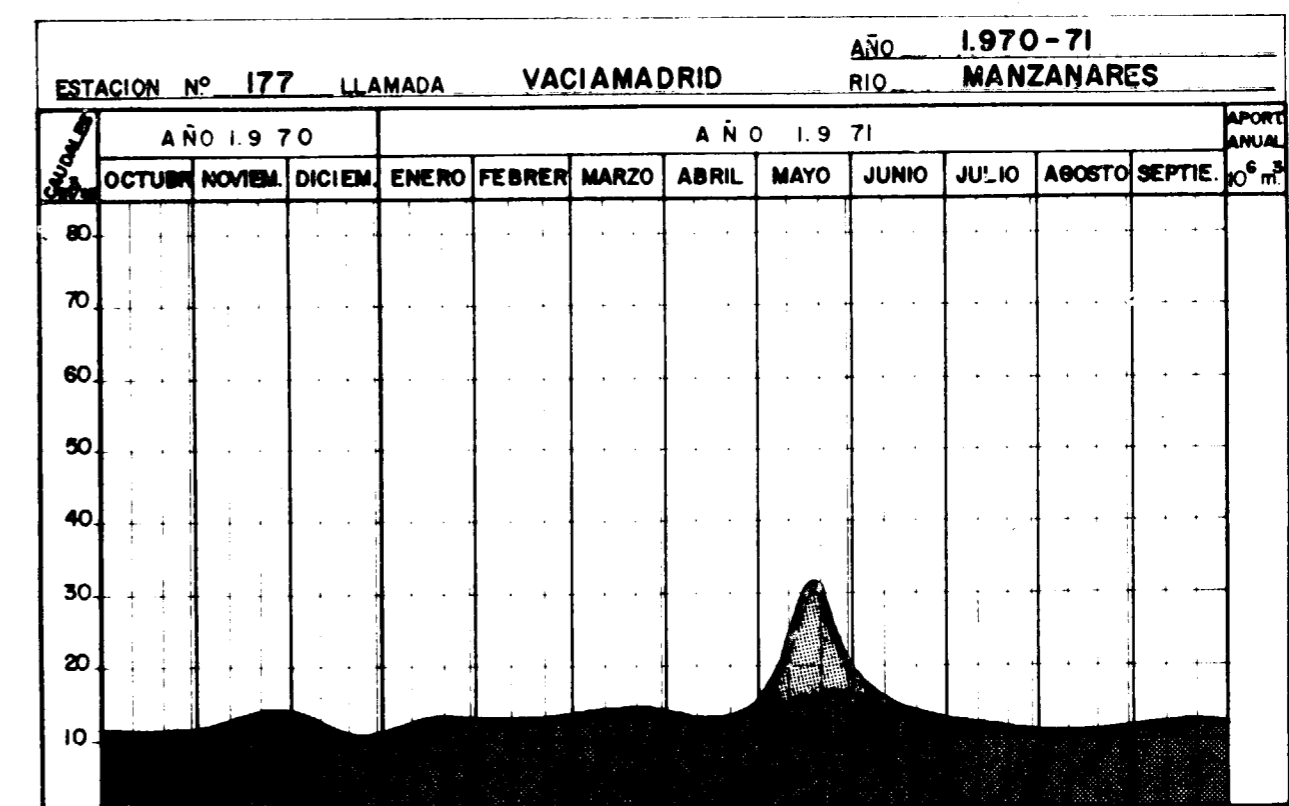
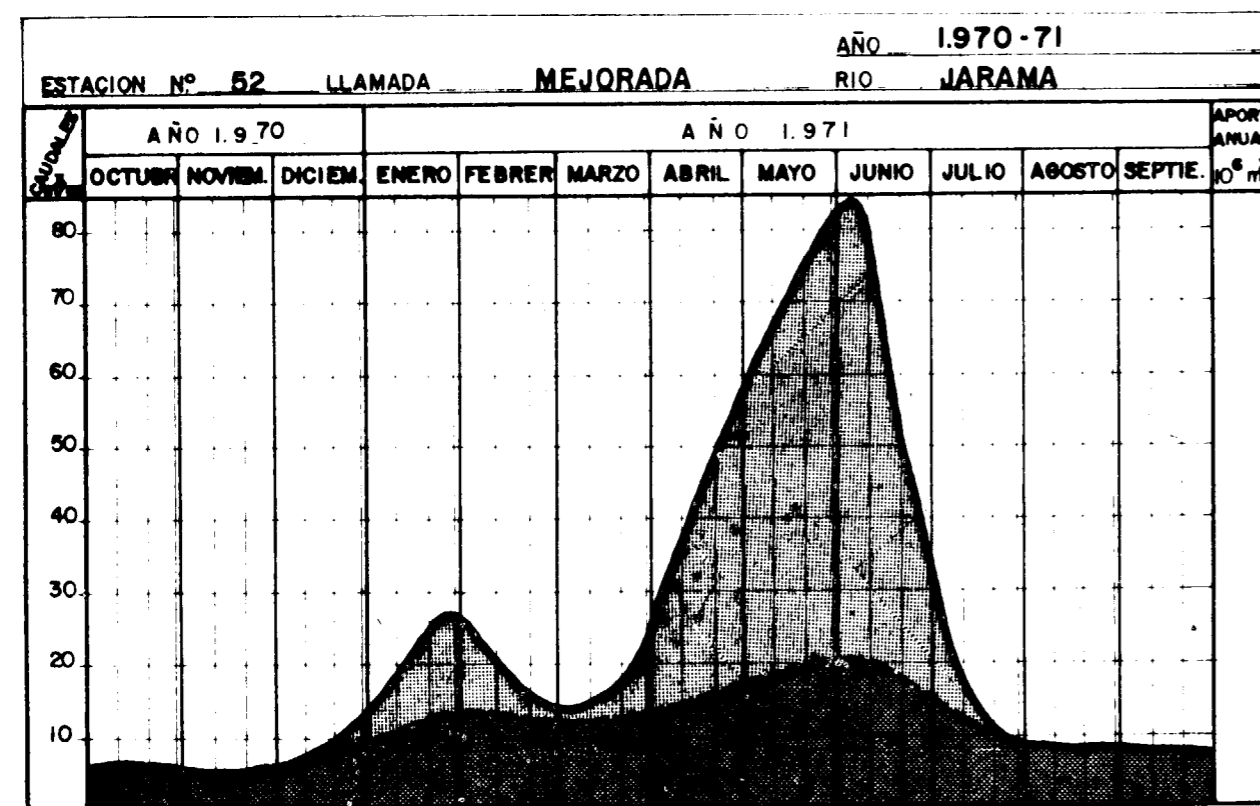
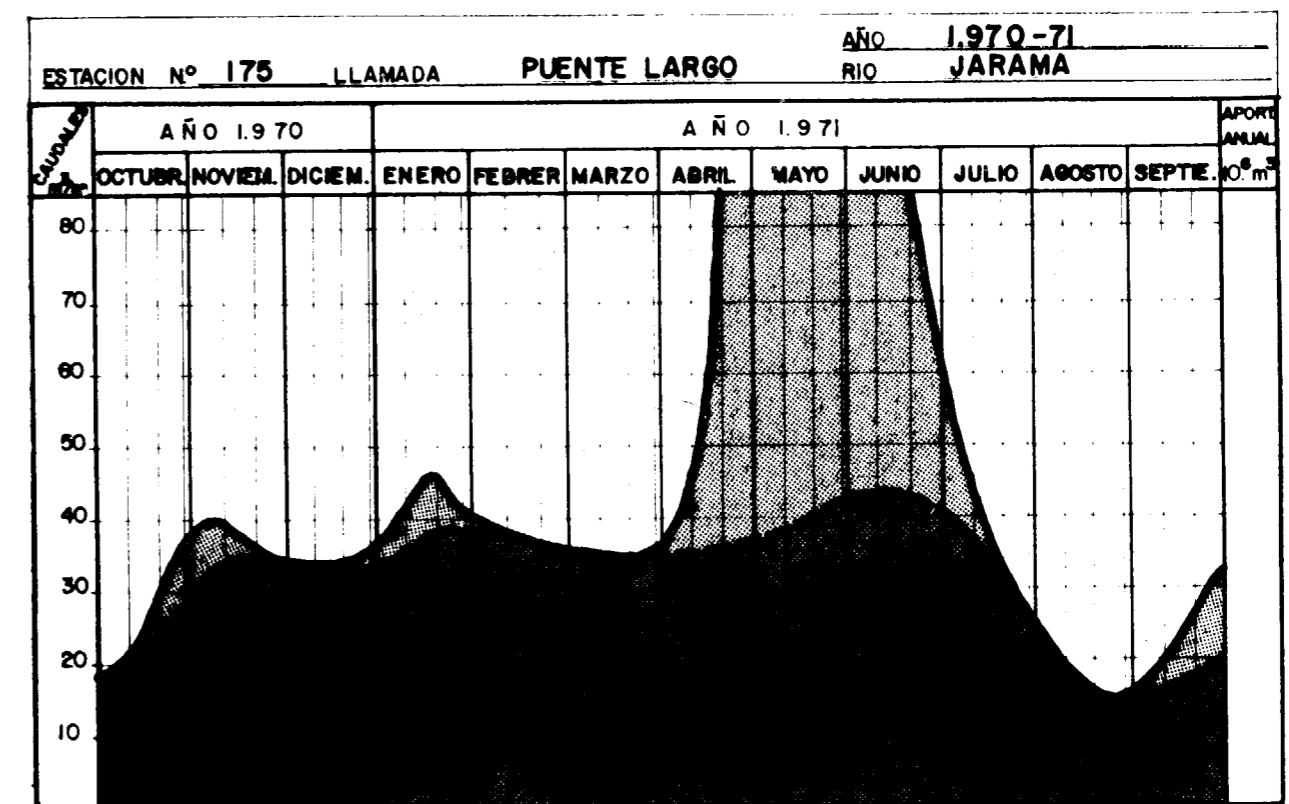
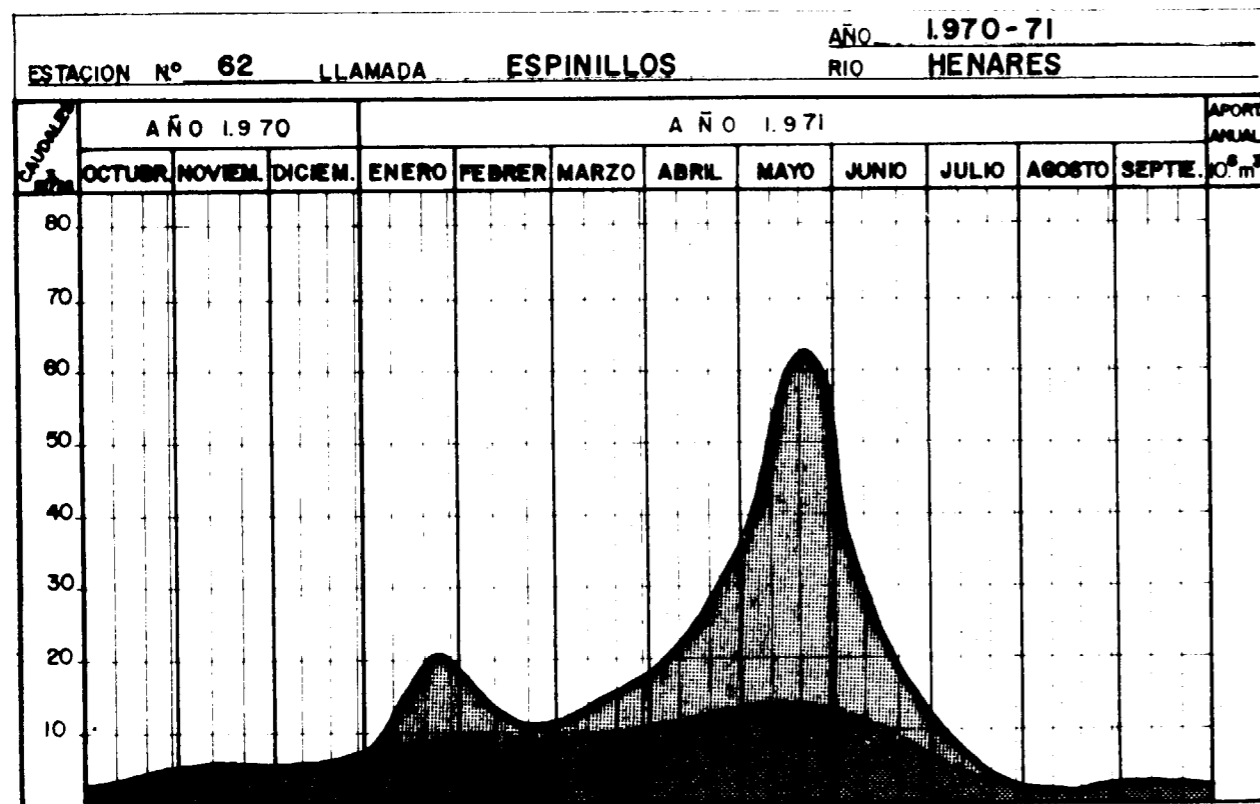
Balance hídrico de la Facies detrítica + transición + Cuaternario

Año	Lluvia Hm ³	Evapotranspiración real media Becerril y Turc. Hm ³	Aportación subterránea Hm ³	Aportación superficial Hm ³
62-63			59,4	
63-64	503,4	345,2	89,4	68,6
64-65	314,8	237,9 (+)	82,3	-5,4 *
65-66	621,4	380,0	155,4	86,0
66-67	435,2	316,4	88,0	30,8
67-68	432,4	318,9	66,9	46,6
68-69	512,1	351,1	92,7	68,3
69-70	457,4	334,5	110,0	12,9
70-71	440,1	317,9	87,7	35,4
71-72	450,5	323,2	—	—
72-73	494,0	341,3	162,2 *	-95,5 *
Medias	466,1	326,5	92,4	49,8

*) Excluir estos valores al determinar los valores medios.

(+) EV. Becerril.

NOTA: ER Becerril + Turc.



 ESCORRENTIA DIRECTA
  ESCORRENTIA BASICA

Figura 5

Hidrogramas en Espinillos y Mejorada

 ESCORRENTIA DIRECTA
  ESCORRENTIA BASICA

Figura 6

Hidrogramas en Puente Largo y Vaciamadrid

Esto nos puede indicar que, de acuerdo con la geomorfología y litología, es posible un flujo subterráneo o trasvase de NE a SW, y que en esta cuenca las ganancias son mayores que las salidas, por la misma causa, hacia las cuencas situadas más al SW.

8. DISCUSION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA FACIES DETRITICA.

En principio, la cifra obtenida de 92 Hm³ como aportación subterránea media de la Facies Detrítica en Mejorada, cae dentro del margen de error de un 10 por 100, que se suele asignar a los datos obtenidos de las estaciones de aforos, pues la aportación total en Mejorada, media del período 1962-63 a 1972-73, teniendo en cuenta lo embalsado en la cabecera (El Vado, Lozoya, El Vellón), es de 1.625 Hm³ anuales. Siendo la aportación media total real de 1.251 Hm³ anual.

La aportación subterránea media en Mejorada, incluyendo la aportación del acuífero cretácico es de 150 Hm³/año, según se expone en la Tabla IV, lo que supone un 12 por 100 de la aportación media total real.

Comparando esta aportación subterránea media, deducida de los hidrogramas, con las aportaciones medias en períodos de estiaje, donde se supone que las aportaciones corregidas proceden de la escorrentía básica, existe una buena correlación, como cabía esperar, puesto que el método utilizado parte de esta hipótesis.

Por otra parte, el coeficiente de la escorrentía subterránea obtenido equivale a un 20 por 100 de las precipitaciones (Tabla IV), valor que no discrepa de los órdenes de magnitud de infiltración, promedios dados por diversos autores y que recoge MARTÍN ARNAIZ EN CUSTODIO, E. y LLAMAS, M., 1976, pp. 6-69.

Este coeficiente es algo superior al obtenido para la cuenca del río Guarrama (SAIZ GARCÍA-CUENCA, J., y REBOLLO FERREIRO, L., 1975), que fue del 12 por 100, aproximadamente; pero, como expusimos en el apartado 6, puede ser atribuido a las condiciones topográficas, geológicas y climatológicas, algo distintas, de esta cuenca. Por lo que aceptamos como orden de magnitud de la aportación subterránea de la Facies Detrítica y Cuaternario suprayacente los 90 Hm³/año, equivalentes a un 20 por 100 de las precipitaciones. Valores que con-

firman los balances hídricos del apartado 7 y Tablas V y VI, aunque cualquier intento de estimar, a partir de ellos, la existencia de posibles trasvases subterráneos, no ofrece la menor garantía.

9. APORTACION SUBTERRANEA DE LA FACIES QUIMICA.

La obtención de la aportación subterránea de la Facies Química, hasta la estación de Puente Largo, E-175 (fig. 3), se ha efectuado de igual forma que para la Facies Detrítica (fig. 6), pero considerando el sistema de la figura 4 b y corrigiendo los caudales medios mensuales reales.

Las hipótesis establecidas en esta zona han consistido en considerar sólo la existencia de detracciones para riegos. La acequia del Jarama, que parte del Embalse del Rey, aguas abajo de la confluencia del Manzanares con el Jarama, riega unas 10.000 Ha., por la margen derecha del Jarama y Tajo; las regadas en el primer río las estimamos en 3.500 Ha., que producirán retornos aguas arriba de la estación de aforos de Puente Largo. Por la margen izquierda del Jarama y en la cuenca del Tajuña, desde Orusco (E-82), se riegan unas 1.500 hectáreas, conjuntamente con aguas superficiales y subterráneas, según SAIZ GARCÍA-CUENCA, J. (1974).

La determinación de la escorrentía subterránea en el conjunto de la Facies Química y Cuaternario suprayacente es difícil de evaluar por la escasez de datos de que disponemos, dado que la estación de aforos de Puente Largo (E. 175, fig. 3) comenzó a facilitar datos en el año hidrológico 1969-70. Agravándose la escasez y fiabilidad de los datos por el cambio de emplazamiento que sufre la estación de aforos de Mejorada (E. 52, fig. 3), que origina una laguna de datos en el año 1971-72, afectando a la fiabilidad de los obtenidos en esta estación para el año 1972-73.

En consecuencia, los datos disponibles (Tabla VII) nos indican por el valor medio de la escorrentía subterránea de la Facies Química más Cuaternario suprayacente, es del orden del 40 por 100, mientras que la total alcanza el valor del 55 por 100 de las precipitaciones. Ambos valores nos parecen excesivos, aunque de acuerdo con lo que en otras publicaciones hemos expuesto, SAIZ GARCÍA-CUENCA, J. (1974), y LÓPEZ VERA, F., y SAIZ GARCÍA-CUENCA, J. (1976), las formaciones karstificadas

TABLA VII
Coeficiente de escorrentía, Facies Química más Cuaternario.

Año	Aportaciones subterráneas Hm ³	Aportación total Hm ³	Precipitación en Hm ³	Coeficiente de escorrentía subterránea	Coeficiente de escorrentía total
69-70	206	367	599,3	0,333	0,612
70-71	160	255	599,0	0,267	0,425
71-72	—	—	631,0	—	—
72-73	400	—	612,0	0,653	—

(*) Valor poco fiable.

de esta unidad pueden tener una gran incidencia sobre éstos, con lo que, si bien los anteriores valores no son fiables, sí nos indican que las aportaciones subterráneas en esta zona son muy altas con respecto a las totales y a las precipitaciones.

10. DISCUSION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA FACIES QUIMICA.

Para estos resultados cabe hacerse las mismas objeciones que las que planteamos en el epígrafe 8. Si bien aquí se agravan por ser los resultados obtenidos sólo media de dos años 1969-70 y 1970-71 (Tabla V).

No obstante, teniendo en cuenta las características geomorfológicas y litológicas expuestas en los epígrafes 3 y 4, es posible que la infiltración en los afloramientos yesíferos y sobre el cuaternario sea muy alta y algo menor sobre las calizas de los páramos, que se encuentran parcialmente recubiertas por una cobertura de arcillas de un espesor medio de 1 metro.

De acuerdo con los datos recogidos por MARTÍN ARNAIZ EN CUSTODIO y LLAMAS, 1976, pp. 6-69, en terrenos kársticos, el volumen anual infiltrado puede ser de hasta un 70 por 100 de las precipitaciones. Por lo que el coeficiente obtenido por nosotros, de hasta un 40 por 100 de las precipitaciones, es un valor razonable, aunque no resulte fiable.

11. CONCLUSIONES.

En la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid, con una extensión de 1.300 Km², existen dos sistemas acuíferos. Estos son: los materiales de Facies Detríticas, que se extienden desde

el borde de la "Sierra" hasta Madrid, y los materiales en Facies Química, karstificados, que se extienden al sur-este de Madrid; sobre ambas unidades se disponen los materiales cuaternarios, que ocupan los fondos de valle.

Ambas unidades se encuentran separadas por los materiales impermeables en Facies de Transición.

— De las características litológicas y geomorfológicas de estas unidades se deduce que es probable que la cuenca topográfica no coincida con la hidrográfica, pudiendo existir un trasvase subterráneo en dirección NE a SW, aunque no se ha podido calcular su cuantía.

— La aportación subterránea de las Facies Detrítica más Cuaternario es de unos 90 Hm³, media de diez años, lo que supone, aproximadamente, un 20 por 100 de las precipitaciones. Esta aportación la consideramos como un orden de magnitud de los recursos subterráneos de esta zona que, aunque no sean totalmente explotables debido a limitaciones tecnológicas y legales, indican el interés económico de su aprovechamiento.

— La aportación subterránea de los materiales karstificados de Facies Químicas, no se ha podido establecer con fiabilidad por falta de datos. No obstante, de las características geomorfológicas, se deduce que la escorrentía subterránea debe ser muy importante. El cálculo de los únicos datos disponibles, arrojan una aportación subterránea de 180 Hm³, o sea, del orden del 40 por 100 de las precipitaciones (media de sólo dos años).

El estudio de los recursos hidrogeológicos de la Facies Química presenta un gran interés, ya que, al estar formada por unidades calcáreas, superpuestas a materiales yesíferos, si no se aprovechan los recursos infiltrados en las calizas, se contaminan con los yesos, con lo que es imposible su aprovechamiento.

BIBLIOGRAFIA

- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. Anuario de Afros. Cuenca del Tajo, 1964-65. Dirección General de Obras Hidráulicas, C. E. H., Madrid (1971).
- CORCHÓN, F.: *Estudio Hidrogeológico del Cretácico en los alrededores de Torrelaguna (Madrid y Guadalajara)*. n. 40, "Boletín del Servicio Geológico de Obras Públicas", M. O. P., Dirección General de Obras Hidráulicas (1976).
- CUSTODIO, E., y LLAMAS, M. R.: *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega (1976).
- GÓMEZ NAVARRO, L., y JUAN-ARACIL SARGURA, J.: *Salto de agua y presas de embalse*. Publicación de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, pp. 117 (1958).
- HERAS, R.: *Métodos prácticos para el estudio de aguas superficiales y subterráneas*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, mayo 1972.
- LÓPEZ VERA, F.: *Evaluación de los recursos hídricos de las terrazas medias del río Henares*. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario. Acta de la I Reunión Nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario. Madrid, 8-11 octubre 1973. C. S. I. C., Inst. Lucas Mallada (1973).
- LÓPEZ VERA, F.: *Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama, en los alrededores de Madrid*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense (1975).
- LÓPEZ VERA, F., y PEDRAZA, J.: *Síntesis geomorfológica de la cuenca del río Jarama, en los alrededores de Madrid*. "Estudios Geológicos", n. 32, I. L. M. del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 499-508 (1976).
- LÓPEZ VERA, F., y SAIZ GARCÍA-CUENCA, J.: *Evaluación de recursos hídricos subterráneos en regiones kársticas semiáridas*. "Boletín del IGME", T. LXXXVII-III, (1976).
- LLAMAS, M. R., y LÓPEZ VERA, F.: *Estudio sobre los recursos hidráulicos subterráneos del área metropolitana de Madrid y su zona de influencia. Avance de las características hidrogeológicas del Terciario Detrítico de la cuenca del Jarama*. "Rev. Agua", mayo 1975, Barcelona (1975).
- REMIENIERAS, G.: *Tratado de Hidrología Aplicada*. Editores Técnicos Asociados, S. A., Barcelona (1971).
- SAIZ GARCÍA-CUENCA, J.: *Capacidad de regulación de las calizas de los páramos, sobre los caudales del río Tajuña, I y II*. "Cimbra", revista de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, núms. 106 y 107, abril y mayo 1974 (1974).
- SAIZ GARCÍA-CUENCA, J., y REBOLLO FERREIRO, L.: *Aportaciones subterráneas del Terciario Detrítico de la cuenca del río Guadarrama*. "Tecniterrae", n. 8, octubre-noviembre 1975, Madrid, pp. 50-59 (1975).
- S. G. O. P. - C. A. T.: *Estudio de las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas de la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Guadarrama y Henares*. M. O. P., diciembre 1973, 4 tomos (1973).

Recibido: Febrero 1976.

El método gravimétrico aplicado a la prospección de los yacimientos de pirita del suroeste de la Península Ibérica

Por M. GARCIA GARCIA (*) y J. DURAN ZALOÑA (*)

RESUMEN

Se exponen los resultados de las determinaciones de densidad hechas en el laboratorio para muestras de mineral y rocas de la provincia pirítica del suroeste. Se describen las características de los yacimientos de pirita, y se incluyen unos ábacos calculados para determinar la respuesta máxima de estos yacimientos al método gravimétrico. Se consideran las causas que frecuentemente producen ruido geológico para este método en la zona, y cómo se puede evaluar éste en los casos en que es posible. Finalmente, se comenta la forma de llevar a cabo la interpretación de las anomalías gravimétricas.

ABSTRACT

Results of density measures over mineral and rock samples of pyritical province are shown, and the pyrite orebody characteristics too. The joined curve sets measure the maximum gravimetric response of those orebodies. The geological noise and the possibility of its elimination are under consideration. Finally, some comments are made in the way of interpretation.

1. INTRODUCCION.

El método gravimétrico es uno de los más eficaces para la prospección de las masas de pirita ocultas en el subsuelo del suroeste de la Península Ibérica, ya que tiene un grado de eficacia elevado y una profundidad máxima de detección, grande (2). A él se debe el descubrimiento de alguna de las masas de pirita que se explotan en la actualidad.

Para poder evaluar las posibilidades del método es necesario conocer la densidad media que tienen los yacimientos de pirita, la densidad de las rocas encajantes de estos yacimientos, y también las de las demás rocas presentes en el área que se pretende investigar. Hay que tener en cuenta, por otra parte, las características geológicas de las masas de pirita: tamaño, forma y posición; y las de las

diversas formaciones rocosas presentes. Con todos estos datos se puede determinar la respuesta máxima que corresponde a un yacimiento análogo a los conocidos y el valor del ruido geológico que es de esperar en el área.

2. LA DENSIDAD DE LA PIRITA Y DE LAS ROCAS ENCAJANTES.

Hemos determinado en el laboratorio los pesos específicos de muestras de mineral y de diversas rocas, en la forma y con los resultados que se señalan.

En primer lugar se han recogido muestras de forma que fueran representativas del mineral y de las diferentes rocas existentes. En el interior de mina o mediante sondeos se han tomado las muestras inalteradas, mientras que las muestras alteradas

(*) Cátedra de Geofísica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, de Oviedo.

representativas de la zona de oxidación de los yacimientos se han recogido en afloramientos.

Las muestras se han mantenido sumergidas en agua durante varios días, con objeto de que sus poros estuvieran ocupados por este líquido, como ocurre en la roca o mineral situado "in situ" por debajo del nivel freático.

La determinación del peso específico se ha hecho de la forma siguiente: se ha extraído cada muestra del agua, se ha secado exteriormente con un paño y se ha pesado en una balanza de precisión. A continuación se ha suspendido de un hilo de nylon muy fino, que hemos considerado de peso y volumen despreciables comparados con los de la muestra, y se ha vuelto a pesar sumergida completamente en agua. El valor del peso específico se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{P_s}{P_a} = \frac{P_s}{E} = \frac{P_s}{P_s - P_t}$$

en la que δ es el peso específico; P_s es el peso de la muestra; P_a , el peso del mismo volumen de agua; E , el empuje que experimenta la muestra sumergida en agua, y P_t es el peso de la misma cuando está sumergida.

Se han estudiado 25 muestras representativas de 10 tipos de mineral o de roca, con los siguientes resultados:

Pirita masiva.

- Pirita masiva. $\delta=4,93$.
- Pirita masiva de Tharsis. $\delta=4,63$.
- Pirita masiva algo porosa. $\delta=4,37$.
- Pirita masiva de Aznalcollar. $\delta=4,61$.
- Pirita masiva de Aznalcollar. $\delta=4,43$.
- Pirita masiva de Aznalcollar. $\delta=4,18$.
- Pirita masiva de Aznalcollar. $\delta=4,80$.

Pirita bandeada.

- Pirita bandeada muy porosa (algo alterada). $\delta=2,19$.

Es probable que algunos poros contuvieran aire en vez de agua.

Pizarra grafitosa mineralizada.

- Pizarra grafitosa con pirita diseminada en bandas. $\delta=2,85$.

- Pizarra grafitosa con bastante pirita y algo porosa. $\delta=3,67$.
- Pizarra grafitosa con pirita en vetas. $\delta=3,50$.

Toba mineralizada.

- Toba mineralizada con vetas de pirita. $\delta=2,85$.
- Toba con pirita interestratificada. $\delta=2,52$.
- Toba mineralizada con vetas de pirita. $\delta=2,94$.
- Toba con pirita interestratificada. $\delta=2,87$.

Pizarra grafitoso-arcillosa mineralizada.

- Pizarra grafitoso-arcillosa con pirita. $\delta=2,9$.

Lava.

- Lava de Aznalcollar. $\delta=2,86$.
- Lava porfídica de Aznalcollar. $\delta=2,70$.

Pizarra grafitosa.

- Pizarra grafitosa alterada con intercalaciones de clorita, de Aznalcollar. $\delta=2,51$.

Pizarra silícea.

- Pizarra silicificada de Aznalcollar. $\delta=2,72$.

Mineral complejo.

- Mineral complejo con algo de sílice, de Tharsis. $\delta=4,04$.
- Mineral complejo silíceo. $\delta=3,72$.
- Mineral complejo silíceo. $\delta=3,40$.

Roca piroclástica de monterá.

- Monterá piroclástica de Aznalcollar. $\delta=2,60$.
- Roca piroclástica de monterá. $\delta=2,66$.

ARMENGOT, J., y FERNÁNDEZ, F. (1), han calculado los pesos específicos de más de 100 rocas y minerales de la provincia piritífera del suroeste y han obtenido los siguientes valores:

- Pizarras, cuarcitas y grauwacas 2,4-2,8
- Rocas volcánicas 2,5-3,0
- Pirita y mineral complejo 4,1-5,0

Como se aprecia al comparar resultados, no se puede dar un valor fijo para la densidad de cada mineral y de cada roca, sino que es preciso admitir un margen de valores, incluso para muestras de un tipo elegidas entre las más puras.

En el terreno, como es lógico, además de las muestras relativamente puras de un determinado tipo de mineral o de roca se encuentran minerales o rocas muy impurificadas, cuya densidad varía ampliamente de unos a otros dentro de lo que consideramos un sólo tipo.

Para poder estudiar la efectividad del método según los criterios expuestos en (2) necesitamos dar un valor fijo a la densidad de cada tipo de roca o mineral que se consideren diferentes (serán iguales a efectos del método los que presenten valores de densidad parecidos). Con estos valores se puede determinar la respuesta de los objetivos hipotéticos que nos interesan, y también el valor de fondo sobre cada una de las formaciones rocosas de diferente densidad situadas en el área de prospección. El margen de fluctuación de valores, dentro de cada tipo de mineral o de roca, debe ser considerado como una parte del ruido geológico.

Siguiendo el criterio expresado, vamos a considerar como valores representativos los siguientes:

- Pirita y mineral complejo 4,50
- Pizarras 2,65
- Rocas volcánicas 2,80
- Agrupadas: pizarras-rocas volcánicas ... 2,70

Por lo que el contraste de densidad entre la pirita y las pizarras-rocas volcánicas es de $4,5 - 2,7 = 1,8 \text{ g cm}^{-3}$.

3. FORMA, POSICION Y ROCAS ENCAJANTES DE LOS DEPOSITOS DE PIRITA.

La forma de los depósitos de pirita es variable, como se puede comprender debido a su génesis sedimentaria-exhalativa submarina y como lo confirma de observación (según datos de (5), (4) y (3)).

Se pueden distinguir los siguientes tipos predominantes de formas:

1) Formas lenticulares, tienen una longitud y profundidad proporcional al tamaño de la masa y un espesor menor, que decrece desde el centro a los extremos de la masa (forma de lente).

2) Formas planas, tienen una longitud y profundidad proporcional al tamaño de la masa y un espesor bastante menor, que se conserva aproximadamente igual en toda la masa (forma de capa).

3) Formas cilíndricas, tienen una dimensión grande y las otras dos mucho más reducidas (cilindro de sección elíptica o circular).

4) Formas combinadas de las anteriores, son formas complejas que tienen en un extremo una forma dada y, al prolongarse, pasan a otra diferente, dentro de los tipos 1, 2 y 3 citados.

Se puede decir que la forma más frecuente de las masas es la de lentejón aplanado, y que normalmente aparecen varias en forma arrosariada, tanto en la dirección del rumbo de las rocas encajantes como en la del buzamiento.

La posición de los depósitos de pirita viene determinada por las características estructurales de la formación, en la que se encuentran encajados, de forma que tienen la máxima dimensión en la dirección del rumbo o en el sentido del buzamiento, siendo la mínima el espesor. El buzamiento es variable, pero se puede decir que predominan las masas con buzamientos fuertes próximos a la vertical.

El tamaño de los depósitos de pirita es también muy variable, desde masas insignificantes a algunas que alcanzan los 3.000 metros de longitud, 500 metros de profundidad y 200 metros de espesor. Un depósito de tipo medio se puede considerar que tiene de 200-500 metros de longitud, de 100-300 metros de profundidad y de 10-30 metros de espesor.

La roca encajante de los yacimientos de pirita está íntimamente relacionada con el mineral, tanto en nivel estratigráfico como en facies. Las rocas encajantes más frecuentes son:

1) Las pizarras grafitosas, que contienen pirita interestratificada, además de grafito, son las rocas encajantes más frecuentes. El paso de pizarra estéril a mineral puro es gradual, apareciendo pizarras cada vez más mineralizadas.

2) Bancos de carbonatos, suelen estar concordantes e intercalados con las pizarras grafitosas, su espesor varía desde muy pequeño a varios metros. Se parecen en aspecto a las pizarras arcillosas y contienen grafito y pirita finamente diseminada. Estos bancos se presentan exclusivamente en el contacto de muro y techo de la mena de pirita y son valiosos horizontes guía.

3) Rocas silíceas, aparecen entre las pizarras grafitosas y concordantes con ellas, pudiendo alcanzar hasta 10 metros de espesor. Son corneanas,

pizarras silíceas y radiolaritas, que contienen un alto porcentaje de pirita. Suelen aparecer al muro y techo de la mena de pirita.

4) Lavas y tobas keratófido-cuarzosas, contienen pirita y aparecen al muro y techo de la mena. El contenido de pirita aumenta al acercarse la mena y tienen hasta varias decenas de metros de espesor.

5) Lavas y tobas básicas, aparecen entre las pizarras grafitosas y cuando están cerca de la mena tienen un contenido alto de pirita.

Aunque en la zona abundan más las vulcanitas ácidas en la vecindad inmediata de las mineralizaciones, son más frecuentes las vulcanitas básicas.

4. RESPUESTA GRAVIMETRICA MAXIMA DEL MODELO TABULAR VERTICAL.

Nos interesa saber el valor máximo de la anomalía gravimétrica, que produce un yacimiento de pirita supuesto. Como modelo representativo hemos elegido, por parecernos más apropiado, el modelo tabular vertical. Este modelo es un prisma recto vertical, cuya longitud, según el rumbo, es $2Y$, con la base superior horizontal y a una profundidad h por debajo de la superficie del suelo, su altura o extensión en profundidad es l y su espesor s (pequeño respecto a las demás dimensiones). Al exceso de densidad de la pirita respecto a las rocas estériles, en las que se encuentran los yacimientos le denominamos $\Delta\delta$.

La respuesta máxima de este modelo corresponde al punto de la superficie situado en la vertical de su centro geométrico (suponiendo horizontal la superficie del suelo).

En la figura 1 se muestra el ábaco que hemos obtenido por cálculo para este modelo. Se representan en ordenadas los valores de $G_{max}/\Delta\delta \cdot s$, es decir, la atracción máxima expresada en miligales por unidad de espesor en metros y por unidad de exceso de densidad en $g\ cm^{-3}$. En abscisas se representan los valores de $\alpha=l/h$, siendo este parámetro independiente de la unidad de medida utilizada, siempre que se utilice la misma unidad para todas las dimensiones lineales. Como parámetro correspondiente a cada curva tenemos $\beta=Y/h$, que, como el anterior, también es independiente de la unidad de medida utilizada. Se representan las curvas que corresponden a valores para β de 2, 3, 4,

5, 6, 8, 10, 14, 20, 30, 50, 160 e infinito. Si suponemos un cuerpo de pirita de la forma de este modelo, suponemos sus dimensiones h, l, Y, s (además, conocemos su exceso de densidad $\Delta\delta$ respecto a las rocas estériles, que es, según hemos visto en el apartado 2, de $1,8\ g\ cm^{-3}$) a partir de las que tenemos, α y β , que dan un punto sobre el ábaco, al que corresponde un valor de la ordenada. La respuesta máxima en miligales se obtiene multiplicando este valor de la ordenada por el espesor s medido en metros, y por el contraste de densidad $\Delta\delta$ medido en $g\ cm^{-3}$. En este ábaco podemos determinar la respuesta máxima que tiene que dar el yacimiento supuesto.

5. RESPUESTA GRAVIMETRICA MAXIMA DEL MODELO ESFERICO.

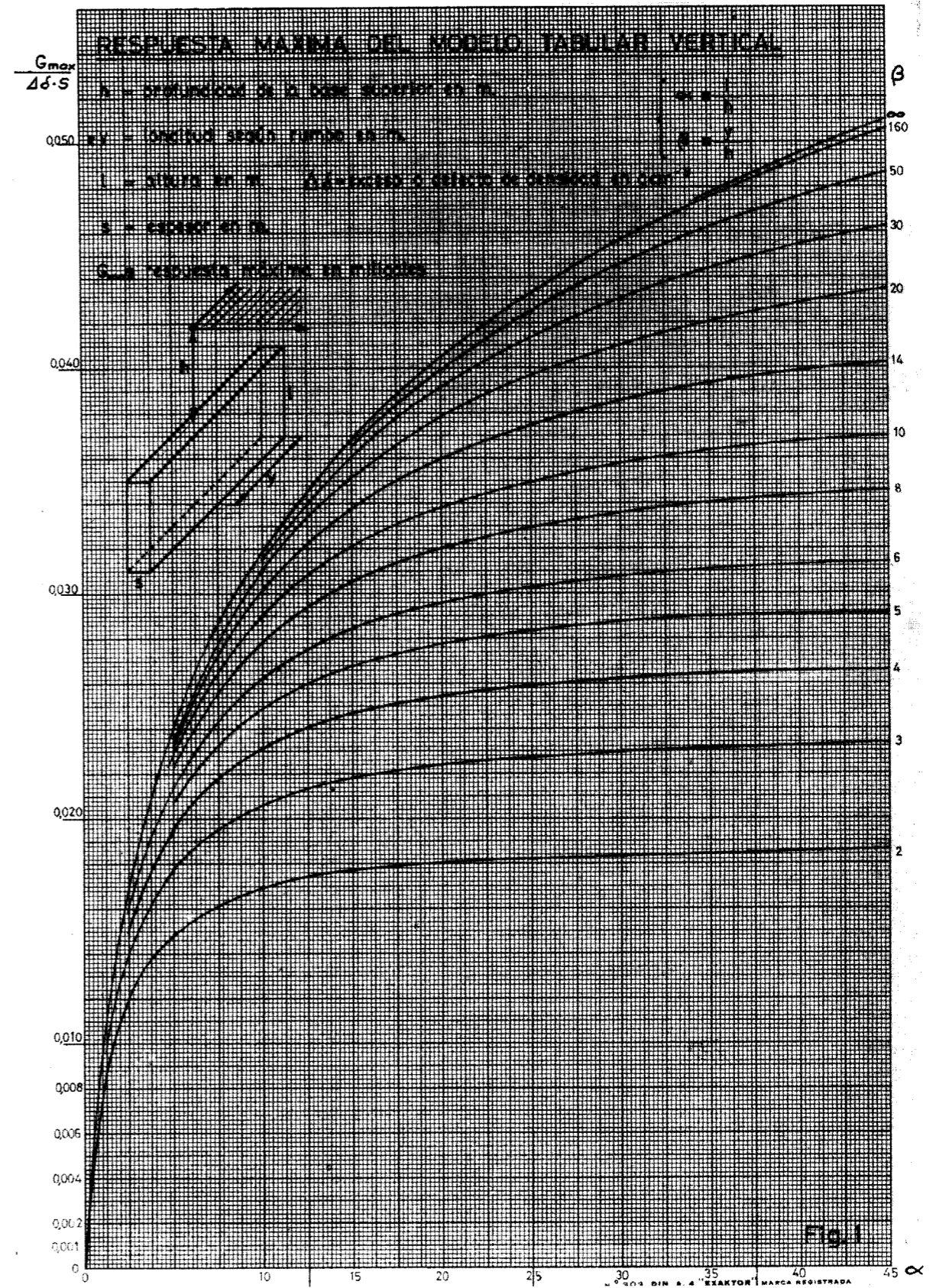
Aunque la mayor parte de los yacimientos de pirita tienen una forma que se adapta al modelo tabular, existen algunos que se pueden considerar equidimensionales, cuya forma se ajusta mejor al modelo esférico, por lo que tratamos de él en este apartado.

En la figura 2 se representa la respuesta máxima del modelo esférico, que hemos obtenido por cálculo, en el que la parte superior de la esfera está situada a una profundidad h bajo la superficie del suelo, supuesta horizontal, siendo v el volumen de la esfera. En ordenadas están representados los valores de $F/\Delta\delta$, expresados en miligales por unidad de contraste de densidad $\Delta\delta$, que se expresa en $g\ cm^{-3}$. En abscisas se representan los valores h , expresados en metros. Como parámetro correspondiente a cada curva tenemos v , expresado en las unidades que se indican en la figura 2.

Si suponemos una esfera de volumen v , cuya parte superior está a la profundidad h y que tiene un contraste de densidad $\Delta\delta$, determinamos su respuesta máxima en miligales, encontrando el valor de la ordenada en el ábaco, correspondiente a esos valores (h, v), y multiplicando este valor por $\Delta\delta$, expresado en gramos por centímetro cúbico.

6. EL RUIDO GEOLOGICO.

El ruido geológico es la respuesta no previsible, debida a variaciones de densidad en las rocas estériles o en la pirita, respecto al valor medio que se consideró como representativo de las mismas. El



RESPUESTA MAXIMA DEL MODELO TABULAR VERTICAL

$\frac{G_{max}}{\Delta\delta \cdot s}$

h = profundidad de la base superior en m.

y = longitud según rumbo en m.

l = altura en m. $\Delta\delta$ = exceso o defecto de densidad en $g \cdot cm^{-3}$

s = espesor en m.

G_{max} = respuesta máxima en miligales

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = \frac{l}{h} \\ \beta = \frac{y}{h} \end{array} \right.$$

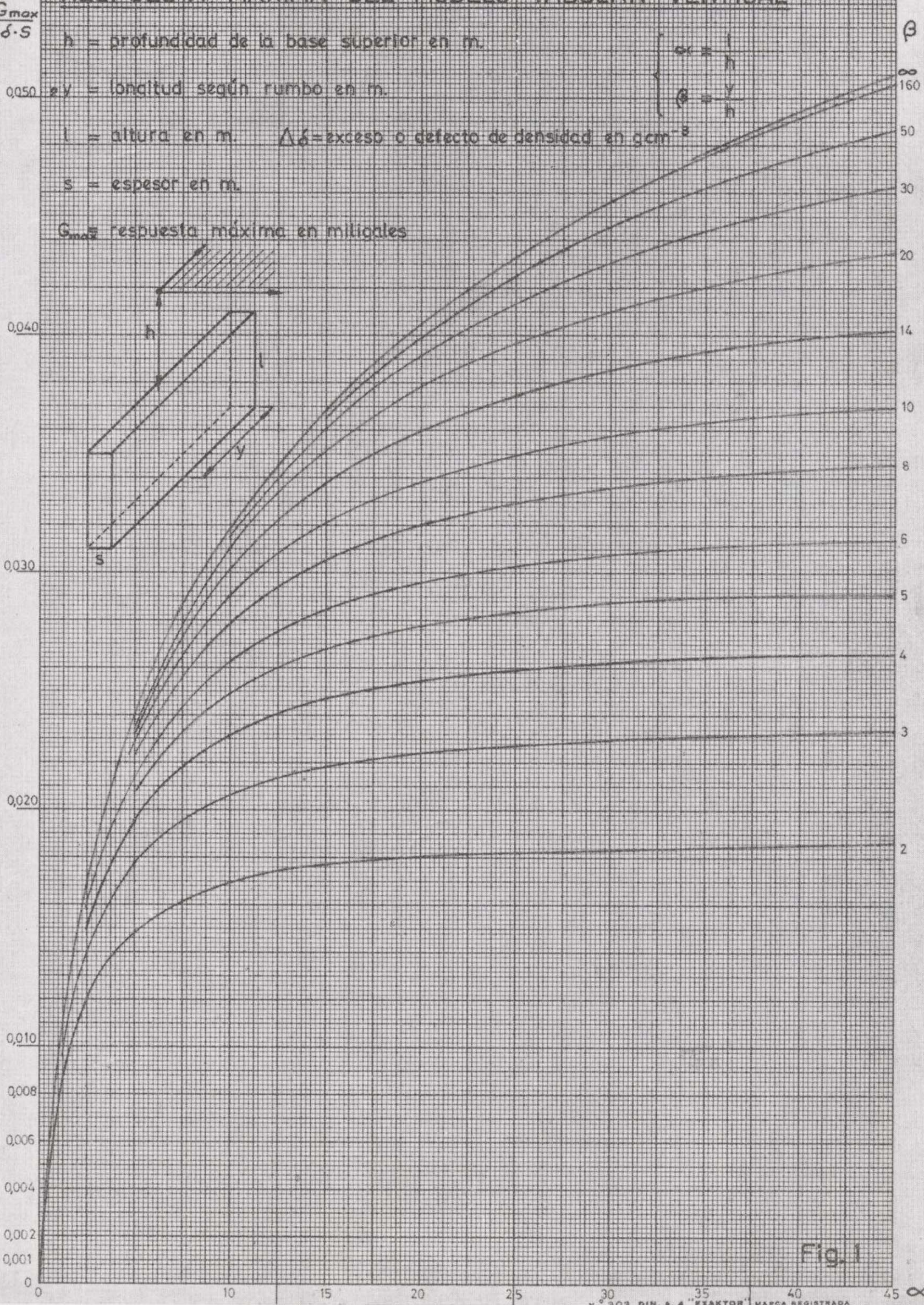
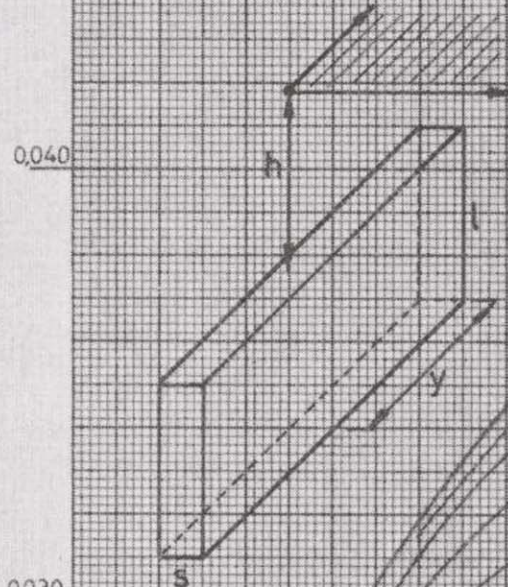


Fig. 1

N.º 303 DIN. A. 4 "EXAKTOR" MARCA REGISTRADA

$\frac{F}{\Delta\delta}$

RESPUESTA MAXIMA DEL MODELO ESFERICO

F = atracción máxima de la esfera en miligates

$\Delta\delta$ = exceso o defecto de densidad de la esfera en g.cm^{-3}

h = profundidad de la superficie de la esfera en m.

V = volumen de la esfera

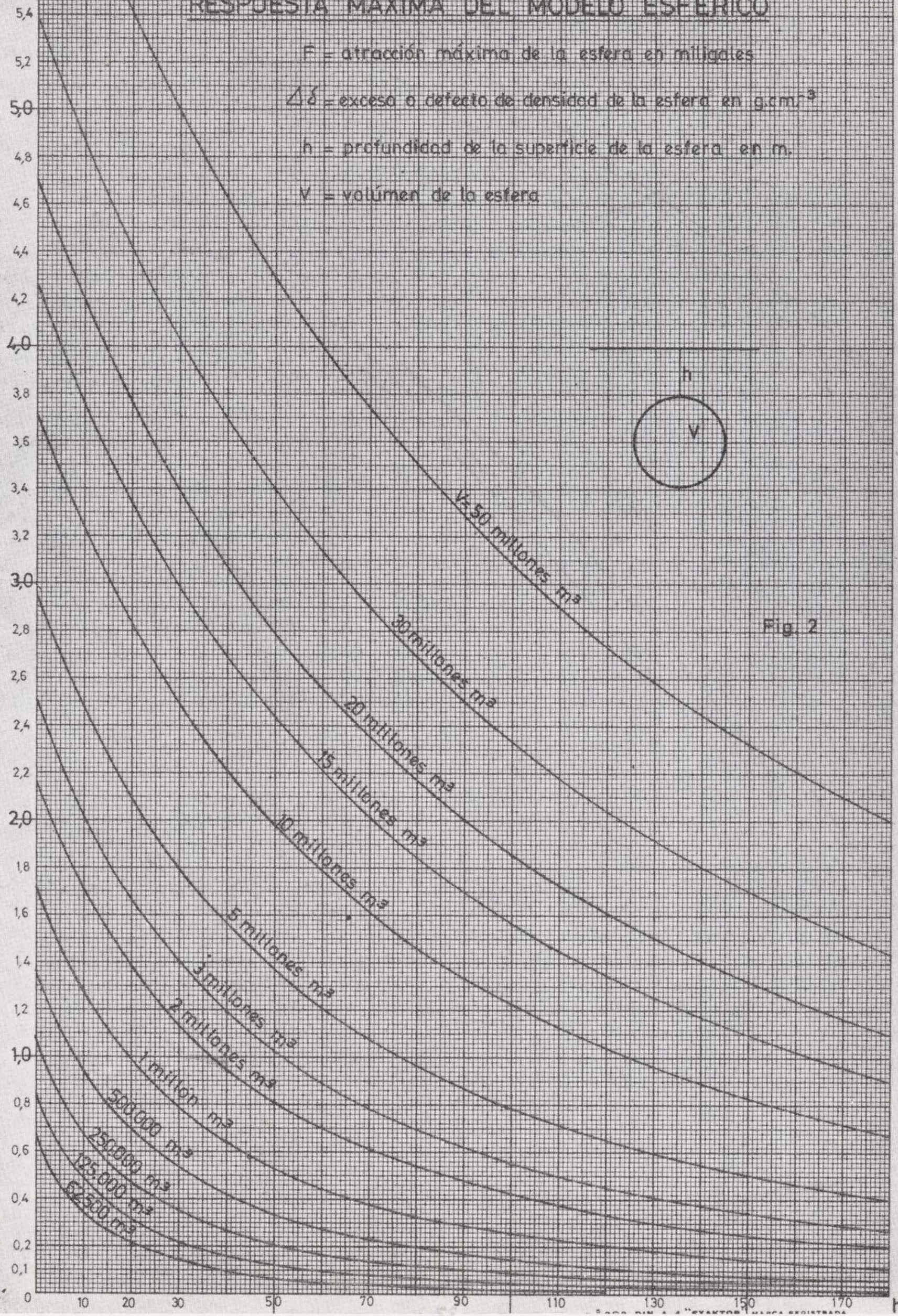


Fig. 2



volumen de estas rocas, con una densidad que se desvía de la que se consideró normal, debe ser comparable al de un posible yacimiento de pirita, ya que si fuera muy grande no se podría confundir con un yacimiento, y se eliminaría simplemente considerando un valor de fondo diferente para esas rocas. Las variaciones a considerar no son las de alguna muestra en particular, sino las variaciones que puede tener la densidad media de un volumen de roca comparable al de un posible yacimiento respecto al valor que se les ha atribuido a estas rocas.

Las variaciones de la densidad media de yacimientos de pirita diferentes, creemos que no pasan de $0,2 \text{ g cm}^{-3}$. Las variaciones, debidas a diferencias de densidad entre rocas estériles, según se deduce del estudio de muestras, serán máximas entre una roca volcánica densa y pizarras grafitosas (ésta es la roca más abundante en las inmediaciones de los yacimientos). Considerando, como caso extremo, que haya entre pizarras grafitosas de densidad $2,5 \text{ g cm}^{-3}$, rocas volcánicas de densidad $2,9 \text{ cm}^{-3}$, el contraste de densidad es de $0,4 \text{ g cm}^{-3}$. Por lo tanto, el ruido máximo, debido a variaciones litológicas, es el que corresponde a la respuesta de un volumen comparable al de un yacimiento de pirita, cuyo contraste de densidad sea de $0,4 \text{ g cm}^{-3}$. Como el exceso de densidad de la pirita respecto a las pizarras grafitosas es de $1,8 \text{ g cm}^{-3}$, la respuesta de un cuerpo de este mineral es $1,8/0,4=4,5$ veces mayor que el ruido geológico que produciría este mismo cuerpo si fuera de roca volcánica densa entre pizarras grafitosas-rocas volcánicas de densidad normal.

La determinación del valor del ruido, en miligales, para una masa rocosa "tabular" se puede hacer con el ábaco de la figura 1, y para una masa esférica, con el de la figura 2.

Otro tipo de ruido geológico que puede existir en algunos lugares (puede ser eliminado, en su mayor parte, utilizando, como auxiliares, otros métodos geofísicos) es el debido al recubrimiento aluvial. Un espesor grande de recubrimiento aluvial produce una anomalía negativa importante, que puede enmascarar un yacimiento de pirita existente bajo el mismo. La densidad de este recubrimiento hemos estimado que es de $2,0 \text{ g cm}^{-3}$, lo que hace que presente un déficit de densidad respecto a las pizarras-rocas volcánicas de $-0,7 \text{ g cm}^{-3}$, valor que es casi el doble del debido a otras variaciones litológicas. El valor del ruido debido a esta causa es grande, por estar el recubrimiento en la

parte más próxima a la superficie. Así, por ejemplo, un valle que tenga un recubrimiento aluvial de 10 metros de espesor (anchura) y 20 metros de profundidad, si al medir se hace con el gravímetro a $h=0,5$ metros de la superficie del suelo, se tiene que: $\alpha=20/0,5=40$ $\beta=\infty$, a los que corresponde en el ábaco de la figura 1 una ordenada de 0,0496. Por lo tanto, la respuesta máxima negativa será $-0,7 \times 10 \times 0,0496 = -0,3472$ miligales, que multiplicado por el factor corrector 0,4514 es igual a $-0,1567$ miligales. Este valor podría compensar la anomalía positiva, debida a un yacimiento de pirita que existiese debajo, si se encuentra un poco profundo. El valor del ruido producido por el recubrimiento se puede determinar así por cálculo, y, por lo tanto, eliminarlo; para ello es necesario conocer la profundidad que alcanza este recubrimiento. El ábaco de la figura 1 se puede utilizar para este fin solamente cuando su forma corresponda a la del modelo tabular (el valor de s debe ser pequeño, si no se introduce error por exceso, dando un efecto mayor del debido, en valor absoluto).

7. CONSIDERACIONES SOBRE INTERPRETACION.

Antes se dijo que los yacimientos de pirita tienen, en su mayor parte, forma lenticular o tabular, y que su buzamiento es variable, siendo, en muchos casos, casi vertical. Por esto, el procedimiento que, en general, es más adecuado para la interpretación cuantitativa de sus anomalías gravimétricas es el de utilizar el perfil central de la anomalía, perpendicular al rumbo de la misma, para su interpretación, mediante una colección de ábacos de curvas características del modelo tabular. A veces, la observación geológica permite valorar algún parámetro directamente, como el buzamiento, lo que facilita notablemente la interpretación.

Partiendo de los resultados obtenidos por la interpretación del perfil, se calcula utilizando un ordenador la respuesta del cuerpo encontrado, para un conjunto de perfiles perpendiculares al rumbo del cuerpo, y así, de esta forma, se obtiene la anomalía completa. Esta anomalía, obtenida por cálculo, se ajusta a la experimental empleando reiteradamente el procedimiento de ensayo-ajuste hasta hacerlas coincidir. Los valores obtenidos en el último ensayo, que da la coincidencia, son el resultado final de la interpretación.

Es de gran importancia, para poder hacer una buena interpretación, el obtener la anomalía de campo suficientemente "limpia de efectos ajenos", para lo que es preciso eliminar el ruido geológico por cálculo hasta donde sea posible. Las correcciones, que se hacen habitualmente con el método gravimétrico, se deben cuidar al máximo, especialmente la topográfica. Otros efectos productores de ruido, que se deben calcular y eliminar del mapa de anomalías de especial importancia, en la provincia piritífera son:

a) El efecto del recubrimiento aluvial de los valles (si lo hay), que, como se ha indicado, puede producir efectos negativos notablemente elevados.

b) El efecto del suelo meteorizado (equivalente a recubrimiento), que se extiende por la mayor parte de la superficie. La variación de su espesor puede originar un ruido geológico que se debe tener en cuenta si esta variación es mayor de 0,5 metros (o una cifra de este orden).

c) El efecto de las variaciones litológicas entre tipos de rocas que presenten contraste de densidad. En el caso de variaciones litológicas de gran extensión, el efecto se traduce en una modificación del valor de fondo, pero si el volumen de una de las rocas es comparable al de un gran yacimiento de pirita, ya indicamos que dan una respuesta (ruido) que puede llegar a ser mayor de 1/5 de la que produciría el mismo volumen de pirita; por lo tanto, un volumen grande de roca densa puede dar una anomalía positiva, que se puede confundir con la de un volumen de pirita masiva cinco veces más pequeño.

En este apartado, con lo dicho anteriormente se pone de manifiesto la importancia de disponer de una cartografía geológica lo más detallada posible, complementada por una información sobre las densidades de cada tipo de roca y la fluctuación máxima de la densidad que puede haber dentro de cada

tipo, considerado no como muestra, sino como cuerpo geológico.

Se puede eliminar, en parte, el ruido, debido a una variación litológica por cálculo, si esta variación se conoce al menos en superficie y es posible hacer, con posibilidades de acierto, una hipótesis sobre su extensión en profundidad, basada principalmente en el conocimiento geológico de la zona.

Lo que no es posible distinguir "a priori" como ruido geológico es el producido por masas rocosas densas ocultas. Sólo los sondeos de comprobación podrán determinar su existencia.

Finalmente queremos destacar la gran ayuda que supone para la interpretación de las anomalías gravimétricas, además de la información geológica, la que pueden suministrar otros métodos geofísicos, principalmente el eléctrico de resistividad y el de polarización inducida. Al conjunto de estos tres métodos geofísicos se le puede considerar como un conjunto de métodos complementarios, en esta zona.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ARMENGOT, J., y FERNÁNDEZ ALONSO, F.: *La aplicación de los métodos geológicos y geofísicos en la investigación de las piritas de Huelva* (1972).
- (2) GARCÍA GARCÍA, M.: *Un procedimiento para evaluar la efectividad de los métodos geofísicos y geoquímicos de prospección* (pendiente de publicación) (1975).
- (3) PINEDO VARA, I.: *Piritas de Huelva*, Editorial Summa (1963).
- (4) RAMBAUD PÉREZ, F.: *El sinclinal carbonífero de Riotinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas*. Memorias del IGME, t. 71 (1969).
- (5) STRAUSS, G. K.: *Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal*, Memorias del IGME, t. 77 (1970).

Recibido: Octubre 1976.

Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia (2.^a Parte)

Por R. M. ESBERT (*) y J. ORDAZ (*)

RESUMEN

Se determinan algunas propiedades físicas (porosidad, índice de vacíos) y mecánicas (resistencia a la compresión uniaxial) de cuatro tipos de rocas graníticas, correlacionándolas con sus características mineralógico-texturales y grado de deterioración mineral.

SUMMARY

Some physic and mechanic properties (porosity void index, and uniaxial compressive strenght) of four types of granitic rocks, have been determined and correlated with the mineralogical texture features and the degree of mineralogical deterioration.

I. INTRODUCCION

En la primera parte de este trabajo, ORDAZ, J. y ESBERT, R. M. (1976), se han descrito las características petrográficas, texturales y de alteración de cuatro tipos graníticos industriales gallegos conocidos con las denominaciones de: "Rosa Porriño", "Dante", "Albero" y "Austral Red".

En esta segunda parte se determinan algunas propiedades físico - mecánicas correlacionándolas con las características petrográficas y de deterioración de dichas rocas.

II. PROPIEDADES FISICAS

Se han calculado las siguientes propiedades físicas: peso específico, porosidad, índice de vacíos, y grado de saturación o de relleno de los poros.

Para el cálculo de estos parámetros se han tenido en cuenta las normas dictadas para cada caso

por la "International Society for Rock Mechanics", a través de su "Comission on Standardization of Laboratory and Field Tests". (Documento núm. 2, 1972). Para detalles de procedimiento véase el Apéndice 1. Los resultados pueden verse en la tabla I.

Se observa que los resultados obtenidos de la porosidad son muy variables según el tipo de roca. La mayor porosidad la presenta el granito "Albero", la menor el "Rosa Porriño". Más adelante se discutirá el significado de estos valores en relación a otras propiedades petrográficas y mecánicas (Apartado IV).

El índice de vacíos está linealmente correlacionado con la porosidad de las rocas (fig. 1).

Los valores obtenidos de S_r (grado de saturación) están de acuerdo con los hallados por BELIKOV et al. (1964) para este tipo de rocas (98-100 %). Ello parece indicar que la comunicación entre los "canales" porosos (poros y microfisuras) es muy grande, por lo que el agua efectuaría un relleno casi total de los vacíos de la roca; es decir, la porosidad efectiva en estos materiales es bastante próxima a la porosidad total calculada anteriormente.

(*) Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad de Oviedo.

TABLA I

Roca	Peso específico (g/cm ³)	Porosidad n (%)	Índice de vacíos Iv (%)	Grado de saturación Sr (%)
"Porriño"	2,15	0,93	0,24	97,93
"Dante"	2,57	1,29	0,35	99,76
"Albero"	2,49	4,27	1,35	98,85
"Austral Red"	2,58	2,92	0,80	99,88

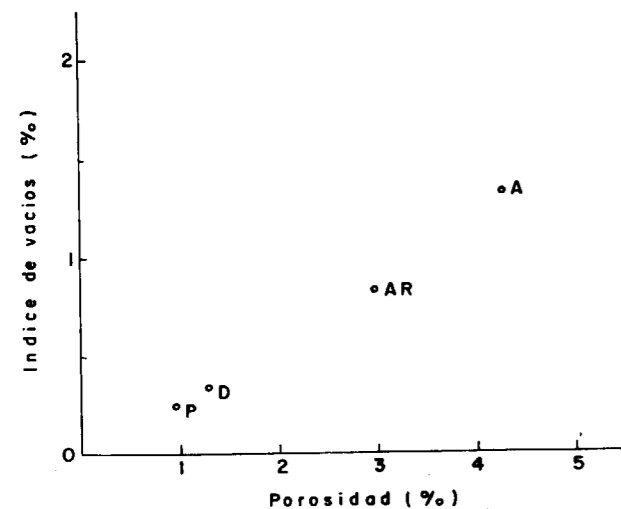


Figura 1

responden a rocas de "resistencia alta" según la clasificación de Deere, modificada por BIENIAWSKI (1974).

TABLA II

	Rosa Porriño	Dante	Albero	Austral Red
Resistencia compresión R _c MN/m ² ..	142	138	112	120

IV. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS Y CORRELACION ENTRE PARAMETROS

Si consideramos las relaciones entre el grado de deterioración y el índice de vacíos, habrá que pensar que, en principio, a una mayor degradación del material rocoso corresponderá "grosso modo" un mayor índice de vacíos. O lo que es lo mismo, a mayor deterioración, mayor porosidad.

Sin embargo, para materiales cuyos niveles de alteración caen dentro de unos márgenes estrechos, o sea, que sus grados de deterioración son parecidos o poco diferenciados (como en nuestro caso) estas correlaciones son más difíciles de apreciar, dado que estarán influenciadas o enmascaradas por otros factores determinantes. De acuerdo con la figura 2, vemos que para unos grados de deterioración comprendida entre 1 y 2, se diferencian dos grupos:

- Un grupo representado por los granitos Porriño y Dante, con índices de vacíos usuales para este tipo de rocas (porosidad alrededor de 1 por 100).

III. ENSAYOS DE RESISTENCIA

Las muestras de los granitos industriales se han sometido a ensayos de compresión uniaxial. Para este tipo de ensayo se ha utilizado una prensa hidráulica Maier-Seidner con capacidad de carga de hasta 100 toneladas. Las probetas utilizadas tuvieron un diámetro de 8 centímetros con una esbeltez L/D=2.

Las velocidades de aplicación de carga estuvieron comprendidas entre 2 y 6 kg/cm²/seg., manteniéndose constante a lo largo de los ensayos.

En la tabla II se expresan los resultados obtenidos de resistencia a la compresión R_c (en MN/m²) para las probetas de los diferentes tipos ensayados.

El tipo de rotura más frecuente fue el de fractura por cizalla doble. Los valores encontrados co-

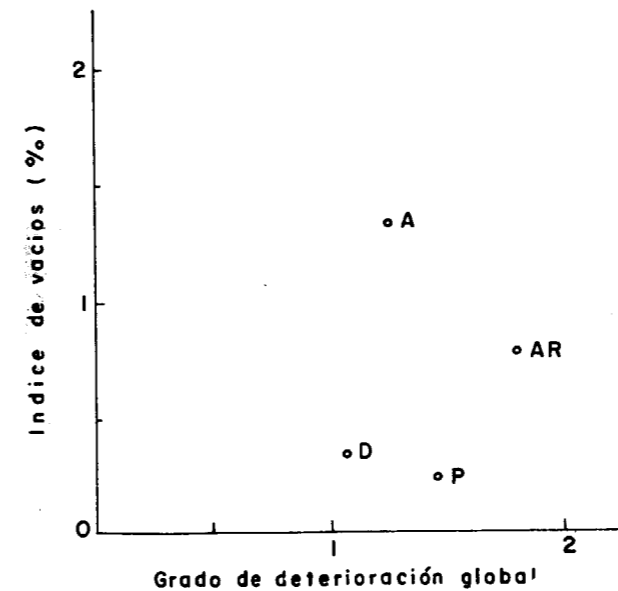


Figura 2

- Otro grupo, representado por el Albero y el Austral Red, con índices de vacíos elevados (porosidad marcadamente alta).

En los del primer grupo la porosidad recae principalmente en la microfisuración siendo ésta prioritaria frente al volumen correspondiente a los poros "sensu stricto". En los del segundo grupo la acción conjunta de la microfisuración y, sobre todo, del considerable volumen de los poros, eleva sensiblemente el índice de vacíos. Esto es significativamente evidente en el de mayor porosidad, el Albero, en el que, a parte de gran número de cracks que afectan principalmente a los granos de cuarzo y feldespatos (algunos de ellos aparecen intensamente craqueados (fotos 1 y 2), existe una notable cantidad de microcavidades y poros, sobre todo en los últimos.

Observaciones de detalle con el microscopio óptico y electrónico de "scanning" (SEM) demuestran la existencia de varios tipos de poros. Según su tamaño se distinguen (GONI et al, 1970) las microcavidades (con un "radio de entrada" superior a las 7,5 μ) y los microporos (con un "radio de entrada" comprendido entre 300 Å y 7,5 μ). Especial interés tienen estos últimos, ya que generalmente pasan desapercibidos con los métodos de observación ópticos convencionales pero sin embargo su presencia, muy extendida en las rocas ígneas, es detectada median-



Foto 1

Grano de feldespato intensamente craqueado. Granito "Albero"

(Unidades escala=10 μ)



Foto 2

Detalle de los cracks en el feldespato de la foto anterior

(Unidades escala=1 μ)

te el SEM (SPRUNT y BRACE, 1974; MONTGOMERY y BRACE, 1975), y son responsables en gran medida de la porosidad de las rocas en cuestión.

En nuestro caso las microcavidades y microporos son especialmente notables —tanto por su abundancia, como por la variedad de sus formas y tamaños— en el "Austral Red" y en el "Albero".

Los microporos acostumbran a ser equidimensionales, y de contornos circulares, pero también son frecuentes los triangulares e irregulares. Se encuentran repartidos principalmente en la plagioclasa, y más raramente en el feldespato potásico y en el

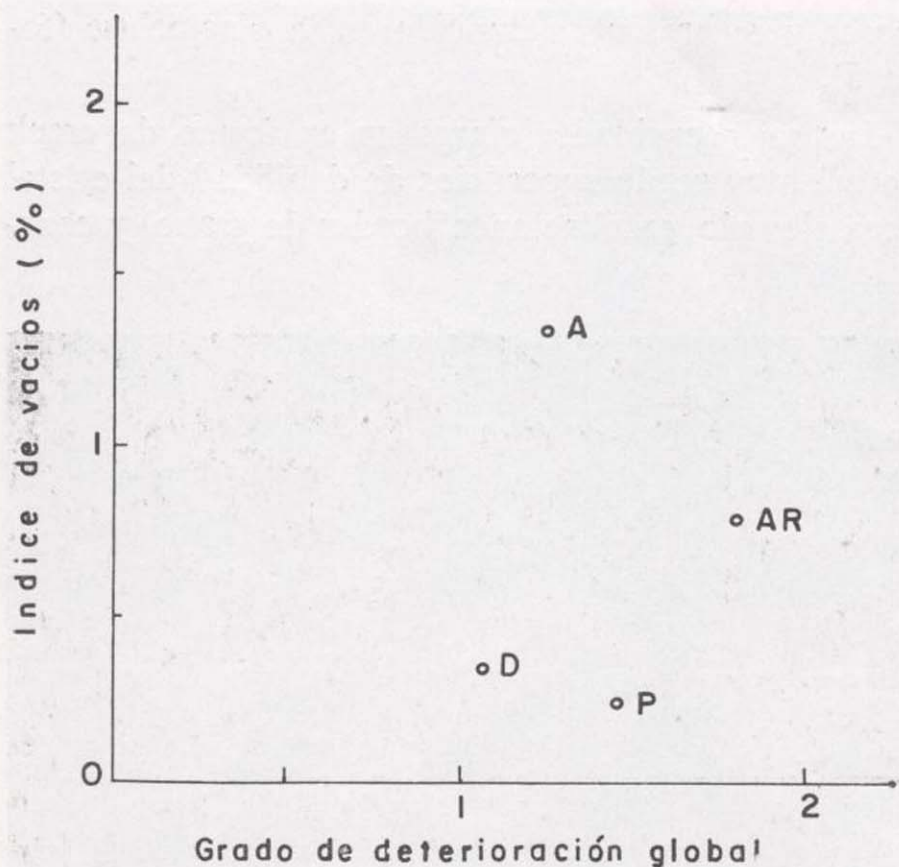


Figura 2

— Otro grupo, representado por el Albero y el Austral Red, con índices de vacíos elevados (porosidad marcadamente alta).

En los del primer grupo la porosidad recae principalmente en la microfisuración siendo ésta prioritaria frente al volumen correspondiente a los poros "sensu stricto". En los del segundo grupo la acción conjunta de la microfisuración y, sobre todo, del considerable volumen de los poros, eleva sensiblemente el índice de vacíos. Esto es significativamente evidente en el de mayor porosidad, el Albero, en el que, a parte de gran número de cracks que afectan principalmente a los granos de cuarzo y feldespatos (algunos de ellos aparecen intensamente craqueados (fotos 1 y 2), existe una notable cantidad de microcavidades y poros, sobre todo en los últimos.

Observaciones de detalle con el microscopio óptico y electrónico de "scanning" (SEM) demuestran la existencia de varios tipos de poros. Según su tamaño se distinguen (GONI et al, 1970) las microcavidades (con un "radio de entrada" superior a las $7,5 \mu$) y los microporos (con un "radio de entrada" comprendido entre 300 \AA y $7,5 \mu$). Especial interés tienen estos últimos, ya que generalmente pasan desapercibidos con los métodos de observación ópticos convencionales pero sin embargo su presencia, muy extendida en las rocas ígneas, es detectada median-

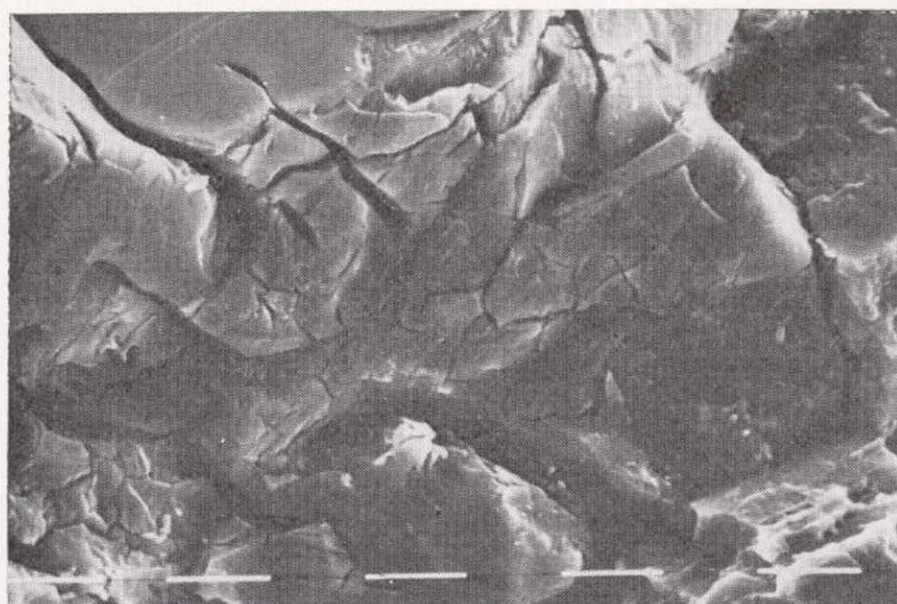


Foto 1

Grano de feldespato intensamente craqueado.
Granito "Albero"

(Unidades escala = 10μ)

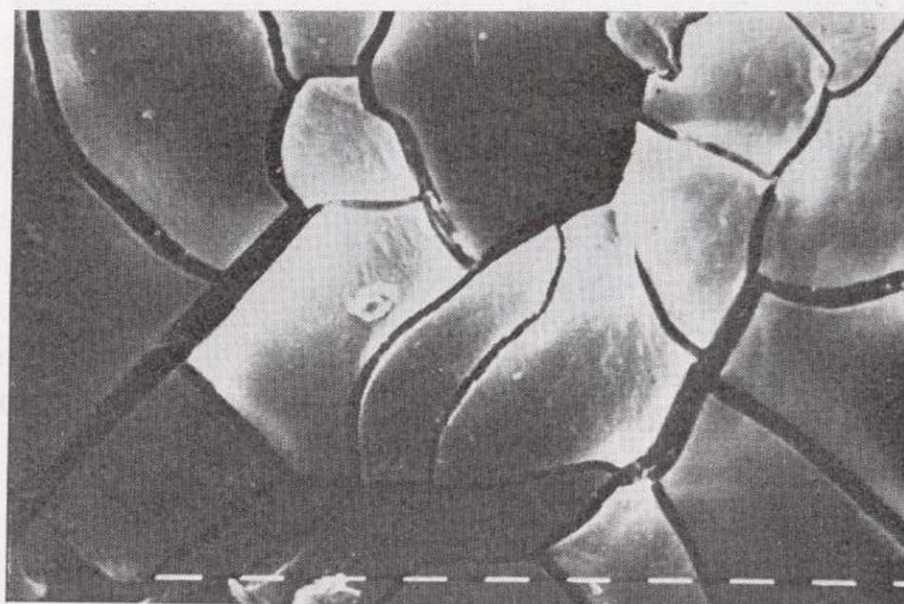


Foto 2

Detalle de los cracks en el feldespato de la foto anterior

(Unidades escala = 1μ)

te el SEM (SPRUNT y BRACE, 1974; MONTGOMERY y BRACE, 1975), y son responsables en gran medida de la porosidad de las rocas en cuestión.

En nuestro caso las microcavidades y microporos son especialmente notables —tanto por su abundancia, como por la variedad de sus formas y tamaños— en el "Austral Red" y en el "Albero".

Los microporos acostumbran a ser equidimensionales, y de contornos circulares, pero también son frecuentes los triangulares e irregulares. Se encuentran repartidos principalmente en la plagioclasa, y más raramente en el feldespato potásico y en el

cuarzo (foto 3). Se presentan aisladamente o formando en ocasiones, cadenas arrosariadas alineadas, coincidentes con probables direcciones de exfoliación (foto 4). Su densidad es variable, según el tipo de roca, llegando en el Austral Red —el que presenta mayor microporosidad— alrededor de 2 % (en volumen) en los granos de plagioclasa. Su tamaño más generalizado oscila alrededor de 1μ de diámetro medio.

Las microcavidades pueden ser equidimensionales o elongadas, estrechas, en forma de crack o hendidura con espesores que varían de $0,5 \mu$ a 5μ aproximadamente. Son menos frecuentes que los micro-

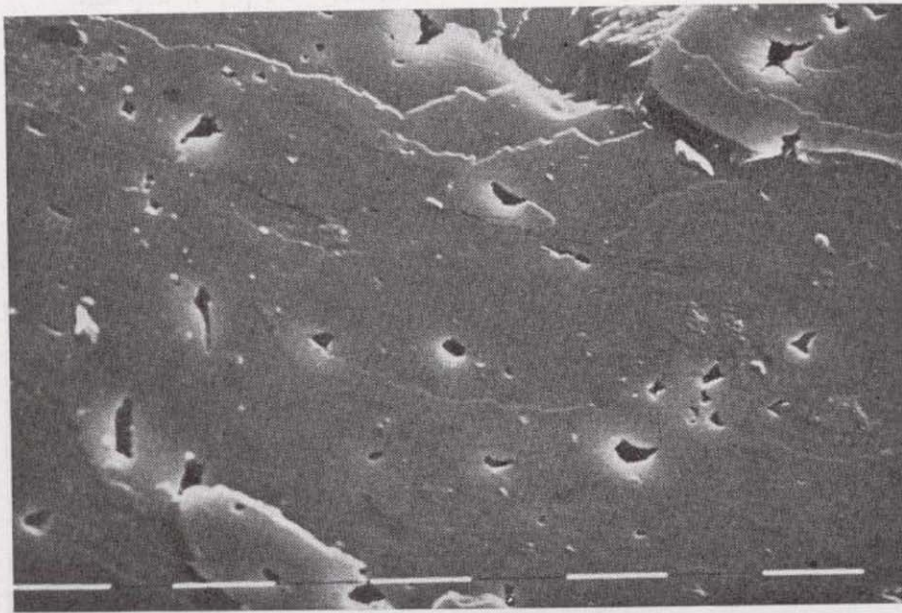


Foto 3

Aspecto general de los microporos en el "Austral Red"
(Unidades escala = 10μ)

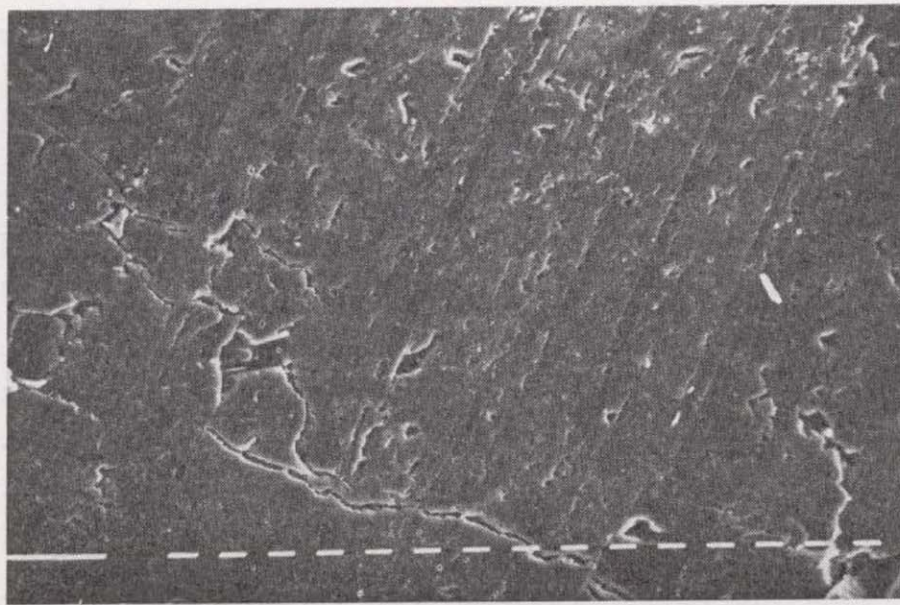


Foto 4

Aspecto general de las microcavidades y microporos en el seno del feldespato "Austral Red"

(Unidades escala = 10μ)

poros y se presentan también en la plagioclasa (foto 5).

Las microcavidades alargadas en forma de crack se orientan según superficies de debilidad del cristal (por ejemplo, exfoliaciones, bordes de grano) y cons-



Foto 5

Detalle de las microactividades en el "Austral Red"
(Unidades escala = 10μ)

tituyen verdaderas discontinuidades planares (en ocasiones interconectadas entre sí) cuya importancia debe de tenerse en cuenta a la hora de valorar los defectos granulares como posibles "crack de Griffith" e inicio potencial de microfisuras al ser sometida la roca a esfuerzos de compresión o tracción.

En este sentido debemos señalar, también, la existencia de microporos que se sitúan a lo largo de los planos de exfoliación, y que en circunstancias especiales —bajo esfuerzos críticos— pueden ser origen "puntual" para la propagación de cracks (microfisuras intragranulares) y microfracturas (fotos 6 y 7).

La interdependencia entre el índice de vacíos y diversas propiedades mecánicas de las rocas ha sido puesta en evidencia por varios autores en distintos trabajos (véase, por ejemplo, DUNCAN, 1966 y JAEGER, 1972). En líneas generales, se puede asegurar, con SERAFIM y LÓPEZ (1961) y HAMROL (1962), entre otros, que la resistencia a la compresión de las rocas aumenta exponencialmente con el decremento del índice de vacíos. De este modo, para rocas con índices de vacíos superiores al 4 por 100, por ejemplo, se les supone una resistencia a la compresión

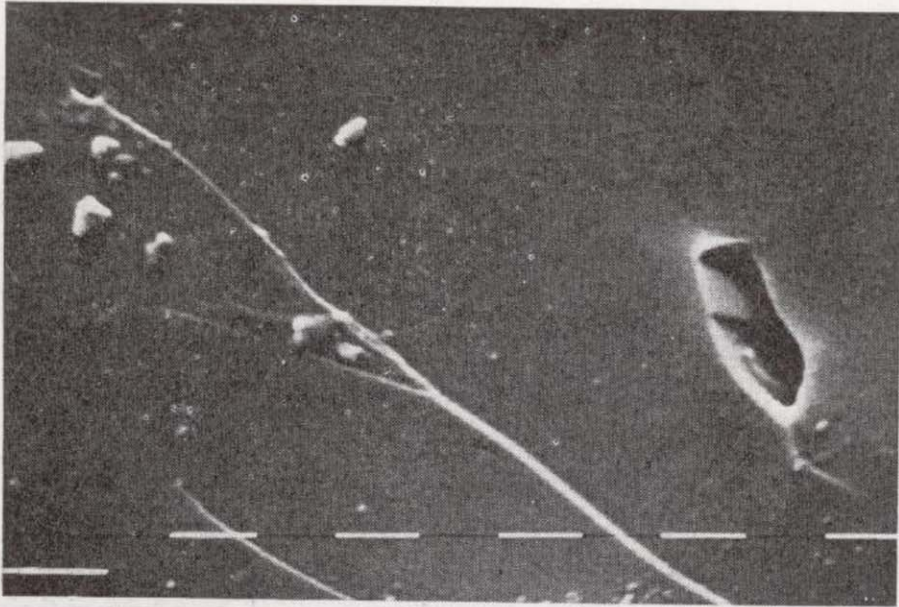


Foto 6

Detalle de un microporo asociado a una fisura "Austral Red"

(Unidades escala = 1 μ)

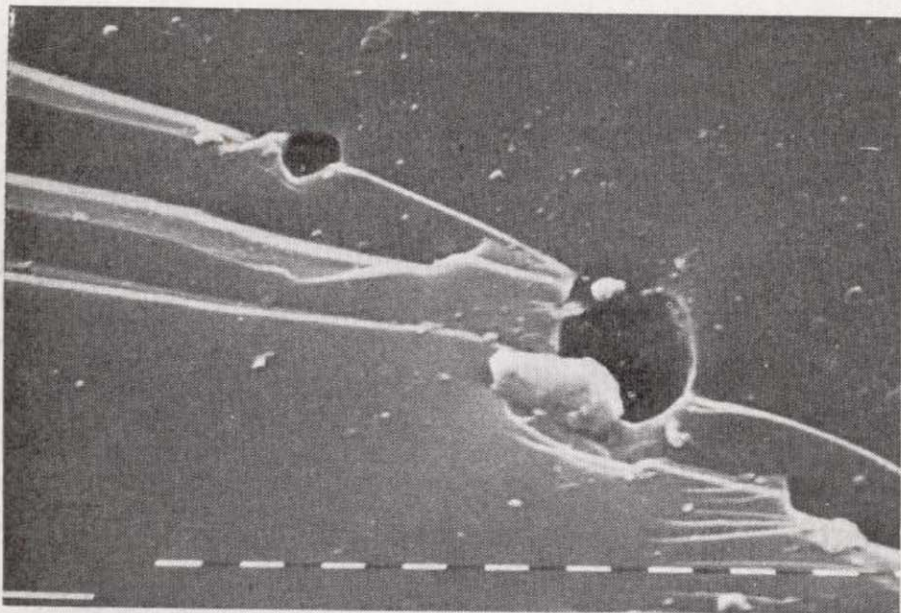


Foto 7

Microporos conectados con fisuras "Austral Red"

(Unidades escala = 1 μ)

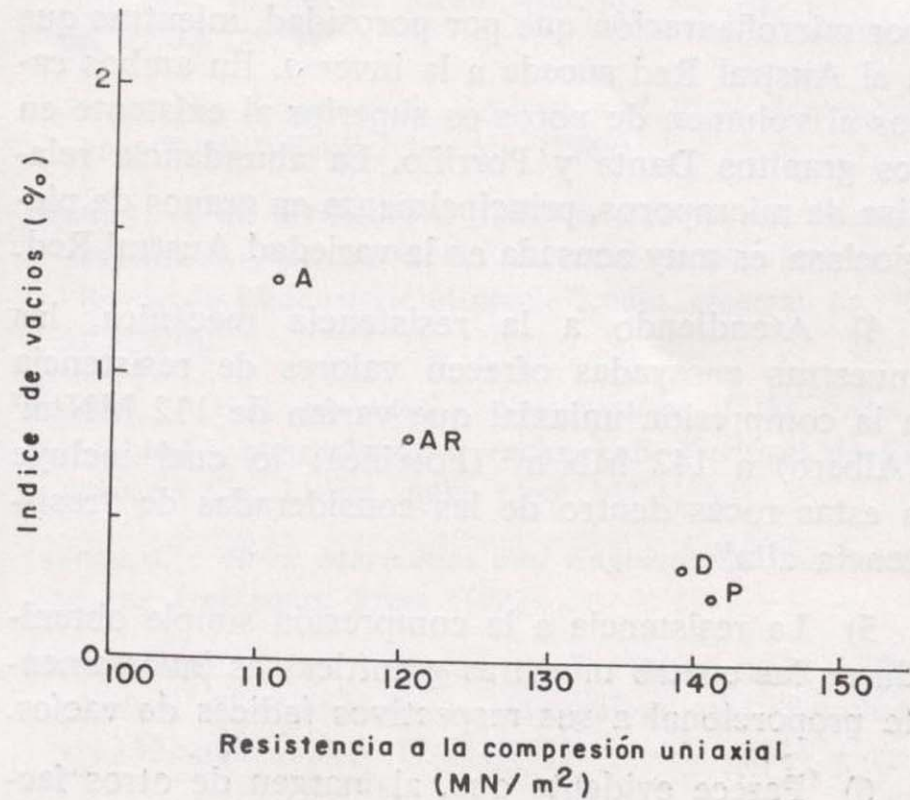


Figura 3

cas dependerán en gran escala —aparte de los posibles factores moneralógicos— texturales peculiares de cada tipo rocoso (variación del contenido en cuarzo y máficos, tamaño y forma de los granos, cohesiones intergranulares, etc.— del volumen de los poros manifestado a través del índice de vacíos o contenido en humedad de saturación de la muestra.

V. CONCLUSIONES

1) Desde el punto de vista petrográfico las variedades comerciales "Porriño" y "Dante" son granitos biotíticos; el "Albero" es un granito moscovítico y el "Austral Red" corresponde a una monzonita cuarcífera.

2) El Índice de Deterioración Global I_d —tal como se ha descrito en la primera parte de este trabajo— presenta, para las distintas muestras consideradas valores próximos, oscilando entre 1,1 (Dante) y 1,8 (Austral Red), lo que nos lleva a incluir a estas rocas dentro de la categoría de "poco alteradas". El I_d puede tomarse, complementariamente, como un "índice de calidad" de la roca.

3) El estudio de la porosidad ha puesto de manifiesto la existencia de dos grupos, uno de porosidad marcadamente alta (Albero y Austral Red) y otro con porosidades menores (Dante y Porriño). De las variedades más porosas, el Albero lo es más

muy baja. Entre 4 por 100 y 2 por 100 la resistencia crecería rápidamente. A índices de vacíos inferiores al 2 por 100 —como en nuestro caso— corresponden resistencias altas y muy altas. En la figura 3 puede verse que las resistencias a la compresión uniaxial obtenidas en las cuatro muestras graníticas, son inversamente proporcionales a sus índices de vacíos, y que su correlación resulta (para los márgenes de resistencia comprendidos) cuasi lineal.

Cabe pensar, entonces, que para unas rocas ígneas ácidas, como las estudiadas, con grados de deterioración poco divergentes y que indican relativa "sanidad" de las muestras, las resistencias mecáni-

por microfisuración que por porosidad, mientras que a el Austral Red sucede a la inversa. En ambos casos el volumen de poros es superior al existente en los granitos Dante y Porriño. La abundancia relativa de microporos, principalmente en granos de plagioclasa, es muy acusada en la variedad Austral Red.

4) Atendiendo a la resistencia mecánica, las muestras ensayadas ofrecen valores de resistencia a la compresión uniaxial que varían de 112 MN/m² (Albero) a 142 MN/m² (Porriño); lo cual incluye a estas rocas dentro de las consideradas de "resistencia alta".

5) La resistencia a la compresión simple obtenida en las cuatro muestras graníticas es inversamente proporcional a sus respectivos índices de vacíos.

6) Parece evidente que, al margen de otros factores intrínsecos, el volumen total de los poros de las distintas variedades, manifestado a través de sus índices de vacíos, es el parámetro que condiciona principalmente la resistencia mecánica de las mismas.

VI. AGRADECIMIENTOS

Hacemos constar nuestro agradecimiento al doctor M. Montoto, Director del Departamento de Petrología (Facultad de Ciencias de Oviedo), por la ayuda y colaboración prestada a lo largo de este trabajo; así como a la empresa Ramilo, S. A. de Vigo, que nos ha facilitado cuanto material ha sido preciso para la elaboración del mismo.

APENDICE 1

Peso específico.

Se ha calculado por el método picnométrico, utilizando como líquido de inmersión alcohol etílico de densidad 0,793. El p. e. = γ viene dado por:

$$\gamma = \frac{G_w \cdot \gamma_{liq}}{W_1 + G_w - W_2}$$

donde G_w es el peso de la muestra en polvo (10-15 g) después de haber sido secada en una estufa a unos 105° durante veinticuatro horas. W_1 es el peso del picnómetro lleno de líquido (alcohol). W_2 es el peso del picnómetro lleno con el líquido y la muestra pulverizada. γ_{liq} es el p. e. del líquido.

Porosidad.

Se calculó la porosidad total, llamada así porque el volumen de poros obtenidos incluye los poros considerados "cerrados". Se calculó a partir de la fórmula:

$$\gamma = \frac{P_v}{B_v} \times 100 \%$$

siendo γ la porosidad de la muestra, P_v el volumen de los poros y B_v el volumen de la muestra.

P_v se determina a partir de la diferencia entre el peso de la muestra saturada y secada en superficie y el peso de la muestra secada en la estufa (105-11° C durante veinticuatro horas). O sea:

$$P_v = \frac{W_{sat} - G_w}{\rho_w}$$

donde G_w se calcula como en el caso del peso específico utilizando 12 muestras de roca alrededor de 20-40 g cada una. W_{sat} es el peso de la muestra después de ser sometida a una saturación en vacío de alrededor de 10 Torr durante hora y media, y ser secada con un paño húmedo a fin de eliminar al agua adherida en la superficie, ρ_w es la densidad del agua.

B_v se calcula a partir de la diferencia entre el peso de la muestra saturada y secada superficialmente (W_{sat}) y el peso de la muestra saturada y sumergida en agua (W_{sub}) según la fórmula:

$$B_v = \frac{W_{sat} - W_{sub}}{\rho_w}$$

Índice de vacíos.

Se acostumbra a llamar también "contenido en humedad de saturación" y se define como el peso del agua contenida en los vacíos de una muestra de roca completamente saturada, expresado en forma de porcentaje del peso en seco inicial de la misma muestra. Es decir:

$$I_v = \frac{W_{sat} - G_w}{G_w} \times 100 \%$$

donde I_v es el índice de vacíos ("void index"), en tanto por ciento. En nuestro ensayo se efectuó la saturación de la muestra al vacío, en las condiciones descritas en el anterior apartado.

En este sentido, el método difiere del propugnado por DUNCAN (1969) en el cual la saturación se efectúa por simple inmersión en agua durante un período de doce horas.

Grado de saturación.

También denominado "grado de relleno de los poros". Viene dado por la fórmula:

$$S_r = \frac{I_v \rho_a}{\gamma \rho_w}$$

siendo I_v el contenido en humedad de saturación, ρ_w la densidad del agua, ρ_a la densidad seca de la roca y γ la porosidad. Se utilizaron doce muestras de pesos comprendidos entre 15 y 30 g.

BIBLIOGRAFIA

- BELIKOV, B. P. et al. *Methods of studying the physico-mechanical properties of rocks*. En "Physical and mechanical properties of rocks". Zalessky Ed. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, pp. 1-59 (1964).
- BIENIAWSKI, Z. T.: *Geomechanics classification of rock masses and its application in tunneling*. En "Advances in Rock Mechanics". Proc. of the Third Congress of the Int. Soc. for Rock Mech. Denver, vol. II, part. A, pp. 27-32 (1974).
- DUNCAN, N.: *Engineering Geology and Rock Mechanics*. Leonard Hill Books, London (1969).
- GONT, J. et al. *Méthodes d'étude du champ microfissural des minéraux et des roches au cours de leur altération*. "Revue de L'Industrie Minérale", núm. especial, pp. 40-51 (1970).
- HAMROL, A.: *A quantitative classification of the weathering and weatherability of rocks*. Lab. Nacional de Engenharia Civ. Lisboa, publ. núm. 142 (1962).
- JAEGER, C.: *Rock Mechanics and Engineering*. Cambridge at the University Press (1972).
- MONTGOMERY, C. W. y BRACE, W. F.: *Micropores in Plagioclase*. Contributions to Mineralogy and Petrology, vol. 52, núm. 1, pp. 17-28 (1975).
- ORDAZ, J. y ESBERT, R. M.: *Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia* (primera parte). "Bol. Inst. Geol. y Min.", tomo 28, F 1, En.-Feb. (1977).
- SERAFIM, J. L. y LÓPEZ, J. J. B.: *In situ shear tests and triaxial tests of foundation rocks of concrete dams*. Proc. of the 5th. Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, París, 1 (1961).
- SPRUNT, E. S. y BRACE, W. F.: *Direct observation of microcavities in crystalline rocks*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol. 11, núm. 4, pp. 139-150 (1974).

Recibido: Julio 1976.

Descomposición térmica de algunas sulfosales de cobre: Luzonita (Luzón, Filipinas), Tenantita (Zacatecas, Méjico) y Tetraedrita (Zips, Hungría).

Por A. LA IGLESIA (*) (**), F. LOPEZ AGUAYO (*) y J. M. MARTIN POZAS (**)

RESUMEN

Se estudia la descomposición térmica en atmósfera oxidante de Luzonita y en atmósfera inerte de Luzonita, Tenantita y Tetraedrita, mediante ATD, TG y difracción de Rayos X.

Los distintos procesos de transformación observados están relacionados con la razón As/Sb y los cationes presentes en estas sulfosales.

De acuerdo con tales procesos, en general las sulfosales que contienen alta proporción de antimonio se transforman, a alta temperatura (900°C) en tetraedrita estrictamente antimónica; mientras que los sulfuroarseniuros lo hacen en los sulfuros correspondientes.

ABSTRACT

Luzonite thermal decomposition in air atmosphere and Luzonite, Tennantite and tetrahedrite in inert atmosphere have been studied by DTA, TG and X-ray diffraction.

The different transformation processes observed are related with the As/Sb ratio and cations of these sulphosalts.

According to these processes, generally, the sulphosalts with high antimony proportion transform, at high temperature (900°C), to Sb-tetrahedrite, whilst sulphoarsenides transform to the correspondent sulphides.

INTRODUCCION

El estudio de la descomposición térmica de sulfuros y sulfosales presenta serias dificultades debidas, de una parte, a la posibilidad de aparición de diferentes fases a lo largo del proceso, y de otra, a su naturaleza corrosiva y reactividad con el oxígeno. Por todo ello, este grupo mineral ha sido menos estudiado bajo este aspecto que otros grupos.

No obstante, el interés despertado por estos minerales, en función de sus propiedades de conducción, ha llevado a diversos investigadores a estudiar sus procesos de transformación térmica bajo

dos aspectos: procesos de descomposición en atmósfera oxidante y en atmósfera inerte.

En atmósfera oxidante, las primeras curvas de ATD de sulfuros y arseniuros fueron publicadas por HITLER y PROBSTHAIN (1955, 1956), SABATIER (1956), ASENSIO y SABATIER (1958) y DUNNE y KERR (1961). MAUREL (1964) estableció una clasificación de estos minerales de acuerdo con el comportamiento de los productos de reacción durante el proceso de oxidación y finalmente BOLLIN (1970) y SMYKATZ-KLOSS (1974) realizan una revisión de los datos existentes en la bibliografía.

La descomposición en atmósfera inerte de estos minerales ha sido mucho menos estudiada, debido a la naturaleza corrosiva de los mismos. No obstante, mediante técnicas diversas se han realizado estudios, encaminados a determinar estabilidad de fases y condiciones de formación, entre los que

(*) Departamento Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

(**) Instituto "Lucas Mallada" C. S. I. C. Madrid.

destacan los de KULLERUD (1959), YUND y KULLERUD (1966), LEVY (1967) y LA IGLESIA y CABALLERO (1976).

En este trabajo se estudian los procesos de descomposición en atmósfera inerte de luzonita, tenantita y tetraedrita, con objeto de establecer las diferencias de comportamiento del arsénico y antimonio, y las posibles modificaciones que la sustitución isomórfica entre ambos puede provocar en el comportamiento de estas sulfosales. Por otra parte, también se analiza el comportamiento de los cationes que habitualmente acompañan al cobre en estas sulfosales.

En atmósfera oxidante, se estudia la descomposición de la luzonita, de la que no existen en la actualidad datos bibliográficos, tratando de clasificarla por su comportamiento de acuerdo con la división de MAUREL (1964).

APARATOS Y MATERIALES

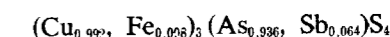
El análisis térmico, ATD y TG, se realizó en un equipo Deltaherm, modelo D-2.000 y D-4.000, de la firma Technical Equipment Corporation. En el ATD se utilizaron termopares de Pt-PtRh para la descomposición en atmósfera oxidante y de Chromel-Alumel para la inerte, con velocidad de calentamiento de 10°C/m. En el análisis termogravimétrico se trabajó a igual velocidad y en atmósfera estática de aire o N₂. La cantidad de sustancia empleada fue de 3 mg para TG y 10 mg para ATD.

El análisis químico de las muestras se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica PYE-UNICAM, modelo 90, determinándose Fe, Cu, Zn, As y Sb. El azufre y la sílice en su caso, fueron determinados por gravimetría. Previamente se realizó un análisis cuantitativo mediante fluorescencia de rayos X para determinar los elementos presentes. El análisis por difracción de rayos X se efectuó en un difractómetro Philips, modelo PW-1130-1050-1051, sobre muestras calentadas en condiciones similares a las del análisis térmico, después de enfriar, en la correspondiente atmósfera, a temperatura ambiente.

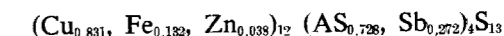
Se han estudiado muestras de luzonita, tenantita y tetraedrita. La luzonita procede de la isla de Luzón (Archipiélago filipino) y contiene como mineral accesorio cuarzo. La tenantita de Zacatecas (Méjico) contiene esfalerita y trazas de calcopirita y la tetraedrita procede de Zips (Hungría); es prác-

ticamente pura. Los resultados del análisis químico de las diferentes muestras se presentan en la tabla I, a partir de los mismos se han determinado las correspondientes fórmulas mineralógicas:

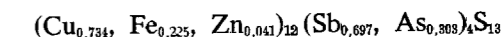
Luzonita:



Tenantita:



Tetraedrita:



Para la determinación de la fórmula mineralógica de la tenantita se ha tenido en cuenta la existencia de esfalerita en la muestra, que se ha estimado en un 3 por 100 aproximadamente.

TABLA I

Análisis químicos de las muestras estudiadas

	1	2(x)	3
Fe...	0,31	5,62	9,41
Cu..	45,22	40,20	34,88
Zn..	—	3,88	2,05
As..	16,44	14,05	5,75
Sb..	1,82	8,55	21,58
S ...	30,72	27,76	26,12
SiO ₂ ...	5,48	—	—
	99,99	100,06	99,79

(1) Luzonita Luzón (Filipinas).

(2) Tenantita Zacatecas (Méjico).

(3) Tetraedrita Zips (Hungría).

(x) Contiene aproximadamente un 3 por 100 de esfalerita.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

a) *Descomposición térmica de luzonita en atmósfera oxidante.*

En la figura 1, curvas a y b, se muestran los diagramas de ATD y TG de la luzonita, observándose que es estable hasta los 300°C. A partir de esta temperatura se produce un proceso de transforma-

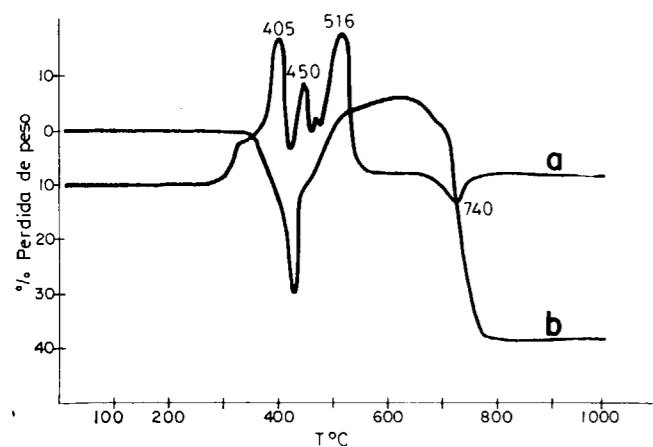


Figura 1

Descomposición térmica (en atmósfera oxidante) de la luzonita de Luzón (Filipinas); a) curva de ATD; b) curva termo ponderal.

ción y combustión representado por un cambio de conductividad, en el intervalo 300-330°C, y por tres efectos exotérmicos con máximos a 405, 450 y 516°C, respectivamente. Finalmente la curva de

ATD presenta un efecto endotérmico fuertemente asimétrico, con máximo a 740°C.

La curva termogravimétrica presenta una pérdida de peso del 19,93 por 100 en el intervalo 340-424°C, seguida de una ganancia del 5,18 por 100 sobre el peso inicial entre 424 y 620°C, a partir de esta temperatura comienza una nueva pérdida de peso con final a 780°C, que representa el 37,10 por 100.

Para estudiar el proceso se han realizado varios diagramas de difracción de rayos X sobre muestras calentadas en condiciones similares a temperaturas de 370, 430, 670 y 850°C, respectivamente, con los siguientes resultados (tabla II):

— A 370°C se observa la aparición de digenita y tenantita, permaneciendo aún las reflexiones correspondientes a la luzonita.

— A 430°C, aumentan las reflexiones correspondientes a la digenita disminuyendo las de tenantita y luzonita, apareciendo como fase nueva la djurleita.

— A 670°C han desaparecido todos los sulfuros formándose oxisulfato de cobre, sulfatos de cobre y CuO la única que permanece a 850°C.

TABLA II

Datos de difracción de rayos X de las fases obtenidas durante la descomposición térmica de luzonita Luzón (Filipinas) (atmósfera oxidante)

Natural			370° C			430° C			670° C		
d	I	Fases	d	I	Fases	d	I	Fases	d	I	Fases
4,73	10	Luz	4,24	10	Q	4,24	5	Q	6,44	35	OxS
4,24	3	Q	3,33	40	Q	3,33	30	Q	4,75	15	OxS
3,33	5	Q	3,22	10	Dig	3,20	15	Dig	4,24	10	Q
3,04	100	Luz	3,04	100	Luz	3,04	20	Luz	4,17	35	SO ₄ Cu
2,93	10	Luz	2,94	20	Ten	2,94	100	Luz	3,62	56	OxS
2,64	25	Luz	2,78	5	Dig	2,77	15	Dig	3,54	46	SO ₄ Cu
2,61	10	Luz	2,64	20	Luz	2,72	5	Dj	3,33	50	Q
1,85	50	Luz	2,60	10	Luz	2,55	15	Ten	2,76	30	OxS
1,81	3	Q	2,55	5	Ten	2,45	10	Q	2,62	100	SO ₄ Cu OxS
1,59	30	Luz	2,45	5	Q	2,39	8	Ten	2,55	15	OxS
1,58	20	Luz	1,97	20	Dig	2,30	8	Dj	2,52	20	CuO
1,52	10	Luz	1,86	80	Luz	2,28	5	Q	2,45	10	Q
			1,80	10	Ten	1,99	10	Dj	2,41	20	SO ₄ Cu
			1,59	70	Luz	1,96	80	Lig	2,32	40	CuO
			1,57	30	Luz	1,85	15	Luz	2,25	50	OxS
			1,53	10	Ten	1,80	60	Ten	2,03	21	OxS
						1,67	20	Dig	1,96	15	SO ₄ Cu
						1,57	20	Luz	1,87	10	CuO
						1,53	25	Ten	1,81	15	Q
									1,77	23	SO ₄ Cu
									1,50	10	CuO
									1,43	10	SO ₄ Cu
									1,37	25	CuO

Luz=Luzonita; Q=Cuarzo; Dig=Digenita; Ten=Tenantita; Dj=Djurleita; OxS=Cu₂(SO₄)O

b) Descomposición térmica de luzonita en atmósfera inerte.

En atmósfera inerte la luzonita es estable hasta 360°C, figura 2, curvas a y b. A partir de esta tem-

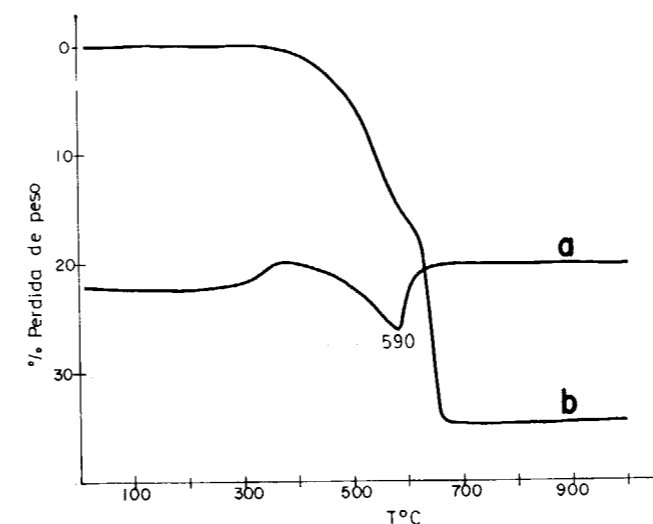


Figura 2

Descomposición térmica (en atmósfera inerte) de la luzonita de Luzón (Filipinas); a) curva de ATD; b) curva termoponderal.

peratura se produce un proceso de transformación, representado por un pequeño cambio de conductividad y un efecto endotérmico único, asimétrico, con máximo a 590°C. Simultáneamente en la curva termogravimétrica se observa una pérdida de peso en el intervalo 360-670°C, con una inflexión a 600°C que representa el 34,78 por 100.

Se han realizado diagramas de difracción de rayos X sobre muestras calentadas a 150, 375, 400, 460, 590 y 1.000°C, en condiciones similares, más dos diagramas de muestras calentadas a 375°C durante dos horas y 400°C durante ocho horas, con los siguientes resultados (tabla III):

— A 150°C la luzonita permanece estable. A 375°C, continúa existiendo luzonita, apareciendo además digenita y trazas de tenantita.

— A 400°C las fases presentes son luzonita, digenita y tenantita; a 460°C aumentan las reflexiones correspondientes a digenita y tenantita, disminuyendo fuertemente las de luzonita. Aparece como fase nueva la djurleita.

— A 590°C ha desaparecido la luzonita, se mantienen las reflexiones correspondientes a tenantita y digenita y djurleita. A 900 y 1.000°C, respectivamente las fases presentes son: calcosina y As Cu₃.

TABLA III

Datos de difracción de rayos X de las fases obtenidas durante la descomposición térmica de luzonita de Luzón (Filipinas) (atmósfera inerte)

375° C			460° C			900° C			375° C dos horas		
d	I	Fases	d	I	Fases	d	I	Fases	d	I	Fases
4,71	5	Luz	4,24	15	Q	4,24	20	Q	5,75	5	Luz
4,24	10	Q	3,33	60	Q	3,95	5	Cu ₃ As	4,25	15	Q
3,33	40	Q	3,19	10	Dig	3,73	5	Calco	3,33	60	Q
3,20	40	Dig	3,03	6	Dig	3,59	5	Calco	3,20	80	Dig Ena
3,03	100	Luz Dig	2,94	30	Ten	3,33	10	Q Calco	3,03	100	Luz Dig
2,93	10	Ten	2,78	30	Dig	3,18	10	Calco	2,94	5	Luz
2,64	20	Luz	2,73	5	Dj	3,95	10	Calco	2,84	50	Ena
2,61	10	Luz	2,54	5	Ten	3,04	10	Calco	2,77	5	Dig
2,54	5	Ten	2,44	5	Q			Cu ₃ As			
2,40	5	Ten	2,29	6	Dj	2,95	10	Calco	2,64	15	Luz
1,97	20	Dig	1,97	100	Dig Dj	2,72	17	Colco	2,29	5	Q
1,85	80	Luz Ten	1,86	15	Ten	2,52	15	Calco	2,22	7	Ena
1,81	15	Ten	1,80	30	Q Ten	2,45	70	Calco Q	1,96	20	Luz Dig
1,59	60	Luz	1,75	10	Dj	2,39	20	Calco	1,86	100	Luz Ena
1,57	40	Luz	1,67	20	Dig Q	2,28	15	Q	1,81	7	Q
1,53	20	Ten	1,53	25	Ten	2,13	15	Cu ₃ As	1,73	60	Ena
1,52	15	Luz				2,05	25	Cu ₃ As	1,68	5	Dig
1,44	10	Luz				1,97	60	Calco	1,61	50	Ena
						1,87	30	Cu ₃ As	1,59	60	Luz Ena
						1,89	40	Calco	1,55	12	Ena
						1,53	15	Q	1,52	12	Luz
						1,31	10	Cu ₃ As	1,20	30	Luz

Luz=Luzonita; Q=Cuarzo; Dig=Digenita; Ten=Tenantita; Dj=Djurleita; Calco=Calcosina; Ena=Enargita.

Las muestras calentadas a 375° C (dos horas) y 400° C (ocho horas) están constituidas por las siguientes fases:

- 375° C, luzonita, digenita y enargita.
- 400° C, tenantita, digenita, djurleita y trazas de luzonita.
- Descomposición térmica de tenantita de Zacatecas (Méjico) y de tetraedrita de Zips (Hungría), en atmósfera inerte.

La tenantita, no comienza a descomponerse hasta los 490° C, a partir de esta temperatura se produce un proceso de transformación representado por un primer efecto endotérmico con máximo a 502° C y un segundo con máximo a 668° C (fig. 3, curva a). La tetraedrita, por su parte, es estable

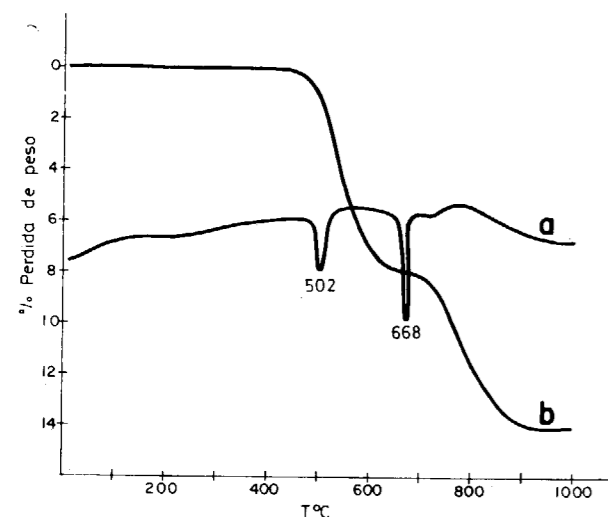


Figura 3

Descomposición térmica (en atmósfera inerte) de la tenantita de Zacatecas (Méjico); a) curva de ATD b) curva termoponderal.

hasta 650° C, temperatura a la que comienza un efecto endotérmico único con máximo a 674° C (fig. 4, curva a).

Las curvas termogravimétricas (figs. 3 y 4, curvas b) representan para la tenantita una pérdida de peso del 13,95 por 100, que ocurre entre 400° C y 900° C, y para la tetraedrita una pérdida de 5,94 por 100, entre 550° C y 950° C.

En ambos casos se ha seguido el proceso de descomposición, mediante difracción de rayos X sobre

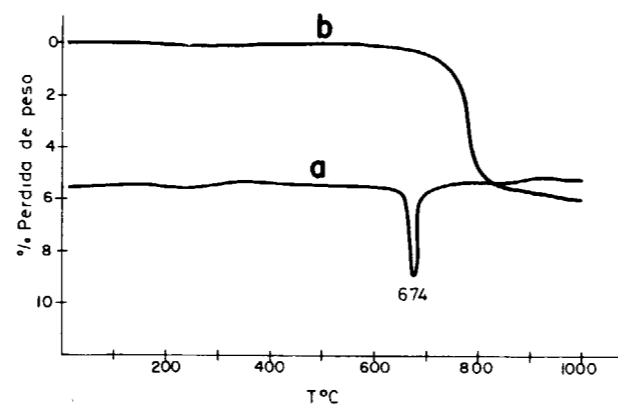


Figura 4

Descomposición térmica (en atmósfera inerte) de la tetraedrita de Zips (Hungría); a) curva de ATD; b) curva termoponderal.

muestras calentadas en condiciones similares a 400, 600 y 930° C (tenantita) y 400, 600, 700 y 900° C (tetraedrita), con los siguientes resultados:

1. Tenantita (tabla IV):

A 400° C las fases presentes son tenantita y esfalerita. A 600° C permanecen las reflexiones de la esfalerita, apareciendo como fases nuevas calcopirita y tetraedrita (probablemente tetraedrita con As y Zn).

A 930° C, aumentan las reflexiones de la esfalerita y calcopirita, mientras la tetraedrita probablemente pierde el As y Zn que contenía.

2. Tetraedrita (tabla V):

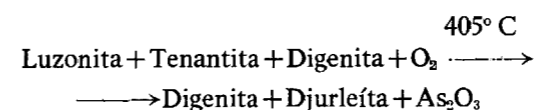
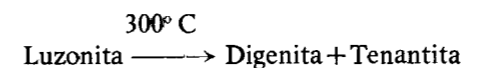
A 400° C y 600° C la muestra no se modifica, apareciendo sólo las reflexiones correspondientes a tetraedrita. A 700° C disminuyen las reflexiones de la tetraedrita, apareciendo como fases nuevas esfalerita y calcopirita.

A 900° C, aumentan las reflexiones correspondientes a la esfalerita, permanecen las de calcopirita, disminuyen ligeramente las de tetraedrita, apareciendo como fase nueva el Sb_2Fe_3 .

DISCUSION

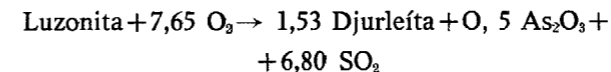
De acuerdo con los resultados obtenidos, la luzonita comienza a transformarse en atmósfera oxidante a 300° C, produciéndose en la curva corres-

pondiente un cambio de pendiente, debido a la variación de la conductividad calorífica, que representa la descomposición parcial del mineral en digenita y tenantita. Este proceso continúa con la aparición de un efecto exotérmico, con máximo a 405° C, que puede atribuirse a una oxidación parcial de la luzonita y tenantita, con formación de digenita y djurleita, según las siguientes reacciones:



Este proceso es similar de los sulfoarseniuros que MAUREL (1964) denomina de tipo IV, en los que se produce volatilización total de uno de los componentes (As) y formación de sulfuros.

La volatilización de arsénico se manifiesta en la curva TG por una pérdida de peso del 29,60 por 100 en el margen de temperaturas 340-430° C. Supuesto que el proceso ocurra según la ecuación:



con una pérdida teórica del 36,37 por 100, la pérdida real (29,60 por 100) representa que el mismo se ha producido casi en su totalidad.

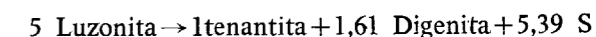
El proceso de oxidación continua, observándose dos nuevos efectos exotérmicos, a 450 y 516° C respectivamente, que suponen un proceso complejo de oxidación de los sulfuros formados, con aparición de oxisulfato, sulfato y óxido de cobre y que en la curva de TG se traducen en una ganancia de peso del 5,2 por 100 sobre el peso inicial de muestra.

Finalmente, en el intervalo de temperaturas 650-760° C, se observa en la curva TG una pérdida del 27,10 por 100 y en la curva ATD un efecto endotérmico a 740° C, que, de acuerdo con BORCHARDT y DANIELS (1958), corresponden a la descomposición de los sulfatos y consiguiente aparición de CuO.

La descomposición en atmósfera oxidante de la luzonita es más compleja que la obtenida por LEVY (1958) y la recogida por SMYKATZ-KLOSS (1974) para la tenantina. Debido posiblemente a la existencia de un mayor número de fases en la des-

composición de la luzonita, lo que justificaría un proceso de sulfatación en dos etapas, frente a la etapa única observada por estos autores para la tenantina. El primer efecto exotérmico en todas las curvas ocurre, aproximadamente, a la misma temperatura ($\approx 400^\circ \text{C}$) y puede atribuirse a oxidación del arsénico.

En atmósfera inerte, el proceso de transformación de la luzonita comienza también a 300° C, siendo observable por un pequeño cambio de pendiente de la curva de ATD (modificación de la conductividad calorífica de la muestra) con formación de digenita y tenantita (tabla II). Esta reacción continúa desarrollándose hasta los 450° C, en que desaparece totalmente la luzonita, de acuerdo con la ecuación:



No obstante, a esta temperatura aparece también djurleita, posiblemente debido a una transformación parcial de tenantita. El proceso de transformación finaliza con la aparición de calcosina y As Cu_3 detectados por difracción de rayos X a 900° C. La pérdida de peso observada en la curva de TG (34,78 por 100) próxima a la pérdida teórica del 35,77 por 100, puede justificar la aparición de una pequeña cantidad de As Cu_3 , que, probablemente, contiene el Sb presente en la muestra.

Por otra parte, la transformación de digenita y djurleita en calcosina no se detecta en la curva de ATD, debido, probablemente, a la pequeña diferencia energética entre ambos sulfuros. BOLLIN (1970), mediante la técnica de hipsometría gravimétrica diferencial, establece que este cambio ocurre a 750° C, aproximadamente.

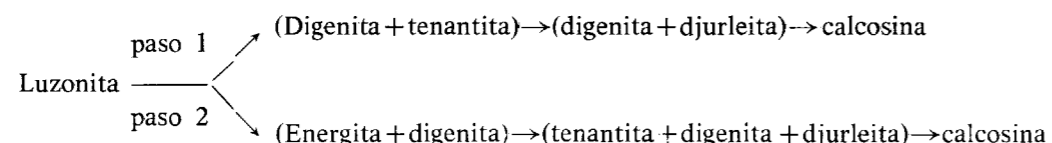
Cuando en condiciones de atmósfera inerte se calienta la luzonita a 375° C durante dos horas, el mineral se descompone parcialmente en enargita y digenita (tabla III). Un calentamiento posterior a 400° C durante ocho horas permite establecer que la transformación de la luzonita es prácticamente completa, apareciendo como fases finales tenantita y djurleita.

Un análisis comparado de ambos procesos de transformación pone de manifiesto que la enargita aparece sólo cuando el calentamiento de la luzonita es prolongado y que esta fase con el tiempo se transforma en tenantita. Por otra parte, la aparición de djurleita, después de ocho horas de calentamiento, permite suponer que la tenantita tien-

de a transformarse en djurleíta, con la consiguiente volatilización del arsénico.

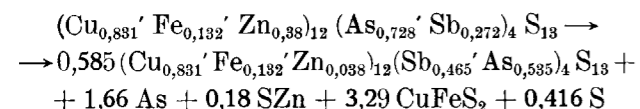
Si estos resultados se comparan con los obtenidos por LEVI (1967) para la luzonita de Morning Star (California), encontramos una concordancia en cuanto al proceso general de transformación: luzonita → enargita → tenantina → djurleíta → calcosina. Si bien, las temperaturas de transformación determinadas por este autor son siempre más elevadas que las nuestras, lo que probablemente se debe a la mayor cantidad de Sb en la luzonita de Morning Star sobre la de Luzón, utilizada en este trabajo.

De acuerdo con nuestros resultados, la transformación luzonita-enargita no ocurre en las condiciones de calentamiento propias del ATD. Por tanto, no parece justificable la hipótesis de LEVI (1967) de que la energía de transformación entre ambas especies es tan pequeña que no produce cambios en esta curva. Por otra parte, este autor observa la enargita en muestras calentadas isotérmicamente a las temperaturas prefijadas.



El paso 1 se produce con velocidad de reacción alta, condiciones standard de ATD y TG (10° C/m), mientras que el paso 2 se produce únicamente cuando el calentamiento es isotérmico, lo que implica que la velocidad de transformación de la luzonita en enargita es lenta.

La descomposición térmica de la tenantina de Zacatecas en atmósfera inerte comienza a 400° C, observándose un efecto endotérmico con máximo a 502° C que corresponde a un primer proceso de transformación de la muestra en calcopirita y tetraedrita rica en Zn (tabla IV), de acuerdo probablemente con la reacción:

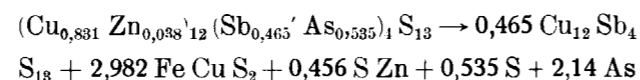


con la consiguiente pérdida de peso del 8,0 por 100 por volatilización parcial de arsénico y azufre. Los datos de difracción de rayos X, correspondientes a la tetraedrita obtenida a esta temperatura, permiten suponer que su contenido en arsénico es aún alto.

El efecto endotérmico a 800° C en la descomposición de la luzonita de Morning Star y la correspondiente pérdida de peso entre 670-850° C, que el citado autor atribuye a la fusión parcial de los minerales, no aparece en nuestro caso. Estas diferencias pueden interpretarse sobre la base de la distinta cantidad de muestra usada (Levy: 50 y 100 mg para TG y ATD, respectivamente; 3 y 10 mg en este trabajo), ya que una capa gruesa de material impide parcialmente la volatilización del arsénico, que ocurre a 615° C, y posteriormente, funde a 817° C, mientras que en capa fina (este trabajo) la volatilización es prácticamente total, no produciéndose la correspondiente fusión. Este efecto de volatilización, por otra parte, queda reflejado en la curva de TG, por un cambio brusco de pendiente a 610° C, seguido de una rápida caída, que por su forma confirma el mencionado proceso.

Como resumen de la discusión anterior, se puede proponer el siguiente esquema general de descomposición de la luzonita por calentamiento en atmósfera inerte:

A 650° C comienza un segundo efecto endotérmico, con máximo a 688° C, acompañado de una nueva pérdida de peso del 5,95 por 100, que representa la formación de tetraedrita, esfalerita y calcopirita, según la reacción:



La aparición de esfalerita en estas reacciones ha sido puesta de manifiesto por diferencia sobre el contenido inicial de este mismo mineral en la muestra de tenantina, fijado en un 3 por 100 aproximadamente, teniendo en cuenta además el contenido en Zn de la tenantina en Zacatecas.

La pérdida total de peso del 13,95 por 100 corresponde casi exactamente al contenido inicial de arsénico en la muestra, lo que justifica que la tetraedrita formada en la última reacción sea estrictamente antimónica. Por otra parte, el parámetro obtenido para esta fase justifica también la fórmula propuesta.

La presencia de antimonio en cantidad conside-

TABLA IV

Datos de difracción de rayos X de las fases obtenidas durante la descomposición térmica de tenantina de Zacatecas (Méjico) (atmósfera inerte)

Natural			700° C			900° C		
d	I	Fases	d	I	Fases	d	I	Fases
4,15	5	Ten	4,18	5	Tet	3,68	15	Tet
3,60	5	Ten	3,68	5	Tet	3,12	100	Esf
3,23	5	Ten	3,12	8	Esf	3,07	91	Cal
3,12	5	Esf	3,05	60	Cal	2,99	85	Tet
2,94	100	Ten	2,95	100	Tet	2,71	35	Esf
2,71	25	Esf Ten	2,73	10	Tet	1,91	100	Esf
2,55	20	Ten	2,54	15	Tet	1,88	40	Tet
2,40	25	Ten	2,40	7	Tet	1,83	20	Cal Tet
2,17	5	Ten	1,99	6	Tet	1,63	70	Esf
2,07	5	Ten	1,91	5	Esf	1,59	30	Cal
1,99	20	Ten	1,86	40	Cal Tet			
1,91	5	Esf	1,81	60	Tet			
1,86	20	Ten	1,63	10	Esf			
1,80	80	Ten	1,60	20	Cal			
1,65	20	Ten	1,53	20	Tet			
1,63	5	Esf						

Ten=Tenantina; Esf=Esfalerita; Cal=Calcopirita; Tet=Tetraedrita.

TABLA V

Datos de difracción de rayos X de las fases obtenidas durante la descomposición térmica de tenantina de tetraedrita de Zips (Hungia) (atmósfera inerte)

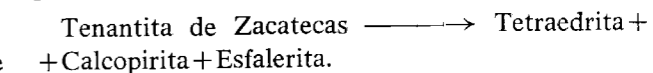
Natural			700° C			900° C		
I	d	Fases	d	I	Fases	d	I	Fases
4,19	10	Tet	4,19	5	Tet	3,65	5	Tet
3,66	20	Tet	3,65	10	Tet	3,11	20	Esf
2,97	100	Tet	3,11	30	Esf	3,07	20	Cal
2,74	10	Tet	3,07	70	Cal	2,98	60	Tet
2,54	70	Tet	2,98	100	Tet	2,95	100	Fe ₃ Sb ₂
2,40	30	Tet	2,75	5	Tet	2,74	10	Tet
2,10	10	Tet	2,67	5	Cal	2,56	10	Tet
2,01	30	Tet	2,56	8	Tet	2,42	5	Tet
1,87	20	Tet	2,41	5	Tet	2,09	40	Fe ₃ Sb ₂
1,81	90	Tet	1,91	20	Esf	1,91	20	Esf
1,66	40	Tet	1,88	40	Cal	1,88	10	Cal
1,54	60	Tet	1,82	30	Tet	1,83	20	Tet
			1,63	20	Esf	1,69	20	Tet Fe ₃ Sb ₂
			1,55	20	Tet	1,63	10	Esf
						1,59	10	Cal
						1,56	30	Fe ₃ Sb ₂

Tet=Tetraedrita; Esf=Esfalerita; Cal=Calcopirita.

La descomposición de la tenantina de Zacatecas con la que aparece en el proceso de transformación de la luzonita, tenantina estrictamente de arsénico, los productos obtenidos son netamente diferentes:

- a) Retraso de las temperaturas de transformación y
 - b) Productos finales diferentes.
- Efectivamente, si se comparan los resultados de

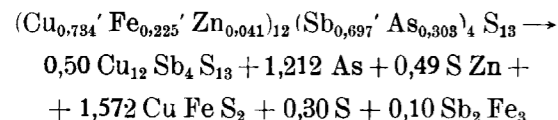
la descomposición de la tenantina de Zacatecas con la que aparece en el proceso de transformación de la luzonita, tenantina estrictamente de arsénico, los productos obtenidos son netamente diferentes:



Tenantita (descomposición de luzonita) → Calcosina.

Los diferentes sulfuros que aparecen en cada caso están ligados, por otra parte, a la existencia de Fe y Zn en la tenantita de Zacatecas y a la ausencia de los mismos en la procedente de luzonita.

La tetraedrita de Zips (Hungría) en atmósfera inerte es estable hasta los 650° C, el proceso de transformación presenta un efecto endotérmico único con máximo a 674° C, con la correspondiente pérdida de peso del 5,94 por 100 en el margen de temperaturas 650-950° C. De acuerdo con los resultados obtenidos por difracción de rayos X (tabla V), este proceso puede representarse según la reacción:



En este caso, el efecto endotérmico único coincide con el segundo efecto endotérmico de la tenantita de Zacatecas y de hecho en ambos casos las reacciones que ocurren son similares, tendiendo a formar una tetraedrita de antimonio que resulta estable hasta 1.000° C.

Así, pues, la formación de tetraedrita a alta temperatura parece ser un proceso general al que tienden todos los sulfoantimoniuros de cobre, ya que de acuerdo con nuestros resultados y considerando los datos de LEVY (1967) para la descomposición de estibiolumonita la fase final que aparece es la ya mencionada.

Como resumen de la discusión precedente se puede establecer que la estabilidad de todas estas sulfosales es función de la composición química, fundamentalmente de la relación As/Sb y que las fases resultantes, en los correspondientes procesos de descomposición, dependen de esta misma relación y de los cationes presentes.

BIBLIOGRAFIA

ASENSIO, J. et SABATER, G.: *Analyse thermique differentielle de quelques mineraux sulfurés et arseniés de fer, nickel et cobalt.* "Bull. Soc. Franç. Mineral. Crist.", 81, 12-15 (1958).

BOLLIN, E. M.: *Chalcogenides. Chapter 7 of "Differential Thermal Analysis" by R. C. MACKENZIE, vol. 1, 193-234 (1970).*

BORCHARDT, H. J. and DANIELS: *Differential thermal analysis of inorganic hydrates.* "J. Phys. Chem.", 61, 917-921 (1957).

DUNNE, J. A. and KERR, P. F.: *DTA of galena and clausthalite Am.* "Mineralogist", 46, 1-11 (1961).

HILLE, J. E. und PROBSTHAIN, K.: *Eine Apparatur für die DTA von Sulfiden.* "Erzmetall", 8, 257-267 (1955).

HILLE, J. E. und PROBSTHAIN, K.: *Thermische und röntgenographische Untersuchungen am Kupferkies Z. Kristallog.* 108, 198-129 (1956).

LA IGLESIA, A. and CABALLERO, M. A.: *Thermal decomposition of villamaninite CUNiCoFe(Ses)₂.* "Bull. Soc. Franç. Miner. Crist." (en prensa) (1976).

LEVY, C.: *Analyse Thermique differentielle des mineraux sulfurés.* "Bull. Soc. Franç. Miner. Crist.", 81, 29-34 (1958).

LEVY, C.: *Contribution à la minéralogie des sulfures de cuivre du type Cu₃XS₄.* Edition "Bur. Recher. Geol. Minières", núm. 54; 177 pp. (1967).

KULLERUD, G.: *Sulfide systems as Geological Thermometers. In Researches in Geochemistry.* Edt. by P. H. Abelson Wiley and Sons New York, 301-335 (1959).

MAUREL, C.: *Types de reactions d'oxidation observés au cours de l'analyse thermique differentielle, dans l'air de mineraux sulfurés et arseniés de Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag et Pm.* "Bull. Soc. Franç. Miner. Crist.", 87, 377-385 (1964).

SABATIER, G.: *Analyse termique differentielle de quelques sulfures.* "Bull. Soc. Franç. Miner. Crist.", 79, 172-174 (1956).

SMYKATZ-KLOSS, W.: *Differential thermal Analysis.* Springer-Verlag. New York, 185 pp. (1974).

YUND, R. A. and KULLERUD, G.: *Thermal stability of assemblages in the Cu-Fe-S system.* J. Petrology, 7, 454-488 (1966).

Recibido: Septiembre 1976.

INFORMACION

Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXII Campamento para Prácticas de Geología "Bielsa-Benasque 1976"

Por F. BODEGA y L. M. RIOS

1. INTRODUCCION

El número de alumnos participantes en los Campamentos, que parecía estabilizado desde 1971, ha experimentado un aumento: 22 en 1975 y 26 en 1976.

Esto constituye un motivo de satisfacción para el equipo que los dirige, porque prueba el interés que los estudiantes, tanto españoles como extranjeros, demuestran por asistir a ellos, pero, al mismo tiempo, se dificulta la financiación de adquisiciones de material, gastos de estancia y, sobre todo, el alquiler de los vehículos necesarios para distribuir a los diversos equipos en los puntos más cercanos al área en que han de desarrollar su trabajo.

Como queda consignado en el Apéndice que se refiere a "Rendición de Cuentas", la factura del P. M. M. de 160.000 pesetas representa el 25 por 100 del presupuesto total y ha desnivelado por completo las previsiones, ya que, para este capítulo, se habían evaluado unas 90.000 pesetas, pero se dio la circunstancia adversa de que el P. M. M., elevó sus tarifas prácticamente en un 50 por 100, a partir del día primero de julio.

La situación, para la continuidad de estas actividades, se hace más difícil cada año, pero los resultados obtenidos constituyen un estímulo para seguir luchando por la celebración de estos Campamentos.

En la carta que se envía a las empresas para anunciar el XXIII Campamento, se incluirá una petición solicitando la prestación de dos vehículos, tipo Land-Rover, con conductor, durante los veinte días de trabajo de campo, que, si se concedieran, representarían un papel fundamental en cuanto a la solución de los problemas planteados.

2. XXII CAMPAMENTO

Este año ha tenido dos bases: Bielsa, donde fueron recibidos los participantes los días 4 y 5 de julio, y Benasque donde tuvo lugar la cena de clausura el día 23.

Los objetivos más concretos que se habían previsto eran, por una parte, corregir algunas dataciones que no se consideraban correctas y, además, estudiar con más precisión el relevo de mantos, y cómo se atenúan lateralmente.

Como en años anteriores fue Director don José María Ríos, Catedrático de la Escuela de Minas de Madrid, y Codirector, don Adriano García-Loygorri, Doctor Ingeniero de Minas y Profesor de Prácticas y de Campamentos de la misma Cátedra.

Fueron instructores Fernando Bodega Barahona, Doctor Ingeniero de Minas, de la Empresa Nacional ADARO; Luis María Ríos Aragiés, Dr. Ingeniero de Minas, y los alumnos de la Escuela Francisco J. Marín Blanco y José M. Lanaja del Busto, todos del Equipo de Trabajo de la Cátedra de Geología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid y José M.^a García de Miguel, de la Cátedra de Mineralogía de la misma Escuela, Dr. Ingeniero de Minas.

Julián Vega Esteban, Ingeniero Técnico de Minas y Maestro de Laboratorio, reanudó de nuevo sus actividades de Secretario.

La asistencia de participantes, cuya lista se incluye en un Apéndice, se resume en las siguientes cifras:

Universidad de Oviedo	8
Universidad de Madrid	4
Universidad de Granada	3
Universidad de Zaragoza	1
Escuela Técnica de Minas de Bémez	2
Escuela Técnica de Minas de Cartagena	2
Escuela Técnica de Minas de León	2
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid	4

Con los cinco instructores, secretario y dos conductores, se llega a un total de 34 participantes.

2.1. DESARROLLO DEL CAMPAMENTO

Los trabajos se han ampliado a las Hojas 1:50.000, 147 (Liena) y 148 (Bosost) situadas, respectivamente, al Norte de las de Bielsa y Benasque, y también más al Este de la margen izquierda del río Esera.

Se efectuaron cinco salidas, alguna de ellas frustrada por tormentas, y varios equipos realizaron una de tres días, coincidiendo con el cambio de base fija, de Bielsa a Benasque.

Desde Bielsa, se estudió el Cambro-Ordovícico de la Hoja de Liena, y, desde Benasque, se realizaron trabajos que dieron como resultado la corrección de atribuciones de edades consignadas en trabajos realizados en la zona; con ello las pizarras de Cerler, datadas como carboníferas, se incluyen en el Devoniano, y las calizas de la Renclusa, atribuidas al Devoniano Medio, se atribuyen al paso Devoniano-Carbonífero.

En el siguiente epígrafe, se detallan estos trabajos.

2.2. RESULTADOS OBTENIDOS

2.2.1. HOJA DE LIENA

Se ha reconocido el Cambro-Ordovícico el cual cubre gran parte de la hoja. De techo a muro se han distinguido las siguientes litofacies:

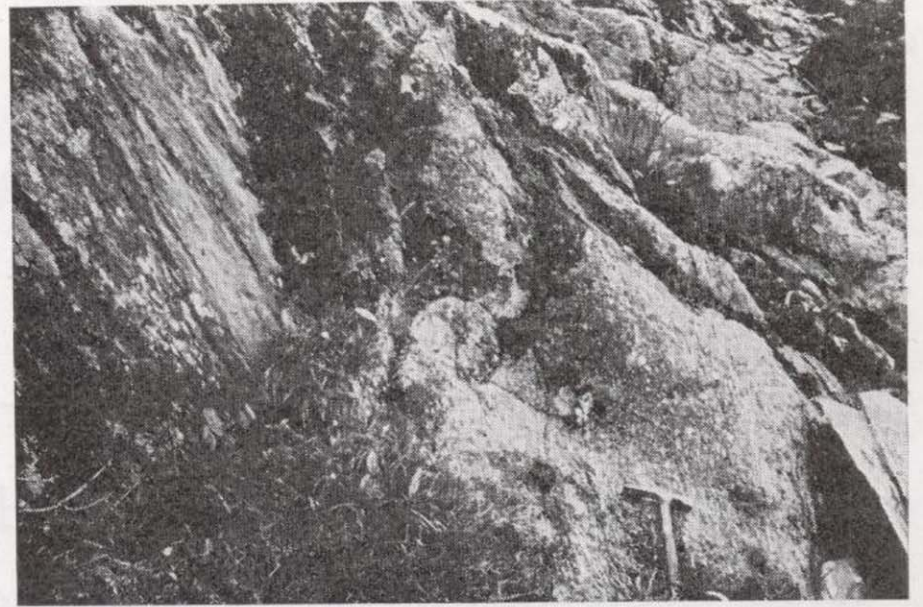
- Pizarras ampelíticas del Silúrico que pasan gradualmente a...
- Pizarras negras gris oscuro en las que es visible la estratificación por la presencia esporádica de niveles (1 mm.) finamente arenosos (CO₄).
- Alternancia milimétrica de pizarra gris y arenisca o cuarcita clara (CO₃).
- Cuarcitas de color gris claro a rosado en bancos de más de 1 cm. separados por finos niveles pelíticos (frecuentemente micacitas). A veces estas cuarcitas son algo pelíticas y entonces presentan esquistosidad (CO₂).
- Pizarras o esquistos o micacita (CO₁). Engloban algún nivel de varios metros de cuarcita blanca.

El paso vertical de una formación a la otra generalmente no es neto sino que se hace por medio de recurrencias, indicadoras del cambio lateral de facies.

En los circos de los ríos Cinqueta y Aignes Cruces, la serie cambro-ordovícica está en conjunto verticalizada o buzando al Sur y se dispone según bandas de dirección regional N120E siendo más antiguas de Sur a Norte.

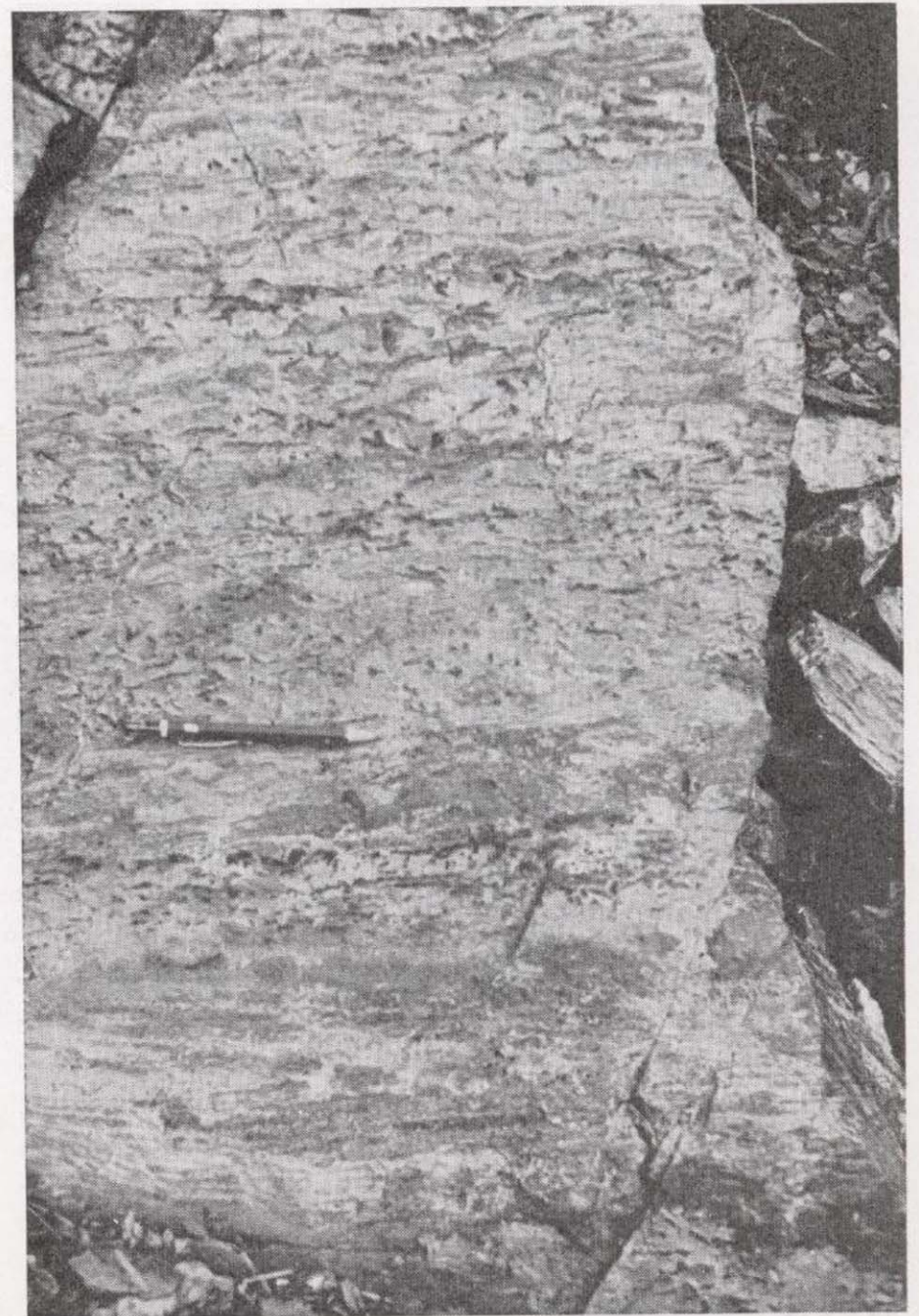
En el corte de la margen este del río Cinqueta se observan, dentro de la formación CO₃, varios niveles de conglomerado de elementos de cuarzo estirados (fotografía 1). Uno de estos niveles llega a medir 15 m. de potencia con elementos de hasta 7 cms. de diámetro máximo.

Otro nivel singular lo constituye la caliza marmorizada con alguna pasada pelítica que se encuentra en lo alto



Fotografía núm. 1

En dirección Este. Conglomerados de la serie del Cambro-ordovícico del río Cinqueta. Esquistosidad de la fase segunda en pizarra.



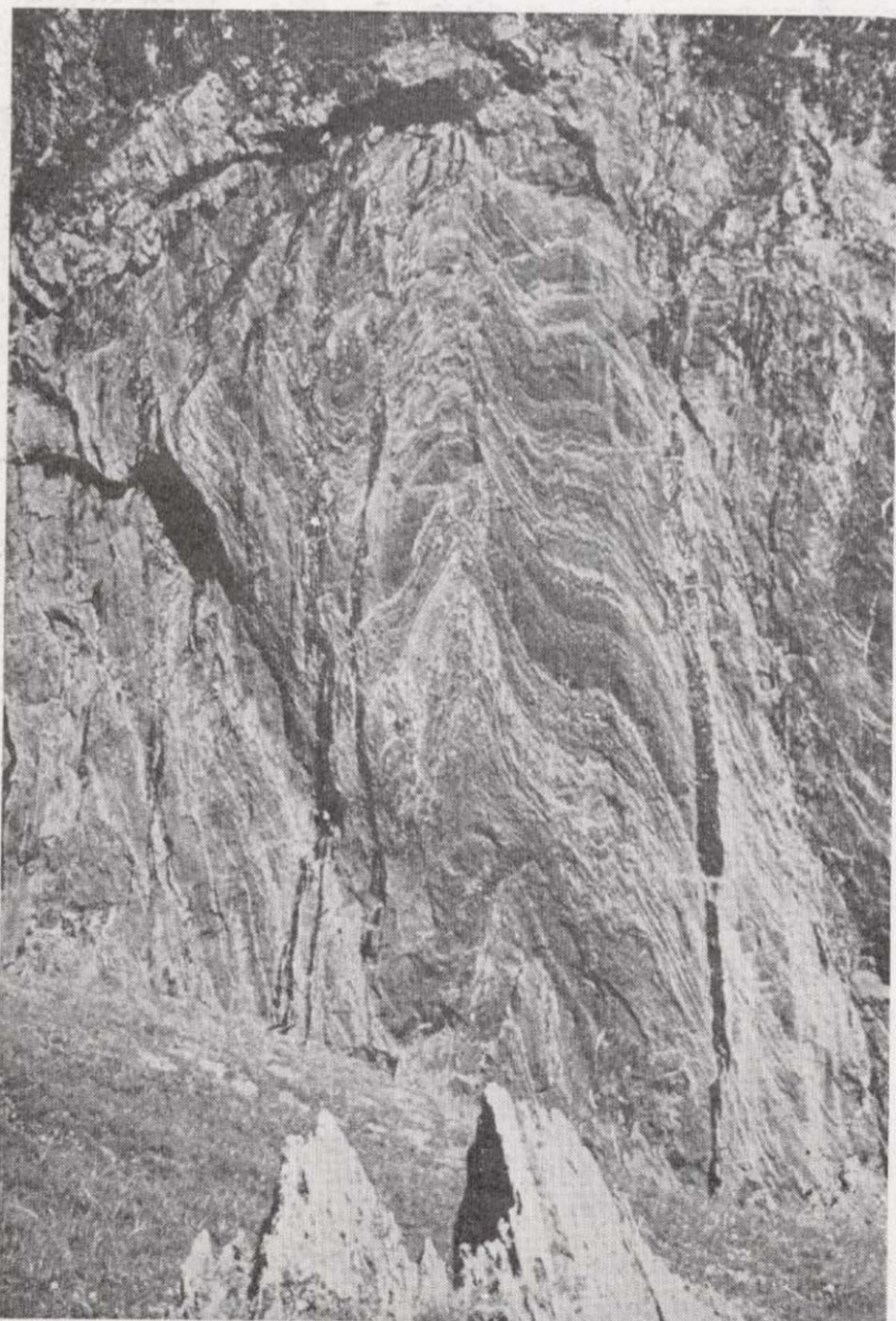
Fotografía núm. 2

Minerales de metamorfismo (andalucita) orientados. Cambro-ordovícico del río Cinqueta

del escarpe norte del barranco de Urdiceto. Este nivel de caliza está muy próximo al granito y estratigráficamente se encuentra en el techo de la litofacies CO₂.

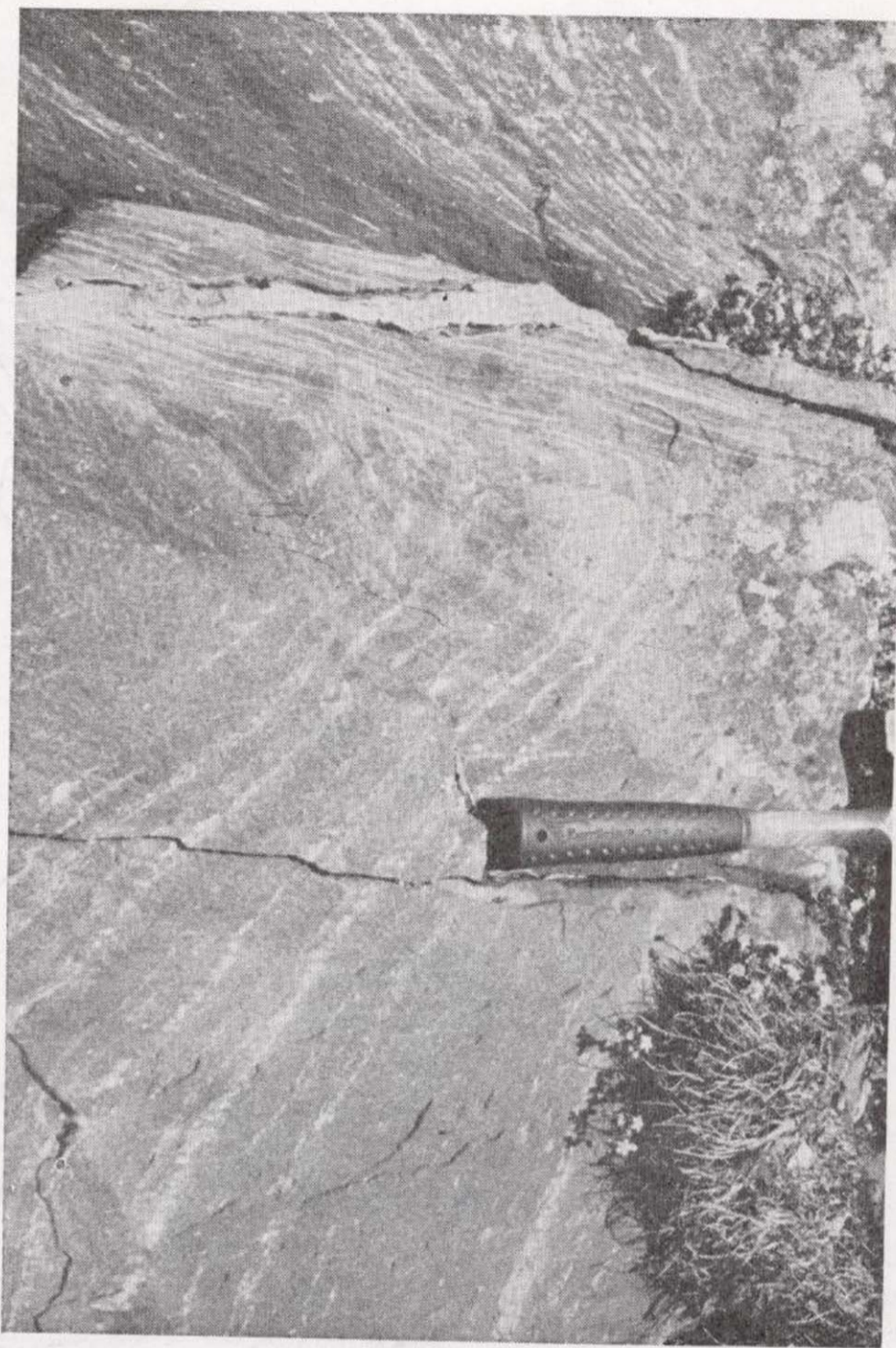
En cuanto al Silúrico, que tiene su facies característica de pizarras fisibles ampelíticas, presenta en el Pico Blanco, no ya un único nivel de caliza negra con Ortocerátidos como es el caso de la parte superior del Silúrico en la zona del Posets y Vallibierna (XIX, XX y XXI Campamentos), sino varios intercalados en pizarras negras. Este hecho también se observa en el barranco de Aignes Cruces y en el collado al N de Leschabres.

El metamorfismo se presenta según dos aureolas. Una de ellas en relación con el granito de Bielsa tratándose probablemente de metamorfismo de contacto. La otra, en la parte nordeste de la hoja, está relacionada con el macizo granítico de Lys-Caillaouas cuyo borde sur penetra algo en Francia al N de la hoja de Liena. En esta aureola de metamorfismo regional se ha observado la presencia de cristales de andalucía, generalmente no orientados, pero que presentan en algunos casos una orientación preferen-



Fotografía núm. 3

Repliegues de tipo similar. Devoniano del barranco de Aignes Cruces.



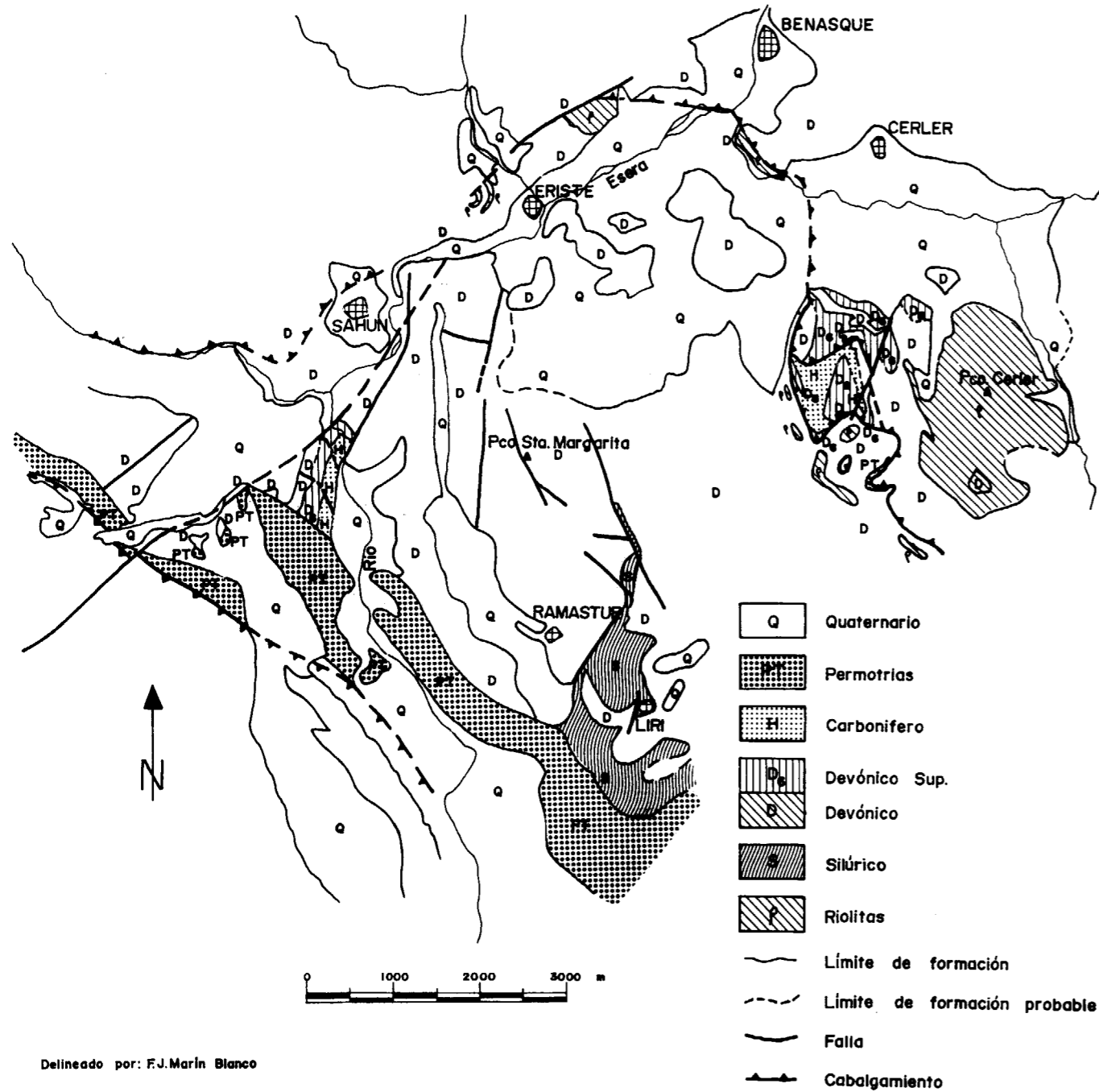
Fotografía núm. 4

Pliegue similar asimétrico en pizarras con pasaditas arenosas. Devoniano en la pista nueva al N de Baños de Benasque.



Fotografía núm. 5

En dirección Noroeste. Anticlinal en caliza del paso Devónico-Carbonífero, en el arroyo al E del pico Labert II. En segundo término, el pueblo de Cerler y la depresión ocupada por las pizarras del Devoniano. En sombra, Tucas de Ixea, en Devoniano. Al fondo, macizo granítico del Perdiguero.



Delineado por: F.J. Marín Blanco

MAPA GEOLOGICO DEL S. DE BENASQUE

te (fotografía 2). El estudio petrográfico muestra además la presencia de estaurólita.

La estructura del Cambro-Ardovícico es la que se representa esquemáticamente en la figura 1, según un corte siguiendo la margen oeste del valle del río Cinqueta. Hay

una fase previa de directrices Este-Oeste y vergencia al Sur con esquistosidad de flujo, frecuentemente subparalela a la estratificación y pliegues muy isoclinales, a lo sumo de amplitud 300 metros observada. Posteriormente hay otra fase que tiende a verticalizar las series y pro-

duce pliegues en cascada hacia el Sur, bien visibles entre los barrancos de Turrueba y Culfreda. Localmente se observan micropliegues en acordeón asociados a esta fase.

Siguiendo a otros geólogos, que han trabajado en el Pirineo y que consideran una fase de directrices norteadas como fase primera, se puede atribuir a las fases descritas anteriormente el orden de fase segunda y fase tercera, respectivamente.

En la memoria del XXI Campamento se consideró como fase segunda a la responsable de los pliegues en el Devoniano que contoneaban el macizo de Posets por el Noroeste y que al N del Posets pasaban a ser isoclinales verticales. En este XXII Campamento se ha visto, en el barranco de Aignes Cruces, que se trata en realidad de la fase tercera, que es prácticamente coaxial con la fase segunda, habiendo tenido ésta una vergencia al S, como en el Cambro-Ordovícico. En la figura 2 se ha esquematizado la relación entre los elementos estructurales a lo largo de un itinerario Sur-Norte, de unos 600 metros en el Devoniano de Aignes Cruces. En la parte inferior de la figura se ha reconstruido, aproximadamente, la estructura, antes de la fase tercera. Hacia el N, la esquistosidad S₃ se hace muy penetrativa y llega a ser de flujo, borrándose la esquistosidad anterior y produciéndose el estilo de pliegues de la fotografía número 3, paralelos a las directrices cartográficas.

2.2.2. HOJA DE BOSOST

Se hicieron algunos recorridos generales por la parte aragonesa de la hoja, al N del macizo granítico de la Maladeta. Esta zona es el objeto del trabajo de fin de carrera, actualmente en curso de J. M. Ríos, alumno participante en este campamento. El hecho más importante que se destaca es la atribución de las calizas marmóreas de La Renclusa, al paso Devoniano-Carbonífero y no al Devoniano medio (WATERLOT, 1969). Esto por criterios faunísticos y estratigráficos.

2.2.3. HOJA DE BENASQUE

Sobre el detallado estudio de Enrique Orche, instructor del XXI Campamento, y de los equipos (una componente de los cuales es hoy su mujer), que recorrieron con él la zona de la Sierra de Santa Margarita, al N de

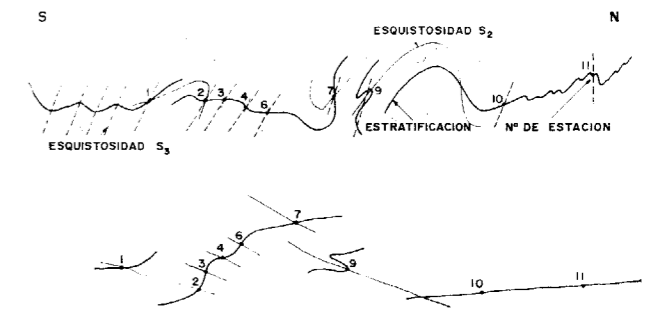


Figura 2

Liri, se hicieron las observaciones complementarias necesarias ampliando la cartografía hasta el Pico de Cerler y hasta Benasque.

En el anterior campamento, en la zona de Liri, la parte inferior de la alternancia pizarra-caliza de base del Devoniano con abundantes Crinoides, quedó datada como Silúrico. Este nivel debe corresponderse con el nivel o niveles de caliza con Ortocerátidos de las hojas de Liena y de Bielsa. Esta correlación viene apoyada por la atribución al Silúrico (zona 30 de Graptolites) que J. M. DE GARDIN (1974) hace de las pizarras superiores a la caliza con Ortocerátidos del puente de San Jaime (río Esera), mientras que la alternancia suprayacente (caliza-pizarra) la data como Gedinense por nannofósiles.

Otros hechos relevantes son:

- La presencia al N de Liri de la formación Basibé (MEY, 1967), muy brechificada y recrystalizada, que llega a tener, a veces, aspecto carnolesco, y otras resulta una brecha poligénica de cemento carbonatado (esparita). En el mapa de WENNEKERS (1968) figura como Keuper.
- Las formaciones carboníferas de los picos Labert I y Labert II vienen corridas hacia el S sobre un substrato monoclinial devoniano, que tiene, no obstante, repliegues secundarios de plano axial paralelo a la estratificación del conjunto monoclinial. El término más alto de este monoclinial está compuesto por pizarras, a veces negras a veces marrones satinadas, con abundantes vulcanitas asociadas. Hacia el O, la superficie de cabalgamiento se oculta en el Cuaternario de Benasque. Al otro lado del Cuaternario es lógico hacerlo pasar por encima de las vulcanitas de Eriste, y allí se termina contra una falla transversa.
- Este corrimiento toma el relevo al corrimiento del collado de Sahún (hoja de Bielsa), el cual se amortigua en la proximidad norte de dicho pueblo.
- Se ha visto que las pizarras atribuidas al Carbonífero, en anteriores mapas, en las áreas de Cerler, Ramastur y Liri son en realidad devonianas. Este tema, así como el de la atribución errónea de las calizas de La Renclusa (hoja de Bosost) al Devoniano medio serán el objeto de una próxima nota.

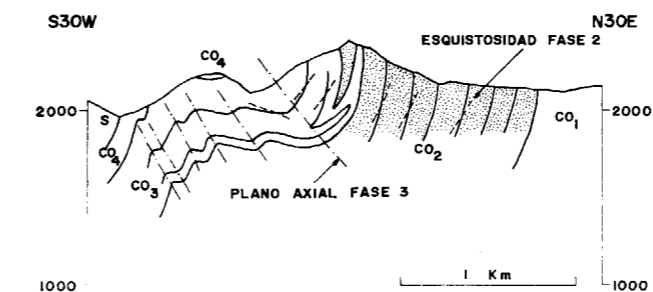


Figura 1

Se crea la Comisaría de Energía y Recursos Minerales

El Instituto Geológico y Minero de España, Organismo Autónomo dependiente del Ministerio de Industria

Real Decreto 278/1977, de 25 de febrero, por el que se crea la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales.

La energía y los recursos naturales constituyen hoy más que nunca elementos sustanciales para el adecuado desarrollo de toda actividad económica.

La dependencia que en ambos órdenes tiene nuestro país del exterior determina la necesidad de intensificar la búsqueda y explotación de nuestros propios recursos naturales, así como la necesidad, también, de garantizar un justo y adecuado suministro de materias primas.

Todo ello aconseja que, en cada momento histórico, la estructura administrativa se adecúe a las exigencias de cada tiempo, coadyuvando los órganos administrativos a la coordinación de los esfuerzos que esta actividad requiere, a la vez que se mejoran y ordenan más racionalmente los medios actuales.

A esta finalidad responde la creación de la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales, que coordinará las funciones y actividades actualmente encomendadas a la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción y a la Dirección General de la Energía.

De otra parte, y dentro de este mismo espíritu, debe hacerse constar que la reciente Ley de Fomento a la Minería establece nuevos criterios de política minera que, superando los hasta ahora vigentes, meramente ordenadores de esta actividad, pretenden impulsar y estimular la producción y explotación de nuestros recursos minerales, incluso promoviendo adecuadas acciones en el exterior.

Junto a las acciones y actividades anteriormente mencionadas, la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales adquirirá también vital relevancia en la función de control y ahorro de energía y otras materias primas.

Como órgano de carácter consultivo se constituye, también, la Comisión Nacional de la Energía, que integrada por representantes de los Departamentos y Organismos interesados tendrá como funciones fundamentales las propuestas de revisión de los Planes energéticos nacionales, el Plan nacional de combustible, Planes de investigación, así como los Programas para la utilización de nuevas fuentes energéticas.

En su virtud, con la aprobación de la Presidencia del Gobierno y a propuesta del Ministro de Industria, previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día veinticinco de febrero de mil novecientos setenta y siete,

DISPONGO:

Artículo primero.—Se crea en el Ministerio de Industria la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales, que tendrá como misiones fundamentales:

La elaboración de las propuestas del Plan energético nacional, de los Planes nacionales de combustibles, del Plan nacional de abastecimientos de materias primas minerales y demás Planes nacionales que se deriven o sean consecuencia de los anteriores; la elaboración de las propuestas de las tarifas y de los precios de los servicios y productos energéticos; la vigilancia de los consumos de energía y materias primas minerales y la adopción de las medidas necesarias para su mejor utilización; el establecimiento, en colaboración con el Ministerio de Comercio, de la política de adquisición de crudos de petróleo, así como el informe previo sobre la fijación de fletes oficiales para el transporte de crudos de petróleo; la adopción de las medidas necesarias para el fomento de la tecnología energética y minera, así como cualquier otra función o actividad que se le atribuya en el presente Decreto o que en el futuro pueda encomendársele.

Artículo segundo.—El Comisario de la Energía y Recursos minerales, que tendrá la categoría de Subsecretario, ejercerá las funciones enumeradas en el artículo anterior, coordinando a estos efectos los Centros directivos siguientes:

- a) Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.
- b) Dirección General de la Energía.

Artículo tercero.—De la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales dependerá directamente la Subdirección General de Planificación Energética y un Gabinete Técnico con nivel orgánico de Servicio.

Artículo cuarto.—La Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción se estructura en las siguientes unidades con nivel orgánico de Subdirección General:

- Uno. Subdirección General de Ordenación Minera.
- Dos. Subdirección General de Investigación y Explotaciones Mineras.
- Tres. Subdirección General de Abastecimientos de Recursos Minerales.

Cuatro. Subdirección General de Industrias de la Construcción.

DISPOSICION FINAL

La Comisión Nacional de la Energía, constituida de conformidad con lo dispuesto en el artículo sexto del presente Real Decreto, procederá a la revisión del Plan Energético Nacional, aprobado por el Gobierno en su reunión de veinticuatro de enero de mil novecientos setenta y cinco.

La revisión del Plan Energético Nacional se realizará para el período comprendido entre los años mil novecientos setenta y siete y mil novecientos ochenta y siete y deberá llevarse a cabo teniendo en cuenta los siguientes criterios básicos:

- Máxima utilización de los recursos energéticos nacionales, perfeccionando para ellos los medios humanos, técnicos y económicos necesarios para procurar un incremento del patrimonio nacional de recursos energéticos.
- Máxima diversificación de fuentes de abastecimiento, al mínimo coste, en el exterior, compatible con lo indicado en el párrafo anterior.
- Reducción al máximo del desequilibrio en la balanza de pagos como consecuencia de la importación de energía primaria.
- Adopción de medidas de ahorro energético en línea con las recomendaciones de la Agencia Internacional de energía.
- Promoción del desarrollo tecnológico en el campo energético.
- Mantenimiento de niveles aceptables de incidencia de las instalaciones energéticas en el medio ambiente.

El Ministerio de Industria elevará al Gobierno la propuesta de revisión del Plan Energético Nacional, con anterioridad al treinta de junio del presente año.

De la misma manera, el Ministerio de Industria elevará al Gobierno la propuesta de revisión del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales (no energéticos) con anterioridad al treinta de junio del presente año.

En este sentido, y a efectos de lo previsto en la Ley seis/mil novecientos setenta y siete, de cuatro de enero, de Fomento de la Minería, se constituye la Comisión Interministerial Asesora del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales.

El Gobierno, a propuesta del Ministerio de Industria, determinará la composición de la referida Comisión Interministerial en la que deberán estar representados los Ministerios de Asuntos Exteriores, Hacienda, Industria, Comercio y Alto Estado Mayor, además de los sectores productores y transformadores interesados.

Dado en Madrid a veinticinco de febrero de mil novecientos setenta y siete.—JUAN CARLOS.—El Ministro de Industria, *Carlos Pérez de Bricio Olariaga*.

Artículo quinto.—La Dirección General de la Energía se estructura en las siguientes unidades con nivel orgánico de Subdirección General:

Uno. Subdirección General de Energía Eléctrica, de la que dependerá un servicio de Energía Hidráulica.

Dos. Subdirección General de Energía Nuclear y nuevas energías.

Tres. Subdirección General de Combustibles.

Artículo sexto.—Se crea, en el seno del Ministerio de Industria, la Comisión Nacional de la Energía, como órgano consultivo del Departamento, con las misiones fundamentales de estudio e informe de las propuestas de revisión de los Planes Energéticos Nacionales, Planes Nacionales de Combustibles, definición de la política energética general y de los Planes de Investigación del carbón, hidrocarburos y uranio, así como de los programas de utilización de nuevas fuentes energéticas.

La Comisión estará presidida por el Ministro de Industria, actuando como Vicepresidente el Comisario de la Energía y Recursos Minerales, Formarán parte, como Vocales, representantes de los Ministerios de Asuntos Exteriores, Hacienda, Obras Públicas, Industria, Comercio y Alto Estado Mayor. La Secretaría de la Comisión estará adscrita a la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales.

Las Subcomisiones nacionales de hidrocarburos, de carbones y de combustibles nucleares, creadas por Orden ministerial de veintidós de enero de mil novecientos sesenta y nueve, quedarán encuadradas en la Comisión Nacional de la Energía, que constituirá, además, las Subcomisiones que resulten adecuadas al mejor cumplimiento de sus fines.

Artículo séptimo.—Uno. El Instituto Geológico y Minero de España se constituye como Organismo autónomo dependiente del Ministerio de Industria, adscrito funcionalmente a la Comisaría de la Energía y Recursos Minerales.

Dos. La organización, funciones y dotación del Instituto Geológico y Minero de España se desarrollará por Decreto, a propuesta del Ministro de Industria.

Artículo octavo.—Por el Ministerio de Hacienda se habilitarán los créditos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en este Real Decreto.

Artículo noveno.—Se faculta al Ministro de Industria para dictar las normas complementarias para la ejecución y desarrollo de lo dispuesto en el presente Decreto.

Artículo diez.—El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

DISPOSICION TRANSITORIA

Hasta tanto se promulgue el Decreto a que se refiere el artículo séptimo, el Instituto Geológico y Minero de España se regirá por las disposiciones hasta la fecha vigentes.

X Curso de Hidrogeología Aplicada

El día 1 de marzo se inauguró, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, el X Curso de HIDROGEOLOGIA APLICADA, bajo la presidencia del Ilmo. Sr. Director General de Minas e Industrias de la Construcción, señor don José Sierra López, que estuvo acompañado por el Vicerrector de la Universidad Politécnica en representación del Excmo. y Magnífico señor Rector, así como por el Ilmo. señor Director del Instituto Geológico y Minero de España, señor don Pedro Fontanilla; el Ilmo. señor Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, señor don Juan José Miravet del Valle; el Director del Curso, señor don Indalecio Quintero y otras personalidades.

El Ilmo. Señor Director General cedió la palabra al Director del Curso que procedió a la presentación del conferenciante don Fernando Pendás Fernández y dio la bienvenida a la nueva promoción de alumnos de esta décima edición de los Cursos de Hidrogeología, resaltando el hecho de que en la evolución de su enfoque se ha llegado a un sistema que:

“Se procura satisfacer no sólo al posgraduado que, al no haber encontrado todavía un trabajo acorde con sus conocimientos, dispone del tiempo suficiente para llevar a cabo un curso monográfico completo; sino también al profesional al que sus múltiples ocupaciones sólo le permiten buscar en algún área suelta una especialización complementaria.”

Igualmente mostró su satisfacción por cuanto estos cursos, con la colaboración de todos, han conducido a una imagen actualizada:

“Porque no es el descubrir cosas nuevas sino presentar como nuevas, las viejas y conocidas por todos, lo que caracteriza a los sistemas más originales y mejor organizados.”

A continuación, el Ilmo. señor Director General cedió la palabra a don Fernando Pendás Fernández, Doctor Ingeniero de Minas, que tuvo a su cargo la lección inaugural “La Hidrogeología y los almacenamientos subterráneos”.

Entre otras cosas, y ante la imposibilidad de reproducir su extensa conferencia, destacamos los siguientes párrafos:

“Del análisis de los mecanismos que utiliza la naturaleza para la formación de sus almacenamientos (hidrocarburos líquidos, gaseosos, etc.), el hombre ha conseguido crear sus propios almacenajes a precios fuera de toda competencia, cuando las cantidades implicadas, alcanzan volúmenes importantes, como son frecuentes en las economías de los países desarrollados.

Existen más de 400 almacenes subterráneos en todo el mundo, repartidos en 12 países, con una capacidad de

25.000×10⁶ Nm³, equivalentes a 300 Mtep, y de ellos en Europa Occidental, 20.000×10⁶.

Para países sin producción de hidrocarburos, o con producción escasa como España, la constitución de reservas estratigráficas, constituye una garantía indispensable para poder conseguir la continuidad en el abastecimiento.

Para que una estructura subterránea pueda utilizarse como almacén es necesario que estén presentes rocas coberteras y almacén, debidamente estructuradas. En la exploración de estas estructuras, la hidrogeología juega un papel fundamental, y tiene en la tecnología del almacenamiento en el subsuelo, unos horizontes mucho más amplios que en los de las meras explotaciones de los acuíferos más superficiales, y requiere la movilización de medios económicos en gran escala.

Tanto en la explotación minera y petrolífera, como en la exploración de almacenamientos, se utilizarán cada vez más los conceptos y técnicas hidrogeológicas; por eso, queremos llamar la atención para que, cuando con el pretexto fatuo, de la unidad del agua, se pretenda desligar administrativa y oficialmente el agua subterránea del subsuelo que la contiene, los responsables de la Administración, no permitan tal dislate, porque el agua en el subsuelo es inseparable de la roca que la contiene, y la utilización para usos múltiples del subsuelo, que ya en otros países se está realizando en gran escala, sólo la conseguirán mediante un exhaustivo conocimiento de los mismos, y considerándolos tanto a efectos tecnológicos, como legales, como una unidad indivisible.”

Finalmente el Ilmo. señor Director General pronunció unas palabras de felicitación para el conferenciante y recalcó la importancia de los almacenamientos subterráneos mostrándose de acuerdo con él:

“... y voy todavía más allá; la metalogía científica del futuro no podrá concebir la formación de yacimientos minerales, particularmente originados por la actividad de las aguas hidrotermales, sin una combinación clara de los conceptos de la paleohidrogeología y del conocimiento de las estructuras subterráneas que, en definitiva, son la roca almacén de los yacimientos minerales.”

El Ilmo. señor don José Sierra López, terminó su brillante disertación con estas palabras:

“Quiero con esto, una vez más, poner de manifiesto cuán sugestiva es la contemplación del carácter interdisciplinario de las ciencias geológicas y cuánto se enriquecen mutuamente en la interpretación geológica del subsuelo.

Y nada más que reafirmar mi deseo de que esta conferencia sea un feliz augurio del resto de las sesiones.

Queda inaugurado este décimo Curso de Hidrogeología Aplicada.”



Noticias

MINERIA

MEJORA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO EN MINERIA

El Ministerio Federal de Investigación alemán ha concedido hasta la fecha 24 millones de marcos, destinados a proyectos de investigación con vistas a mejorar las condiciones de trabajo en las minas de carbón de piedra. Según declaraciones del Ministro de Investigación, Hans Matthöfer, un tercio de todos los medios financieros otorgados hasta ahora dentro del programa “Humanización del mundo laboral”, viene a recaer en minería. Los proyectos iniciados nuevamente el pasado año 1975, habrán de servir en especial a la seguridad de los puestos de trabajo bajo tierra y a la salud de los mineros.

Los proyectos de investigación prevén, entre otras cosas, el desarrollo de nuevos aparatos de medición con cuya ayuda sea posible, por ejemplo, reducir a un mínimo el peligro de una explosión de grisú originada por una concentración de metano. Planea un aparato protector con oxígeno propio y un sistema de refrigeración incorporado, que en el futuro haga posibles las medidas de salvamento en ambientes calientes y cargados de gases tóxicos.

Otros proyectos tienden a evitar y combatir posibles incendios en las minas; medidas todas ellas que ayudarán a evitar que los mineros queden sepultados y aportarán métodos para la reducción del polvo en las labores mineras.

RESERVAS ACTUALES DE URANIO EN ESTADOS UNIDOS

Un estudio realizado en Estados Unidos sobre las actuales reservas de uranio en dicho país, llega a la conclusión de que si se quieren cubrir las necesidades de U₃O₈ para los años 1985-1995, será preciso triplicar el ritmo actual de las prospecciones en busca de nuevas reservas, de forma que se consiga el descubrimiento por término medio de unas 60.000 toneladas de U₃O₈ anuales. La producción anual de U₃O₈ en Estados Unidos asciende a unas 12.000 toneladas, suficiente para cubrir las 10.000 toneladas de consumo anual actual. Dicha producción sólo podrá ser duplicada según las reservas disponibles, mientras que los cálculos muestran que el consumo de uranio alcanzará las 30.000 toneladas en 1980 y posiblemente las 70.000 toneladas para 1990.

HIDROCARBUROS

LA PROBLEMATICA DE LOS YACIMIENTOS PETROLIFEROS BRASILEÑOS

Brasil, a través de su empresa nacional del ramo, Petrobras, publicó las condiciones regulares en este país de la concesión de contratos de prospección petrolífera por firmas extranjeras.

De las 52 compañías interesadas en principio en este negocio sólo diez u once han aceptado la discusión de los términos del contrato. Según estas condiciones, Petrobras detenta la propiedad del petróleo que se descubra en el país y se hará cargo de su producción. Las compañías extranjeras deberán devolver los yacimientos en tres fases, sin que se halle garantizado el hecho de que puedan poner en explotación todos los yacimientos que hayan encontrado. Las perforaciones que realicen las compañías extranjeras estarán limitadas a nueve zonas de la plataforma costera y una extensa zona terrestre en la Amazonia central, sin que exista por ahora ninguna perspectiva de ampliación de estas zonas ni del período de prospección.

Las posibilidades de que Petrobras suavice los términos de las negociaciones parecen haber mejorado últimamente, debido a circunstancias internas de producción, consumo y precio de los productos petrolíferos en Brasil. Durante la primera mitad del año 76, la producción de productos petrolíferos de Petrobras ha ido declinando, hasta llegar a la cifra de 172.000 barriles/día, mientras que el consumo nacional brasileño asciende a un millón barriles/día, con tendencia a aumentar rápidamente. La subida de precio de la gasolina no ha conseguido reducir el consumo entre los automovilistas.

Las compañías extranjeras interesadas en las concesiones petrolíferas brasileñas esperan que el gobierno influirá sobre la Petrobras para que ésta facilite la concesión de zonas de prospección a unas empresas que, en definitiva y con todos los inconvenientes que ello pueda tener para los intereses nacionales, están en condiciones de poner en explotación unos yacimientos petrolíferos, posiblemente importantes, y que, de otro modo, con sólo los recursos brasileños, tardarían aún mucho tiempo en estar en situación de poder ser aprovechados.

Las compañías que todavía insisten en obtener estas concesiones y que han pagado del orden de 400.000 dóla-

res por cada zona, son la British Petroleum, la Shell (americana y europea), la Petrofina (belga), la Exxon, la Gulf, la Texaco, la Mobil y la Chevron, además de un consorcio encabezado por la Conoco y la Occidental y, quizá, la Elf-Erap francesa.

EL GAS NATURAL, SECTOR DE "INTERES PREFERENTE" EN ESPAÑA

Mediante un Real Decreto fue declarado sector de "interés preferente" las actividades de abastecimiento, producción, almacenamiento, conducción y distribución de gas natural. ("B. O. E", 18-6-1976.)

ENERGIA

ESTIRADO DE LAS LAMINAS DE SILICIO

Dentro del proyecto gubernamental japonés para el aprovechamiento de la energía solar, la firma Toshiba ha desarrollado, a escala de laboratorio, un procedimiento para el estirado en fusión de láminas de silicio de 800 mm de longitud, por 30 mm de anchura y 0,3 mm de espesor. Cuanto menor sea el espesor de estas láminas y mayor la velocidad del proceso de estirado, más bajos serán los costes de producción. Teniendo en cuenta que el rendimiento de estas láminas de silicio para transformar energía solar en electricidad es del 9 por 100, si se consigue reducir su espesor a 0,1 mm y aumentar al mismo tiempo la velocidad de estirado se habrá podido disminuir sus costes de producción en un 99 por 100, y se podrán aplicar rentablemente a la transformación directa de energía solar en electricidad.

LAS FUENTES DE ENERGIA EN LA C. E. E.

La Comunidad Económica Europea ha incrementado la producción de sus fuentes de energía primarias en un 5,1 por 100 durante 1975. La de carbón fue un 6,4 por 100 mayor que en 1974, la de petróleo un 7,0 por 100, la de gas natural un 3,2 por 100 y la de electricidad un 11,5 por 100. Esto significa que ha mejorado la cobertura de las necesidades energéticas de la Comunidad con recursos propios. Lo cual, unido al considerable descenso de consumo interior que se ha registrado como consecuencia de la crisis económica, ha reducido el índice de dependencia

energética de esta asociación de países respecto del exterior a un 60 por 100. En 1974, este índice de dependencia ascendía a un 61,5 por 100.

LAS INSTALACIONES ELECTRONUCLEARES

Según estimaciones de la Comisión Europea, la industria de los nuevos países integrantes de la C.E.E. productores de material pesado en el campo de la ingeniería eléctrica y de la construcción de instalaciones electronucleares estará, hasta finales de la presente década, en condiciones de atender la demanda interior e incluso de disponer de algunos excedentes para la exportación. La Comisión calcula que —de 1975 a 1985— deberán instalarse anualmente las siguientes capacidades (cifras en MWe) de potencia de origen convencional (sobre todo, térmico) y nuclear mediante la creación de nuevas centrales o la ampliación de las existentes:

Año	Centrales convencionales	Centrales electronucleares	Total
1975	10.200	5.400	16.600
1976	13.900	6.200	20.100
1977	15.500	5.200	20.700
1978	12.200	6.500	18.700
1979	10.800	12.600	23.400
1980	9.200	16.700	25.900
1981	8.600	19.000	27.000
1983	8.500	18.700	27.200
1984	9.700	24.800	34.500
1985	11.000	20.200	31.200

CARTOGRAFIA

ATLAS TERRESTRE

Especialistas de Bulgaria, Hungría, Polonia, República Democrática Alemana, Rumania y la Unión Soviética están elaborando un atlas de la Tierra en el que toda la superficie de la misma se representa a la misma escala de 1:2.500.000. Se utiliza también un sistema unificado de signos convencionales. El atlas constará de 234 láminas, conteniendo información de tipo geológico, hidrográfico y económico, así como acerca del relieve de los fondos marinos.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

CAPA VITREA SOBRE ALEACIONES METALICAS

En los laboratorios del "United Technologies Research Center" se ha logrado producir una delgada capa vítrea sobre la superficie de aleaciones metálicas con ayuda de un rayo láser. Las piezas así tratadas conservan todas las propiedades inherentes a la aleación de que se trate, a excepción de su resistencia a la corrosión y dureza superficial, considerablemente mejoradas.

El fundamento de este tratamiento consiste en aplicar el láser para fundir instantáneamente una capa delgada de la superficie de la aleación, la cual se enfría a una gran velocidad (aprox. un millón °K por segundo), impidiéndose así cualquier tipo de cristalización y formándose una capa vítrea que confiere a la aleación las propiedades antes mencionadas.

GASIFICACION A 1.500 METROS DE PROFUNDIDAD

Con el apoyo económico del Ministerio Federal de Investigación y Tecnología y en colaboración con el Saarberg-Interplan, así como con científicos belgas, se está estudiando por eso en el Instituto de Siderurgia de la Escuela Superior Técnica de Aquisgrán la posibilidad de transformar la hulla situada a grandes profundidades (1.500 m.) "in situ" mediante su transformación en gas, que se hace llegar después a la superficie mediante las perforaciones correspondientes.

En el método de gasificación "in situ" de la hulla primariamente se practica una perforación a través del terreno de recubrimiento hasta llegar a un estrato de hulla que posea la potencia suficiente. Entonces se realiza una segunda perforación a una distancia adecuada, se revisten ambas con tubos. Se introduce a presión por uno de los tubos en el estrato de hulla un medio gasificante, como, por ejemplo, hidrógeno, encendiéndose el carbón con la ayuda de una "bomba de magnesio" o de una chispa eléctrica. En el proceso de combustión así iniciado y que sigue desarrollándose automáticamente a partir de la inflamación inicial, el carbono reacciona con el hidrógeno, produciéndose gas natural (metano). Este valioso gas fluye a través del canal de enlace por el tubo extractor. Como en la reacción química se desprende mucho calor, el gas alcanza temperaturas elevadas. Pero en la superficie se le

despoja de ese calor, ya que es preferible transportar el metano en frío, pudiéndose, además, así obtener al mismo tiempo la energía necesaria para imprimir la presión correspondiente al hidrógeno y mantener así en marcha todo el proceso.

El hecho de realizar los experimentos con hidrógeno en lugar de aire, tiene la ventaja de que en la reacción de carbono con hidrógeno no puede producirse otra cosa que metano. El sistema desarrollado en Aquisgrán, de cambio periódico de intensidad en la presión del hidrógeno, tiene la ventaja de una mejor carbonización del yacimiento. Al reducir la presión se desprende la ceniza de las paredes, quedando libre la próxima capa de hulla. Este sistema pulsátil mantiene siempre libre y expedito el canal de gasificación.

Lo que sobre todo se estudia en Aquisgrán es si estos procesos, que se dominan ya a cielo abierto, se desarrollan de la misma manera en el subsuelo. Los investigadores simulan en autoclaves las condiciones subterráneas, variando para ello la clase de carbón y de rocas adyacentes, así como las presiones, las temperaturas y los medios gasificantes (aire, oxígeno, vapor de agua e hidrógeno).

Es muy posible que con un solo sondeo pueda ponerse en explotación todo un paquete de estratos hullíferos, perforando todos los estratos y comenzando la gasificación por el más profundo, haciendo que se desplome el hueco así formado como consecuencia de la presión del terreno superior de recubrimiento. Parece lo más probable que así se esponje el estrato de carbón inmediatamente superior, bastando con romper el tubo a esa altura y con volver a inyectar hidrógeno por el mismo para producir de nuevo metano de calidad alta.

COMPUESTOS QUIMICOS DEL MEDIO AMBIENTE

Basándose en la espectrometría rotacional de microondas, los laboratorios norteamericanos "Lawrence Livermore" han puesto a punto una serie de espectrómetros de microondas para la detección de los diferentes compuestos químicos en estado gaseoso que contaminan el medio ambiente. Los aparatos actualmente en uso permiten la detección de formaldehído, amoníaco y vapor de agua en una concentración del orden de muy pocas partes por millón y se realizan los prototipos para la detección de dióxido de azufre y anhídrido carbónico. Las últimas investigaciones se dirigen al desarrollo de un espectrómetro que sea portátil y con capacidad para analizar diez gases industriales distintos por simple giro de un selector de microondas incorporado al mismo. Japón también trabaja

en estos aparatos, disponiéndose en este país actualmente de un espectrómetro que detecta acroleína, formaldehído, amoníaco y metil-isocianato.

LA FABRICACION DEL ACIDO FOSFORICO

La firma soviética Khimprom ha puesto en marcha un nuevo proceso de fabricación de ácido fosfórico, que permite obtener este producto con una concentración de P_2O_5 superior en un 30 por 100 a la habitual. La capacidad de producción de la nueva planta es de unas 60.000 toneladas/año y se espera que, en el futuro, el proceso pueda aplicarse para el aprovechamiento los yacimientos de fosfato mineral de calidad baja existentes en la zona de Karatuau.

INVESTIGACION ESPACIAL

FUENTE DE RADIACIONES

Alrededor de la galaxia elíptica NGC 315, se ha descubierto la existencia de una gigantesca fuente de radiaciones, de una desusada forma de Z y que se extiende casi un grado en el firmamento. La desusada configuración de esta fuente se explica en términos del modelo de haz rotatorio desarrollado por Henriksen y Bridle.

EL POLVO METEORITICO

Según se ha podido comprobar mediante la red sismográfica montada en la Luna por los tripulantes del Apolo, sobre la superficie de nuestro satélite están chocando continuamente partículas de polvo meteórico dotadas de velocidades que oscilan entre 2,4 y 74 km/seg. Su impacto produce una vibración que puede ser registrada en los sismógrafos si la masa del meteorito que lo produce es suficiente. La energía cinética de las partículas es considerable y, al chocar contra el suelo, excava un cráter y hacen saltar polvo caliente, por efecto del impacto, que, en parte, vuelve a caer sobre la Luna y, en parte, si su velocidad excede de la de escape, escapa al espacio.

LA DISMINUCION DEL OZONO ESTRATOSFERICO

Las consecuencias de la disminución en el espesor de la capa de ozono estratosférico serán una mayor intensidad

de las radiaciones ultravioleta de longitud de onda 280-320 milímetros, incidentes sobre la superficie terrestre. Este aumento de radiaciones ultravioleta producirá efectos biológicos y climatológicos.

Los efectos biológicos se manifestarán en el hombre, en los animales y en los cultivos. Los cálculos teóricos efectuados, teniendo en cuenta factores como la absorción y difracción de los rayos UV por el ozono y demás constituyentes atmosféricos, indican que, en días claros, una reducción del 10 por 100 en el contenido de ozono de la estratosfera producirá un incremento de un 20 por 100 en la intensidad de las radiaciones ultravioleta incidentes sobre la superficie terrestre. Parece ser que esta intensidad podría originar eritemas en la piel.

Los efectos climatológicos derivan de que el ozono absorbe intensamente las radiaciones solares de la zona ultravioleta y se calienta, manteniéndose de este modo la estratosfera a una temperatura resultado del equilibrio entre este calentamiento por absorción de radiaciones y un enfriamiento por emisión de rayos infrarrojos. Cualquier variación en este equilibrio tendrá una influencia directa sobre la distribución de temperaturas en la estratosfera, que, desde allí, pasará a la troposfera, donde modificará la circulación atmosférica y, en consecuencia, el clima. Estas interacciones habría que estudiarlas con más detalle, por ser evidente que al variar las condiciones climáticas en la tierra, esto mismo influiría en la composición de la estratosfera y todo el conjunto volvería a variar.

Los especialistas en el tema consideran que es razonable la posibilidad de que una disminución grande de la capa de ozono estratosférico llegue a producir trastornos biológicos y climatológicos en nuestro planeta. Hay numerosos aspectos de los fenómenos geofísicos implicados en estas cuestiones que no son todavía suficientemente conocidos. Es absolutamente necesario establecer un programa internacional coordinado por el WMO, que se encargue de estudiar exhaustivamente la atmósfera terrestre.

EL CAMPO MAGNETICO DE MERCURIO

Los datos sobre el campo magnético de Mercurio procedentes de las medidas realizadas recientemente por el Mariner 10 indican un momento dipolar magnético de unos 5×10^{22} Gauss, unas tres veces el terrestre y más de 10.000 veces el lunar. Asimismo, el Mariner registró la existencia de un campo magnético en la vecindad del planeta Mercurio, que era veinte veces el campo magnético interplanetario. La causa del momento dipolar de Mercurio se atribuye a un magnetismo residual de origen interno.

SATELITE PARA FINES METEOROLOGICOS

El satélite soviético Salyut-4 se ha utilizado, al parecer por primera vez, para fines meteorológicos. Con ayuda del espectrómetro infrarrojo de que va provisto, se ha medido el contenido de vapor de agua de la estratosfera y la mesosfera, con un resultado de 1 a 2×10^{-6} gramo de vapor de agua por gramo de aire, que equivale al contenido mínimo existente en las capas inferiores a los 30 kilómetros de altura. Las mediciones se hicieron en enero y febrero de 1975, durante períodos de cinco minutos, en el momento de la salida y de la puesta de sol. El satélite se encontraba en esos momentos a 349 kilómetros de altura.

EL CUARTO ANILLO DE SATURNO

Pierre Guérin, del Institut d'Astrophysique de París, anunció en 1970 su descubrimiento de un cuarto anillo interior de Saturno, al que designó por D. Hasta ahora, ninguno de los observadores de este planeta habían confirmado el hecho, lo que no es de extrañar puesto que las imágenes fotométricas del anillo C son ya muy débiles a consecuencia del brillo del propio globo de Saturno. Ultimamente, el mismo astrónomo ha corroborado su anterior descubrimiento, utilizando una técnica fotométrica más sensible. Guérin explora bidimensionalmente el anillo con un microfotómetro de puntos, siguiendo líneas paralelas a su eje mayor, introduciendo las necesarias correcciones para compensar la curvatura y obteniendo promedios a lo largo de líneas perpendiculares a la dirección de observación.

METANO SOLIDO EN PLUTON

Tres astrónomos de la Universidad de Hawai, utilizando el telescopio de 4 metros del Observatorio Nacional de Kitt, han determinado la existencia de metano sólido en la superficie de Plutón. La técnica empleada ha sido la observación de los rayos infrarrojos reflejados por el planeta, a través de dos filtros de banda muy estrecha, uno de los cuales dejaba pasar el brillo reflejado por el hielo de agua, y el otro el reflejado por el hielo de metano. Utilizando el mismo método en varias lunas de Saturno, en las que se conocía la presencia de hielo de agua, se comprobó que es Plutón el único planeta del sistema solar en el que existe hielo de metano. Necesita una temperatura inferior a los $50^\circ K$ para formarse.

COLA MAGNETICA DE JUPITER

Entre los datos y descubrimientos más interesantes aportados por las sondas espaciales norteamericanas "Pioneer" 10 y 11, figura la de la influencia de la "cola magnética" del planeta Júpiter, detectada a una distancia de 690 millones de kilómetros de su órbita. Esta distancia equivale a la que separa a Júpiter del Sol. La magnetosfera que rodea al planeta tiene un diámetro de 14 millones de kilómetros, con lo que la cola magnética posee una longitud virtual de cincuenta veces aquel diámetro. "Pioneer 10" cruzó la cola magnética de Júpiter a mediados de marzo del pasado año y sigue ahora su trayectoria, que le hará abandonar el sistema solar. La sonda "Pioneer 11", después de describir una órbita alrededor de Júpiter, llegará al entorno de Saturno dentro de tres años. La influencia magnética de Júpiter llega incluso más allá de la órbita saturnina y está representada por una porción de espacio aproximadamente cilíndrica. Saturno cruza cada veinte años la cola magnética de Júpiter; la próxima vez tendrá lugar en abril de 1981.

CONTAMINACION

ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS NUCLEARES

Los residuos nucleares muy concentrados producidos en las plantas de tratamiento de combustibles nucleares irradiados no pueden ser almacenados en estas plantas por más de diez años, por lo que urge disponer de un sistema de eliminación de los mismos antes de que transcurra la década de los años 80.

La Administración para la Investigación y Desarrollo de la Energía (ERDA) de Estados Unidos iniciará en 1977 un programa de investigaciones en busca de depósitos de almacenamiento seguro de residuos nucleares. Este programa, para el que se ha presupuestado la suma de 152 millones de dólares, comprenderá dos proyectos clave: investigación a nivel nacional de formaciones geológicas apropiadas para el almacenamiento a plazo largo de residuos, y construcción de un depósito subterráneo experimental en una formación salina para el almacenamiento de residuos de plutonio.

LA CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE DE LOS ESTADOS UNIDOS

La Ley de Contaminantes del Medio Ambiente, considerada entre las más avanzadas del mundo en su género, autoriza al Gobierno a exigir a cualquier persona o enti-

dad que facilite toda la información que se le pida sobre las sustancias que maneje y que puedan resultar nocivas para el hombre o el medio ambiente. Asimismo, y previa consulta con las autoridades de los distintos Estados de la Unión, puede dictar medidas para evitar o regular el uso de estas sustancias, sancionando con multas de hasta 100.000 dólares, o encarcelamiento hasta dos años, a aquéllos que incumplan estas medidas.

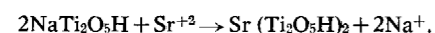
La información exigida constará de cinco puntos principales: persistencia en el medio ambiente; absorción por los tejidos; incorporación a la cadena alimenticia; grado de difusión en el aire y en el agua a través de los mecanismos de transferencia naturales, y posibilidades de recuperación de la sustancia en cuestión, una vez dispersada en el medio ambiente, y de producción de alteraciones biológicas, aun en cantidades traza.

ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS RADIATIVOS LIQUIDOS

En los laboratorios de investigación de la firma norteamericana Sandia se ha desarrollado un nuevo proceso para concentrar y compactar los desechos radiactivos líquidos con un nivel alto de actividad. Según las pruebas experimentales realizadas hasta ahora parece ofrecer esta técnica más ventajas que los métodos actualmente en uso, consistentes en la fijación de estos residuos en un medio sólido estable tal como en vidrios de borosilicato.

Fue ideado específicamente para el tratamiento de los desechos procedentes del combustible irradiado de reactores nucleares con moderador de agua ordinaria, pero parece ser que podrá utilizarse también para el tratamiento de otros residuos radiactivos líquidos y está basado en el intercambio iónico realizado con una serie de compuestos químicos inorgánicos puestos a punto en estos laboratorios por el Dr. Robert G. Dosch y su equipo de colaboradores. Estos compuestos de intercambio catiónico responden a la fórmula química general: $M'(M_xO_yH_z)_n$, en la que M puede ser titanio, niobio, circonio o tántalo y M' puede ser cualquiera de los iones metálicos intercambiables, aunque en la práctica usualmente es el sodio.

El proceso se realiza haciendo pasar el efluente líquido que contiene los productos de escisión en forma iónica a través de la columna de intercambio iónico, con lo cual aquéllos se intercambian con los iones M'. Una reacción típica de intercambio es:



quedando con ello fijado el radionúclido en forma de titanato. El efluente que sale del lecho del titanato se hace pasar a través de otro lecho o capa de zeolita, porque se

ha comprobado que ésta es más eficaz para la eliminación del ion cesio, un contaminante monovalente, que no es retenido fácilmente por el titanato. Con ello se mejora el rendimiento económico del proceso, ya que permite la casi total utilización de la capacidad de la columna de intercambio iónico. Los aniones residuales, así como el rutenio residual, tienen que ser eliminados en el paso siguiente. Terminado el proceso de cambio iónico, los lechos de titanio y zeolita se mezclan y calientan a una temperatura superior a los 600° C, para obtener una mezcla de dióxido de titanio y titanatos estables que pueden ser compactados posteriormente.

Se ha trabajado con gran interés para conseguir técnicas de compactado que permitan la obtención de productos muy densos, con propiedades físicas y químicas convenientes. Los mejores resultados se han obtenido por piezosinterización. En este proceso se comprimen los residuos formados por los titanios en una matriz de grafito a 1.000° C de temperatura y una presión de unos 140 kg/cm² hasta obtener un material con una densidad de unos 4,7 gr/cm³. El material compactado de esta forma contiene 1,2 gr/cm³ de óxidos residuales y tiene una velocidad de filtración muy baja, comparable a la que presentan los residuos radiactivos solidificados en vidrios de borosilicato.

A continuación de las reacciones de cambio iónico, los lechos formados por titanato y zeolita, que constituyen el relleno de la columna de intercambio iónico, son extraídos de la misma, mezclados y secados, y se someten a sinterización en matrices de grafito, como ya se ha indicado anteriormente, obteniéndose unos discos cerámicos de unos 30 cm de diámetro, que podrán ser manipulados de forma semejante a los residuos radiactivos y solidificados en vidrios de borosilicato. Esto es, se podrán apilar y almacenar en recipientes apropiados, probablemente de acero inoxidable, para su posterior traslado a un destino definitivo o para un plazo muy largo.

En la actualidad, se estudia la posible aplicación de este proceso a los enormes volúmenes de residuos radiactivos líquidos almacenados en Hanford, en el Estado de Washington. Para ello, la empresa Sandia ha formado una sociedad conjunta con la empresa "Atlantic Richfield Handford Co." Uno de los problemas que hay que resolver para ello es que el principal radionúclido de los residuos almacenados en Hanford es el estroncio 90, que no existe como simple ion divalente, por lo que no es posible la descontaminación total en un solo paso a través del lecho de titanio. Sin embargo, el equipo de investigación que ha desarrollado este proceso confía en poder resolver este problema y poder compactar con éxito estas enormes masas residuales de Hanford para su posterior almacenamiento en forma más segura.

ECONOMIA

PRIMERA SUBASTA DE ORO DEL F. M. I.

El pasado 2 de junio tuvo lugar en Washington la primera subasta de oro, efectuada por el Fondo Monetario Internacional. Fueron vendidas 780.000 onzas, al precio único medio de 126 dólares la onza.

Como ya se anunció, ésta ha sido la primera de una serie de subastas que se celebrarán en el próximo cuatrienio, con objeto de vender 25 millones de onzas, lo que supone una sexta parte de las reservas de oro del Fondo. Con los beneficios de estas ventas se irán engrosando los recursos del fondo fiduciario (Trust Fund), creado por el F. M. I. en apoyo de los países más pobres cuya renta "per capita" no sobrepase los 300 dólares anuales.

CODIGO DE CONDUCTA PARA LAS MULTINACIONALES

Los países miembros de la O. C. D. E. han aprobado la adopción de un código de conducta, de carácter voluntario, para las empresas multinacionales. El código es un conjunto de normas referentes a deberes y responsabilidades en la actuación de dichas empresas.

En suma, los países miembros de la O. C. D. E. se comprometen a aplicar a las multinacionales un conjunto de normas similares a las que actualmente se someten las sociedades nacionales. Además de prohibir expresamente los sobornos o regalos a los funcionarios, el código recomienda a las multinacionales que faciliten el mayor grado posible de información en torno a sus actividades, concretamente en lo relativo a la publicación periódica de datos sobre su situación financiera, accionistas, procedencia y destino de sus recursos, inversiones, resultados y ventas por zonas geográficas, investigación, etc. Por otra parte, hay recomendaciones para impedir las prácticas monopolísticas o restrictivas de la competencia, así como normas sobre política de empleo tendentes a evitar discriminaciones o fraudes de las leyes nacionales de los países donde ejerzan sus actividades.

EL PRECIO DE LOS FOSFATOS

Las grandes firmas productoras de fosfato mineral y ácido fosfórico, en la reunión de la ISMA mantenida en Londres en el mes de mayo, acordaron mantener los precios actuales de sus productos, en espera de que la reactivación de la economía mundial haga mejorar los precios agrícolas y aumentar la demanda de fertilizantes. Contra este acuerdo operan las predicciones de un recrudescimiento de las presiones del mercado contra los precios de los

fosfatos para los próximos años, de un aumento de los excedentes de fosfatos y ácido fosfórico, y de una disminución del consumo de fertilizantes. El exceso de la producción de fertilizantes sobre la del consumo se estima en unos cuatro millones de toneladas por año.

REUNIONES CIENTIFICAS

I CURSO "ROSO DE LUNA" INVESTIGACION Y ECONOMIA DE LOS RECURSOS GEOLOGICOS - MINEROS

En Madrid, y del 1 de abril al 30 de junio, se celebrará alternativamente en la E. T. S. I. de Minas y en ENADIMSA el I Curso Roso de Luna e Investigación y Economía de los Recursos Geológicos-Minero que estará patrocinado por:

Ministerio de Industria:

Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, Instituto Geológico y Minero de España, Dirección General de la Energía, Centro de Estudios de la Energía, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, Instituto Nacional de Industria, Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

Ministerio de Educación y Ciencia:

Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas, Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Coordinación:

Fundación Gómez Pardo.

Presentación.

Los recursos geológicos y mineros de un país constituyen una parte muy importante de su patrimonio físico. Su carácter limitado impone la necesidad de administrarlo con criterios racionales procurando una utilización correcta del mismo.

La crisis de las materias primas, abierta a finales de 1973, puso de manifiesto la conveniencia de revisar los esquemas de aprovechamiento de productos minerales. El Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales, aprobado por el Gobierno en febrero de 1975, responde a esta inquietud. Propone medidas dirigidas, de un lado, a la promoción integral del sector minero, en la línea de las contenidas en el Plan Nacional de la Minería. De otro, a la ordenación de las fuentes externas de aprovisionamiento. Más recientemente, la Ley de Fomento de la minería (8-1-77) proporciona los instrumentos legales necesarios para hacer viable y eficaz, con carácter permanente, el desarrollo práctico de aquel Plan.

La importancia de la adquisición general de conocimientos en estos temas es incuestionable. Baste recordar cómo en 1975, los expertos de la Comisión de Planificación de Materias Primas de Estados Unidos de América, temen que su programa de acción recomendada fracase, no por razones de índole técnica o financiera sino porque el sistema educativo resulte incapaz para formar un número suficiente de personas capacitadas para la resolución de los problemas científicos, técnicos y económicos que la producción de minerales y el adecuado aprovisionamiento industrial suponen.

Objetivos.

El presente curso tiene como objetivo fundamental contribuir a la formación permanente de los profesionales que, al servicio del Estado o de la Empresa privada, se hallen interesados en estos temas.

Pretende también este curso poner de relieve la importancia creciente de los recursos geológicos en los distintos aspectos que configuran la imagen de una nación industrializada. Con este fin se analizarán:

- Los aspectos económicos.
- Características de los recursos geológico-mineros.
- Técnicas de investigación y aprovechamiento.
- Incidencias en el entorno humano.

Comisión de dirección y organización.

Director del Curso: Ilmo. Sr. D. José Sierra López, Director General de Minas e Industrias de la Construcción.

Secretario del Curso: Señor don Mariano R. Echevarría Caballero, Subdirector del Instituto Geológico y Minero de España.

Organización: Area I: "Política y economía de las materias primas minerales".

D. R. Centeno González, catedrático de la ETSIMM. D. E. Fernández Marina, Dr. en Ciencias Económicas-ENADIMSA.

Area II: "Estudio metalogénico de depósitos minerales y técnicas especiales".

D. J. L. Amorós Portolés, Vicerrector de Investigación de la Universidad Complutense. D. F. Vázquez Guzmán, Jefe de Investigaciones Mineras del IGME. D. J. Armentgot de Pedro, Dr. Ing. de Minas-ENADIMSA.

Area III: "Búsqueda y evaluación de recursos geológico-mineros".

D. J. E. Azcárate Martín, Dr. Ing. de Minas, Director-ENADIMSA. D. A. Ortiz Ramos, Dr. Ing. de Minas, Director de Exterior-ENADIMSA.

Area IV.: "Desarrollo minero y mineralúrgico".

D. R. Mañana Vázquez, Catedrático de la ETSIMM. D. F. Pla Ortiz de Urbina, Prof. Adjunto de la ETSIMM.

Area V: "Aspectos legales".

D. Enrique Laviña Serrano, Subdirector General de Explotaciones Minerales de la DGMIC. D. C. Luaces Pérez, Dr. Ing. de Minas-ENADIMSA.

Area VI: "Minería y medio ambiente".

D. A. Enseñat de Villalonga, Subdirector General de Medio Ambiente Industrial. D. L. Dichtl Subias, Licenciado en Ciencias Geológicas-ENADIMSA. D. J. Muruais Lamas, Ingeniero de Minas-ENADIMSA.

Area VII: "Innovaciones científicas y tecnológicas".

D. J. M. Montes Villalón, Subdirector de Investigación de la ETSIMM. D. M. Olmo Alarcón, Jefe Departamento Geofísica del IGME.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES DE FORMACION PERMANENTE PARA POSTGRUADOS, DE LA FUNDACION GOMEZ PARDO

Presentación.

Con este programa nuestro Departamento de Formación Permanente cierra su plan de actuación al Curso Académico 1976-77.

Siguiendo la línea de acción de los trimestres anteriores, la mayor parte de los temas programados responden a la fuerte demanda que por los mismos existe, motivada por el interés suscitado en su primera convocatoria.

Se inicia el tercer trimestre con el I Seminario sobre Temas Escogidos de Petrología Metamórfica, con el que se pretende que, tanto los recién graduados como aquellos que ya poseen cierta práctica profesional, consigan un entendimiento más amplio y profundo del tema.

La segunda actividad programada es el II Curso sobre el Aprovechamiento de la Energía Solar, tema con el que se intenta colaborar a un mayor conocimiento y divulgación del aprovechamiento térmico directo y la conversión directa en energía eléctrica de esta nueva e importante fuente.

A continuación se ha programado el II Seminario sobre la utilización de los Conceptos Contables y Financieros en la Empresa, en una versión notablemente ampliada, para atender las peticiones de inscripción pendientes desde enero.

Finalmente incluimos en nuestro calendario el II Curso de Introducción a la Automática, un tema cuyo espectacular desarrollo presente y futuro está en el ánimo de todos cuantos trabajan en muy diversas ramas de la Industria.

Una de las actividades programadas para este tercer trimestre, objeto de convocatoria separada, es el I Curso

"ROSO DE LUNA" sobre Investigación y Economía de los Recursos Geológico-Mineros, que evoca el nombre de un maestro insigne de varias generaciones de investigadores de yacimientos.

Es incuestionable la importancia de la adquisición general de conocimientos en estos temas. Para llevar adelante los planes vigentes a nivel nacional es indispensable disponer de equipos formados por personas capacitadas para la resolución de los problemas tan diversos que supone el abastecimiento de materias primas minerales.

1. I SEMINARIO SOBRE TEMAS ESCOGIDOS DE PETROLOGÍA METAMÓRFICA.

Introducción: La Petrología es una ciencia que va mucho más allá de la simple clasificación de una roca por su naturaleza. De la estructura y textura de una roca pueden sacarse consecuencias valiosas sobre las condiciones de presión y temperatura (grado metamórfico) a que estuvo sometido y si se ha visto afectada por uno o varios procesos metamórficos y cuál ha sido su naturaleza. Por otro lado, los mismos procesos metamórficos que se estudian en rocas, se consideran también en depósitos minerales y por eso se dan en sucesivos temas de este Seminario las normas que permiten reconocer si un depósito normal ha sufrido metamorfismo termal o de contacto o metamorfismo regional o estático-cinético y en qué intensidad se ha visto afectado por esos procesos.

Objetivos: La finalidad primordial de este Seminario es conseguir un mejor entendimiento de la Petrología metamórfica, con el fin de que cuando una lámina delgada de una roca metamórfica sea observada al microscopio, no se limite a decir el que la estudia que se trata de una pizarra o que la roca metamórfica tiene cuarzo, sericita y clorita.

Participantes: El Seminario va especialmente dirigido a recién graduados Ingenieros de Minas o Geólogos, incluyendo asimismo a los licenciados con práctica profesional hasta de cinco años, sobre todo si consideran que su nivel en Petrología no es muy superior a aquel que poseían cuando obtuvieron su título académico.

Metodología: El Seminario consta de diez temas o conferencias que se impartirán a razón de dos o tres conferencias diarias, que ocuparán las sesiones de trabajo de las mañanas.

Las clases prácticas, con una duración de dos horas, tendrán lugar por las tardes y consistirán en el estudio de una colección seleccionada de rocas metamórficas y de probetas pulidas, en las que se observarán los procesos metamórficos que han sido tratados teóricamente en el tema correspondiente.

Para el viernes día 15 está prevista una salida al campo, con el fin de poder contemplar, en territorio de las Hojas de Torrelaguna y de Buitrago de Lozoya, interesantes ejemplos de metamorfismo regional y de contacto.

Los participantes recibirán un resumen de todas las conferencias impartidas en este Seminario.

Lugar y fechas: Tendrá lugar desde el lunes día 11 de abril al viernes 15 de abril de 1977, en la Sala de Coloquios de la Residencia Universitaria Gómez-Pardo, en Cristóbal Bordiú, 30. Madrid-3.

Temario:

- Las rocas metamórficas y su clasificación.
- Zonas metamórficas de contacto y regionales.
- Las reglas de las fases y su uso.
- El concepto de facies metamórfica y sus aplicaciones en metamorfismo.
- Transformación metamórfica de depósitos minerales.
- Formación de depósitos metamorfizados. Transformación de depósitos minerales por metamorfismo estático-cinético. Transformación de depósitos minerales por metamorfismo de contacto. Depósitos polimetamórficos.
- Tectónica del granito.
- Granitos de flujo o magmáticos y granitos formados in situ. Su diferenciación.
- Representación gráfica de paragénesis metamórficas.
- Diagrama ACF y A'FK; su uso. Procedencia eruptiva o sedimentaria de una roca metamórfica.
- Criterios que caracterizan a escalas meso y microscópica la existencia de metamorfismo de contacto.
- Los mismos criterios aplicados a la sustitución o metasomatismo.
- Criterios que caracterizan a escala meso y microscópica la presencia de metamorfismo regional poco profundo o profundo.
- Texturas y estructuras minerales.
- Criterios que sirven para definir la presencia de metamorfismo múltiple.
- Metamorfismo regional superpuesto a metamorfismo de contacto.
- Metamorfismo de contacto superpuesto a metamorfismo regional.
- Criterios que lo definen y sus características. Casos en el Paleozoico andaluz.
- Metamorfismo retrógrado.
- Superpuesto a metamorfismo regional. Superpuesto a metamorfismo de contacto.

Dirección: D. Tirso Febrel Molinero, Catedrático de Metalogenia de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

2. II CURSO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR.

Introducción: Partiendo de finales del año 1973, momento en que se desató toda una revolución económica en base al aumento sin freno de los precios de las materias primas energéticas, las conferencias y cursos sobre las fuentes de energía convencionales y no convencionales, han servido de base para contrastar miles de teorías sobre posibilidades reales y competitivas de cada una de ellas.

Dentro del grupo de las denominadas energías alternativas no convencionales, la que ha estado presente en todas las discusiones ha sido, sin duda, la energía solar.

Con esta base, con el interés manifestado por los profesionales nacionales que ya están trabajando en este área, y con el fin de colaborar a un mayor conocimiento y divulgación del aprovechamiento de la energía solar, hemos querido organizar este curso, que se centrará, fundamentalmente, en dos aspectos:

Aprovechamiento térmico directo y La conversión fotovoltaica.

Objetivos: Los objetivos se pueden resumir en tres puntos:

Profundizar sobre los principios básicos. Analizar las posibilidades que ofrece nuestro país. Evaluar la actividad que se está llevando a cabo en el campo de aprovechamiento de la energía solar.

Participantes: El curso está dirigido a profesionales y graduados superiores que deseen poner al día sus conocimientos sobre el empleo de la energía solar para el aprovechamiento térmico directo, y sobre todo, su conversión (fotovoltaica) directa en energía eléctrica.

Metodología: El curso se desarrollará a base de conferencias, con la ayuda de medios visuales.

Todos los participantes recibirán, al comienzo del curso, la documentación que se tratará durante el desarrollo del mismo.

Visitas técnicas: Están previstas tres visitas de tipo técnico relacionadas con los aspectos incluidos en el programa del curso:

Visita núm. 1-Instalación del aprovechamiento térmico directo. Visita 2-Laboratorio de investigación de células solares. Visita 3-Centro de medición de radiación solar del S. M. N.

Los participantes habrán de elegir una de ellas e indicarlo en el Boletín de Inscripción.

Lugar y fechas: La sesión de presentación, y las conferencias de la mañana del lunes día 2 de mayo, tendrán lugar en el Salón de Actos de la E. S. T. I. de Minas, calle Ríos Rosas, 21. MADRID-3. El resto de las conferencias, desde las cuatro de la tarde del mismo lunes, día 2, hasta el acto de entrega de diplomas del viernes, día 6, tendrán lugar en los locales del Instituto de Ampliación de Estudios e Investigación Industrial, E. T. S. I. Industriales, calle José Gutiérrez Abascal, 2. MADRID. Con objeto de hacer un resumen-balance de los temas tratados durante el curso, hemos reservado el sábado día 7 de mayo para la celebración de un solemne acto de clausura, a partir de las nueve de la mañana, en el lugar que se indicará oportunamente.

Este acto está dirigido a todos los profesionales interesados en el campo de la energía solar, incluyendo los participantes en el grupo.

Para poder asistir al mismo no es necesario haberse inscrito en el curso, pero sí es indispensable disponer de una invitación que habrá de solicitarse por escrito a: *Centro de Estudios de la Energía*. Agustín de Foxá, 29, Madrid-16. Los participantes inscritos no tienen necesidad de esta invitación para poder asistir al acto de clausura.

Programa.

La energía solar entre las alternativas energéticas.—Bases físicas del aprovechamiento de la energía solar.—Puntos selectos de la climatología solar. Mapa Nacional de la distribución de la energía solar.—Colectores solares planos.—Colectores solares de concentración. Sistemas de almacenamiento.—Incidencias heliotérmicas en el diseño urbanístico edificatorio. Aplicaciones, calefacción, agua caliente, refrigeración, etc.—Análisis económico de las aplicaciones térmicas directas.—Consideraciones sobre las centrales heliotérmicas.—Análisis y simulación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar.—Normalización de características y componentes.—Conversión fotovoltaica.—Tecnología de las células solares.—Perspectivas de las células solares de silicio.—Células solares mediante semiconductores compuestos.—Conversión fotovoltaica de la luz solar concentrada (en inglés).—Concentradores estáticos en conversión fotovoltaica.—Análisis económico de la conversión fotovoltaica.—Aplicaciones de conversión fotovoltaica a instalaciones remotas.—Baterías de almacenamiento.—Equipos convertidores.

Acto de entrega de diplomas de asistencia. Visitas técnicas optativas.

Solemne acto de clausura, resumiendo los temas tratados. Coloquio abierto sobre los esfuerzos de la tecnología nacional en el campo de la energía solar.

3. II SEMINARIO SOBRE UTILIZACIÓN DE LOS CONCEPTOS CONTABLES Y FINANCIEROS EN LA EMPRESA.

Introducción: El éxito obtenido por el I Seminario, que ha tenido lugar en enero de este año, ha obligado a programarlo de nuevo para atender las peticiones de inscripción que no pudieron ser satisfechas entonces.

Este II Seminario se beneficia de la experiencia y sugerencias recogidas en el primero. Su programa y contenido se han ampliado, se han añadido ejercicios de aplicación y su duración ha sido más que duplicada.

Todo técnico ha de utilizar habitualmente una serie de conceptos contables, tanto más cuanto más elevado sea el nivel de su puesto. Este hecho provoca una demanda de conocimientos concretos, que es la que se pretende atender con este Seminario.

No se trata, por supuesto, de desarrollar un cursillo de contabilidad básica, de los cuales ya existen muchos, sino lograr una buena comprensión de sus aspectos esenciales y del significado que ha de darse a sus resultados.

En otras palabras, lo que tiene que dominar el técnico no es la metodología contable, sino el valor de sus conceptos, significados, interpretación, potenciales y limitaciones.

La experiencia demuestra que un técnico, aunque no tenga una formación contable previa, puede adquirir muy rápidamente todos los conocimientos que necesita, si se los presentan adecuadamente. En este sentido se ha orientado precisamente el Seminario.

Objetivos: En este Seminario se desarrollan los conceptos que necesita el técnico, desde su punto de vista y en el lenguaje a que está habituado, capacitándole plenamente para su utilización en el trabajo diario y en la toma de decisiones.

Se pretende que el técnico logre "ver por detrás de los números", que su diálogo sobre estos temas con los expertos financieros o con especialistas de otra rama sea objetivo y constructivo, que todos se refieran a lo mismo cuando emplean las mismas palabras.

Se tratan las ideas fundamentales, sin perderse en detalles de procedimientos contables y desarrollando ampliamente las aplicaciones como herramientas de gestión indispensables.

Participantes: El Seminario está concebido para ingenieros que realicen funciones técnicas de un cierto nivel. Resultará igualmente provechoso para los relativamente noveles, cuya promoción profesional facilitará, como para los más veteranos, que podrán beneficiarse de una puesta al día útil e interesante.

Metodología: Las sesiones teóricas se desarrollarán por la mañana y tendrán carácter de discusiones dirigidas, con abundante material gráfico y ayudas visuales.

Los trabajos prácticos tendrán lugar por la tarde y consistirán en el análisis de casos reales. Mediante una adecuada organización del trabajo en grupos, se logrará que todos los participantes conozcan y describan todos los casos sometidos a estudio.

Se aplicarán las técnicas más acreditadas para provocar y mantener la intervención activa de los participantes, cuyo número estará rigurosamente limitado.

Cada asistente recibirá una documentación completa, incluyendo todo el material utilizado como base para las sesiones teóricas y trabajos prácticos.

Lugar y fechas: El Seminario se desarrollará desde el lunes 23 de mayo al viernes 27 de mayo de 1977 en sesiones de mañana y tarde, en la Residencia Universitaria Gómez Pardo, Cristóbal Bordiú, 30. Madrid-3.

Temario: Conceptos fundamentales.—La función financiera.—El ciclo contable.—Cuentas y clases.—Metodología.—Estados financieros.—Planes de cuentas. Normalización.—Los intangibles.—Análisis de balances.—Análisis financiero. Ratios.—Estructura y equilibrios financieros.—Fuentes de financiación.—Fondo de maniobra. Su dinámica.—Flujo de fondos.—Análisis económico.—Rentabilidad y eficacia operativa.—Costos industriales. Sus clases y utilización.—Estructuras de costes y determinación de resultados.—Control de costes.—Costes y toma de decisiones.

Dirección: José María Montes Villalón. Dr. Ingeniero de Minas, Catedrático de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

4. II CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA AUTOMÁTICA.

Introducción: En el Plan de Formación Permanente para postgraduados, que tiene en curso la Fundación, al lado de Seminarios más o menos especializados, se pretende colmar determinadas lagunas que la rápida evolución tecnológica pone de manifiesto en la formación académica de los profesionales en ejercicio y facilitar la vía para la especialización en campos determinados. La *automática*, cuyo espectacular desarrollo presente y futuro está en el ánimo de todos cuantos trabajan en las industrias de proceso (Petroquímica, Siderometalurgia, Cementos, Energía Eléctrica y también, cada vez más, Minería), es una disciplina que incalce progresivamente todos los campos y no puede ser ignorada por muchos profesionales superiores que explotan o proyectan tales procesos y necesitan integrar en sus equipos *Instrumentistas, Automatistas y Expertos en Ordenadores*. La explotación y proyecto de un sinnúmero de procesos industriales será imparable en el futuro sin el recurso a *Sistemas automáticos*, bien sea a nivel de sencillos automatismos, bien a nivel de Ordenadores de Control de Proceso en sistemas integrados.

Objetivo: Este es un Curso de Formación Básica que persigue dos de los objetivos de la Formación Permanente antes señalados, a saber: permitir a los Ingenieros que lo deseen una puesta al día y catalizar el proceso de especialización de aquellos otros, cada vez más numerosos, que deseen abordar esta tecnología tan típica de nuestra época y tan necesaria en los próximos años.

Participantes: Por cuanto antecede se aprecia que el Curso resultará utilísimo, en primer término, para cuantos decidan iniciar su especialización en este campo tan prometedor; también será de interés para aquellos que deseen sistematizar y dar altura científica a los conocimientos adquiridos sobre la marcha en su práctica profesional. Finalmente, los Ingenieros para quienes la Automática no constituye especialidad central, se capacitarán para extraer el máximo provecho posible a los Sistemas de Control y poner a su servicio las posibilidades de estas técnicas, poniéndose en condiciones de discutir y evaluar la colaboración de los especialistas, e incluso de requerir un despliegue de la automatización a la medida de sus necesidades de explotación y proyecto.

Metodología: El Curso se desarrollará en forma de conferencias-coloquio, complementadas con ejercicios de laboratorio y de cálculo, así como con una visita a una instalación industrial con elevado nivel de automatización. Los participantes recibirán un texto-guía, y orientación bibliográfica en el Centro de Documentación de la Cátedra.

Lugar y fechas: Tendrá lugar desde el lunes 30 de mayo al sábado 4 de junio de 1977; las sesiones técnicas en el Aula Madariaga de la E. T. S. de Ingenieros de Minas y las prácticas en el Laboratorio correspondiente en la E.T.S. de Ingenieros de Minas, Ríos Rosas, 21 - Madrid-3.

Temario. Sistemas lógicos y secuenciales:

Sistemas combinacionales. Sistemas secuenciales. Automatas finitos. Sistemas digitales. Sistemas lógicos electrónicos. El ordenador digital: Esquemas de bloques y Tecnología. Sistemas Informacionales. Prácticas: Ejercicios de álgebra de Boole y transformada de Laplace.

Servosistemas y su tecnología:

Sistemas lineales y en respuesta. Servosistemas: Especificaciones. Corrección de Servosistemas. Aplicaciones. Prácticas: Montaje y discusión de una simulación analógica en Laboratorio.

Control de proceso:

Control de procesos: Caracterización de los procesos. Medidas de Control. Instrumentación. Controladores. Ordenador de Control de Proceso: Características. CDD. Casos de aplicación. Prácticas: Montaje y discusión de automatismos en Laboratorio.

Optimización de procesos:

Optimización de procesos. Sistemas: Descripción externa o por función de transformación. Sistemas: Descripción

interna o por vectores de estado. Modelos y Simulación. Simulador analógico. Control jerarquizado. Control óptimo y control adaptativo. Prácticas: Visita a un dispatching eléctrico automatizado.

Aplicaciones típicas:

Estudio de algunas aplicaciones industriales: Electricidad: Central térmica. Dispatching Económico. Minería: Transporte rodado. Grisometría automática.

5. X CURSO DE HIDROGEOLOGÍA APLICADA.

Introducción: Actualmente, la escasez de agua es un hecho que afecta a un gran número de países debido a que las demandas planteadas por la agricultura, la industria y la vida humana crecen exponencialmente, convirtiendo el agua en un bien escaso que hay que aprovechar sin despilfarros.

Dentro de los recursos aprovechables, las aguas del subsuelo o aguas subterráneas, juegan un papel de extraordinaria importancia, poco conocido por los no iniciados. La Hidrogeología, sin cuyo conocimiento no es posible actuar en el campo del agua subterránea, es una ciencia moderna, pero poco difundida.

Las técnicas aplicables al estudio y aprovechamiento del agua subterránea son, fundamentalmente, geológicas y mineras. Por ello es el Ministerio de Industria quien tiene atribuido en nuestro país el estudio y administración de las aguas subterráneas, junto con el de los otros recursos minerales, a través de la Dirección General de Minas y del Instituto Geológico y Minero de España.

Desde su fundación (1849) el Instituto, con diversos medios y bajo distintas directrices, ha dedicado gran parte de su actividad al estudio de nuestros acuíferos, asesorando e informando a las entidades públicas y privadas y al público en general. Realiza asimismo, numerosas obras de captación de aguas subterráneas que han resuelto un gran número de problemas de abastecimiento a ciudades y pueblos, repartidos por toda la geografía nacional. También se han hecho obras de captación para numerosas industrias y usos agrícolas.

De la labor investigadora, cabe destacar, por estar considerado como uno de los proyectos hidrogeológicos más importantes del mundo, el "Proyecto de Investigaciones Hidrogeológicas de la Cuenca del Río Guadalquivir", realizado conjuntamente con la F. A. O. (Food and Agriculture Organization) y con la ayuda del Fondo Especial de las Naciones Unidas y de otros Organismos.

De otra parte, el propugnarse en el II Plan de Desarrollo Económico y Social, que se concediese especial atención a los "recursos naturales" el Ministerio de Industria elaboró el Plan Nacional de la Minería. En él, se integraba el Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas, quedando encuadradas en uno de los Sectores que "requiere mayor atención y cuidado". Con los estudios hidrogeológicos derivados, se ha cubierto el 80

por 100 del territorio nacional, descubriéndose acuíferos muy importantes, principalmente situados en la España seca. El agua almacenada en el subsuelo en verdaderos "embalses subterráneos", mucho mayores que los artificiales que el hombre construye, constituye el recurso básico para solucionar muchos problemas de desarrollo regional, derivados de la escasez de agua. Bien podemos decir que, de las investigaciones realizadas, ha nacido la "Minería del Agua" creadora de múltiple riqueza para el desarrollo de nuestro país.

Estas y otras actividades de la Administración y de la iniciativa privada en el campo de la Hidrogeología, han originado una constante necesidad de técnicos cualificados. Por ello, el Instituto y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, han venido organizando desde 1967, Cursos de Hidrogeología Aplicada, sumándose, en los últimos Cursos, la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras pertenecientes al Instituto Nacional de Industria.

Objetivos: Se han estimado como más idóneos los siguientes:

a) Formar especialistas en Hidrogeología, capaces de participar en los grandes proyectos hidrogeológicos regionales que dirige el Instituto Geológico y Minero de España y de resolver toda clase de problemas relacionados con la investigación y explotación de las aguas subterráneas y sus aplicaciones a la Ingeniería de diversas especialidades.

b) Conseguir que los alumnos adquieran, fundamentalmente, una formación eminentemente práctica, reduciéndose las explicaciones teóricas a las indispensables, ya que se supone que los alumnos han adquirido los conocimientos básicos necesarios en los Centros de Enseñanza donde se han titulado.

La formación práctica se asegura, dando la mayor importancia a los problemas reales, con la realización de trabajos de gabinete y de campo, visitas a empresas y obras y viajes de prácticas a las zonas del país donde se llevan a cabo, bajo la dirección del I. G. M. E., los proyectos hidrogeológicos más importantes o donde se acumulan problemas diversos (estudio regional, geología de interés hidrogeológico, sondeos de captación, contaminación de aguas subterráneas, minas y obras públicas complicadas por la presencia de acuíferos, etc.).

c) Se pretende asimismo, que sirva de complemento formativo en aras de conseguir una formación más integral de aquellos técnicos que, sin dedicarse por entero a la Hidrogeología, necesitan por la índole de su trabajo, adquirir los conocimientos impartidos en el Curso o en alguna de sus áreas.

Participantes: El Curso resultará de utilidad para todos aquellos técnicos que se interesen principalmente por la problemática de la Investigación y Explotación de las Aguas Subterráneas y está dirigido, con preferencia, a

postgraduados de Escuelas Técnicas Superiores y Facultades.

Metodología: Las clases se desarrollarán por la tarde, diariamente, de seis a nueve.

La enseñanza se complementará con una colección importante de diapositivas y documentales técnicos.

Cada asistente recibirá una documentación completa referente a las clases impartidas, que se entregará con anterioridad a las mismas junto con otras publicaciones complementarias, así como una lista de Bibliotecas especializadas y salas de estudio.

Lugar y fechas: Las clases tendrán lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, Ríos Rosas, 21, del 1 de marzo al 6 de junio de 1977.

Areas: Las áreas en las que queda dividido el Curso son:

Area I: Conceptos básicos de Hidrogeología.

1. El ciclo del agua en la naturaleza: pluviometría, infiltración, evapotranspiración y escorrentía.
2. Las aguas subterráneas. Tipos de agua en el subsuelo. Medios porosos. Permeabilidad, Porosidad. Coeficiente de almacenamiento.
3. Sistemas hidrogeológicos. Geología aplicada a la hidrogeología.
4. Circulación de agua en el subsuelo. Hidrodinámica subterránea. Régimen transitorio. Régimen permanente.
5. Estudios hidrogeológicos. Definición estructural de sistemas. Fotogeología. Inventario de puntos acuíferos. Cartografía hidrogeológica. Hidroquímica.

Area II: Hidrología de superficie.

1. Precipitaciones. Medidas y análisis. Evaporación y evapotranspiración. 2.—Demanda Urbana Industrial y Agrícola. 3.—Escorrentía, Infiltración. 4.—Hidrometría: Métodos y equipos de aforo. 5.—Análisis de hidrogramas. 6.—Relaciones entre las aguas subterráneas y las superficiales. 7.—Balances, Reservas y Recursos en aguas subterráneas. Discusión. 8.—Estudio Hidrogeológico de una Cuenca.

Area III: Técnicas Geofísicas en Hidrogeología.

1. La Geofísica como auxiliar del hidrogeólogo. 2.—Prospección sísmica y gravimétrica. 3.—Sondeos eléctricos verticales (S. E. V.). 4.—Testificación de sondeos hidrogeológicos. Interpretación de diagráfiyas. 5.—Los isótopos en hidrogeología.

Area IV: Métodos de captación de aguas subterráneas.

1. Métodos de Captación de Aguas Subterráneas. 2.—Perforación a Percusión y a Rotación. Circulación Di-

rectiva e Inversa. Fluidos de Perforación. 3.—Selección de equipos. Conducción de la Perforación. Instrumentación. Pescas. 4.—Programa de entubación, cementación. 5.—Acondicionamiento, desarrollo y acabado de pozos. Testificación. Corrosión. 6.—Especificaciones y Contratos. Costos.

Area V: Hidráulica subterránea. Caudales de explotación.

1. Medición de caudal. 2.—Tipos de acuífero. Propiedades hidráulicas. Ecuaciones de flujo. 3.—Bombeos de ensayo. Toma de datos. Métodos de análisis de datos. 4.—Corrección de influencias. 5.—Selección de bombas. Costo y gestión del agua subterránea.

Area VI: Contaminación del agua.

1. Contaminación de aguas subterráneas: aspectos básicos. 2.—Tecnología para la detección y observación de la contaminación. 3.—Causas, tipos y extensión de la contaminación debida a actividades industriales, agrícolas, urbanas, radiológicas, naturales e inducidas. 4.—Aspectos económicos en la lucha contra la contaminación. 5.—Gestión de la calidad.

Area VII: Problemas especiales.

1. Aguas termales y mineromedicinales. 2.—Aprovechamiento de la Energía Geotérmica. 3.—Hidrogeología en terrenos kársticos. 4.—Recarga artificial. 5.—Hidrogeología aplicada a minería y obras civiles. 6.—Evacuación subterránea de aguas residuales.

Area VIII: Iniciación al empleo de modelos en Hidrogeología.

1. Teoría de sistemas aplicada a la hidrogeología. Problemas directos e inversos. Técnicas de resolución. 2.—Modelos matemáticos de simulación directa. Balance de flujos. Condiciones en los límites. El régimen permanente. Métodos iterativos de resolución. 3.—Régimen transitorio. Discretización del tiempo. Métodos de resolución: implícito, explícito, implícito-explícito. Condiciones de aplicabilidad. 4.—Utilización práctica de los modelos de simulación. Planteamiento y resolución de un problema concreto. 5.—Aplicaciones especiales de la informática a la hidrogeología. Aplicación del proceso digital de imágenes a la teledetección de recursos naturales. 6.—Modelos analógicos. Principios fundamentales. Ejemplos de utilización.

Area IX: Planificación hidráulica.

1. Caracteres generales de una Planificación. 2.—El Balance. Recursos. Demandas. 3.—Análisis de Sistemas de

Recursos hidráulicos. 4.—Medidas legales y administrativas. Incentivos económicos. 5.—Legislación. 6.—Problemática general.

Está prevista la asistencia de técnicos extranjeros en determinadas materias, y el correspondiente servicio de traducción simultánea.

Viaje de fin de curso: Al finalizar el Curso se realizará un viaje de prácticas de una semana de duración a una de las zonas de actuación del Instituto Geológico y Minero de España.

Dirección: D. Indalecio Quintero Amador, Dr. Ingeniero de Minas, Profesor de Hidrogeología, Geología del Petróleo, Estratigrafía y Paleontología en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Seminario Internacional: Como complemento del Curso, aunque independiente del mismo, se organiza cada año un Seminario con carácter Internacional sobre un tema concreto, dirigido por destacados especialistas.

VARIOS

DETERMINACION DEL HELIO EN LOS SUELOS

El Servicio Geológico de Estados Unidos ha puesto a punto un aparato para prospecciones geológicas, consistente en un espectrómetro de masas capaz de detectar el gas helio en los suelos. Este dispositivo puede medir la presencia de gas helio en suelos en concentraciones de hasta 50 ppb, realizando la medida en un minuto. La presencia de helio en un determinado lugar puede ser indicio de la existencia de yacimientos de petróleo, gas natural, uranio y torio, así como de depósitos geotérmicos.

LA TECNOLOGIA DEL CARBON

Ha establecido la Gran Bretaña un servicio comercial internacional para proporcionar información sobre la tecnología del carbón. Las áreas de información cubiertas por este servicio comprenden todas las actividades que tienen que ver con el know-how del carbón: desde su minería, elaboración y tratamiento industrial, hasta las tecnologías de gasificación, restauración del terreno y control del medio ambiente.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
25	2252	29-I-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
28	2555	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Lugo.
28	2553	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Guipúzcoa.
28	2553	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
28	2555	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de Investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Lugo.
28	2556	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Oviedo.
28	2557	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia.
28	2557	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Sevilla.
28	2557	2-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Soria.
29	2642	3-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, en la provincia de Barcelona.
30	2766	4-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Granada.
34	3192	9-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
34	3193	9-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Zamora.
36	3404	11-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
39	3701	15-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Baleares.
42	4003	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Cáceres.
42	4003	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
42	4003	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
42	4003	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Granada.
42	4004	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guadalajara.
42	4004	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se notifica la iniciación de la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Jaén.
42	4004	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se notifica la iniciación de la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Madrid.
42	4004	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Palencia.
42	4004	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
42	4004	18-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Teruel.
HIDROCARBUROS				
15	1213	18-I-77	Ind.	ORDEN por la que se declara extinguido un permiso de investigación de hidrocarburos, por renuncia de la titular.
15	1216	18-I-77	Ind.	ORDEN por la que se adjudica a las Sociedades ENPASA, ENPENSA, CIEPSA y CAMPSA la "Demasía a Salinas de Añana", para investigación de hidrocarburos en la zona A.
31	2929	5-II-77	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento de seis permisos de investigación de hidrocarburos en zona C, subzona b.
31	2930	5-II-77	Ind.	REAL DECRETO por el que se deniegan dos permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona a.
36	3396	11-II-77	Ind.	ORDEN por la que se aprueba el contrato entre CEPSA y CIEPSA por el que la primera cede a la segunda su participación del 70 por 100 en los permisos "Villaviciosa", "Gijón", "Cabuerniga" y "Siete Villas".



"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
RESERVAS				
21	1791	25-I-77	Ind.	REAL DECRETO por el que se declara zona de reserva definitiva a favor del Estado de un área de la reserva provisional "La Rábida" (Huelva), división en bloques de dicha zona, adjudicación de los mismos mediante concurso público entre Empresas privadas y prórroga del resto, con limitación de los recursos a que afecta.
26	2365	31-I-77	Ind.	CORRECCION de errores de la Orden de 30 de octubre de 1976 por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de hierro en la zona denominada "Hieiros de Vizcaya", comprendida en las provincias de Alava, Santander y Vizcaya.
32	3013	7-II-77	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos, "Soria Dos", comprendida en la provincia de Soria.
32	3014	7-II-77	Ind.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de recursos geotérmicos en un área de la provincia de Barcelona.
43	4178	19-II-77	Ind.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado para investigación de yacimientos de minerales de hierro en la "Zona suroeste de la Península", comprendida en las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.
VARIOS				
28	2564	2-II-77	Ind.	<i>Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.</i> —Concurso para adjudicación por arriendo de explotación de yacimiento de cloruro sódico.
29	2642	3-II-77	Ind.	<i>Aguas minero-medicinales.</i> —Resolución por la que se hace pública la declaración de la condición termal de las aguas de los pozos que se citan.
36	3383	11-II-77	Ind.	<i>Aprovechamiento de aguas.</i> —Resolución por la que se concede a don Ramón Sarri Serra y otros un caudal de aguas subálveas de la riera Fonollosa, en término municipal de Fonollosa (Barcelona), con destino a atenciones de una granja porcina.
42	4002	18-II-77	Ind.	<i>Exploración e investigación mineras.</i> —Resolución por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de yacimientos de cinc, plomo, cobre, estaño, volframio y flúor, en un área de las provincias de Huesca, Lérida, Barcelona y Gerona.
43	4178	19-II-77	Ind.	<i>Zonas de preferente localización industrial.</i> —Orden sobre ampliación de beneficios de la zona de preferente localización industrial minera del Suroeste a "Minas de Herrerías, S. A."
46	4397	23-II-77	Ind.	<i>Contaminación atmosférica.</i> —Corrección de errores de la Orden de 18 de octubre de 1976 sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

L'EST DU CANADÁ: *Basses terres du Saint-Laurent Appalaches Bouclier précambrien*. Serie, Guías Geológicas Regionales. M. K. Seguin. Masson-Paris-New York-Barcelona-Milán, 1976, 176 págs.

La obra fue preparada por Maurice K. Seguin, profesor agregado del Departamento de Geología de la Universidad de Laval, habiendo colaborado el profesor A. Cailleux en el itinerario "Poste de la Baleine". Esta publicación forma parte de la colección denominada "Guías geológicas regionales", dirigida por Ch. Pomerol, de la Universidad de París.

La enorme superficie de Canadá es de 14.150.000 kilómetros cuadrados, o sea, del orden del 3 por 100 de la superficie terrestre mundial. El sector central del Canadá, denominado "craton" está tapizado por rocas cámbricas del bucle canadiense (Arqueociano y Proterozoico) dividido en varias provincias y subprovincias tectónicas, constituidas por rocas sedimentarias, intrusivas y extrusivas y modeladas por una serie de sucesivas venidas orogénicas. Este cratón subcircular rodeado por una banda anular, resulta de la presencia de tres enormes geosinclinales en los cuales se encuentran rocas del Proterozoico superior y del Fanerozoico. Estos geosinclinales corresponden a orogenias específicas; tales, como la de los Apalaches situado al flanco Este del cratón. Entre el bucle canadiense y las orogenias limítrofes se intercalan varias plataformas como la de Saint-Laurent comprendida por el cratón y el arco Apalachiano.

Desde un punto de vista práctico y turístico, está concebida la guía, de modo que el visitante pueda omitir uno o varios itinerarios, sin perjuicio de la buena comprensión de los otros, incluso dentro de un itinerario, describe visitas opcionales, con un amplio campo de elección. Dentro de las localidades tipo desde el punto de vista geológico, su elección fue influenciada por dos criterios complementarios; facilidad de acceso y belleza del paisaje.

La obra consta de dos partes, la primera dedicada a una impresión de conjunto de la geología de Canadá. La segunda comprende los itinerarios y está dividida en ocho capítulos, con los títulos siguientes:

1.—Montreal y sus alrededores. 2.—Los cantones del Este de la provincia de Québec (regiones de Sherbrook, asbestos y minas de Thetfor). 3.—La región de la Villa

de Québec y de la ribera sur del estuario de Saint-Laurent. 4.—Las partes oriental y meridional de la península de Gaspé. Desde el Ordovícico al carbonífero. 5.—El contexto geológico del Nouveau-Brunswick. 6.—La Nouvelle-Ecosse y la isla de Prince-Edouard. 7.—El frente de Grenville en Québec. 8.—El borde meridional de la provincia de Lac Supérieur. Sin numerar el capítulo dedicado a los itinerarios de Poste-de-la-Baleine y sus alrededores. Completan la obra cuatro planchas, un índice geográfico y otro geológico.—L. DE A.

MINERIA

FAGNANI FRANCIS; MAITRE PAUL; MESLIN THIERRY; PAGES PIERRE, y WORMSER FRÉDÉRIC: *L'optimisation de la radioprotection. Approche méthodologique dans le cas d'une mine d'uranium française*. Rap. CEA-R-4787. Saclay, 1976.

El estudio realizado por los autores sobre la radioprotección óptima, en las minas de uranio, tiene por objetivo, abordar el problema condicionándolo a los niveles peligrosos inferiores, de acuerdo con las circunstancias socioeconómicas existentes.

Los objetivos son dos: Verificar la pertinencia de las medidas actuales de protección en función de uno u otro de los dos indicadores, energía α y concentración de radon; comparar diferentes programas de protección sin recurrir a su realización a nivel de la mina. Es necesario crear un modelo de simulación reproduciendo la realidad de la mina y en particular la circunstancia de la desintegración del radon. De esta manera se obtienen valoraciones de concentración en radon, del nivel de energía α en cada galería de la mina, la distribución de las dosis recibidas por una población testigo, la determinación de los efectos previsibles hecha en función de una relación dada dosis-efecto, para cada situación y condición de ventilación. Con la elaboración de dicho modelo y su utilización, se puede considerar con toda profundidad el problema de la optimización con diferentes niveles. Ponen en evidencia la prudencia de las disposiciones actuales y la utilidad de las medidas concernientes a la organización del trabajo.

El estudio con las curvas coste-eficacia, permite apreciar la oportunidad de las diversas inversiones posibles y proporciona un verdadero instrumento de ayuda a la decisión.—L. DE A.

MORFOLOGIA

J. CALVET: *Notas geomorfológicas sobre un sector del contacto Depresión Central Catalana-Cordillera Prelitoral (alrededores de l'Espuga de Francolí)*. Acta Geológica Hispánica. Año XI, núm. 2, págs. 25 a 32.

Expone los principales resultados obtenidos en una cartografía geomorfológica a escala 1:50.000 adjuntando un esquema geológico y otro geomorfológico.

Pone de manifiesto las diferencias de modelado entre las Muntanyes de Prades y la Conca de Barberá debido a la tectónica y la litología, la existencia de materiales crioclásticos a 1.000 metros de altitud y su ausencia (no ha encontrado trazas de ellos) en las zonas bajas. Describe varios tipos de evolución de las cornisas calizas, toda una serie de depósitos fluviales y torrenciales escalonados, así como algunos pequeños glaciares poco desarrollados debido a la litología del substrato.

Trata la dinámica actual teniendo en cuenta las modificaciones introducidas por el hombre.—L.

ESTRATIGRAFIA

C. ARIAS ORDÁS: *Los materiales cretácicos de Pinilla (Albacete)*, núm. 11, 1975, págs. 3 a 6. Seminario de Estratigrafía.

Describe la sucesión de materiales correspondientes al Cretácico Inferior en las proximidades de Pinilla. Sobre arenas, margas y areniscas en facies Weald, aparecen dolomías arenosas y calizas con fauna marina posiblemente edad Barremiense-Aptense Inferior, como ocurre en la zona de La Higuera-Bonete.—L. DE A.

J. R. MAS MAYORAL, A. ASENJO GÓMEZ y A. GARCÍA QUINTANA: *El Cretácico Superior en el sector de Villa de Ves-Cortés de Pallas (Albacete-Valencia)*, núm. 11, 1975, págs. 7 a 19. Seminario de Estratigrafía.

Estudian los autores el conjunto de materiales carbonatados de edad cretácica, que aparecen en esta región

por encima de la alternancia de calizas, margas y areniscas del "Albense s. 1." Diferencian siete unidades litoestratigráficas informales, estudian las relaciones entre ellas, y trazan un esbozo de la evolución estratigráfica y paleogeográfica.

PALEONTOLOGIA

LÓPEZ, N., MICHAUX, J., y VILLALTA DE J. F.: *Rongeurs et Lagomorphes de Bagur-2 (Province de Gerone, Espagne). Nouveau remplissage de fissure du début du Pléistocène Moyen*. Acta Geológica Hispánica. Año XI, páginas 46 a 54.

El yacimiento de Bagur-2 (en la provincia de Gerona, España), se ubica en una fisura existente en una cantera situada en el lado izquierdo de la carretera que une Rengencos con Bagur, el relleno de esta grieta ha proporcionado entre otros restos pertenecientes a ocho especies de Roedores, entre los que cabe citar "Microtus pliocenicus, Lagurus pannonicus, Pliomys espicopalis", y cuatro Lagomorfos, dos de los cuales representantes del género "Prolagus" y los otros dos Leopóridos, con una forma parecida al "Oryctolagus lacosti". Esta fauna es de edad bihariense media, corresponde al período cromeriense, o sea, en el interglacial Günz-Mindel. La presencia de los Muridos, "Castillomys crusafonti, Apodemus aff. mystacinus, y de Prolagus", demuestran la individualización biogeográfica de esta parte de Europa a principios del Pleistoceno medio.—L.

PALEOGEOGRAFIA

JEAN-CLAUDE GALL: *La paleontologie et la reconstitution des milieux de vie anciens*. Seminario de estratigrafía, núm. 11, 1975, págs. 45 a 54.

El objeto de la paleoecología es la reconstitución de los paisajes antiguos y de sus pobladores. Para ello es necesario conocer los medios de vida de sus individuos, condiciones de existencia y las características del ambiente físico-químico. Dispone el geólogo de dos fuentes: los fósiles y los sedimentos. Expone el autor cuatro ejemplos del triás y del jurásico de Alemania y Francia.

Como conclusión dice que la paleoecología tiende a establecer relaciones entre el ambiente físico-químico y los organismos vivientes, acumula y confronta la información deducida de los sedimentos y los fósiles y las indicaciones dejadas por la actividad biológica y las modalidades de la fosilización.—L. DE A.

HIDROGEOLOGIA

Características geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas de los alrededores de Villanueva de la Serena y Don Benito (Badajoz). C. S. I. C. Madrid, 1973, 96 págs., 29 gráficos, 7

Este trabajo aparecido a principios de 1977 es una aportación interesante al mejor conocimiento de la hidrogeología de la provincia de Badajoz. Lo inició José Ramón Peláez y Pruneda, como tesis doctoral de geología económica, con la idea de cubrir toda la provincia de Badajoz (1967) y consta de las partes siguientes: Reconocimiento geológico de la que son autores P. Herranz, M. A. San José, J. R. Peláez y L. Vilas. Características hidrogeológicas e hidroquímicas por J. R. Peláez Pruneda. Bibliografía ordenada en dos capítulos; bibliografía hidrogeológica regional y tratados generales de hidrogeología. Diagramas donde aportan 12 de Stiff y 17 logarítmicos por cierto sin adaptarlos al actual criterio de la HOMS ni al del Código Alimentario. La parte cartográfica, con la denominación de mapas publican un bosquejo geológico a 1/50.000 y seis diagramas hidroquímicos a 1/100.000, además incluyen una lámina de cortes geológicos.—L. DE A.

GEOTECNIA

RENÉ HOUPERT: *La rupture fragile des roches.* Ann. Soc. Géol. Nord., 1975, XCV-3, 145-153.

La ruptura de las rocas sometidas a comprensión simple están ampliamente condicionadas por su estructura, en particular por la dimensión de los granos. En el comienzo de la ruptura, hay una formación de microfaturas paralelas a la contracción o esfuerzo aplicado y debidas a contracciones de tracción inducidas por heterogeneidades de la roca. Se establecen microfracturas y fracturas de cizallamiento conducentes a la ruina de la proveta.—L. DE A.

J. P. HENRY y J. PAQUET: *Le problème de la rupture des roches: rupture brutale et cinétique de fissuration.* Ann. Soc. Géol. Nord., 1975, XCV 3, 119-137.

La ruptura de las rocas está ligada al desarrollo de las microfisuras y comprende los mecanismos de iniciación, propagación y coalescencia. Han estudiado dos tipos de rocas carbonatadas, una micrita y un mármol de grano fino. La ruptura fue analizada previamente según la teoría de Griffith. Confrontan los valores experimentales del factor de intensidad de constreñimiento K_1 con la microestructura (porosidad, granulometría, defectos). Por medio de ensayos de fisuración lenta, han establecido las relaciones entre la velocidad de propagación de las

fisuras y K_1 . Establecen el papel del medio. Han verificado experimentalmente con otros ensayos, las relaciones entre tiempos de ruptura y carga y entre contracción de ruptura y velocidad de deformación calculadas a partir de $V=f(K_1)$.—L. DE A.

GEOQUIMICA

KERSABIEC, ANNE MARIE y ROGER GUY: *Sur la distribution de quelques éléments en traces dans l'encaissement de quelques amas pyriteux de la partie centrale de la province de Huelva (España).* Bull. B. R. G. M. Sec. 2, n. 5, 1976, págs. 439 a 485.

Fueron valorados el Co, Ni, V, Cu, Pb, Zn en trazas en 300 muestras de rocas y en 8 muestras de piritita seleccionadas.

La distribución de las trazas en las rocas conducen a los resultados siguientes: 1) Las leyes de fondo dependen de un factor preponderante: la facies. 2) A escala regional, el nivel portador de las masas mineralizadas no está caracterizado por una anomalía geoquímica. 3) En el encaje próximo de los yacimientos aparece una doble aureola de dispersión: una, de extensión kilométrica, débilmente enriquecida en Cu, Zn, V, Co, Ni y Pb; la otra, limitada aparentemente por un borde muy estrecho alrededor de las masas, con leyes muy anómalas (0,1 a 3 por 100) en Cu, Pb o Zn.

Los datos geoquímicos aparentan una filiación entre el vulcanismo y la mineralización, las masas aparecen como cuerpos bastante extraños con relación a sus alrededores sedimentarios, y no como culminaciones injertadas sobre las anomalías geoquímicas positivas de gran extensión; la relación Co/Ni es más elevada en la piritita de las masas que en la piritita diseminada lejos de las masas.

La interpretación de las correlaciones muestran la posible localización de elementos trazas en ciertos minerales portadores privilegiados, destacadamente en los óxidos de titanio, la clorita, la muscovita y el epidoto. L. DE A.

BIBLIOGRAFIA

JUAN MARTÍNEZ COLLADO: *Bibliografía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid.* Seminario de Estratigrafía, núm. 11, 1975, págs. 21 a 44.

Esta amplia bibliografía comprende tres partes: por autores; las obras anónimas, las hojas del Instituto Geológico y Minero de España.

La recopilación de datos finaliza el 6 de mayo de 1974. L. DE A.

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000

2.ª Serie (proyecto MAGNA)

Relación de Hojas y Memorias publicadas de esta edición.

1. Carliño.	363. Manresa.	821. Alcoy.
6. San Salvador de Serantes.	364. La Garriga.	823. Jávea.
7. Cedeira.	391. Igualada.	826. Cheles.
8. Vivero.	392. Sabadell.	827. Alconchel.
12. Busto.	393. Mataró.	831. Zalamea de la Serena.
13. Avilés.	417. Espuga de Francolí.	851. Rabito.
14. Gijón.	318. Montblanch.	852. Villanueva del Fresno.
15. Lastres.	419. Villafranca del Panadés.	884. La Carolina.
21. La Coruña.	420. Hospitalet de Llobregat.	885. Santisteban del Puerto.
22. Puente deume.	446. Vall.	890. Calasparra.
23. Puentes de García Rodríguez.	447. Villanueva y Geltrú.	891. Cieza.
28. Grado.	448. Prat de Llobregat.	893. Elche.
29. Oviedo.	473. Tarragona.	894. Cabo de Santa Pola.
30. Villaviciosa.	510. Marchamalo.	903. Montoro.
34. Torrelavega.	545. Morella.	907. Villacarrillo.
35. Santander.	546. Ulldecona.	908. Santiago de la Espada.
37. Algorta.	547. Alcanar.	910. Caravaca.
38. Bermeo.	570. Albocácer.	911. Cehegín.
39. Lequeitio.	571. Vinaroz.	912. Mula.
40. Jaizquíbel.	571 bis. Con la 571.	913. Orihuela.
41. Irún.	582. Getafe.	919. Almadón de la Plata.
47. Villalba.	583. Arganda.	920. Constantina.
52. Proaza.	584. Mondéjar.	921. Navas de la Concepción.
53. Mieres.	593. Cuevas de Vinromá.	922. Santa María de Trassiera.
61. Bilbao.	594. Alcalá de Chisvert.	923. Córdoba.
62. Durango.	607. Tarancón.	924. Bujalance.
63. Eibar.	614. Manzanera.	931. Zarcilla de Ramos.
64. San Sebastián.	615. Alcora.	932. Coy.
65. Vera de Bidasoa.	616. Villafamés.	933. Alcantarilla.
66. Maya del Baztán.	617. Faro de Oropesa.	934. Murcia.
72. Lugo.	631. Oropesa.	940. Castilblanco de los Arroyos.
78. Pola de Lena.	632. Horcajo de Santiago.	941. Ventas Quemadas.
88. Vergara.	635. Fuentes.	942. Palma del Río.
91. Valcarlos.	636. Villar del Humo.	943. Posadas.
91 bis. Mendizar.	637. Landete.	944. Espejo.
97. Guntín.	638. Alpuente.	953. Lorca.
98. Baralla.	640. Segorbe.	954. Totana.
154. Lalín.	641. Castellón de la Plana.	962. Alcalá del Río.
155. Chantada.	642. Islas Columbretes.	963. Lora del Río.
159. Bembibre.	659. Lillo.	964. La Campana.
175. Singües.	663. Valera de Abajo.	965. Ecija.
187. Orense.	664. Enguadanos.	975. Puerto Lumbreras.
188. Nogueira de Ramuín.	665. Mira.	976. Mazarrón.
204. Logroño.	666. Chelva.	977. Cartagena.
207. Sos del Rey Católico.	668. Sagunto.	978. Llano del Beal.
225. Ribadavia.	669. Moncofar.	983. Sanlúcar la Mayor.
226. Allariz.	690. Santa María del Campo Rus.	984. Sevilla.
236. Estudillo.	691. Motilla del Palancar.	997. Aguilas.
237. Castrogeriz.	693. Utiel.	997 bis. Cope.
245. Sádaba.	694. Chulilla.	999. Huelva.
263. Celanoca.	696. Burjasot.	1.000. Moguer.
264. Ginzo de Limia.	719. Venta del Moro.	1.013. Macael.
301. Lovlos.	720. Requena.	1.014. Vera.
302. Baltar.	722. Valencia.	1.015. Garrucha.
329. Pons.	761. Llanos del Caudillo.	1.016. Los Caños.
330. Cardona.	763. Sotuélamos.	1.017. El Abalarío.
331. Puigreig.	788. El Bonillo.	1.018. El Rocío.
336. Portela d'Home.	789. Lezusa.	1.030. Tabernas.
351. Olvega.	794. Canals.	1.031. Sorbas.
362. Calaf.	796. Gandía.	1.032. Mojácar.
	820. Onteniente.	1.033. Palacio de Doñana.

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

ULTIMOS VOLUMENES PUBLICADOS


- Prospección a la Batea de minerales aluvionares en la provincia de Cáceres. Area del Valle del Tíetar y Moraleja.
- Fase Previa del proyecto de investigación minera de la Cordillera Ibérica.
- Investigación de Plomo-Cinc en la reserva de la LOMA CHARRA (Soria).
- Investigación de Minerales de Plomo en el Area de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.
- Estudio Previo para la investigación de Bauxita en el Subsector I., Cataluña, Area 3. La LLACUNA (Barcelona y Tarragona).
- Investigación de Minerales de Bauxita, Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.
- Investigación Minera Submarina en el Subsector «HUELVA I». Golfo de Cádiz.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo I.
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Nijar. Tomo II.
- Estimación de posibilidades minerales en el Subsector II, Suroeste, Area I. MAZAGON (Huelva). Fase Previa.
- Exploración de Minerales Magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Investigación minera en el área Vimbodi-Selva (Tarragona).
- Investigación de lignitos en Meirama (La Coruña).
- Investigación minera en Hiendelaencina (Guadalajara).
- Investigación minera en la zona Silleda-Beariz (Galicia).
- Investigación minera preliminar en la plataforma continental submarina (Málaga-Gibraltar).
- Monografía de Rocas Industriales. Arenas y Gravas.
- Monografía de Rocas Industriales. Bauxita y Laterita.
- Monografía de Rocas Industriales. Asbestos, Talco y Pirofillita.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Silicoaluminosas.
- Monografía de Rocas Industriales. Vidrios Volcánicos.
- Monografía de Rocas Industriales. Dunita y Olivino.
- Monografía de Rocas Industriales. Pizarras.
- Monografía de Sustancias Minerales. Circonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Barita.
- Monografía de Sustancias Minerales. Antimonio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Litio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Niobio y Tántalo.
- Monografía de Sustancias Minerales. Esquistos bituminosos.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sal Gema.
- Proyecto: Investigación de estaño-wolframio en la Zona Monterrey-Maceda (Orense).
- Monografía de Sustancias Minerales. Estaño.
- Monografía de Sustancias Minerales. Titanio.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Estimación del potencial minero de la Zona de Arcucelos (Orense).
- Monografía de Sustancias Minerales. Rocas calcáreas sedimentarias.
- Reserva «Zona de Huelva»:
 - 1 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en las hojas 939: Castillo de las Guardas y 940: Castilblanco de los Arroyos.
 - 2 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 de la hoja 958: Puebla de Guzmán.
 - 3 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en las áreas de Cobullos-Mina del Soldado y Sur de Higuera de la Sierra.
 - 4 - Estudio Geológico Minero a 1:20.000 en el área norte de Aznalcollar.
 - 5 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 961: Aznalcollar.
 - 6 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 982: La Palma del Condado.
 - 7 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de Nerva Mina de Peña de Hierro.
 - 8 - Estudio Geológico Minero a 1:50.000 en la hoja 936: Paymogo.
 - 9 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el área de las minas del Castillo de las Guardas.
 - 10 - Investigación geofísica en el área de las minas del Castillo de las Guardas (La Admirable).
 - 11 - Estudio Geológico Minero a 1:10.000 en el flanco norte del anticlinal de Puebla de Guzmán.
 - 12 - Investigación geofísica en el área Herrerías-Cabexas del Pasto.
 - 13 - Investigación geoquímica en las hojas 936: Paymogo, 939: el Castillo de las Guardas, 958: Puebla de Guzmán y 961: Aznalcollar.
- Monografía de Sustancias Minerales. Manganeso.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona).
- Monografía de Sustancias Minerales. Espato flúor.
- Monografía de Sustancias Minerales. Níquel.
- Monografía de Sustancias Minerales. Sales Potásicas.
- Monografía de Sustancias Minerales. Wolframio.
- Monografía de Rocas Industriales. Rocas Calcáreas Sedimentarias.

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c/ Claudio Coello, 44. MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c/ Ríos Rosas, 23. MADRID (3)



TODA LA RIQUEZA MINERA EN SUS MANOS

MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA

Sección de Geología descriptiva

El más completo catálogo de nuestras posibilidades mineras, realizado por el

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

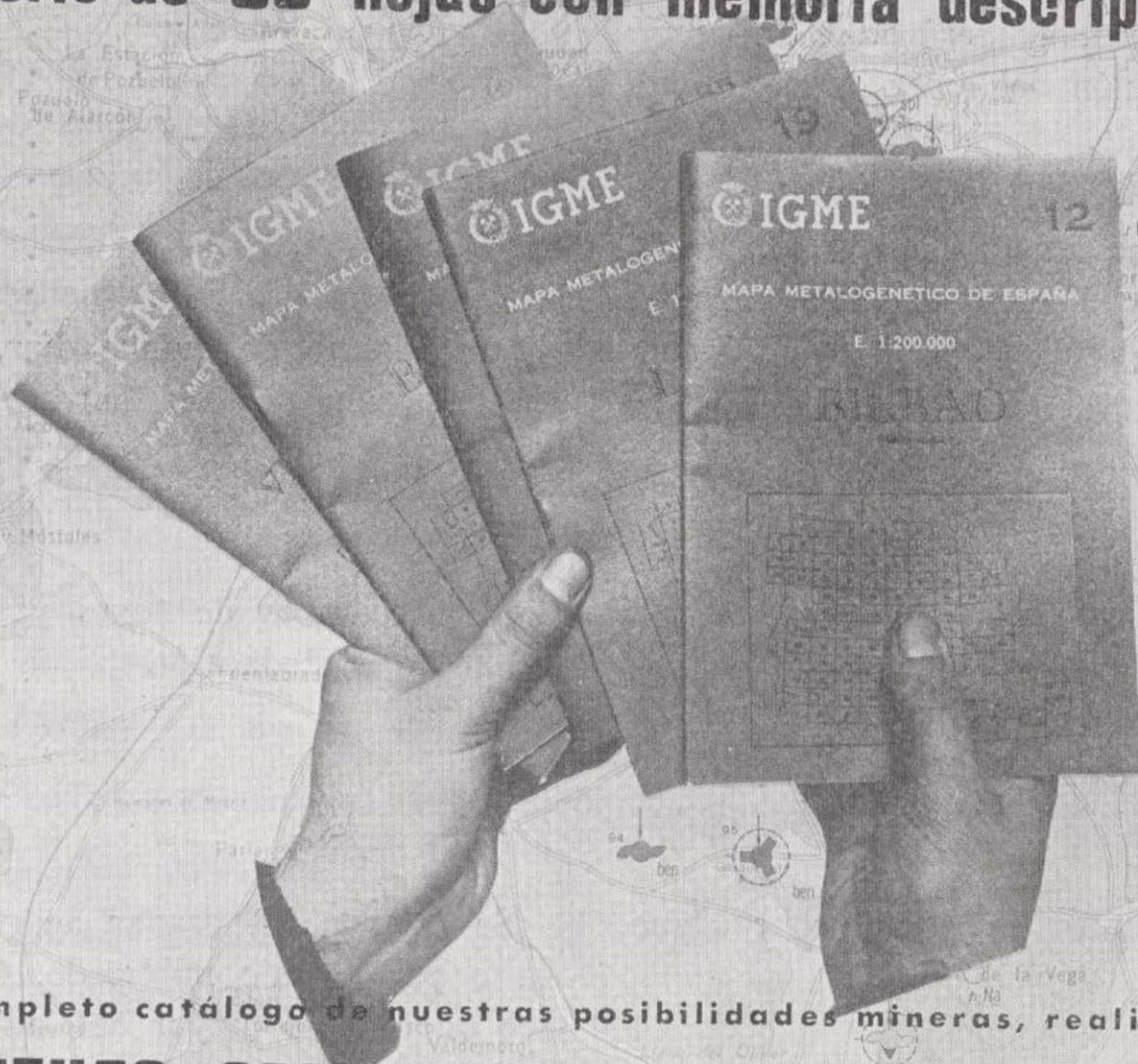
EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

SERVICIO DE PUBLICACIONES MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello 44 MADRID 1

TODA LA RIQUEZA MINERA EN SUS MANOS MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA

Serie de 93 hojas con memoria descriptiva



El más completo catálogo de nuestras posibilidades mineras, realizado por el

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EDITADO Y DISTRIBUIDO POR

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA**

Claudio Coello 44 MADRID 1

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 intercalarse 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 llevarán 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 hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

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.

IBERICA DE SONDEOS, S. A.

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación.

SONDEOS:

PARA MINERIA.
PARA ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
PARA EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES.

- Personal altamente experimentado.
- Profundidades hasta 2.000 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio, Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

DELEGACION EN:
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

BOLETIN GEOLÓGICO Y MINERO

1954, 10, 107

MADRID 6



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



CG Compañía
General de
Sondeos, S.A.