

En este número:

- Consideraciones sobre el carácter de los cabalgamientos del Arco Medio de la «Rodilla Astúrica» (Norte de España).
- Nouvelles données sur le Secondaire de la Sierra de Cabezón de Oro (Province d'Alicante).
- Estudio Geológico y Metalogénico de la Zona de Beariz (Orense) y de sus Yacimientos Minerales de Sn-W. II. Petrografía.
- Características hidrogeológicas e hidrodinámicas del karst para la inyección de aguas residuales.
- Termalismo en España meridional.
- Presencia de mordenita en un yacimiento de bentonita de la región de Cabo de Gata (Almería).
- Sobre las rocas «porfiroides» de la banda Almendralejo-Azuaga (SO. de España).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVI, Segundo Fascículo. Marzo - Abril 1975

boletín

7801937
7801938
7801939

geológico

y minero

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





enadimsa

INI
empresa nacional adaro
de investigaciones mineras, s.a.

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



**geológicos
 minerales
 hidrogeológicos
 geotérmicos
 geotécnicos**

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

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

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

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



**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

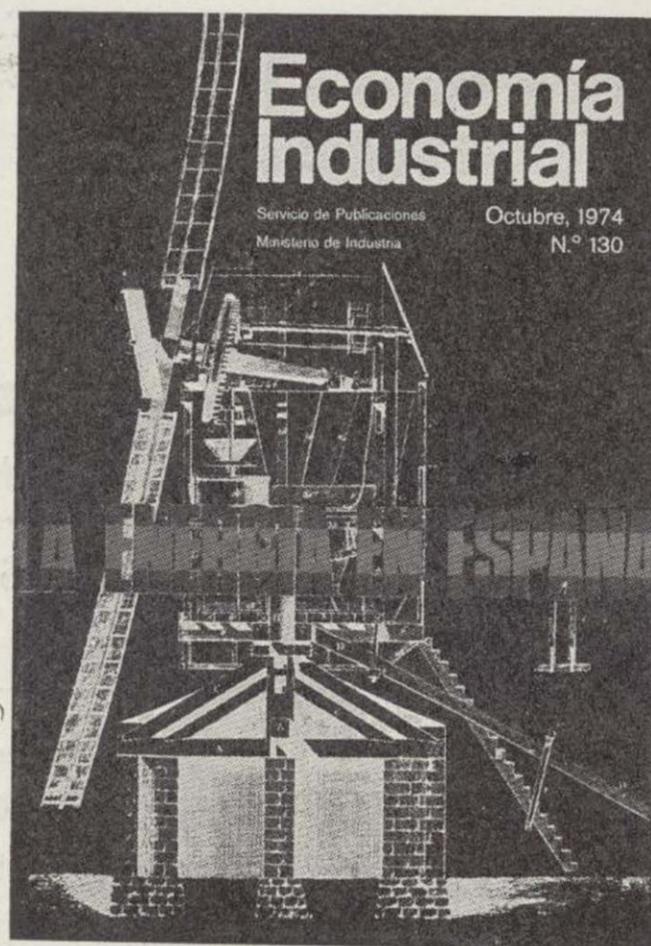
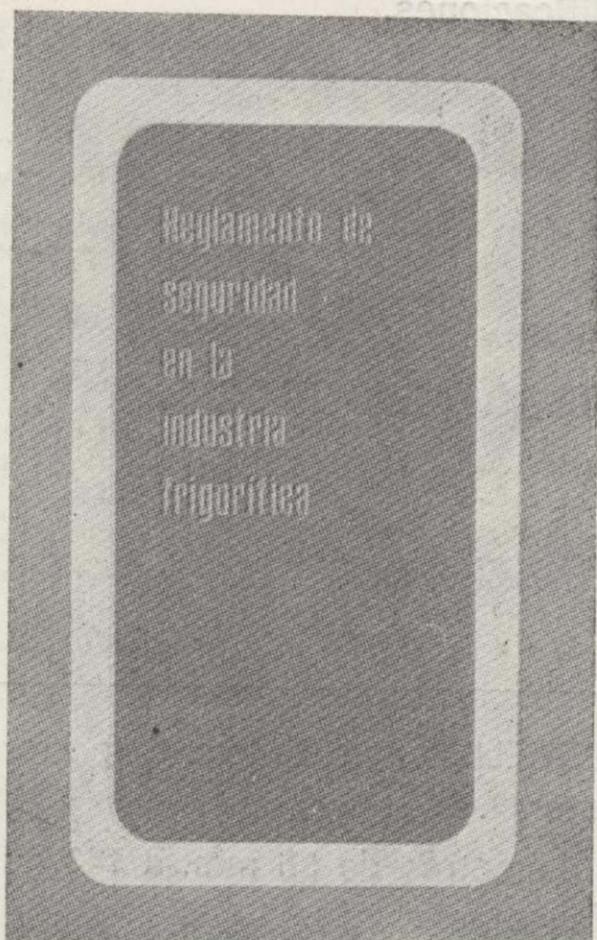
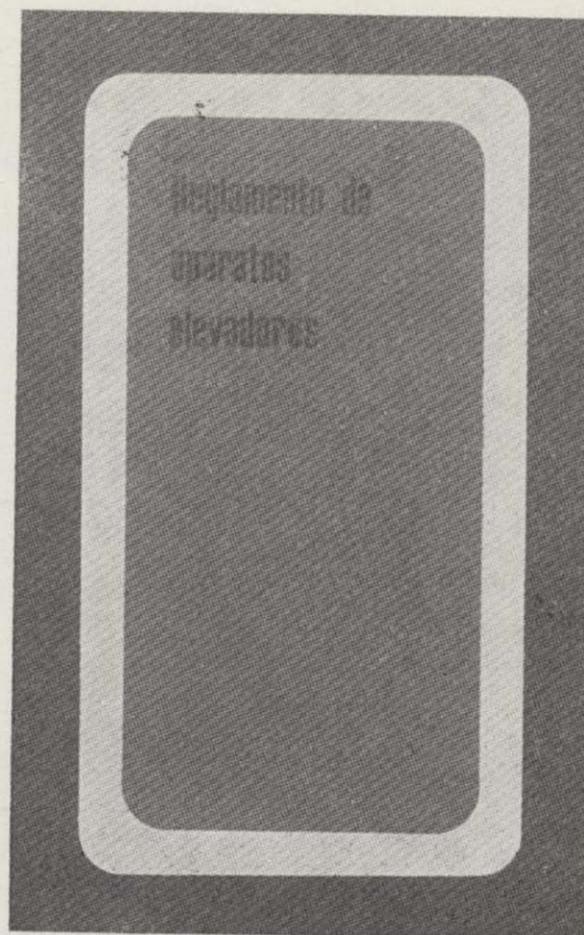
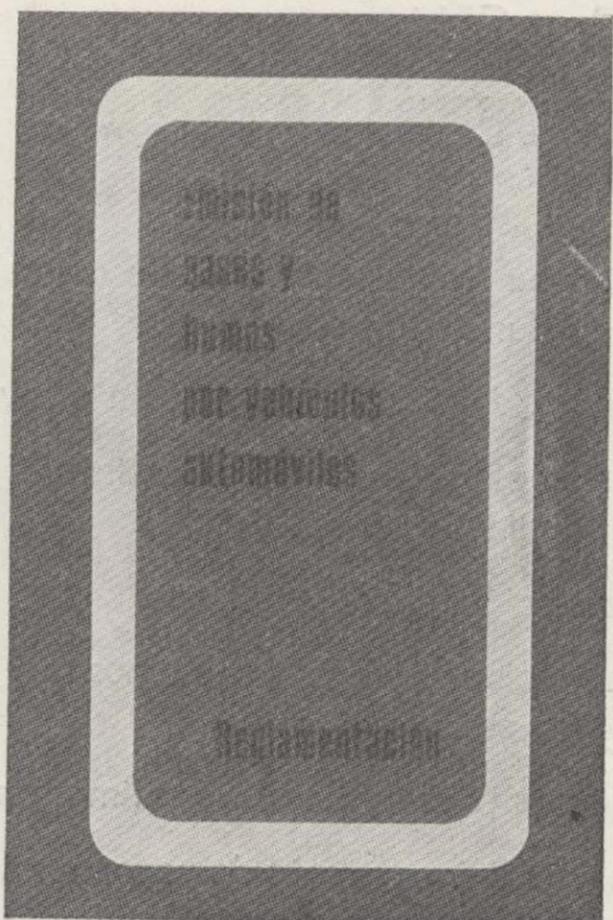
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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.

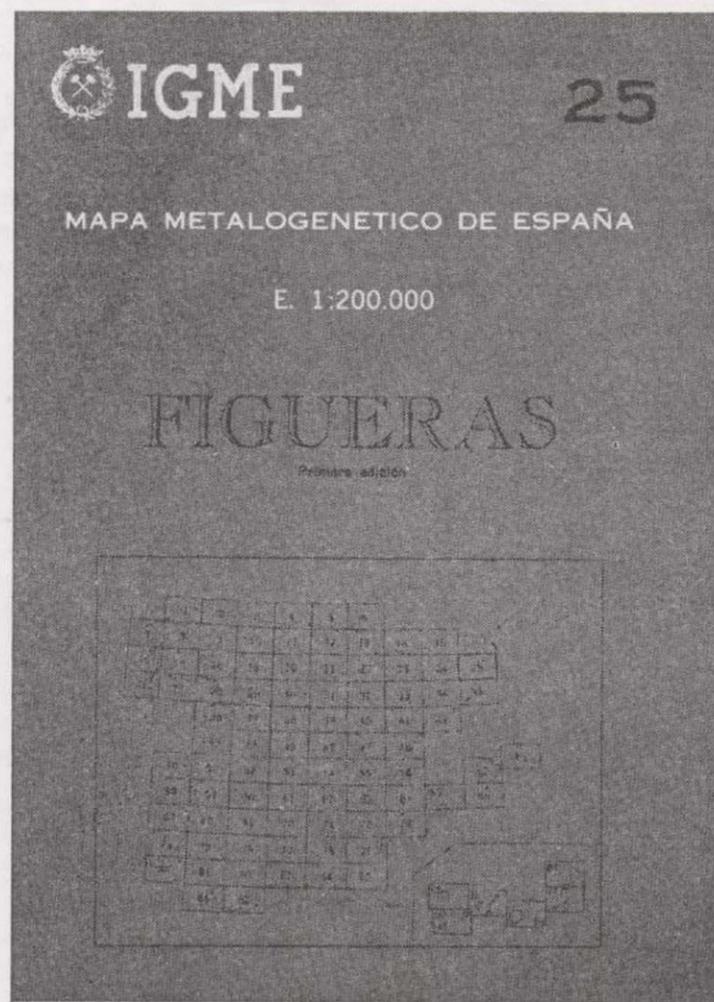
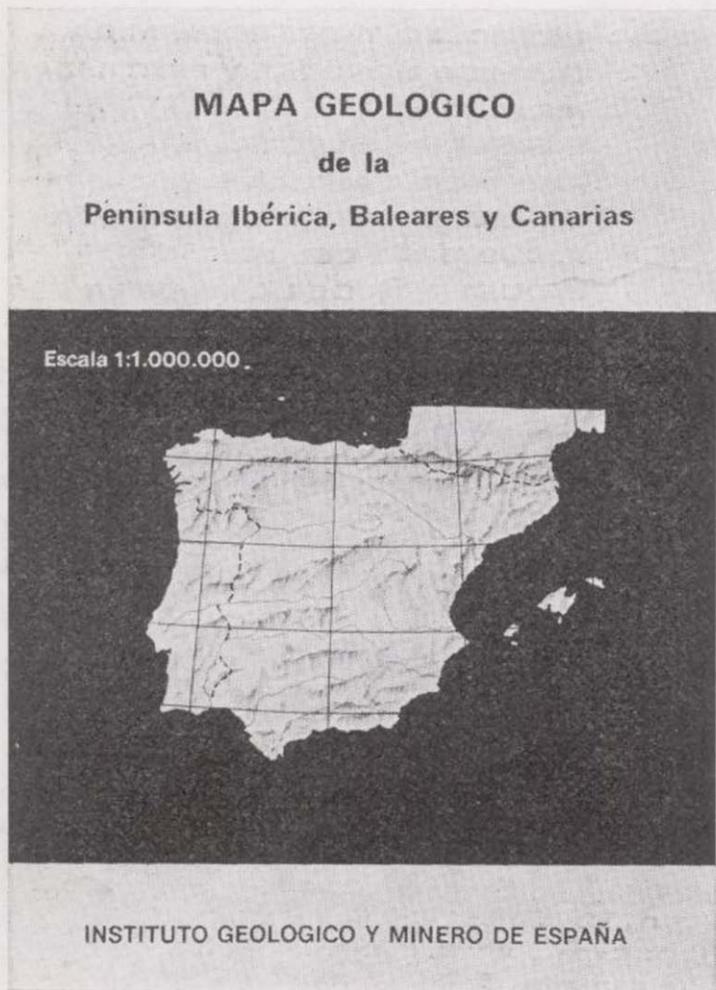
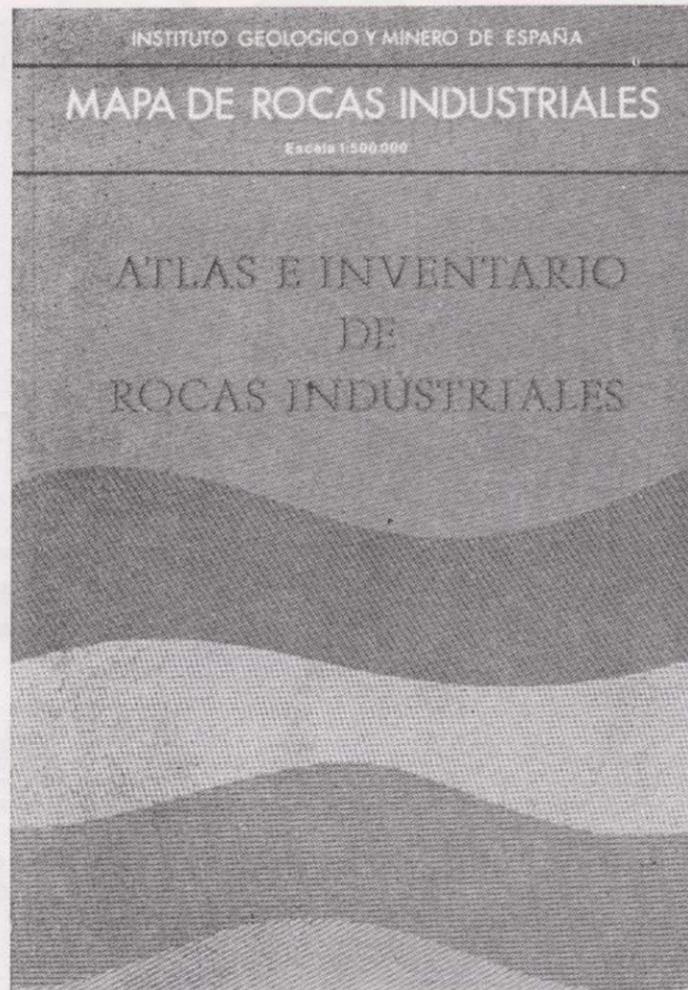
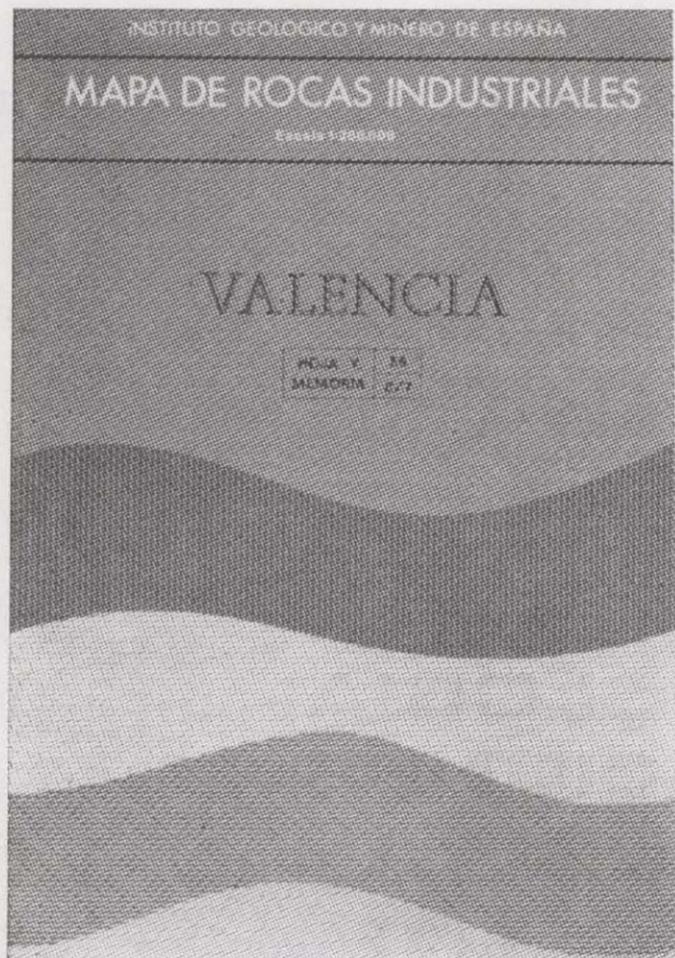
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

NUEVAS PUBLICACIONES

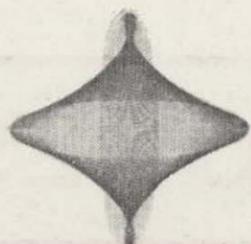


SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

NUEVAS PUBLICACIONES

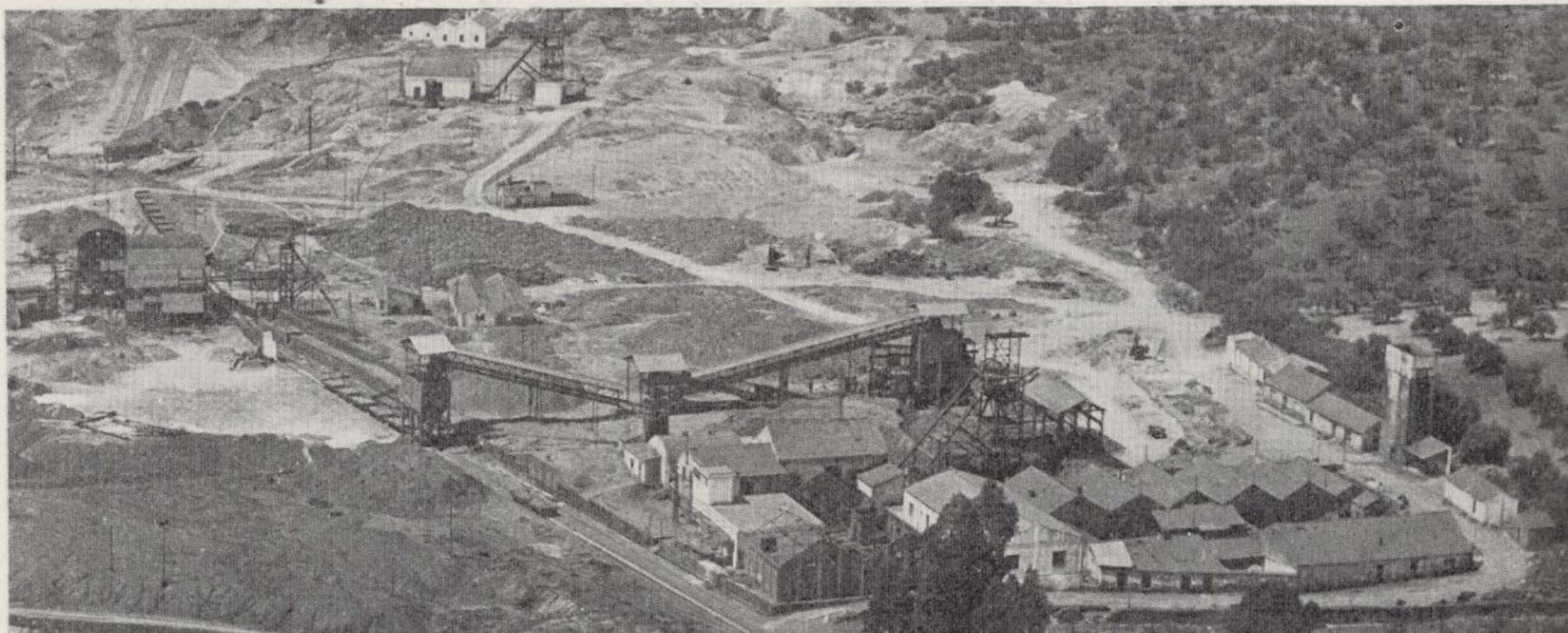


SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1



INTECSA

INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S. A.



PLANTA PILOTO DE PIRITAS Y PIROCLASTOS. AZNALCOLLAR (SEVILLA)

MINERIA

GEOLOGIA
GEOTECNIA
HIDROGEOLOGIA
EXPLOTACIONES
MINERALURGIA

INGENIERIA CIVIL

CARRETERAS
FERROCARRILES
AEROPUERTOS
PUERTOS
OBRAS HIDRAULICAS
AGRONOMIA
MECANICA DEL SUELO
PUENTES
ESTRUCTURAS
ARQUITECTURA
URBANISMO
INGENIERIA SANITARIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

PETROLEO Y PETROQUIMICA
QUIMICA GENERAL Y FERTILIZANTES
METALURGIA
INGENIERIA ELECTRICA
INGENIERIA MECANICA
INGENIERIA TERMOMECANICA
INDUSTRIAS DEL FRIO
INDUSTRIAS DE LA MADERA
INDUSTRIAS ALIMENTICIAS
TECNOLOGIA DEL MEDIO AMBIENTE

ESTUDIOS ECONOMICOS

ESTUDIOS DE DESARROLLO REGIONAL
ORDENACION DEL TERRITORIO
DESARROLLO TURISTICO
ESTUDIOS SECTORIALES
ESTUDIOS DE VIABILIDAD
ESTUDIOS DE TRANSPORTES
ESTUDIOS ECONOMICO - FINANCIEROS

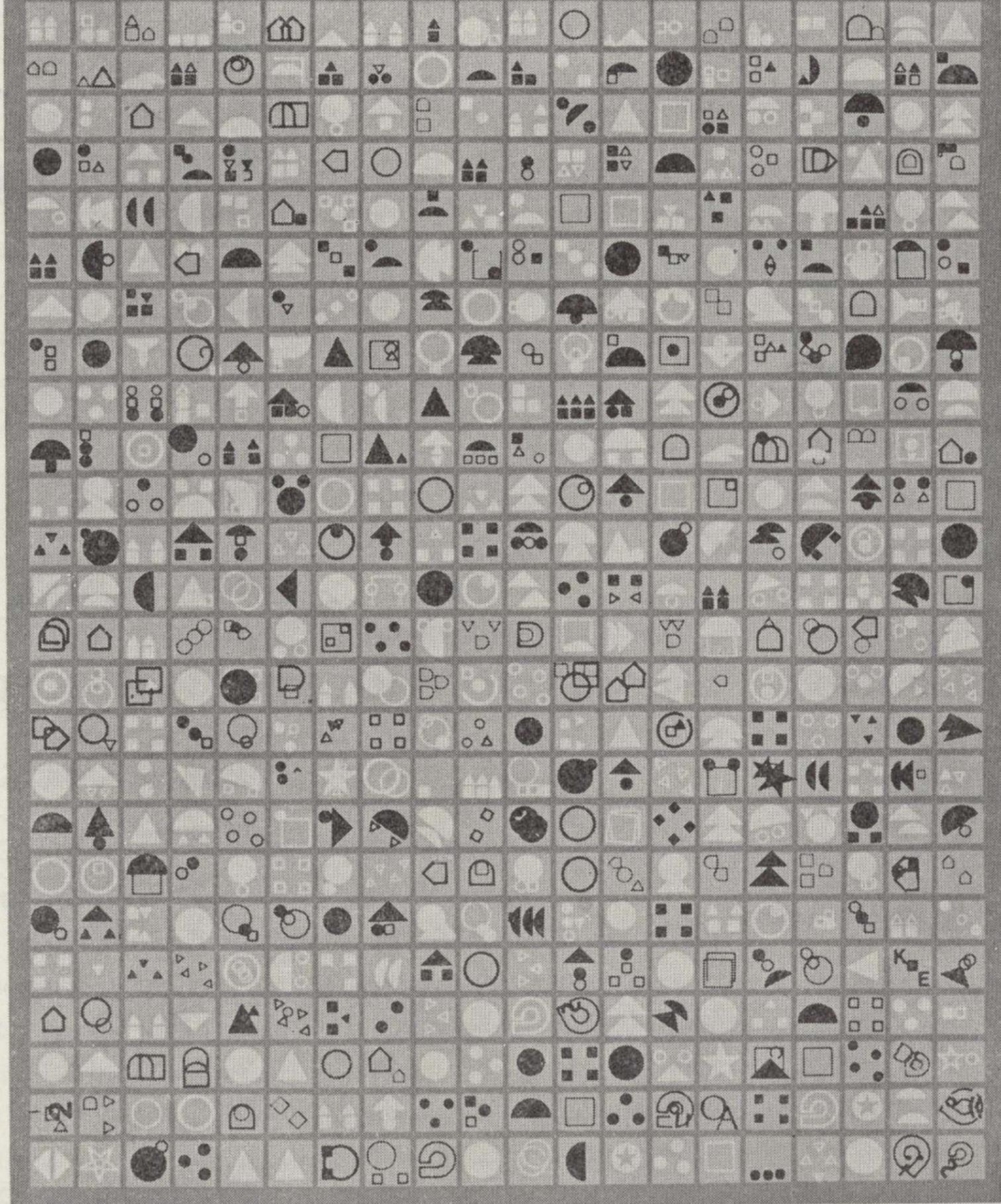
OFICINAS CENTRALES EN MADRID: C/ CONDESA DE VENADITO 1.
TELEFONOS: 4044000 - 4045100 - 4046100.
4047100 - 4048100.
TELEGRAMAS: INTECSAMA.
TELEX: 22473 INTSA - E.

DELEGACION EN BARCELONA: C/ COMPOSITOR BEETHOVEN.15.
" " CANARIAS: C/ VILLALVA HERVAS 9. STA. CRUZ DE TENERIFE.
" " MURCIA: C/ VILLALEAL 2.
" " VALENCIA: C/ CRONISTA CARRERES 9-11.

DELEGACIONES EN: PORTUGAL LIBIA ARGELIA. VENEZUELA ECUADOR BRASIL.

DE INMINENTE APARICION

las 500 grandes empresas
industriales españolas en 1973



SERVICIO DE PUBLICACIONES

MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello 44 MADRID - 1



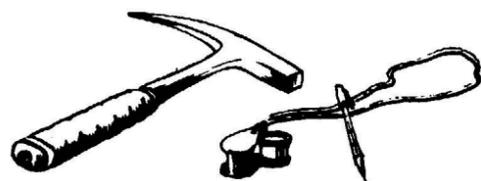


FINA IBERICA S.A

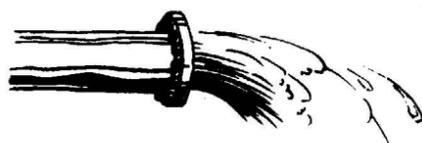
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

Tno. 2 5978 04



**Investigacion
Geologica**



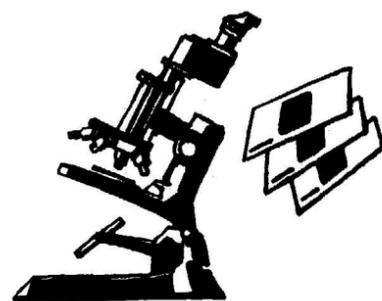
Hidrogeologia



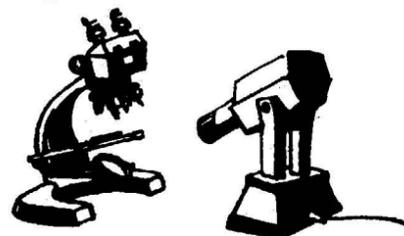
Perforacion



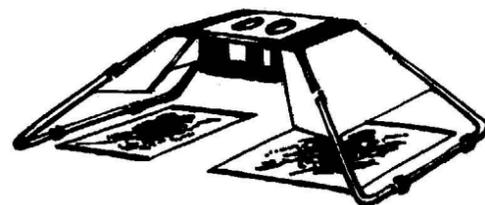
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio

COLECCION REGLAMENTOS

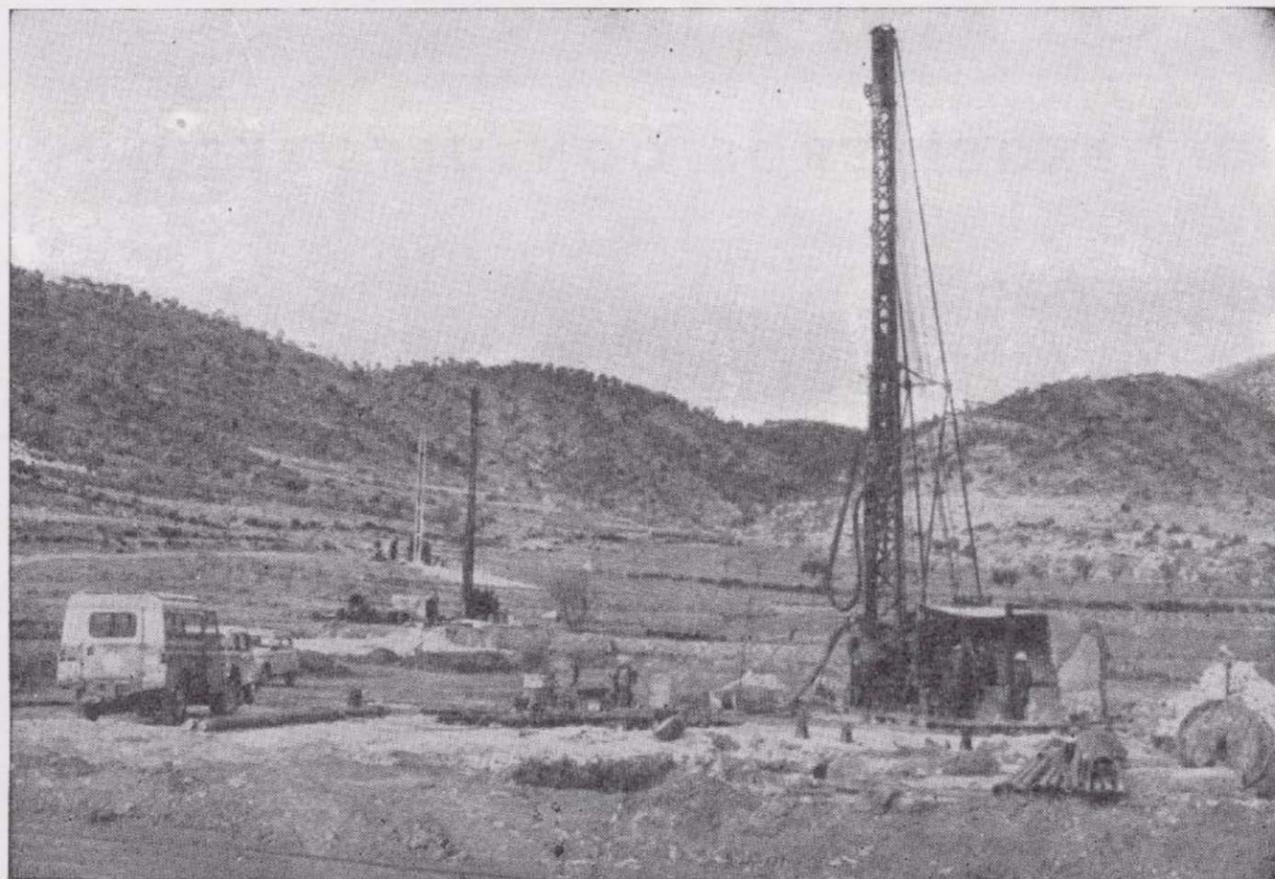
ESTA COLECCION RECOGE AQUELLAS DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS QUE REGULAN UNA MATERIA CONCRETA CON CARACTER GENERAL. ESTA INSPIRADA, POR UNA PARTE, PARA PUBLICAR LAS DISPOSICIONES DE USO MAS CORRIENTE, CON EL FIN DE AUMENTAR SU DIFUSION Y CONOCIMIENTO; DE OTRA, PRESENTANDO ESTAS DISPOSICIONES CON UN FORMATO Y CARACTERISTICAS QUE PERMITAN SU UTILIZACION EN CUALQUIER MOMENTO Y LUGAR

VOLUMENES PUBLICADOS

1. Reglamento de Minería (agotado).
2. Reglamento de Aparatos Elevadores.—1.^a, 2.^a edición (agotados).
3. Reglamento de Recipientes a Presión.—1.^a, 2.^a edición (agotados).
4. Reglamento de Recipientes a Presión.—Apéndice (agotado).
5. Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.—100 ptas.
6. Reglamento de Verificaciones Eléctricas.—1.^a edición (agotado).
7. Reglamento de Seguridad en la Industria Frigorífica.—1.^a edición (agotado).
8. Reglamentación de Talleres de Reparación de Automóviles.—1.^a edición (agotado). 2.^a edición, 30 ptas.
9. Reglamentación de Talleres de Reparación de Automóviles.—Apéndice, 30 ptas.
10. Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados (agotado).
11. Normalización de Conservas Vegetales.—50 ptas.
12. Reglamento del Servicio Público de Gases Combustibles.—30 ptas.
13. Reglamento Electrónico para Baja Tensión.—1.^a edición (agotado). 2.^a edición, 100 ptas.
14. Normas básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados.—2.^a edición (agotado).
15. Reglamento de Seguridad en la Industria Frigorífica.—2.^a edición, 50 ptas.
16. Reglamento de Verificaciones Eléctricas.—3.^a edición, 60 ptas.
17. Reglamento de Aparatos Elevadores—3.^a edición, 50 ptas.
18. Reglamento de Aparatos que utilizan Combustibles Gaseosos.—60 ptas.
19. Emisión de Gases y humos por Vehículos Automóviles: Reglamentación.—25 ptas.
20. Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos.—50 ptas.
21. Reglamento de Recipientes a Presión.—3.^a edición, 75 ptas.
22. Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados.—3.^a edición, 30 ptas.

SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA
CLAUDIO COELLO, 44, 1.º - MADRID-1

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

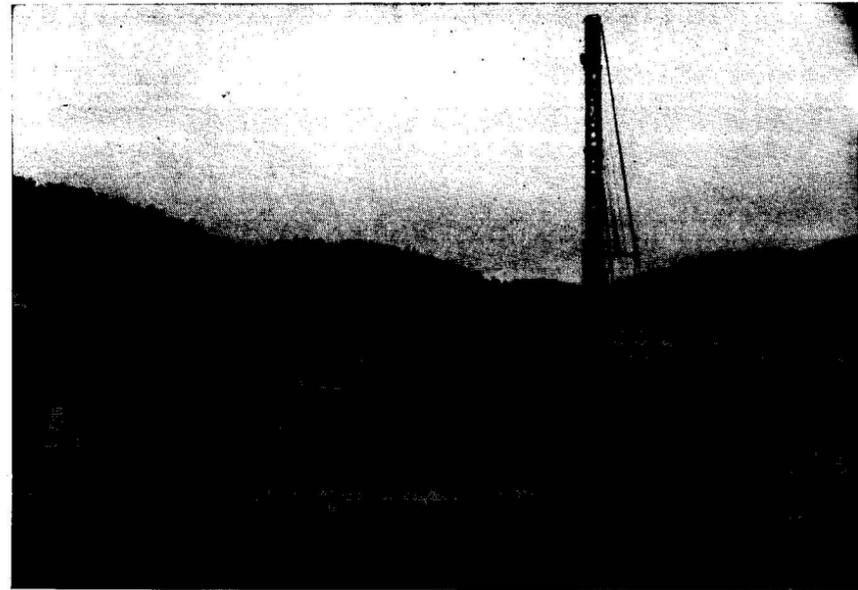
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

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)

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

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



Equipo de sondeo perforando a 400 m. con recuperación continua de testigo desde la superficie y colocación posterior de piezómetros.

El futuro de su explotación puede depender de una campaña de sondeos bien ejecutada... ¡Consúltenos!

**SONDEOS MINEROS
HIDROGEOLOGIA
INYECCIONES
BULONAJES Y ANCLAJES**

**PILOTES
PANTALLAS CONTINUAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA
MICROPILOTES
REVESTIMIENTOS DE RESINA
Y GUNITA
CONGELACION DE TERRENOS
ELECTRO-OSMOSIS**

Oficina Central: **MADRID-16**

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

Delegaciones:

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

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

SEVILLA
Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88/90
Telex 72154 - RODIO e

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

STA. CRUZ DE TENERIFE
Pasaje de Peligros, 1
Teléf. 24 25 98

Representaciones: **BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN**

**TERRATEST
SU
AUXILIAR
EN LA
INVESTI-
GACION
MINERA**



TERRATEST, S. A.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

Virgen del Val, 28 - MADRID-27 - Teléfono 404 85 34



EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN
A.C. Y D.C.

POLARIZACION ESPONTANEA

POLARIZACION INDUCIDA

MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS



Trabajamos a fondo para encontrar el agua que Vd. necesita.

Un sondeo no debe ser una realización frustrada. Ha de estar hecho en debidas condiciones técnicas para el óptimo aprovechamiento de los acuíferos. Y esto sólo se consigue mediante capacidad técnica y experiencia.

Vegarada dispone de estos medios:

- Potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado:

- a percusión
- a rotación directa
- a rotación con circulación inversa.

- Posibilidad de alcanzar la profundidad precisa con el diámetro más útil.
- Empaques de grava y filtros para evitar arenas en el sondeo.
- Desarrollo de los acuíferos mediante potentes equipos.
- Aforos y ensayos de bombeo por medio de grupos autónomos.
- Experiencia de más de veinticinco años en alumbramiento de aguas subterráneas.

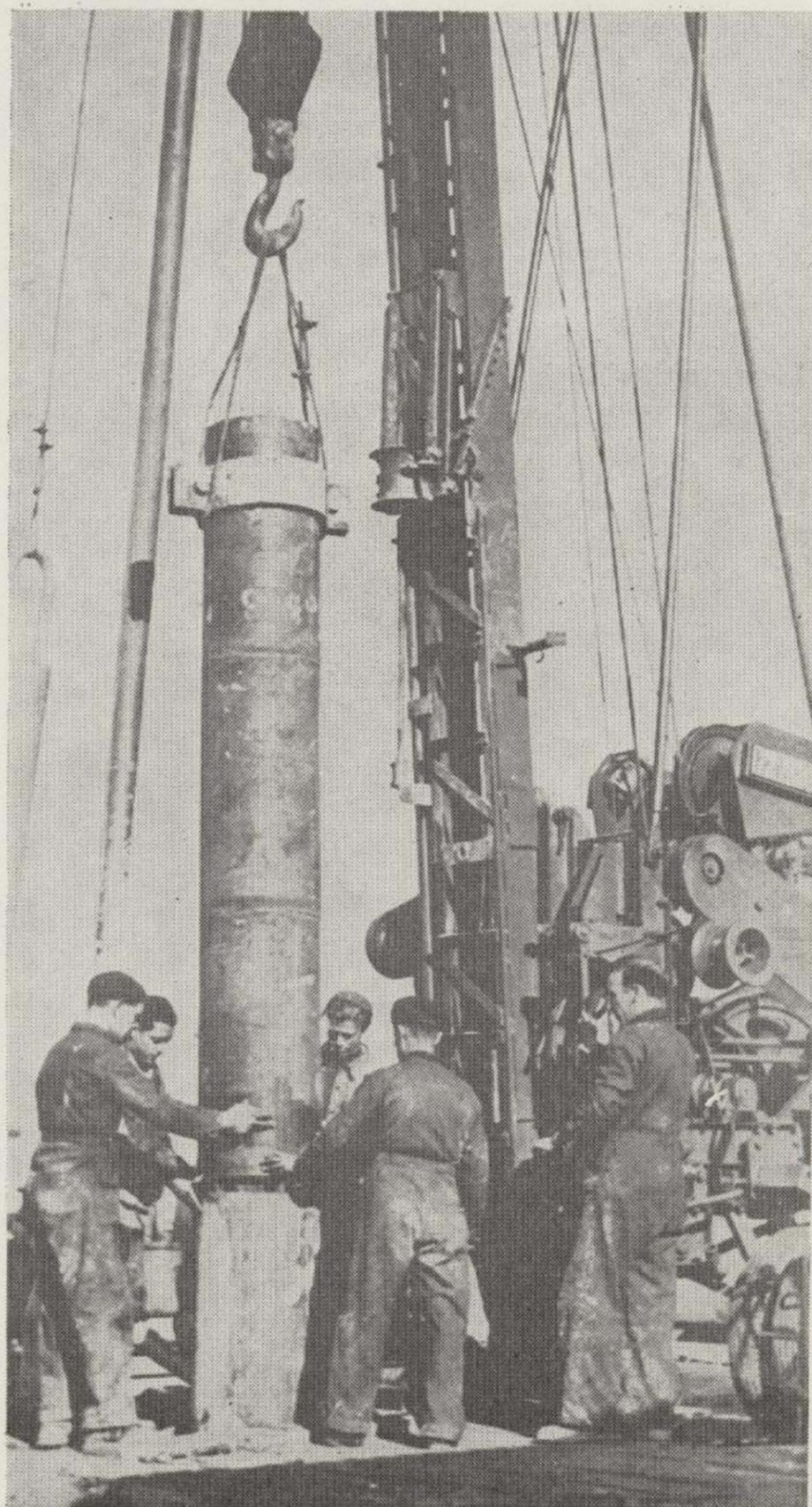
Un sondeo bien hecho es a la larga un sondeo rentable. Y porque lo sabemos, ¡trabajamos a fondo!

Vegarada
PERFORACIONES

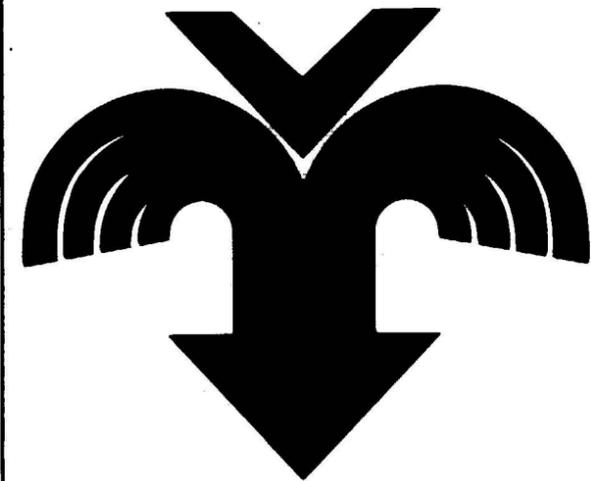


Guzmán el Bueno, 133

Tels. 253 42 00 - 233 71 00 - Madrid-3.



Pb-3



**Trabajamos
a fondo para
encontrar el agua
que Vd. necesita.**

Un sondeo no debe ser una realización frustrada. Ha de estar hecho en debidas condiciones técnicas para el óptimo aprovechamiento de los acuíferos. Y esto sólo se consigue mediante capacidad técnica y experiencia.

Vegarada dispone de estos medios:

- Potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado:

- a percusión
- a rotación directa
- a rotación con circulación inversa.

- Posibilidad de alcanzar la profundidad precisa con el diámetro más útil.
- Empaques de grava y filtros para evitar arenas en el sondeo.
- Desarrollo de los acuíferos mediante potentes equipos.
- Aforos y ensayos de bombeo por medio de grupos autónomos.
- Experiencia de más de veinticinco años en alumbramiento de aguas subterráneas.

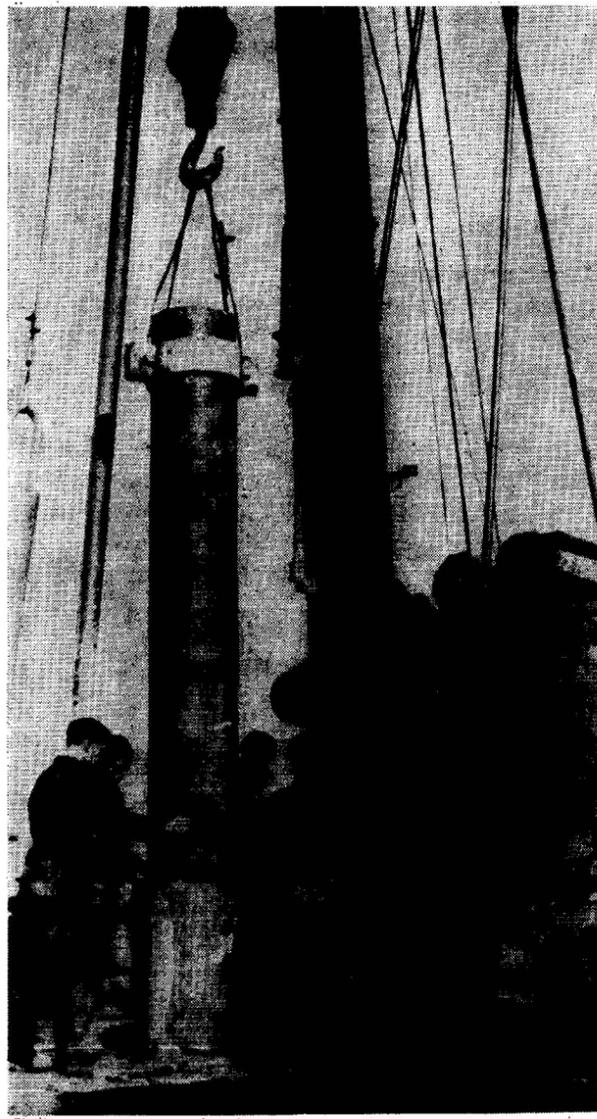
Un sondeo bien hecho es a la larga un sondeo rentable. Y porque lo sabemos, ¡trabajamos a fondo!

Vegarada
PERFORACIONES



Guzmán el Bueno, 133

Tels. 253 42 00 - 233 71 00 - Madrid-3.



Pb-3

Tomo 86

Fascículo II

Marzo - Abril 1975

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	J. A. MARTÍNEZ-ALVAREZ: Consideraciones sobre el carácter de los cabalgamientos del Arco Medio de la "Rodilla Astúrica" (Norte de España)	1
	J. AZÉMA, J. LECLERC y G. LERET: Nouvelles données sur le Secondaire de la Sierra de Cabezón de Oro (Province d'Alicante)	7
Minería	R. CASTROVIEJO: Estudio Geológico y Metalogénico de la Zona de Beariz (Orense) y de sus Yacimientos minerales de Sn-W. II. Petrografía	14
Aguas subterráneas	R. FERNÁNDEZ-RUBIO: Características hidrogeológicas e hidrodinámicas del karst para la inyección de aguas residuales	39
	J. CRUZ-SANJULIÁN y L. GARCÍA-ROSSELL: Termalismo en España meridional	51
Estudio de Minerales y Rocas	J. L. MARTÍN VIVALDI y F. LÓPEZ AGUAYO: Presencia de mordeñita en un yacimiento de bentonita de la región de Cabo de Gata (Almería)	59
	V. S. CELA y A. APARICIO: Sobre las rocas "porfiroides" de la banda Almendralejo-Azuaga (SO de España)	65
Información	Seminario internacional sobre "Aprovechamiento de la energía geotérmica".—Los minerales no metálicos de interés industrial.—¿Cuándo comenzó el fenómeno de tectónica de placas? Noticias.—Mercado de minerales y metales.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	68

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

Sondeo en Almería realizado por el IGME.

Foto: IGME

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-IV-1975.

Consideraciones sobre el carácter de los cabalgamientos del Arco Medio de la "Rodilla Astúrica" (Norte de España)

Por J. A. MARTINEZ-ALVAREZ (*)

RESUMEN

Se estudian las características de los principales tipos de macroestructuras mecánicas (*cabalgantes*) que se desarrollan a lo largo del trazado de la zona del "Arco Medio" de la "Rodilla Astúrica" o Arco Astur (fig. 1). Se establece una sección tipo del estilo estructural de la región (fig. 2). La conclusión obtenida es que en la zona existe a) un nivel, superficial y discontinuo, de estructuras cabalgantes de génesis gravitacional, así como otros dos más profundos; el uno b) continuo con estructuras paraautóctonas y el otro c) a nivel del zócalo regional, muy fracturado. Parece que el arqueamiento que adquieren las estructuras de la región está alterado (en la zona septentrional y meridional) por la presencia de las mencionadas estructuras cabalgantes de nexa gravitacional.

INTRODUCCIÓN.

La región noroccidental de la Península Ibérica presenta una característica geoestructural muy marcada; es ésta el trazado *arqueado* que describen las estructuras afectas a los conjuntos geológicos paleozoicos. Tal particularidad fue percibida por los primeros investigadores de la geología regional, quienes denominaron a esta organización *Rodilla Astúrica* (Arco astur, posteriormente). Los estudios más recientes, MARTÍNEZ-ALVAREZ (1) (2) (3), corroboran y precisan tal aspecto de la mencionada organización.

La "Rodilla Astúrica" se presta a una zonación geológico-estructural característica (4). Los elementos o partes de la misma son los siguientes: a) *Complejo ígneo-metamórfico*; b) *arco externo*; c) *Arco medio* y d) *Arco interno*. Tal nomenclatura conjuga factores evidentes, geográficos y geológicos (fig. 3).

La presencia de estructuras mecánicas, *con aspecto de fallas* inversas de cierta transcendencia, fue observada en este ámbito por distintos autores; GÓMEZ DE LLARENA (6); GARCÍA-FUENTE (7); DE SITTER (8); MARTÍNEZ-ALVAREZ (9) (10). La primera descripción sobre el carácter *extenso, arqueado y cabalgante* de diversos elementos de esta organiza-

ción tectónica fue dada a conocer por MARTÍNEZ-ALVAREZ (4) y su trazado expresado, gráficamente, en diversos mapas y esquemas (1) (2) (11).

En el presente trabajo describimos nuevos datos sobre las características diferenciales de los "frentes de cabalgamiento", en la zona del *Arco Medio* de la mencionada Rodilla Astúrica o Arco Astur (figura 3).

PROTOTIPOS O MODELOS DE ESTRUCTURAS MECANIZADAS.

En el dominio estructural considerado, delimitado por el anticlinorio del Narcea y la Cuenca Carbonífera Central de Asturias, podemos seleccionar cuatro zonas de observación para describir y tratar de definir las características prototípicas de la macroestructuras discontinuas y, supuestamente, cabalgantes de la región; son éstas:

A. *Zona de Arnao*; en la región costera inmediata a Avilés; zona con estructuras dispuestas ENE-WSW.

B. *Zona de Pravia-Cudillero*; dominio de estructuras orientadas NE-SW.

C. *Zona de Grado-Proaza*; región con estructuras dispuestas de NNE-SSE a N-S.

D. *Zona de San Emiliano-Pajares*; con disposición macroestructural sensiblemente E-W.

(*) *Laboratorio de Geología Estructural*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. Trabajo beneficiado por el Fondo de Ayuda a la Investigación.

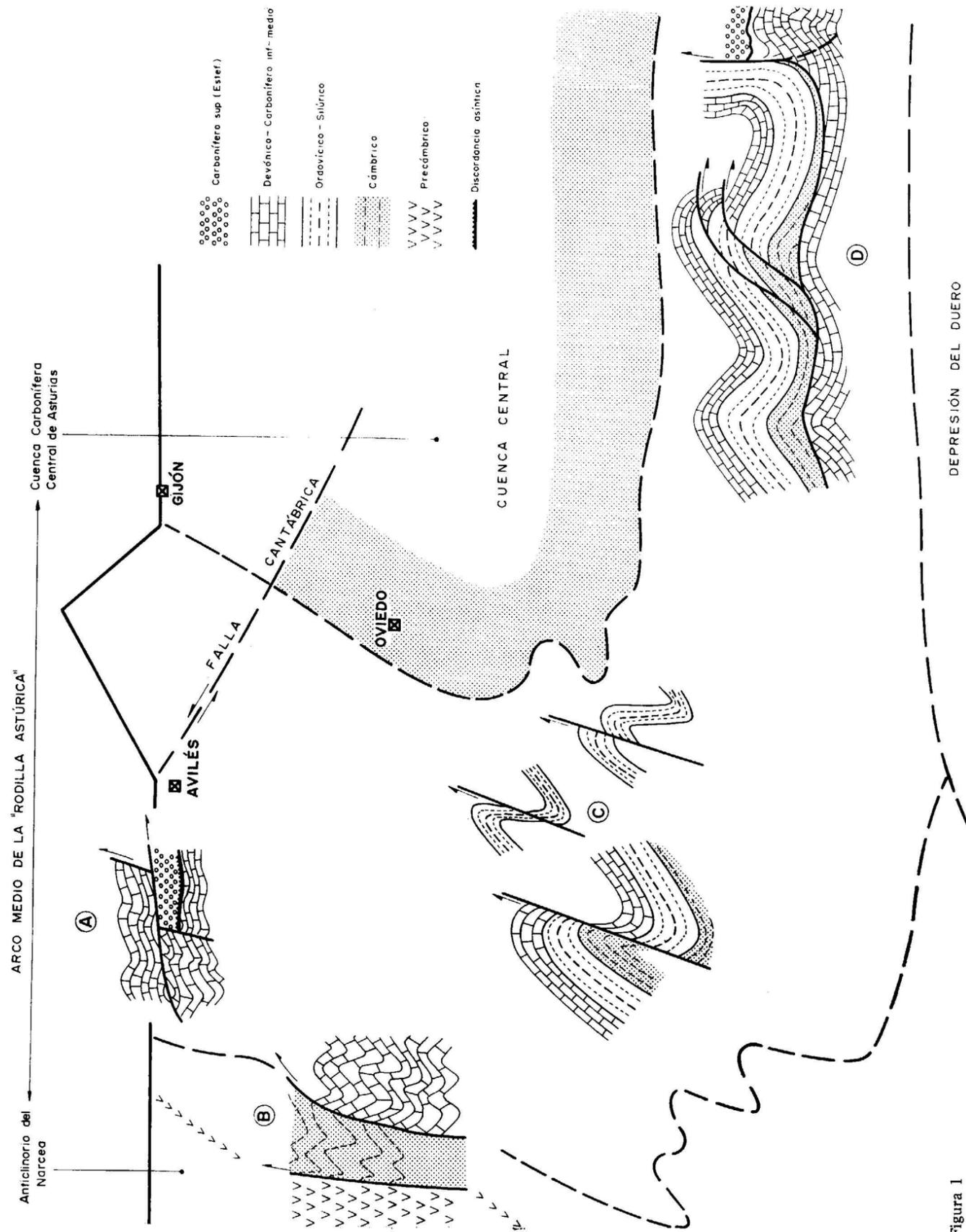


Figura 1

CONSIDERACIONES SOBRE EL CARACTER DE LOS CABALGAMIENTOS DEL ARCO II-131

A. *Zona de Arnao*.—Se trata de una zona, conocida de antiguo, y donde la presencia de estructuras *cabalgantes* fue caracterizada con bastante anterioridad a otras de la misma unidad. El Devónico cabalga al Carbonífero superior (Estefaniense) que aflora, con extensión muy reducida, en la ensenada de Arnao. Las labores mineras realizadas en otros tiempos permitieron concretar el carácter cabalgan-

to bien destacable. En la figura 1-A., se esquematiza el modelo de estructura que se deduce. Estructuras de este tipo, existen en zonas próximas, tal como resulta de estudios que se están realizando actualmente (12).

B. *Zona de Pravia-Cudillero*.—La sección obtenida en esta región permite deducir que los contactos entre el Precámbrico, supuesto Cámbrico y Devóni-

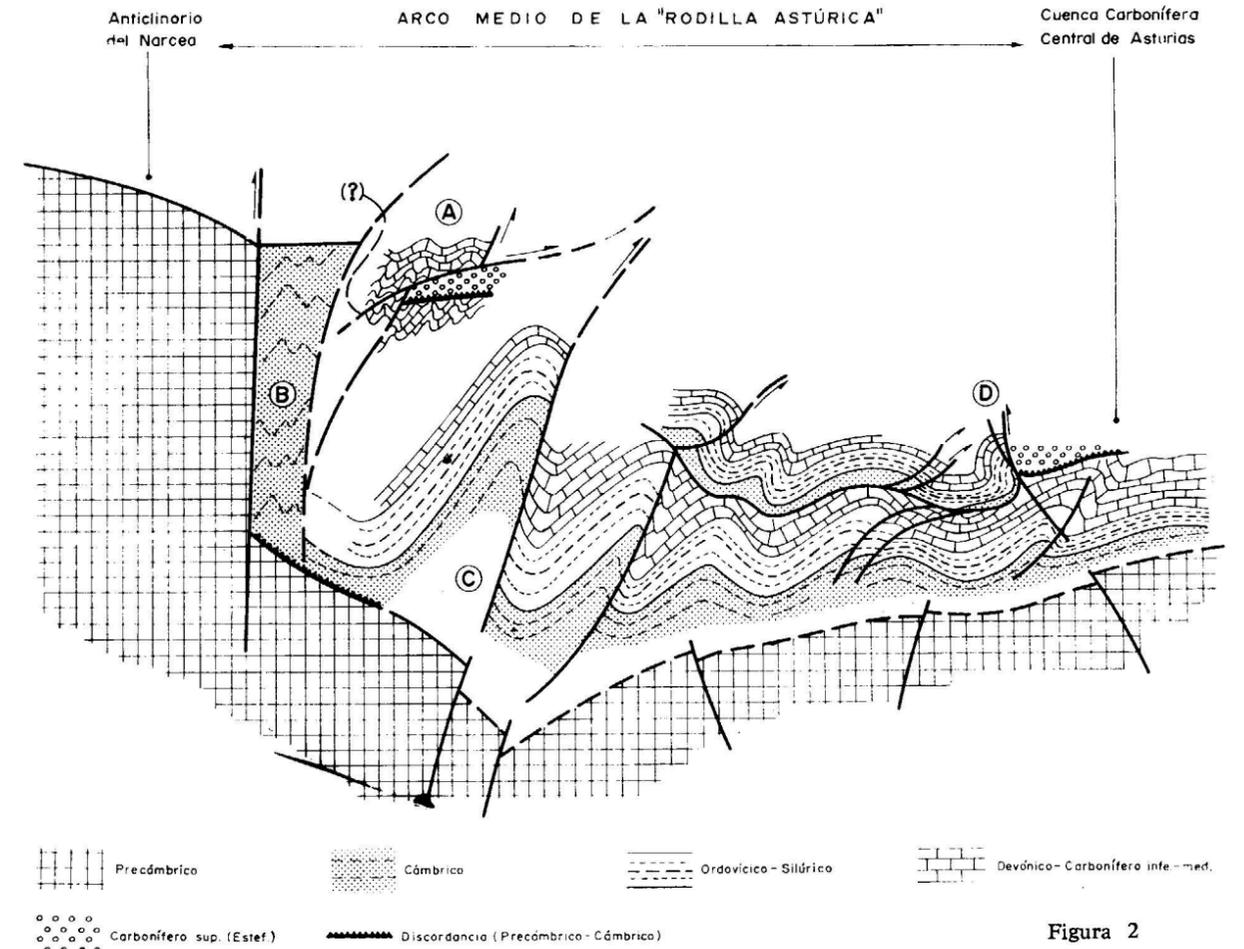


Figura 2

te de este contacto; el plano de cabalgamiento es notablemente tendido o subhorizontal y secciona, subperpendicularmente, a las estructuras plegadas que se desarrollan en el Devónico.

Los estudios recientemente realizados en torno a esta estructura nos permiten deducir que se trata de una organización compleja la cual, en principio, actuó como una falta cabalgante y, posteriormente, fue replugada, tomando disposición de cabalgamien-

co son mecánicos; fallas cuyo plano es notablemente vertical. En la figura 1-B., se representa, esquemáticamente, el tipo de relación tectónica deducible.

C. *Zona de Grado-Proaza*.—En esta amplia región existen estructuras plegadas (afectando al Cámbrico, Silúrico-Ordovícico y Devónico-Carbonífero inferior-medio) cuyo flanco oriental está mecanizado en zonas bastante amplias. El plano de mecanización tiene poca pendiente. Se trata, pues de pliegues-

fallas débilmente cabalgantes. En la figura 1-C., se esquematiza el tipo de estructura deducible para esta zona, con los actuales datos.

D. *Zona de San Emiliano-Pajares.*—En esta localidad los contactos mecánicos que relacionan, habitualmente, el Cámbrico con el Carbonífero son más complejos. Los estudios realizados, MARTÍNEZ-ALVAREZ y col. (13) (14) (15), permiten deducir la presencia de pliegues cabalgantes de gran complejidad y amplitud. Se trata de cabalgamientos planos semejantes a los que se esquematizan en la figura 1-D.

Frentes de mecanización (1) correspondiendo con el trazado arqueado de la Rodilla Astúrica y (2) evolucionando dentro de los tipos mencionados (A, B, C, D), se reconocen varios en toda la zona considerada y se pudo deducir, MARTÍNEZ-ALVAREZ (9) (10) (14), que se encuentran replegados subperpendicularmente a su aparente trazado.

La posición geográfica de los diversos tipos de estructuras de plegamientos mecanizados deducidas corresponde, aproximadamente, con la expresada en el esquema (fig. 1) adjunto.

DATOS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL ESTILO ESTRUCTURAL.

Disponiendo los tipos de deformación considerados (A, B, C, D) en una sección ideal, trazada en sentido E-W, teniendo en cuenta su posición estratigráfica, resulta el perfil que se da en la figura 2 adjunta. El aspecto de este corte profundo y las insinuadas extrapolaciones, que se disponen sobre el mismo, permiten obtener diversas consideraciones y conclusiones o, cuando menos, hipótesis de trabajo.

1. Es perceptible la presencia de una zona con un estilo estructural, claramente cabalgante y netamente superficial. Está representada por las estructuras de cabalgamiento, tipológicamente denominados, A y D. Esta zona, con tan particulares estructuras, está geográficamente localizada en la región costera y ámbito meridional de la Rodilla Astúrica.

2. Existe, también, una zona de estructuras plegadas discontinuas personalizadas por la presencia de macroformas del tipo de fallas cabalgantes de diversa amplitud, semejantes a las definidas como de la agrupación C. Estas se extienden, de forma especial, por la zona septentrional de la unidad arqueada que se considera.

3. Se percibe, así mismo, la agrupación de un

estilo estructuras discontinuas particulares en el límite occidental de la Rodilla Astúrica; en efecto aquí parece tratarse de fallas profundas de notable importancia. Hacia el S y SE el mencionado límite es, mecánicamente normal, estando marcado por la discordancia (Asíntica) que relaciona el Precámbrico y Cámbrico.

4. El citado perfil geológico (fig. 2) permite deducir la existencia, en el zócalo profundo, de una tectónica de fracturas bastante desarrolladas.

Como consecuencia de lo hasta ahora expresado, el estilo estructural de esta región, especialmente referido al aspecto de las macroformas discontinuas que se extienden a todo lo largo de esta unidad arqueada o Rodilla Astúrica, es el propio de una zona de plegamiento de profundidad media en la que se distinguen los siguientes niveles estructurales:

- *nivel estructural superficial.* Con claros cabalgamientos de gran amplitud, especialmente localizados en la región septentrional costera y meridional (A, D);
- *nivel estructural medio.* Con frentes mecánicos relacionados con pliegues bien desarrollados, laminados por planos de falla débilmente cabalgantes (C);
- *nivel estructural profundo.* De fracturas importantes con diverso grado de desarrollo; más intenso en la zona marginal occidental y menos en la correspondiente central y oriental (B).

CRONOLOGÍA DE LAS DEFORMACIONES DIFERENCIADAS.

En la zona que estamos estudiando se pueden destacar los siguientes estadios de estructuración:

- formación de las estructuras plegadas que llamaremos "longitudinales" y que se desarrollan, siguiendo disposición arqueada;
- aparición de las fallas que mecanizan y hacen cabalgar, débilmente, las estructuras "longitudinales" (primer estadio en el desarrollo de la estructura (A) de Arnao). Pre-estefaniense temprano;
- desarrollo de los pliegues laxos, denominados "transversales", en forma incipiente, a lo largo de toda la región arqueada. Continuación de esta actividad y desarrollo, en la zona meridional de los cabalgamientos más amplios (D). Pre-estefaniense tardío;
- activación del plegamiento, especialmente en la zona septentrional (formación del estadio 2.º,

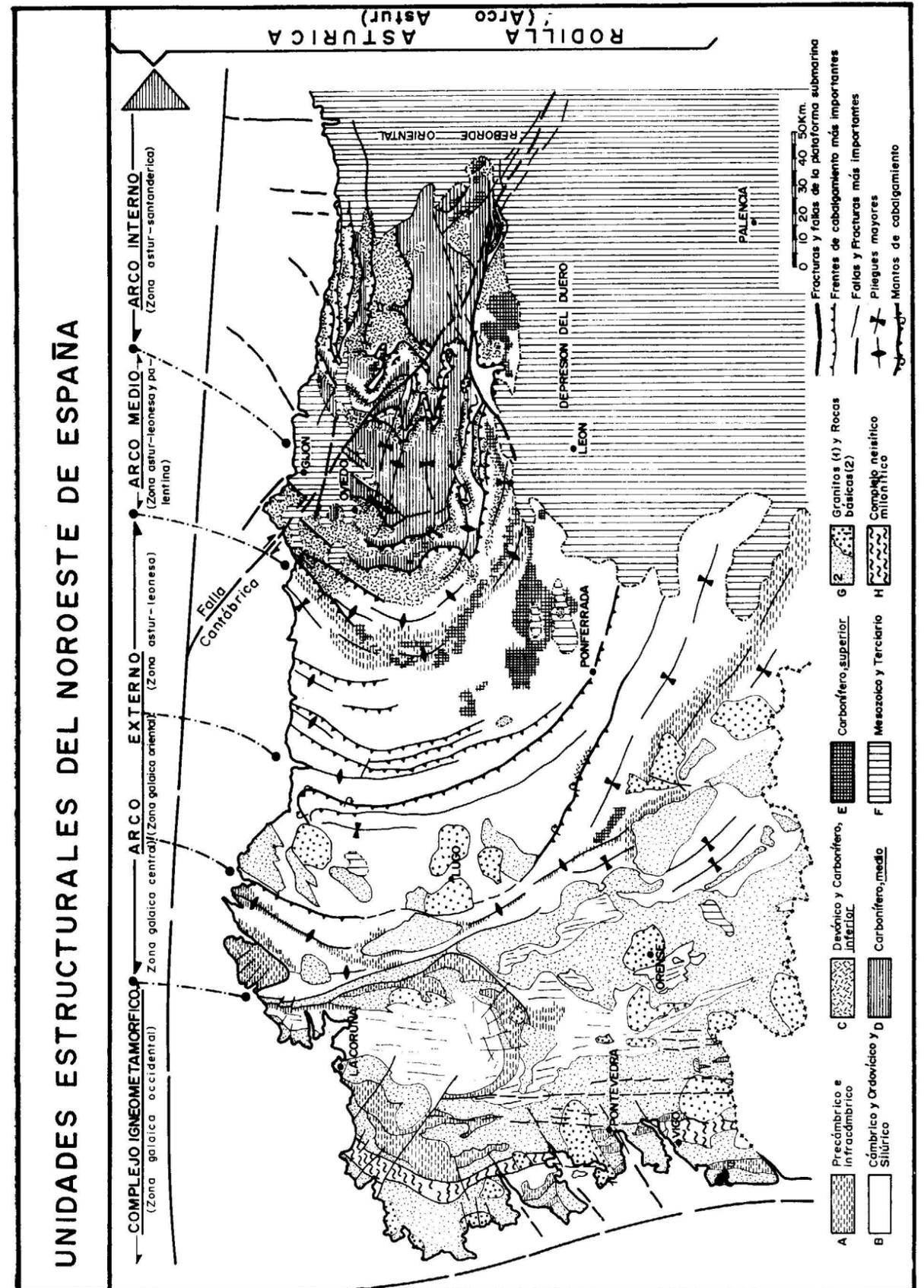


Figura 3

de la Estructura de Arnao) y removilizaciones diversas en la región meridional. Post-estefaniense temprano.

--- removilizaciones residuales, que parecen afectar más intensamente a la zona meridional, del arco en la Rodilla Astúrica. Post-estefaniense tardío.

Todos los datos obtenidos permiten corroborar que la participación de los movimientos del zócalo fracturado fue decisiva en la génesis de la macroestructuras de la región. Sus movimientos (1) provocan la aparición de las primeras estructuras mecanizadas (Pre-estefaniense temprano) y (2) desencadenan la formación de los cabalgamientos, someros aún cuando de amplio desarrollo, de la zona meridional (Pre-estefaniense tardío) los cuales tienen un carácter destacadamente gravitacional. La formación (3) del segundo estadio de la estructura de Arnao (A) está en relación con la actividad combinada de la "falla cantábrica" y los propios movimientos del zócalo (Post-estefaniense temprano); éstos se continúan (Post-estefaniense tardío) (4) determinando la reestructuración de algunos de los elementos existentes. Principalmente con la formación de fallas cabalgantes, débilmente, hacia la parte exterior del arco y acentuación de algunos pliegues.

Concluyendo, consideramos que se puede mantener la hipótesis de (1) la existencia, en la estructura de la región o zona denominada "Arco Medio" de la Rodilla Astúrica, de un nivel superficial de estructuras cabalgantes de génesis gravitacional, discontinuo (localización preferente en zonas septentrional y meridional del arco); así mismo de otro —continuo— de estructuras para-autóctones muy características; también deducir la presencia de un zócalo fracturado y muy activo durante la gestión de las estructuras mencionadas. Consecuentemente (2) se debe deducir que el actual arqueamiento que parecen describir las estructuras está falseado en la zona septentrional y, sobre todo, en la meridional, debido a la tectónica somera de gravedad que se desarrolló.

BIBLIOGRAFIA

- (1) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A. y TORRES-ALONSO, M.: *Mapa geológico del noroeste de España (Asturias, Galicia, León y Zamora)* a escala 1:500.000. "Doc. Invest. Geol. Geot.", núm. 2. 1966.
- (2) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A. y TORRES-ALONSO, M.: *Características estructurales de la zona centro-oriental de la Rodilla Astúrica (Cordillera Cantábrica-Noroeste de España)*. "Doc. Invest. Geol. Geot.", núm. 5. 1968.

- (3) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre las unidades estructurales características del Norte de España*. "Bol. Geol. Min.", t. 83-3, págs. 231-233. 1972.
- (4) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Aportación al conocimiento estructural de la "Rodilla Astúrica" (España)*. "Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp.", núm. 76, págs. 221-236. 1964.
- (5) MENGAUD, L.: *Recherches géologiques dans la région cantabrique*. "Bull. Soc. Hist. Nat.", 2 48 (3-4), págs. 73-272. 4 cuadros, 43 figs., 3 mapas. 1920.
- (6) GÓMEZ DE LLARENA, J. y RODRÍGUEZ-ARAGO, C.: *Datos para el estudio geológico de La Babia Baja (León)*. Bol. Inst. Geol. Min. Esp., t. 61, págs. 79-206, 12 láminas, map. geol. 1948.
- (7) GARCÍA-FUENTE, S.: *Explicación de la hoja número 77 La Plaza (Teverga) Mapa Geológico de España, a escala 1:50.000*. 1959.
- (8) SITTER, L. U.: *The structure of the southern slope of the Cantabrian Mountains: explanation of a Geological map with section, scale 1:100.000*. "Leid. Geol. Medel.", vol. 26, págs. 235-264. 1962.
- (9) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Estudio geológico del reborde oriental de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias*. Inst. Estud. Asturianos, t. 1, págs. 49; t. 2, map. col., 1,11 x 0,93. 1962.
- (10) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Rasgos geológicos de la zona oriental de Asturias*. "Inst. Estud. Asturianos", 132 págs., 5 cuadros, 8 figuras, 11 láminas, escala 1:100.000. 1965.
- (11) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A. y TORRES-ALONSO, M.: *Elementos para el conocimiento geológico del Carbonífero del Norte de España*. "Not. Comp. Inst. Geol. Min. Esp.", t. 97-98, págs. 155-165, 1 map. geol., colores. 1967.
- (12) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.; TORRES-ALONSO, M., y GUTIÉRREZ-CLAVEROL, M.: *Mapa geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja de "Grado-28"*. En publicación por el Inst. Geol. y Minero de España. 1973.
- (13) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.; CARPIO, V.; GUTIÉRREZ-CLAVEROL, M.; MARCOS, A., y VARGAS, I.: *Nota sobre las características estructurales de la zona de Cueto Negro (Cordillera Cantábrica)*. "Act. Geol. Hisp.", año 3, núm. 2, págs. 25-28, esq. geol. corts. 1968.
- (14) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.; TORRES-ALONSO, M.; GUTIÉRREZ-CLAVEROL, M., y VARGAS-ALONSO, I.: *Esquema estructural del borde occidental de la "Cuenca carbonífera Central" de Asturias*. "Doc. Invest. Geol. Geotec.", núm. 10 B. 1969.
- (15) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.; GUTIÉRREZ-CLAVEROL, M., y VARGAS-ALONSO, I.: *Geología de la región de la Cordillera Cantábrica comprendida entre los puertos Pajares y Ventana*. "Doc. Invest. Geo. Geot.", número 7 B. 1968.

Recibido en noviembre de 1974.

Nouvelles données sur le Secondaire de la Sierra de Cabezón de Oro (Province d'Alicante)

Por J. AZÉMA (*), J. LECLERC (**) y G. LERET (***)

RESUMEN

En la periferia de la Sierra del Cabezón de Oro presentan las formaciones mesozoicas numerosas variaciones de facies y de espesor. Fenómenos muy claros en el Cretácico inferior y en el Cenomanense, pudiendo estar probablemente en relación con la existencia de una zona inestable cuya actividad seguiría durante el Terciario.

RÉSUMÉ

A la périphérie de la Sierra de Cabezón de Oro les formations mésozoïques présentent de nombreuses variations de faciès et d'épaisseur. Ces phénomènes particulièrement nets au Crétacé inférieur et au Cénomanien peuvent être probablement mis en relation avec l'existence d'une zone instable dont l'activité s'est poursuivie au cours du Tertiaire.

A une vingtaine de kilomètres au Nord-Nord-Est d'Alicante, la Sierra de Cabezón de Oro constitue un important relief formé presque intégralement de Secondaire et plus spécialement de calcaires du Jurassique terminal.

Ce massif, comme les autres pointements à matériel jurassique de la région de Busot, correspond à un ensemble "extrudé" constitué de formations calcaires, dures et résistantes (Portlandien essentiellement), ayant percé leur couverture à dominance marneuse, beaucoup plus tendre et souple (Crétacé et Tertiaire). Ces phénomènes ont été décrits en détail il y a quelques années par J. Polvêche (1963 et 1964) qui avait alors également donné un rapide aperçu de la stratigraphie de cette région et réalisé d'intéressantes observations sur certaines formations fossilifères crétacées des abords immédiats de Busot.

Des coupes effectuées récemment dans la Sierra de Cabezón de Oro (fig. 1) nous permettent d'apporter

(*) Dépt de Géologie structurale et Laboratoire associé au C.N.R.S. "Géologie de la Méditerranée", Université de Paris, VI.

(**) COMILOG, Moanda - GABON.

(***) C.E.U., Laboratorio de Geología, Alicante.

un certain nombre de données nouvelles sur sa série secondaire, grâce à l'étude des faunes et microfaunes qui ont pu y être recueillies.

STRATIGRAPHIE DE LA SIERRA DE CABEZÓN DE ORO.

L'analyse de la stratigraphie de ce massif a été faite suivant des coupes orientées est-ouest sur son flanc occidental (fig. 2 et fig. 3) et à l'aide d'une coupe orientée nord-ouest-sud-est dans sa partie méridionale (fig. 4). Des observations plus ponctuelles réalisées à proximité des Cuevas de Canalobre, grottes situées dans la partie sud-ouest de la Sierra de Cabezón de Oro, apportent par ailleurs des renseignements complémentaires sur certains termes.

I. LE FLANC OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE CABEZÓN DE ORO.

Coupe de la Casa de Toni Tomasa (fig. 2).

De l'Est vers l'Ouest, cette coupe qui débute par des calcaires massifs à Trocholines et *Clypeina jurassica* —(formations qui constituent le terme le plus ancien que nous connaissons actuellement au

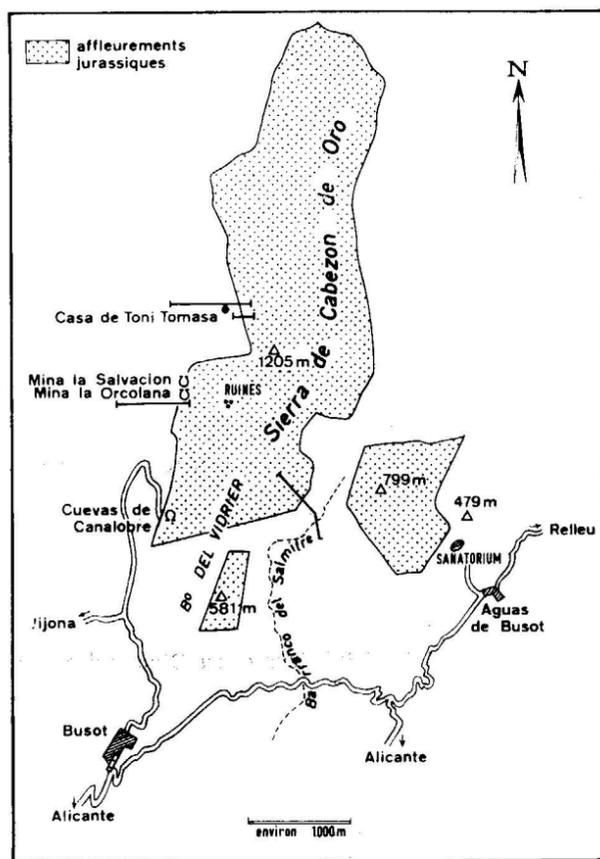


Figure 1

Carte schématique de localisation des affleurements jurassiques des environs de Busot et des diverses coupes effectuées.

Cabezón de Oro, qui forment l'armature du massif et qui donnent naissance à de nombreux et très importants escarpements— permet de voir la succession suivante (les couches sont très redressées ou même verticales), stratigraphiquement de bas en haut :

A) (épaisseur non connue, au moins 200 m) - des calcaires massifs clairs, parfois oolithiques ou légèrement gréseux, souvent graveleux ou encore à grain fin, riches en Trocholines, parfois en *Clypeina jurassica*, en débris de *Thaumatoporella*, *Bacinnella* et en fragments de Mollusques et d'Echinodermes;

B) (40 à 50 m) - des calcaires lités, en banc de 0,4 m à 3 m, de couleur sombre, très riches en grandes Trocholines et en nombreux débris d'Algues, de Mollusques et d'Echinodermes;

C) (3 à 4 m) - des marnes sableuses alternant avec de fines passées grésomicacées à débit en plaquettes. Dans ces niveaux, les organismes sont très rares et mal conservés;

D) (25 à 30 m) - un ensemble de grès calcaireux jaune-roux dont la base et le sommet présentent des bancs nettement plus calcaires. En lame mince de nombreuses *Pseudocyclammina lituus* ont pu être observées ainsi que des débris divers (Algues, Echinodermes et Mollusques) et des Lenticulines; après une lacune d'observation de 25 m environ, due à l'existence d'éboulis, on observe :

E) (Plusieurs dizaines de mètres) - des marnes et des marno-calcaires gris-bleu ou brun-jaune (ceux-ci affleurent en particulier juste à l'Est de la Casa de Toni Tomasa) qui ont livré, en lavage, une microfaune assez pauvre dans laquelle il a été néanmoins possible de reconnaître : "*Hedbergella*" cf. *washitensis*, *Patellina subcretacea*, *Epistomina* sp., *Lenticulina* sp., *Dorothia* sp. et *Gavelinella* sp (dont une forme plate);

F) (25 à 30 m) - des calcaires gris ou roux qui donnent naissance à un relief escarpé, discontinu et étroit, à l'Ouest de la Casa de Toni Tomasa. Ils constituent une importante lentille résistante au sein de l'ensemble formé par les termes essentiellement marneux (E) et (G-H). Ces calcaires très riches en débris d'organismes (Mollusques, Echinodermes, Algues et Polypiers) présentent parfois des bancs plus riches en Orbitolines. Associées à celles-ci, nous avons également pu observer des Hedbergelles et de très rares *Colomiella recta*. La partie supérieure de cette lentille montre des horizons toujours calcaires mais plus ou moins gréseux, plus tendres, dans lesquels Huîtres, Alectryonies et Brachiopodes sont très abondants;

G) (quelques mètres) - une succession de calcaires marneux ou marno-gréseux gris qui ont fourni de nombreux Echinodermes. En lame mince, à côté de rares Hedbergelles et Pithonelles, on peut voir des Radiolaires et surtout de nombreux spicules d'Eponges;

H) (60 à 70 m) - des marnes et des marno-calcaires jaunes ou gris-bleu à Echinodermes. En lavage, il a été possible de reconnaître "*Hedbergella*" *washitensis*, *H.* cf. *planispira*, *H.* sp., *Patellina subcretacea*, *Gavelinella* sp., *Arenobulimina* sp. et des *Ostracodes*.

I) (5 à 6 m) - des calcaires en petits bancs et des marnes riches en Echinodermes. Cet ensemble de teinte gris-vert est assez riche en glauconie. En la-

vage, on a pu voir une microfaune à *Planomalina buxtorfi*, *Rotalipora* cf. *appenninica*, *Arenobulimina* cf. *d'orbignyi*, *thalmanninelle* sp.

J) (25 à 30 m) - un ensemble très plissé de calcaires marneux et de marnes à *Globotruncana*, en petits bancs. Ils est blanc à la base et présente des teintes variées (rose, rouge, orange et vert) au sommet. Un échantillon récolté à la limite des calcaires glauconieux a montré, en lame mince, des Pithonelles, des fragments de Rotalipores, *Rotalipora cushmani*, *Praeglobotruncana gibba* et *Globotruncana stephani*. Quant à un prélèvement effectué dans les niveaux supérieurs colorés, il a fourni, en lavage, une belle microfaune riche en *Globotruncana contusa*, *G. stuarti*, *G. falsostuarti*, *G. sp.*, *Rugoglobigerina* sp., *Pseudotextularia varians*;

K) enfin, nous avons arrêté notre coupe dès les premiers niveaux d'un épais complexe essentiellement marneux et marno-gréseux dont la base présente quelques minces bancs calcaires. Ces derniers ont montré, en lame mince, de nombreux débris d'Echinodermes et de Bryozoaires, des Algues et des Polypiers, et surtout de grands Foraminifères parmi lesquels : *Operculina*, *Pararotalia*, *Eulepidina* et *Nephrolepidina*.

Cette série des abords de la Casa de Toni Tomasa dont les différents termes ne sont pas tous datés avec la même précision nous permet cependant de mettre en évidence le Portlandien (terme A), le Portlandien-Berriasien (terme B), le Valanginien-Hauterivien? (termes C et D), puis l'Albien (termes E, F, G et H), le Cénomaniens (terme I et une

partie du terme J), le Sénonien inférieur et supérieur (terme J en partie) et enfin, sur cette coupe, le passage Stampien supérieur Aquitainien inférieur (terme K).

Coupe partielle à l'Est de la Casa de Toni Tomasa (fig. 2).

Cette coupe orientée est-ouest, effectuée à environ 200 m à l'Est de la Casa de Toni Tomasa et légèrement au Sud du profil précédent, permet de constater l'existence d'une formation fossilifère riche en Ammonites et Bélemnites.

De l'Est vers l'Ouest, on observe la succession suivante (ici aussi, toutes les couches sont proches de la verticale):

α - (épaisseur non connue, au moins 200 m) - des calcaires massifs à Trocholines et Clypeines;

β - (visibles sur 15 à 20 m) - des calcaires à grain fin ou graveleux en bancs réguliers, gris-bleu ou gris-noir, dont la partie moyenne a livré, dans des horizons plus tendres, une assez abondante faune d'Ammonites.

En lame mince, on peut voir, à côté de débris de Mollusques et d'Echinodermes, de fins "filaments", des Radiolaires et de très nombreux *Globochaete alpina*.

γ - (10 à 15 m) - des calcaires marneux blancs à *Globotruncana*. Is. sont très replissés et viennent

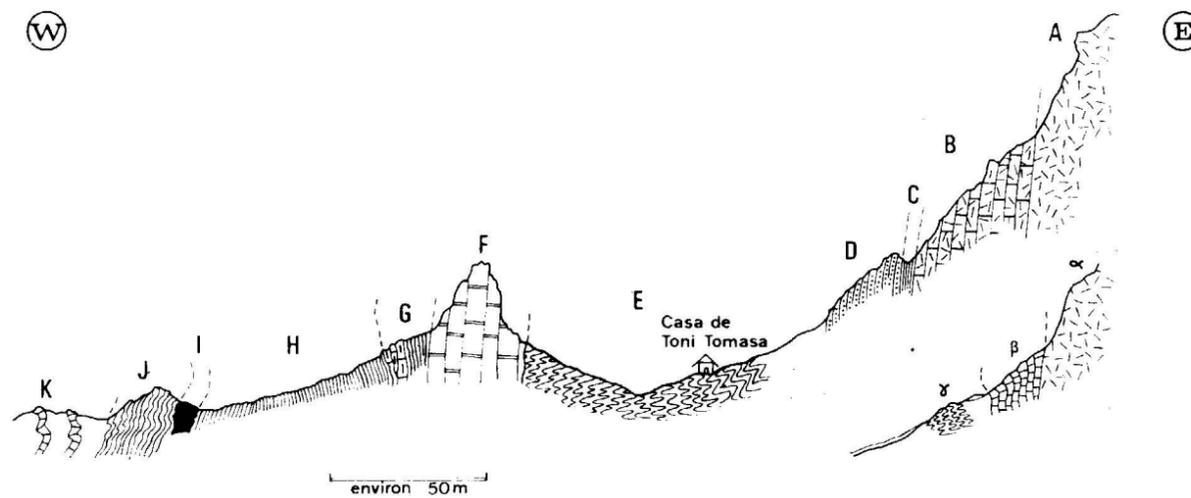


Figure 2

Coupe du flanc occidental de la Sierra de Cabezón de Oro à la hauteur de la Casa de Toni Tomasa.

en contact avec l'ensemble précédent par l'intermédiaire d'une faille. Vers l'Ouest, des éboulis masquent les rapports de ce Sénonien avec les marnes albiennes des abords de la Casa de Toni Tomasa.

Coupe au niveau des anciennes mines de La Salvación et de La Orcolana (fig. 3).

Cette coupe orientée elle aussi est-ouest à environ 750 m et au Sud des coupes précédentes met en évidence l'existence de variations de faciès au sein de la série crétacée.

De l'Est vers l'Ouest, et stratigraphiquement de bas en haut, on rencontre successivement (les pen-

La Salvación et Mina de La Orcolana) dont l'exploitation est depuis longtemps abandonnée. Leurs emplacements sont marqués par de profondes excavations et des déblais importants;

c) (3 m) - des marnes sableuses jaunes qui ont fourni, en lavage, de très rares *Lenticulina* sp. et *Dorothia* sp.

d) (40 m environ) - un ensemble essentiellement gréseux, de couleur gris-jaune à roux, dont les parties situées à la base et au sommet sont franchement plus calcaires. En lame mince, on peut voir des débris d'Algues, de Mollusques et d'Echinodermes, des Trocholines et *Pseudocyclammina lituus* en assez grand nombre. En outre, un échantillon a permis d'observer de rares *Tintinnopsella carpathica*;

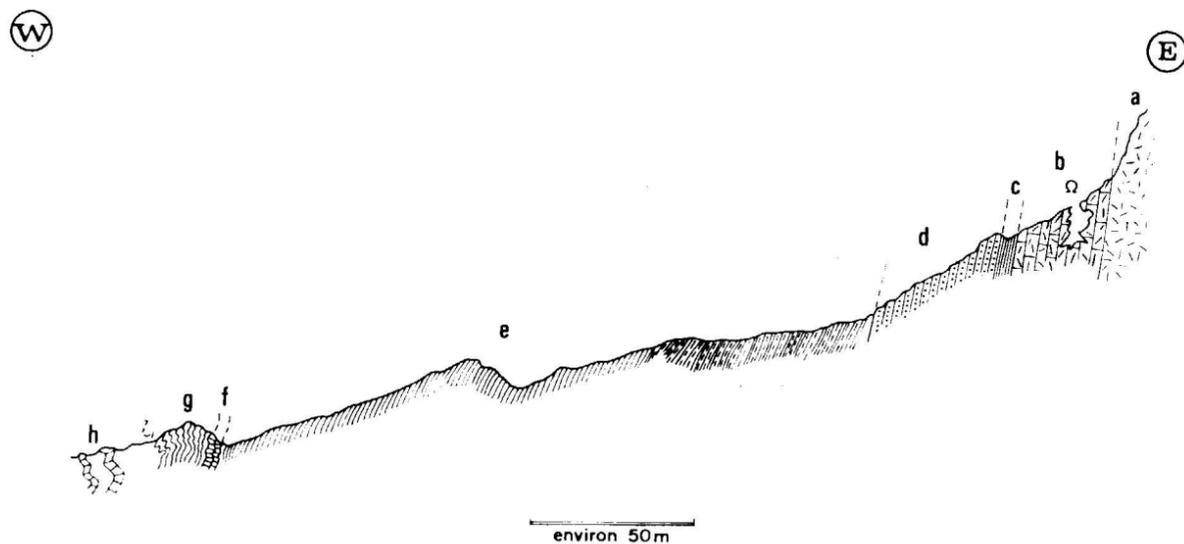


Figure 3

Coupe du flanc occidental de la Sierra de Cabezón de Oro au niveau des anciennes mines de La Salvación et de La Orcolana.

dages sont toujours très forts et souvent proches de la verticale):

a) (épaisseur non connue, au moins 200 m) - des calcaires massifs clairs à Trocholines et Clypeines;

b) (35 à 40 m) - des calcaires gris graveleux ou encore légèrement gréseux, en bancs bien individualisés (de 0,50 m à 3 m), riches en grandes Trocholines, Hydrozoaires, Polypiers et nombreuses Algues (*Codiacees*, *Lithocodium*, *Bacinella*, *Thaumato-porella*...). C'est au sein de ces calcaires que localement on rencontre des amas minéralisés (Mina de

après une lacune d'observation de l'ordre du mètre, on observe:

e) (200 m environ) - une série marneuse et marno-calcaire, de teinte gris-bleu à jaune, dont le tiers inférieur où dominent les calcaires marneux, nous a fourni de nombreux débris d'Ammonites.

En lavage, les formes suivantes ont été reconnues: *Gavelinella*?, *Lenticulina* gr. *ouachensis*, *L. sp.*, *Conorotalites* gr. *bartensteini*, *Gavelinella* cf. *barremiana*, *Spirillina* sp., *Astracolus tricarinella*, *Hedbergella* sp.

L'examen, en lame mince, d'échantillons provenant de ces niveaux ne nous a montré que de nombreux *Nannocornus*.

Quant aux deux tiers supérieurs, beaucoup plus marneux, leur étude a pu être faite à l'aide de plusieurs lavages. Ceux-ci ont montré: *Ticinella* cf. *raynaudi*, *T. cf. roberti*?, *Arenobulimina macfad-yeni*, *A. cf. chapmani*, *Gavelinella* cf. *intermedia*, *G. sp.*, *Lenticulina* sp., "*Hedbergella*" *washitensis*, *H. planispira*, *H. sp.*, *Patellina subcretacea*.

f) (5 à 6 m) - des marnes et calcaires marneux riches en glauconie, de teinte gris-vert, au sein desquels de nombreux Echinodermes ont été recueillis. Ils s'agit là de dépôts identiques à ceux que nous avons décrits (terme I) sur la coupe de la Casa de Toni Tomasa;

g) (25 m environ) - des marnes et des marno-calcaires très plissés, en petits bancs, eux présentant des teintes colorées. Cet ensemble est l'équivalent des formations à *Globotruncana* que nous avons rencontrées (terme J) à l'Ouest de la Casa de Toni Tomasa. L'étude, en lame mince, d'un échantillon prélevé au sein des marno-calcaires blancs montre de grandes *Gümbélines* et surtout d'assez fréquentes *Globotruncana*: *G. coronata*, *G. concavata*, *G. gr. linneiana*;

h) enfin, comme sur la coupe réalisée plus au Nord à la hauteur de la Casa de Toni Tomasa (terme K), on rencontre une puissante série tertiaire dont la base présente quelques bancs calcaires gris-blanc. L'étude de la microfaune de ces niveaux a encore révélé la présence de nombreux Foraminifères: *Pararotalia*, *Eulepidina* et *Nephrolepidina*, à côté de débris divers et de boules d'Algues.

Cette succession, différente de celle que nous avons examinée dans le secteur de la Casa de Toni Tomasa, par la présence de niveaux à Ammonites et par l'absence des calcaires à Orbitolines, nous a permis de reconnaître de manière plus ou moins nette le Portlandien (terme a), le Portlandien-Berriasien probable (terme b), le Néocomien plus élevé (termes c et d), le Barrémo-Aptien (tiers inférieur du terme e), l'Albien (deux tiers supérieurs du terme e), le Cénomaniens (terme f et une partie du terme g), le Sénonien (terme g, en partie) et, en dernier lieu, le passage Stampien supérieur-Aquitain inférieur (terme h).

La partie supérieure de la masse calcaire de la Sierra de Cabezón de Oro aux abords immédiats des Cuevas de Canalobre.

L'étude de la masse calcaire qui forme l'armature de la Sierra de Cabezón de Oro nous a permis de constater l'existence, aux abords immédiats et à l'Est de l'entrée des Cuevas de Canalobre, d'une série calcaire au sein de laquelle on peut voir des alternances de niveaux qui sont soit graveleux, soit légèrement gréseux ou encore plus ou moins marneux. L'intérêt de cet ensemble, qui correspond environ à une cinquantaine de mètres de puissance, réside dans le fait que nous avons pu voir, en lame mince, des microfaciès riches en organismes néritique (Trocholines, Polypiers, Hydrozoaires et Algues), à côté desquels coexistent d'assez nombreuses Calpionelles: *Calpionella elliptica*, *C. alpina*, *Tintinnopsella carpathica*. La présence de ces Calpionelles permet donc de rapporter au Berriasien ces formations calcaires qui se trouvent sous les grès à *Pseudocyclammina* et qui font suite sans solution de continuité aux calcaires à Trocholines et *Clypeina jurassica*.

II. LA BORDURE SUD-EST DE LA SIERRA DE CABEZÓN DE ORO.

Une coupe effectuée entre l'extrémité sud-est du massif du Cabezón de Oro et la rive gauche du Barranco del Salmitre (à peu près à la hauteur du dernier forage réalisé en amont dans le cours de ce ruisseau) permet d'observer une série quelque peu différente de celles que nous avons eu l'occasion de voir lors de l'étude du flanc occidental (fig. 4). De plus, tout ce secteur est haché par de nombreux accidents verticaux. A l'Est, le Barranco del Salmitre est dominé par une nouvelle et importante masse jurassique "extrudée" qui s'abaisse progressivement en direction du Sanatorium d'Agua de Busot construit sur sa bordure orientale.

En allant approximativement du Nord-Ouest au Sud-Est on recoupe successivement (les pendages sont variables mais leur direction est à peu près constante - les couches plongent vers le Sud-Est), stratigraphiquement de bas en haut:

1. (épaisseur non connue, au moins 200 m) - des calcaires massifs à Trocholines et Clypeines;
2. (20 à 30 m) - des calcaires en bancs grossiers dont le litage n'apparaît pas nettement. Au sein de

ces calcaires graveleux ou légèrement gréseux, on rencontre des poches minéralisées. De grandes Trocholines et des Algues ont pu être observées;

3. (l'épaisseur varie ici de 0 à 2 m) - des grès jaune roux plus ou moins calcaireux à débris divers (Mollusques et Echinodermes), rares Trocholines et *Pseudocyclamina lituus*. Latéralement, ces grès deviennent plus épais et atteignent 15 à 20 m;

4. (quelques mètres) - des marno-calcaires gris et des marnes jaunes blanchâtre à Ammonites pyriteuses. Lorsque les grès précédents font défaut on observe à la base de cet ensemble tendre un horizon lenticulaire peu épais (au plus quelques décimètres) de calcaires pisolithiques légèrement glauconieux; de nombreuses empreintes de Bélemnites et d'Ammonites peuvent y être observées. En lame mince,

rées par des niveaux marneux ou marnocalcaires gris ou jaunes. L'examen microscopique révèle en outre la présence de rares *Colomiella recta* et d'*Agardhiellopsis*;

puis, après une lacune d'observation de 12 à 15 m:

7. (30 à 35 m) - des marno-calcaires blanc gris en petits bancs, à débit en miches, très riches en Echinodermes. En lame mince, on constate la présence de nombreux spicules mais aussi de fréquentes Pithonelles et Hedbergelles;

8. (10 à 12 m) - un ensemble très plissé de marno-calcaires blancs en petits bancs, très riches en *Globotruncana*;

9. Enfin, surmontant le Sénonien à *Globotruncana*, vient un puissant ensemble tertiaire, essentiel-

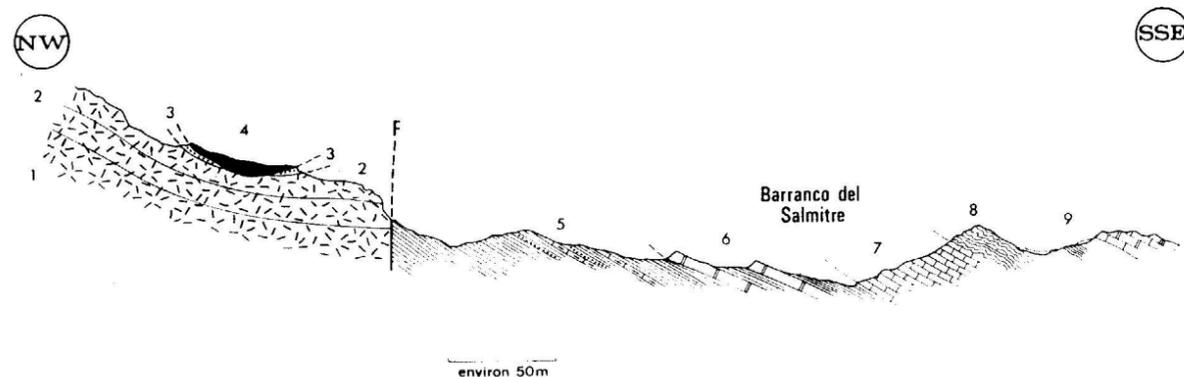


Figure 4

Coupe de la bordure sud-est de la Sierra de Cabezón de Oro à proximité du Barranco del Salmitre.

on peut voir aussi à côté des débris d'Echinodermes et de Mollusques, de nombreuses Protoglobigérines, des Ticinelles? et des *Nannocoelus*;

puis, on retrouve successivement les termes 3, 2 et 1 avant de rencontrer un accident vertical qui met en contact les calcaires à Trocholines et Clypéines avec un ensemble essentiellement marneux plus récent:

5. (au moins 80 m) - une série de marnes jaunes au sein de laquelle on peut voir des bancs marno-calcaires, des horizons glauconieux et aussi des passées calcaires à Orbitolines. Les marnes jaunes ont fourni, en lavage: "*Hedbergella washitensis*, *H. sp.*, *Patellina subcretacea*, *Lenticulina*, Ostracodes;

6. (20 m environ) - des calcaires à Algues et Orbitolines formés de plusieurs dalles massives sépa-

lement marneux, à la base duquel nous avons rencontré tout d'abord des marnes jaunes puis quelques bancs calcaires; nous avons arrêté notre coupe à cet endroit. L'étude, en lavage, des marnes jaunes nous a fourni: *Globorotalia aragonensis*, *Gl. cf. aspenensis*, *Gl. sp.*, *Globigerina sp.*...

Quant aux calcaires, ils nous ont montré, en lame mince, une riche association parmi laquelle on remarque la présence de nombreux *Pararotalia*, *Rupertia*, *Eulepidina* et *Nephrolepidina*.

Cette coupe dont la continuité est malheureusement loin d'être parfaite, nous permet cependant de retrouver la plupart des termes que nous avons décrits sur le flanc occidental à des variations près, parfois sensibles, de faciès ou d'épaisseur. Ainsi nous avons pu reconnaître Portlandien (terme 1),

le Portlandien-Berriasien probable (terme 2) le Néocomien plus élevé (terme 3), l'Aptien? (terme 4), l'Albien (termes 5 et 6), le Cénomaniens (terme 7), le Sénonien (terme 8), l'Yprésien et le Stampien supérieur-Aquitainien inférieur (terme 9).

Nous venons de voir que les calcaires à Orbitolines (terme 6) de l'Albien présentaient une association au sein de laquelle *Colomiella recta* était représentée (rappelons que cette espèce a également été vue dans les calcaires (F) de la coupe de la Casa de Toni Tomasa); nous pouvons aussi indiquer que sa présence a pu être constatée dans des bancs calcaires qui se trouvent au sommet de la colline 479 m, petit relief situé à environ 300 m au NNE du Sanatorium d'Agua de Bussot. Dans ce dernier cas, *Colomiella recta* est encore associée à des Orbitolines, Polypiers et de nombreuses Algues dont *Agardhiellopsis*.

Enfin, signalons que des calcaires en dalles sonores, à débit en grandes esquilles, riches en empreintes et débris de Mollusques, correspondent probablement à un nouveau faciès du Berriasien. Ces calcaires qui affleurent localement de part et d'autre du Barranco del Vidrier, dans la partie tout à fait supérieure de son cours, reposent sur les calcaires massifs à Trocholines et Clypéines du Portlandien.

D'autre part, de l'Albien, du Sénonien et du Stampien supérieur-Aquitainien inférieur peuvent être observés à l'intérieur même du massif, à une altitude proche de 1000 m, aux abords immédiats des maisons en ruines qui se trouvent à environ 700 m au Sud-Ouest du point culminant (1205 m) de la Sierra de Cabezón de Oro.

CONCLUSIONS.

En réunissant les données recueillies à l'aide des coupes précédentes, on constate l'existence dans la Sierra de Cabezón de Oro, d'une série stratigraphique qui possède un Portlandien très développé, un Crétacé dont de nombreux étages ont pu être caractérisés et, enfin, un Tertiaire très puissant dont nous n'avons examiné que l'extrême base. L'étude de la stratigraphie de ce massif nous

a en effet permis de mettre en évidence le Portlandien (calcaires massifs à Trocholines et *Clypeina jurassica*), le Berriasien (calcaires néritiques en bancs renfermant des passées à Calpionelles; on peut sans doute rapporter à cet étage les calcaires au sein desquels nous avons rencontré des amas minéralisés), le Néocomien plus élevé (grès et calcaires gréseux), le Barrémo-Aptien (marnes et marno-calcaires à Ammonites), l'Albien (essentiellement marneux à l'Ouest, bien que renfermant des lentilles carbonatées; à la fois marneux et calcaire à l'Est; sa microfaune a localement fourni *Colomiella recta*); le Cénomaniens (ensemble glauconieux, peu épais, à l'Ouest; plus puissant et marno-calcaire à l'Est), le Sénonien (faciès blancs ou colorés classiques à *Globotruncana*), localement l'Yprésien et toujours le Stampien supérieur-Aquitainien inférieur.

L'examen de ces quelques coupes permet en outre de constater l'existence d'un Portlandien de type récifal auquel succède au Crétacé une série relativement peu épaisse (de l'ordre de 200 à 300 m) dont les faciès présentent un certain nombre d'anomalies. Les variations sont sensibles d'un étage à l'autre mais le sont aussi au sein d'un même terme comme nous avons pu le remarquer à plusieurs reprises au Crétacé inférieur et plus spécialement à l'Albien.

Toutes ces données permettent d'envisager que la Sierra de Cabezón de Oro et ses petits massifs satellites ont dû correspondre au moins à partir du Portlandien et pendant le Crétacé à une zone instable qui au Tertiaire (après le Stampien supérieur-Aquitainien inférieur) a joué pour donner les diverses "extrusions" qui accidentent les abords septentrionaux de Busot.

POLVECHE, J.: *Les extrusions de la région de Busot et le problème de la limite entre Prébétique et Subbétique dans la région d'Alicante (Espagne)*. "Rev. Géogr. phys. Géol. dyn. (2). V. fasc. 3, p. 203-210 (1963).

POLVECHE, J.: *Nouvelles extrusions dans la région d'Alicante. Essai de comparaison entre les extrusions espagnoles et algériennes*. "Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord", 54, p. 185-195 (1964).

Recibido: Enero 1974.

Estudio Geológico y Metalogénico de la Zona de Beariz (Orense) y de sus Yacimientos Minerales de Sn-W

II-Petrografía

Por R. CASTROVIEJO (*)



RESUMEN

La zona de Beariz (cuya extensión es de unos 60 kilómetros cuadrados), está formada por sedimentos de edad variable—Precambriano (?) a Paleozoico medio—, sometidos a plegamiento y metamorfismo durante la Orogenia Herciniana y a la intrusión de una masa granítica de edad westfaliense.

Los sedimentos primitivos se han transformado en esquistos, micacitas y cuarcitas epizonales (facies pizarras verdes de Winkler), por efecto del metamorfismo regional herciniano.

La intrusión consiste en un granito de dos micas—con una facies de borde muscovítica—, que origina un metamorfismo de contacto poco intenso (facies de las corneanas de albíta y epidota de Winkler). El emplazamiento tuvo lugar probablemente en un estado plástico, es decir, cuando la masa ya estaba parcialmente consolidada. Los filones y diques aplíticos, turmaliníferos, etc. abundan a lo largo del contacto, así como los efectos metasomáticos debidos a fluidos de origen magmático, entre los cuales se cuentan los que han causado la mineralización.

Del estudio petrográfico y observaciones de campo, se deduce que ciertas zonas pueden tener interés para una prospección en busca de reservas ocultas. Estas zonas están situadas fuera de las hasta ahora explotadas.

ABSTRACT

The 60 Km²-wide Beariz-area consists of Precambrian (?) to mid-Paleozoic sediments which were subjected to folding and metamorphism during the Hercynian Orogeny and suffered the intrusion of a granitic mass in Westphalian time.

The sediments were transformed into epizonal schists, mica-schists and quartzites (greenschist facies of Winkler) through the action of the Hercynian regional metamorphism.

The intrusion forms a two-mica granite stock, with a muscovitic marginal facies, that produces a weak contact metamorphism (albite-epidote-hornfels facies of Winkler). The emplacement took place probably in a plastic state, i.e. when the mass was already partially solidified. Aplitic, tourmaliniferous, etc. lodes and dykes are abundant along the contact, as are the metasomatic effects caused by fluids of magmatic origin, to which belong the mineralizing solutions. The existence of further buried granitic domes is suspected.

After petrographic and field observations, some promising zones are suggested, which are located outside the heretofore worked areas.

RÉSUMÉ

La zone de Beariz, dont la surface est à peu près de 60 Km², est formée par des sédiments d'âge variable—Précambrien (?) à Paleozoic moyen—, qui ont subi un plissement et un métamorphisme pendant l'orogénèse hercynienne et l'intrusion d'un corps granitique d'âge Westphalien.

(*) Cátedra de Mineralogía y Petrografía, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Les sédiments primitifs se sont transformés en schistes, micaschistes et quartzites épizonales (facies schistes verts de Winkler) à cause du métamorphisme régional hercynien.

L'intrusion est due à un granite à deux micas—avec une facies de bord à muscovite—, qui crée un métamorphisme de contact peu intense (facies des corneanes à albite-épidote de Winkler). La mise en place eut lieu très probablement en état plastique, c'est à dire quand la masse était partiellement consolidée. Les filons aplitiques, tourmalinifères, etc. sont nombreux tout le long du contact, ainsi que les effets metasomatiques dûs aux fluides d'origine magmatique, parmi lesquels sont ceux qui ont causé la minéralisation.

De l'étude pétrographique et des observations sur le terrain, on déduit que certaines zones peuvent être intéressantes pour une prospection des réserves cachées. Ces zones sont situées en dehors des parties exploitées jusqu'à présent.

INTRODUCCION.

El presente trabajo se ha agrupado, junto con otros tres—de los cuales el que antecede ya ha sido publicado—y bajo el título general de "Estudio Geológico y Metalogénico de la Zona de Beariz (Orense) y de sus Yacimientos Minerales de Sn-W", en una serie que se completa en números sucesivos de esta revista. Considerando dicho Estudio como una unidad, se ha seguido el criterio de mantener para figuras, cuadros, diagramas, etc., una numeración única a lo largo de toda la serie, de publicar resumen e introducción generales al principio y conclusiones al final y de reunir toda la bibliografía también al final, a fin de evitar enojosas repticiones.

Contando con la descripción general (I.4.a) y las clasificaciones establecidas por los estudios geológicos precedentes, se describen a continuación las rocas de la zona de Beariz, empezando por las más abundantes—esquistos, etc., originados por el metamorfismo regional—y siguiendo por las intrusiones y sus efectos de contacto. Finalmente se estudian las zonas mineralizadas y otras que, según muestra su petrografía, pueden tener interés minero.

II.1) ROCAS DEL METAMORFISMO REGIONAL.

II.1.a) Esquistos y micacitas.

Forman más del 90 por 100 de las rocas metamórficas, predominando claramente las micacitas cloríticas sobre los demás esquistos, entre cuyo componentes se encuentran, además, siempre micas.

Las micacitas son unas rocas de grano fino a medio y color verde a gris oscuro. La esquistosidad, que generalmente es muy clara a todas las escalas—puede observarse desde la escala microscópica hasta la de foto aérea, gracias a los rasgos morfo-

lógicos que determina—, sufre frecuentemente intensas deformaciones, que la repliegan (figs. 9, 22, 23) hasta tal punto que la fractura deja de ser plana, como es típico en los esquistos (fig. 10); al mismo tiempo aparece una lineación (fig. 11) a escala meso y microscópica. Hay también una fracturación observable a todas las escalas y que en algunos casos parece casi penetrativa; al estudiar la Tectónica (III) se prestará más atención a todo esto.

La matriz consta de muscovita, biotita y clorita, a cuya orientación se debe fundamentalmente la esquistosidad. Hay también a veces fenoblastos de plagioclasa (albita-oligoclasa); el feldespato potásico es más escaso y parece ligado más bien a procesos de removilización o metasomatismo, ya que sobre todo se encuentra como relleno de vetillas o disperso entre los demás minerales, no en fenoblastos; en algunos casos puede ser primario, no obstante.

El cuarzo es un componente esencial de prácticamente todas las muestras estudiadas, de modo que se puede considerar, en general, como el segundo mineral en importancia después de las micas; las proporciones entre cuarzo y micas pueden variar continuamente hasta llegar a las cuarcitas micáceas y cuarcitas.

Otros minerales menos frecuentes son magnetita, apatito, turmalina, circón, etc., que se presentan casi siempre como accesorios.

En la descripción microscópica que sigue se exponen con mayor detalle las características de cada mineral.

CUARZO.

Es un componente esencial de la mayoría de los esquistos; la forma de presentarse es bastante variada, siendo el rasgo más común las diversas manifestaciones de deformaciones mecánicas, cataclasis,

etcétera, que aparecen a todas las escalas. El efecto más frecuente—prácticamente ubicuo—es una clara extinción ondulante que a veces va acompañada de "Boehm-lamellae"; a veces llega a producirse orientación dimensional y/o cataclasis, con fuerte disminución del tamaño de grano por trituración (fig. 21).



Figura 21

Lecho cuarzoso intercalado en esquistos (Arroyo de Ponte Pedriña, unos 600 m al NE de Bouza). Efectos tectónicos en el cuarzo: orientación dimensional y trituración.

($\times 18$, N. X.)

Como consecuencia de los mismos esfuerzos que causan dichos efectos, aparecen también grietecillas que luego se rellenan de cuarzo, movilizado gracias a la disminución local de presión que éstas producen. Estas grietas pueden tener distintos tamaños y alcanzar incluso la escala macroscópica,

puesto que se ven en el campo aparentes "filones" de cuarzo, sin relación con ninguna intrusión visible, que no son, probablemente, sino fracturas de tensión rellenas por cuarzo movilizado procedente de los sedimentos sometidos a metamorfismo. La magnitud de estos fenómenos habla a favor de una gran intensidad de los esfuerzos dirigidos ("stress"), al menos en ciertas épocas, ya que la mineralogía observada no indica una presión litostática elevada (v. II.1.d).

La movilización del cuarzo puede dar lugar a una aparente silicificación de los esquistos, que adquieren entonces gran dureza. Habla en favor de un origen sedimentario de este cuarzo el hecho de que se presente en zonas próximas a las cuarcitas, cuyo contacto con los esquistos se hace a través de un tránsito gradual en el que van cambiando las proporciones relativas de cuarzo a los restantes componentes. Sin embargo, es más frecuente una silicificación de los esquistos en las zonas próximas a los contactos, ya sea de la intrusión principal, ya sea de filones—mineralizados o no—, diques, etc.

El cuarzo se presenta también a veces en inclusiones de pequeño tamaño: por ejemplo, en forma poikiloblástica en fenoblastos de plagioclasa, biotita (fig. 24), etc.

A pesar del metamorfismo regional, se observa todavía en gran parte de las muestras el bandeo sedimentario original, manifestado por la alternancia de finas bandas cuarzosas y micáceas—con pequeñas intercalaciones de laminillas de mica o cristallitos de cuarzo, respectivamente—de tamaño de grano reducido todavía; la proporción de cuarzo, aumenta al acercarse a las cuarcitas, manifestando el mencionado tránsito gradual cuarcitas-esquistos. Generalmente este bandeo coincide con la esquistosidad principal (figs. 22 y 24).

MICAS Y CLORITAS.

Son los minerales más abundantes en estas rocas; predomina la muscovita, aunque biotita y clorita son también componentes esenciales. Los cristales de estos minerales casi nunca pueden distinguirse a simple vista, pero con el microscopio se ven generalmente bien individualizados, ya sea en forma de pequeñas láminas, ya sea en cristales mayores.

La orientación paralela de estos cristales define claramente un plano de esquistosidad, s_1 , el cual

frecuentemente aparece deformado, mostrando ligeras ondulaciones (fig. 22); en casos más avanzados, aparece la esquistosidad ya intensamente replega-

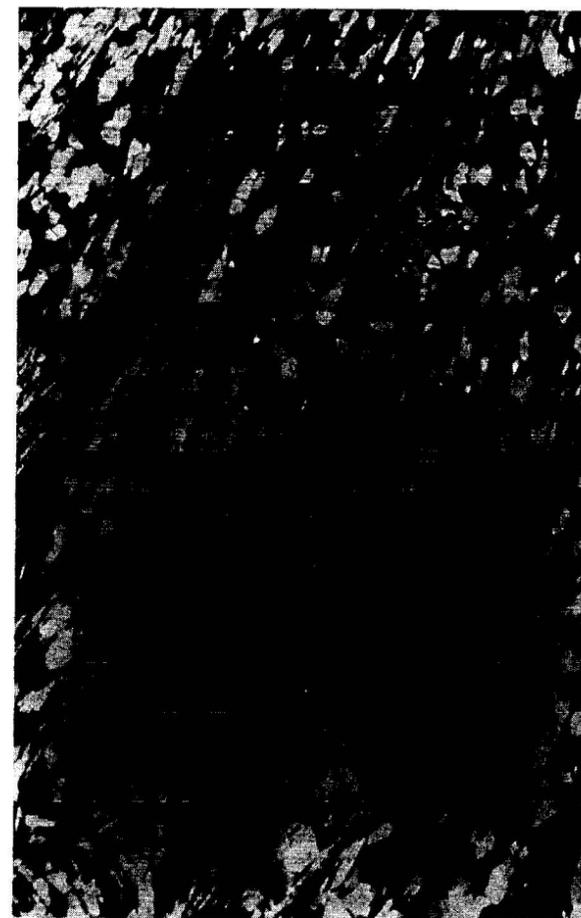


Figura 22

Esquisto (Km. 11 de la carretera de Beariz a Brués) mostrando una fina alternancia de lechos cuarzosos y micáceos según la superficie de estratificación, s_0 ; la primera esquistosidad, s_1 , coincide inicialmente con s_0 , pero aparece luego deformada según unos planos de cizallamiento, s_2 , subparalelos u oblicuos a los anteriores.

($\times 36$, N. X.)

da (fig. 23), o—si se suman otros efectos a los puramente mecánicos—desorganizada e incluso destruida (como borrada, por la recrystalización en cristallitos diminutos—de sericita, etc.—sin orientación preferente). Los primeros fenómenos mencionados (los de orden mecánico fundamentalmente) pueden dar lugar a lineaciones en la muestra de mano y resultan muy llamativos al microscopio por la forma-

ción de finos repliegues en las laminillas de mica, cuyos planos axiales pueden materializarse, sin llegar a ser penetrativos o esa escala, por el crecimiento de nuevos cristales con orientaciones subparalelas con respecto a s_1 (fig. 23 a). Esto indica que el metamorfismo estaba todavía activo en el momento de producirse estas deformaciones. La esquistosidad es, en la mayoría de los casos, subparalela al plano de estratificación, s_0 .

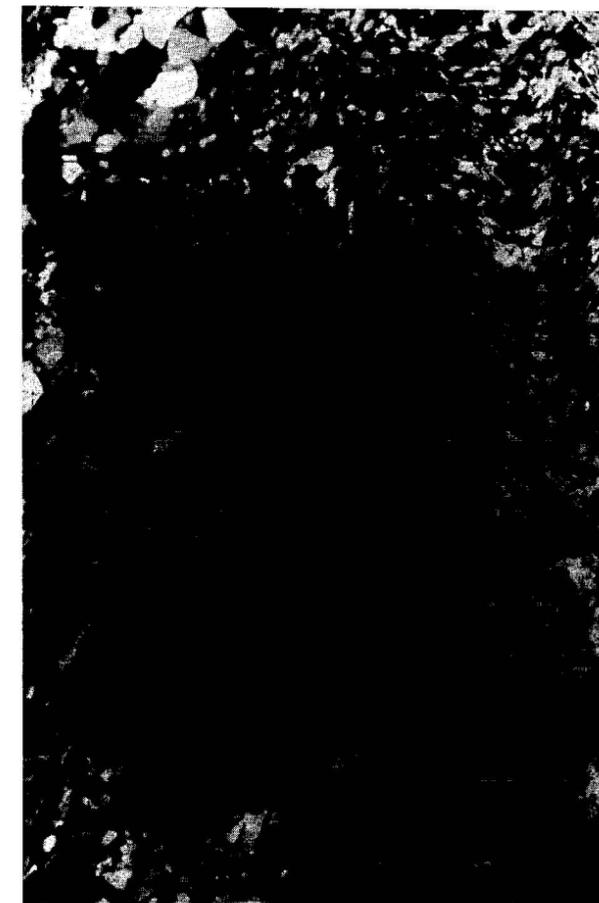


Figura 23

Micacita (pista de Couso a Villariño, unos 200 m antes del segundo pueblo) con "strain-slip Ceavage": a) En el ángulo inferior derecho hay recrystalización de mica según el plano axial de los micropliegues, s_2 .

($\times 36$, N. X.)

En ocasiones llegan a crecer fenoblastos transversalmente a la esquistosidad (fig. 24). El fenómeno ocurre frecuentemente en las zonas de contacto, pero también en lugares en que no hay ninguna roca



Figura 21

Lecho cuarzoso intercalado en esquistos (Arroyo de Ponte Pedriña, unos 600 m al NE de Bouza). Efectos tectónicos en el cuarzo: orientación dimensional y trituración.

($\times 18$, N. X.)



Figura 22

Esquisto (Km. 11 de la carretera de Beariz a Brués) mostrando una fina alternancia de lechos cuarzosos y micáceos según la superficie de estratificación, s_0 ; la primera esquistosidad, s_1 , coincide inicialmente con s_0 , pero aparece luego deformada según unos planos de cizallamiento, s_2 , subparalelos u oblicuos a los anteriores.

($\times 36$, N. X.)



Figura 23

Micacita (pista de Couso a Villariño, unos 200 m antes del segundo pueblo) con "strain-slip Ceavage": a) En el ángulo inferior derecho hay recristalización de mica según el plano axial de los micropliegues, s_2 .

($\times 36$, N. X)

ígneas visibles en las cercanías; en este caso, se trata probablemente de una segunda generación de micas (predominantemente biotita), que creció como consecuencia de una recrystalización de naturaleza post-tectónica. En los cristales mayores pueden verse deformaciones indudablemente post-cristalinas (dobladuras, "kink-bands", fracturas, etc.).

Finalmente, en algunas muestras se ven vetillas rellenas de micas —muscovita, hidromuscovita, seri-

nias de ningún contacto visible. Además se ve a veces también en la roca una aparente alteración neumatolítica (figs. 26 a 29): la esquistosidad aparece confusa o desaparece (según se ha explicado



Figura 24

Micacita clorítica (al SE de Cardelle). Fenoblastos de biotita, perpendiculares a la esquistosidad, y de plagioclasa; los primeros tienen inclusiones poikiloblásticas de cuarzo, turmalina y muscovita y los segundos (p. ej., arriba, centro), inclusiones "snow-ball" que muestran que su cristalización fue sintectónica. La matriz se compone de muscovita, clorita y cuarzo; éste forma también finas capas de origen sedimentaria (abajo), paralelas a la esquistosidad, s_1 . Otros componentes —probablemente detríticos— de la matriz son: granate (negro), turmalina y opacos, los dos últimos formando cristales diminutos.

($\times 48$, N. X)

más arriba), los minerales originales aparecen más o menos atacados o sustituidos por los mismos que aparecen en la vetas y el tamaño de grano disminuye hasta el límite apreciable al microscopio; un proceso típico es la decoloración de la biotita y su sustitución progresiva, ya sea por turmalina, ya por clorita, muscovita, etc., así como la diseminación de hidromuscovita, turmalina, feldespato potásico apatito, minerales de titanio, sericita, etc., en cantidades variables en la roca; la mineralogía de ésta puede llegar a ser considerablemente distinta de la

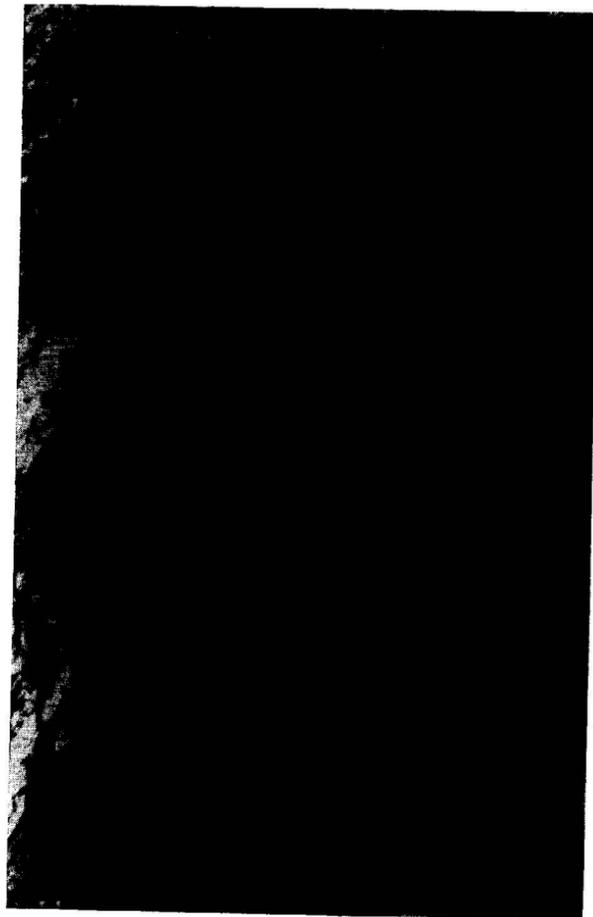


Figura 23 b

b) La deformación s_2 pliega los finos lechos de cuarzo y produce "strain-slip cleavage" en los micáceos, cuyas deformaciones quedan registradas por las intercalaciones grafitosas.

($\times 18$, N. //)

cita, clorita— y otros minerales (en general neumatolíticos o hidrotermales: turmalina, cuarzo, feldespatos, opacos...), que no se encuentran en las cerca-

de los esquistos corrientes de la zona, lo cual probablemente se debe a metasomatismo.

Ambos efectos —relleno de vetillas y cambios en la mineralogía— podrían atribuirse a la proximidad de una intrusión subyacente, según muestra la figura 15, ya sea un stock o cúpula como la que aflora en el centro de nuestra zona, ya sea el techo del mismo batolito que aflora cerca de la parte occidental de la misma. Es de observar, a este respecto, que los esquistos aparecen frecuentemente muy tectonizados y las fallas o fracturas no escasean, es decir, no faltarían posibles vías de aporte para esa acción metasomática.

FELDESPATOS.

El feldespato potásico es poco frecuente. Sólo en tres muestras figura como componente esencial; aún así, en ningún caso puede asegurarse que sea primario, pues generalmente se presenta en vetillas

cuya orientación coincide con la esquistosidad a grandes rasgos, pero que la cortan de vez en cuando: se trata, por tanto, ya sea de una venida post-metamórfica, debida a fluidos hidrotermales, ya sea de la removilización de un feldespato potásico de origen metamórfico. En una de las muestras (figura 27) el feldespato potásico es una parte esencial de la matriz, en forma de pequeños cristales, pero toda la roca parece haber sufrido metasomatismo o alteración hidrotermal (desaparición de muscovita, alteración o lixiviación de biotita, presencia de hidromuscovita (?), sericita, cloritas hidrotermales, apatito, anatasa...), así como una casi destrucción de la esquistosidad. Estos fenómenos se han mencionado ya al hablar de las micas.

El feldespato plagioclasa es bastante más frecuente; se presenta, como componente esencial, aproximadamente en un 5 por 100 de las muestras estudiadas.

Puede estar en forma de pequeños cristales diseminados por la matriz, pero generalmente forma fenoblastos que se pueden distinguir a simple vista.

Su composición, obtenida por medio de determinaciones ópticas (índice de refracción, ángulo de extinción, platina universal) y por difracción de Rayos X, es de albita o está en el límite albita-oligoclasa; en ocasiones, los fenoblastos están zonados y también alterados (sericitizados) selectivamente; casi siempre tienen un aspecto sucio, debido ya sea a alteración, ya sea a inclusiones submicroscópicas.

Son frecuentes las maclas y también las fracturas, que demuestran que ha habido esfuerzos tectónicos posteriores a su cristalización. Otras veces, los que a simple vista parecen fenoblastos, resultan ser agregados de pequeños cristales de albita, con biotita, muscovita, etc. Los verdaderos fenoblastos pueden presentar también inclusiones de cristallitos de muscovita, sericita, opacos, etc.

Pero las inclusiones más frecuentes son pequeñas motas, no individualizables al microscopio, en disposición helicítica, que permiten establecer ciertas relaciones entre el crecimiento de los cristales y la tectónica (v. al respecto SPRY (*), 1969, págs. 252-257). En general estas inclusiones están giradas ("snow-ball") y se continúan en el exterior —es decir, sus prolongaciones en los extremos coinciden con la dirección de la esquistosidad en esa zona—, indicando una cristalización sintectónica (figs. 24 y 25). Pero también se observan indicios de una cris-



Figura 25

Micacita (1,5 Km. al N de Bouza) con fenoblastos de plagioclasa sintectónicos, que muestran inclusiones "snow-ball". Matriz de muscovita, clorita y biotita, con pequeños cristales aciculares opacos. La esquistosidad está ligeramente deformada.

($\times 42$, N. //)

(*) La bibliografía se incluye en el último trabajo de la serie.



Figura 23 b

b) La deformación s_2 pliega los finos lechos de cuarzo y produce "strain-slip cleavage" en los micáceos, cuyas deformaciones quedan registradas por las intercalaciones grafitosas.

($\times 18$, N. //)



Figura 24

Micacita clorítica (al SE de Cardelle). Fenoblastos de biotita, perpendiculares a la esquistosidad, y de plagioclasa; los primeros tienen inclusiones poikiloblásticas de cuarzo, turmalina y muscovita y los segundos (p. ej., arriba, centro), inclusiones "snow-ball" que muestran que su cristalización fue sintectónica. La matriz se compone de muscovita, clorita y cuarzo; éste forma también finas capas de origen sedimentaria (abajo), paralelas a la esquistosidad, s_1 . Otros componentes —probablemente detríticos— de la matriz son: granate (negro), turmalina y opacos, los dos últimos formando cristales diminutos.

($\times 48$, N. X)



Figura 25

Micacita (1,5 Km. al N de Bouza) con fenoblastos de plagioclasa sintectónicos, que muestran inclusiones "snow-ball". Matriz de muscovita, clorita y biotita, con pequeños cristales aciculares opacos. La esquistosidad está ligeramente deformada.

(×42, N. //)

talización pre-tectónica (por ejemplo, "sombras de presión" en las que ha cristalizado clorita o cuarzo; giro del cristal después de la cristalización, de modo que las inclusiones quedan interrumpidas, sin continuarse al exterior: figura 26) e incluso también post-tectónica (crecimiento cristalino estático, de manera que las hileras de inclusiones quedan separadas del exterior por zonas limpias del cristal). Por último, el seguir rígidamente estas deducciones nos haría sospechar que se trata, en nuestro caso, de un esquisto polimetamórfico (SPRY, 1969, págs. 307-308), dados los giros e interrupciones que sufren a veces las inclusiones helicíticas, pero es más sencillo suponer simplemente que la cristalización metamórfica o blastesis ha tenido lugar durante un período de tiempo más o menos largo, estando las rocas sometidas a una tectónica variable—ya sea continua, ya intermitente—, en la que podría aceptarse, si hay motivos para ello, la división en diversas fases (cf. Tectónica, III). Sí es necesario, sin embargo, aceptar que han actuado esfuerzos post-cristalinos, dada la intensidad de la cataclasis observable en casi toda la zona.

TURMALINA.

En general se presenta como mineral accesorio, en forma de pequeños cristales dispersos, idiomorfos y de color azulado o pardo (sobre todo, el primero), cuyo origen puede atribuirse sin dificultad a los sedimentos originales, en los que no es de extrañar hubiese pequeñas cantidades de boro. También podría tratarse de granos detríticos recristalizados (HARKER, 1970). Como cristallitos diminutos puede presentarse incluida en mica, feldespato y granito.

Se ha visto también formando cristales zonados algo mayores, en cantidad muy superior a la media de la zona (llega a ser componente esencial de la roca, figura 26), en algunas muestras en las que se sospecha hayan actuado procesos neumatolítico-hidrotermales, manifestados también en los otros minerales (v. lo dicho para micas y feldespatos). Estas turmalinas es posible que hayan cristalizado bajo la acción de fluidos metasomáticos, ya sea directamente o por sustitución de minerales anteriores (metamórficos), ya sea alrededor de un núcleo formado por un antiguo cristal detrítico; hablaría en favor de esto la repetición cíclica de la zonalidad (alternancia de zonas de colores verde azulado y pardo) y la presencia de cristales en los

que el núcleo está rodeado de una serie de inclusiones que delimitan su forma primitiva, mientras que la parte exterior está totalmente limpia (figura 26).



Figura 26

Micacita con turmalina (unos 2 Km. al NW de Bouza, cerca del Arroyo Avia). Granos idiomorfos de turmalina, mostrando secciones basales zonadas; la zonalidad es resaltada por numerosas inclusiones de opacos diminutos; el crecimiento de estos granos parece realizarse a veces a costa de la biotita (abajo). Otros componentes son fragmentos pre-tectónicos o cataclásticos de plagioclasa—con inclusiones "snow-ball" interrumpidas al llegar al borde del cristal—y de curzo (anguloso, a la derecha); la matriz se compone de muscovita, con ilmenita dispersa; la esquistosidad ha desaparecido.

(×42, N. //)

ACCESORIOS.

Apatito.—Forma granos de tamaño variable, pero casi nunca lo suficientemente grandes como para poder distinguirlos a simple vista. Su aspecto es a veces detrítico, pero en general forma agregados o cristales mayores, interpenetrados con los granos vecinos o mostrando formas—no redondeadas—que no corresponderían a las de un mineral rodado. Suelen ser incoloros, con relieve alto y birrefringencia

baja (a veces casi isótropos); en algunos casos ha podido obtenerse su figura de interferencia—uniáxica negativa—, aunque la cataclasis, que afecta a la roca en general y deforma también los cristales de apatito en particular, dificulta su reconocimiento; su superficie ofrece un aspecto rugoso y los granos suelen estar muy fracturados.

Su origen parece, en algunos casos (granos detríticos) sedimentario, pero en la mayoría de ellos, metamórfico, si bien se presenta también en las rocas que han sufrido alteraciones (posteriores posiblemente).

Topacio.—En algunas de las muestras aparece un mineral, en cantidades insignificantes, que es posible que sea topacio, aunque no puede afirmarse con certeza, dado el tamaño minúsculo de los granos que se ven. En general se trata de cristales incoloros o débilmente coloreados—tonos azulados o verdosos—, de aspecto detrítico, más o menos fracturados, con fuerte relieve y pequeña birrefringencia.

Granate.—Se presenta en forma de pequeños granos de color pardo rosado y más o menos idiomórficos, con inclusiones de turmalina o micas excepcionalmente; también aparece en agregados de cristallitos menores, en sustitución pseudomórfica de clorita, entrecrecidos con cuarzo y/o biotita. En estos casos es claro su origen metamórfico.

Ocasionalmente se ven también granos más redondeados o fragmentos angulosos que es posible sean de origen detrítico (fig. 24).

Productos arcillosos.—Aparecen sólo en algunas de las muestras, casi siempre como accesorios, aunque en unos pocos casos llegan a formar parte esencial de la roca. Se presentan como productos de alteración de feldespatos (pueden estar incluidos en éstos e incluso manifestar la zonalidad de las plagioclasas), dispersos, impregnando la roca o rellenando microfisuras en la misma y también rellenando espacios intersticiales entre los granos de cuarzo.

Su origen es, en general, secundario.

Circón.—Se presenta en pequeños granos detríticos, frecuentemente sometidos a cataclasis y más o menos fracturados, y en pequeñas inclusiones en biotita y clorita, en las que produce halos radiactivos.

Epidota.—No pudo identificarse con seguridad, pues sólo aparece algún cristallito diminuto, muy escaso.

Minerales de titanio.—Prescindimos de momento de la ilmenita, que se mencionará entre los opacos, a continuación.

Esfena aparece formando pequeños cristales dispersos, que sólo pueden reconocerse gracias al color y forma característicos y a sus elevados relieve y birrefringencia. Otros pequeños cristales de aspecto detrítico es posible que sean de rutilo o anatasa, aunque no puede asegurarse debido a su pequeño tamaño.

Estos mismos minerales aparecen también en una generación posterior, con un origen a veces secundario. Se presentan sobre todo en las rocas que tienen indicios de haber sufrido una acción neumatolítico-hidrotermal (v. lo dicho más arriba con respecto a turmalina, micas, etc. y figura 27) y pueden estar dispersos en las mismas o sustituir parcial o totalmente minerales opacos (ilmenita) ya formados anteriormente; es frecuente el encontrar en estas rocas granos de minerales opacos que contienen aparentes "inclusiones" alargadas de estos minerales (rutilo, esfena, anatasa, leucoxeno), cuya orientación es perpendicular u oblicua a la longitud de los primeros y que los van sustituyendo en diversos grados, hasta llegar a encontrarlos completamente pseudomorfizados por cristales o agregados secundarios, de color pardo y aspecto turbio, semi-opacos, con relieve y birrefringencia altos. El proceso es el mismo que el que tiene lugar en la aureola del contacto del granito (figs. 42 y 43 y 79).

A veces puede observarse su relación con microfisuras.

Puesto que los opacos sustituidos son, a su vez, probablemente metasomáticos—en parte al menos, como se verá a continuación—, hemos de suponer que con el tiempo ha habido una variación en los fluidos que han producido estas acciones o en las condiciones termodinámicas reinantes, de modo que en un período posterior fueron lixiviados o alterados minerales—opacos—depositados (estables) anteriormente y en su lugar se han formado los nuevos.

MINERALES OPACOS.

El más significativo en cuanto al metamorfismo regional es la *magnetita*, que forma fenoblastos reconocibles a simple vista en la muestra de mano. No es un mineral frecuente en la zona, pero, cuando se presenta, es relativamente abundante. Suele venir acompañado por otro mineral, también opaco, que



Figura 26

Micacita con turmalina (unos 2 Km. al NW de Bouza, cerca del Arroyo Avia). Granos idiomorfos de turmalina, mostrando secciones basales zonadas; la zonalidad es resaltada por numerosas inclusiones de opacos diminutos; el crecimiento de estos granos parece realizarse a veces a costa de la biotita (abajo). Otros componentes son fragmentos pretectónicos o cataclásticos de plagioclasa—con inclusiones “snow-ball” interrumpidas al llegar al borde del cristal—y de curzo (anguloso, a la derecha); la matriz se compone de muscovita, con ilmenita dispersa; la esquistosidad ha desaparecido.

(×42, N. //)

se presenta en cristales mucho menores y de forma alargada (figs. 25 y 26); éste está más extendido por la zona y en algunas muestras puede observarse su alteración, parcial o total, y su sustitución por leucoceno, rutilo, esfena, etc.; generalmente está orientado paralelamente a la esquistosidad y cuando hay una deformación posterior puede aparecer curvado, si el tamaño es suficiente, o incluso fracturado; probablemente se trata de *ilménita* de origen detrítico (RAMDOHR, 1969, pág. 973), pero en algunos casos parece relacionada con la circulación de fluidos minerales (figs. 28, 29 y 79). En estos casos las rocas suelen presentar otras muestras de efectos neumatolítico-hidrotermales (v. lo dicho más arriba).

A veces se ven también sulfuros (arsenopirita parcialmente alterada a escorodita, por ejemplo), pero es en muestras tomadas no lejos de la intrusión, por lo que no los tenemos en cuenta, pues probablemente se deben a una acción de contacto y además son escasos.

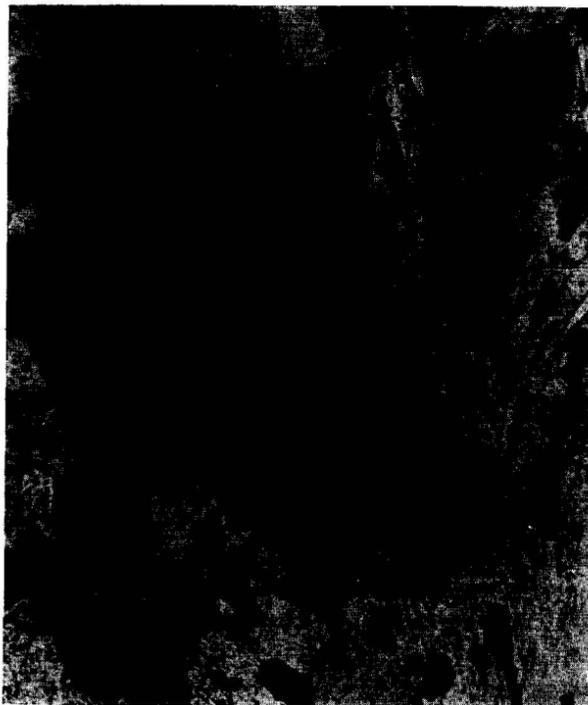


Figura 27

Anatasa en micacita (al lado del camino, 1 Km. al SE de Villariño). El mineral está rodeado de cuarzo (compárese con el rutilo de la figura 77); abajo a la izquierda, alteración de la biotita a clorita. Matriz de muscovita, feldespato potásico y minerales arcillosos.

(×75, N. //)



Figura 28

Ilmenita (en la misma muestra de la figura 26), formada quizá a costa de la biotita; pueden verse, además, cuarzo y muscovita.

(×98, N. //)

En algunas muestras hay abundantes restos de materia carbonosa (*grafito*), que se disponen según la esquistosidad y, dado el caso, permiten distinguir muy bien las deformaciones posteriores de ésta, por quedar dibujada la forma de los micropliegues (figura 23 b). Otros opacos de tamaño diminuto se presentan, ya sea dispersos en la matriz, ya formando inclusiones en fenoblastos (por ejemplo, las inclusiones helicíticas de los feldespatos, figuras 24, 25 y 26); probablemente se trata también de materia carbonosa grafitizada.

Por alteración de los minerales que contienen hierro se produce *limonita*, que, transportada por disoluciones descendentes, impregna la roca o rellena microfracturas. En algunos casos aparecen todavía restos de fenoblastos de magnetita alterados (limonitizados), pero lo más frecuente es encontrar impregnaciones que dan a la lámina transparente un color pardusco y un aspecto sucio.

Las zonas en las que aparecen los mencionados procesos, probablemente neumatolítico-hidrotermales, se indican en la figura 80; v. también la sección II.5. En estas zonas (I y II de II.5) aparecen también muy pequeñas cantidades de minerales cuya

identificación no ha sido posible, por ejemplo: diminutos granos de casiterita (?); o un producto pardo amarillento, isótropo, de muy elevado relieve, aparentemente secundario o descendente (v. mineral X, II.5).



Figura 29

Ilmenita (en esquistos, extremo S del área estudiada, al lado de la carretera Beariz-Avión) con inclusiones de biotita y cuarzo.

(×240, N. //)

II.1.b) Cuarzitas; secreciones de cuarzo.

Describiremos en este apartado no sólo las cuarzitas propiamente dichas, sino también aquellas rocas, que pueden considerarse como de transición, constituidas por intercalaciones de finas capas silíceas y clorítico-micáceas, de claro origen sedimentario. Realmente hay minerales micáceos o clorita presentes en todas las rocas, incluso en las cuarzitas

propiamente dichas, que adquieren un brillo sedoso en las superficies de esquistosidad debido a dichos minerales (sobre todo muscovita). Por lo demás, estas rocas están en general claramente orientadas, muestran fractura plana paralelamente al plano de esquistosidad s_1 y presentan a veces lineaciones, más o menos horizontales (fig. 11). Su tamaño de grano es, como en los esquistos, de fino a medio y su color, generalmente claro (blanco a pardo amarillento), pero a veces también oscuro (gris, verdoso); en ocasiones puede distinguirse la estratificación, s_0 , a simple vista, gracias a la alternancia de capas de distinta composición y tono.

Se encuentran en la mitad occidental de la zona, siendo su estructura más notable un anticlinal muy cerrado y de eje subhorizontal, cuyos flancos se prolongan aunque no continuamente, hacia el S y, antes de desaparecer, se reducen a una serie de lentes, intercalados entre las micacitas, que también aparecen en otros lugares; en el cuadrante NW aparece otro lecho, fallado repetidamente, que se prolonga hacia el N (v. plano geol. y fig. 17, en I). Han sido intensamente plegadas y tectonizadas, quedando los flancos de los pliegues reducidos a jirones que se adaptan más o menos a la esquistosidad regional, s_1 (transposición, ya mencionada, I.4.c): s_0 suele coincidir, por tanto, con s_1 (figs. 18 y 19). En foto aérea suelen dar un relieve más acusado que los esquistos, aunque no siempre, debido a la cantidad de cuarzo que éstos pueden contener (comp. fig. 16).

Descripción microscópica:

Su textura es granoblástica orientada, con las laminillas de mica dispuestas paralelamente a s_0 y s_1 , aunque a veces, por el contrario, éstas pueden marcar una ligera discrepancia entre ambos planos y se disponen oblicuamente a la estratificación.

Además de esta orientación, efecto de una tectónica sin-cristalina, hay también pruebas de una tectónica post-cristalina: los granos de cuarzo muestran, como en los esquistos, fuerte extinción ondulante.

En cuanto a su composición, no es raro que el cuarzo esté acompañado por muscovita y, a veces, también biotita y clorita; como accesorios aparecen cristales detríticos de circón y turmalina; ésta suele estar bien recristalizada y, en algún caso, puede estar zonada. En algunas ocasiones aparecen también feldespatos.



Figura 27

Anatasa en micacita (al lado del camino, 1 Km. al SE de Villariño). El mineral está rodeado de cuarzo (compárese con el rutilo de la figura 77); abajo a la izquierda, alteración de la biotita a clorita. Matriz de muscovita, feldespato potásico y minerales arcillosos.

(×75, N. //)



Figura 28

Ilmenita (en la misma muestra de la figura 26), formada quizá a costa de la biotita; pueden verse, además, cuarzo y muscovita.

($\times 98$, N. //)



Figura 29

Ilmenita (en esquisto, extremo S del área estudiada, al lado de la carretera Beariz-Avión) con inclusiones de biotita y cuarzo.

($\times 240$, N. //)

SECRECIONES DE CUARZO.

En foto aérea se ven ciertas zonas en las que parece haber cuarcitas, las cuales, por la forma del afloramiento, dan la impresión de estar intensamente replegadas. En el campo tienen el aspecto de filones, de varios metros de largo, que por erosión dan lugar a una especie de bloques de cuarzo, de forma redondeada, que permanecen "in situ", dando a las laderas el color (blanco) y relieve (fuerte), que hace que se parezcan en foto aérea a las cuarcitas; con el microscopio se evita toda confusión, puesto que su textura es análoga a la del cuarzo filoniano, indicando que ha habido una movilización a favor de fracturas de tensión. Se trata, por tanto, de secreciones laterales.

Es de notar que incluso este cuarzo pseudo-filoniano presenta, igual que el de los filones mineralizados (fig. 57), indudables efectos cataclásticos: extinción ondulante, trituración, maclas de presión, etcétera. Es decir, que ha habido deformaciones tectónicas post-cristalinas también en este caso.

El fenómeno de la movilización por secreción lateral se produce a todas las escalas (fig. 9), incluso a la microscópica—secreción de vetillas de cuarzo que pueden cortar tanto s_0 como s_1 —, como se ha ovisto ya (II.1.a, cuarzo), pero alcanza mayores proporciones en las zonas donde más abundaba el cuarzo originariamente, por eso es más frecuente en las zonas de tránsito de esquistos a cuarcitas, o en las proximidades de las mismas. Por ser manifestaciones de poca importancia y ligadas a las cuarcitas, se han cartografiado junto con las mismas. Un lugar adecuado para verlas es la zona al SW de Bouza, hasta el río Doade y también la zona NW de Albite, hasta el Arroyo de Ponte Pedriña.

II.1.c) *Esquistos anfibólicos.*

Se describen sucintamente, aunque realmente afloran ya fuera de la zona estudiada (prácticamente en el límite). Se presentan en forma de lentejones intercalados entre las micacitas y se distinguen de éstas por su color verde muy oscuro y por su mayor dureza; su fractura sigue siendo plana, aunque la orientación no siempre es claramente visible. Uno de estos lentejones aflora al lado de la carretera de Beariz a Avión (a mano derecha, al lado del puente que se encuentra inmediatamente al pasar el límite S de nuestra zona) y otro, junto a las explotaciones de casiterita aluvionar del Río Doade. Es

posible que procedan de rocas volcánicas básicas intercaladas entre los sedimentos originales.

Estudio microscópico:

El mineral más abundante es el anfíbol, que se presenta en cristales aciculares verdes, pleocroicos, con extinción oblicua y birrefringencia media a fuerte. Se han medido sus ángulos 2V y c/Z con platina universal y se ha determinado su estructura por difracción de rayos X, resultando una composición de tremolita-actinolita. La textura de la roca, que es nematoblástica—aunque a veces deformada y fracturada—, se debe fundamentalmente a este mineral. Dicha textura—"lineargestrecktes Gefüge" para NIGGLI (1948, figs. 98 y 179)—es un tipo intermedio entre los I y II de la clasificación geométrica de AMSTUTZ (1959, pág. 104).

También abundan la epidota y, algo menos, la plagioclasa; ésta forma fenoblastos bastante fracturados—"saussuritizados"—, hasta el punto de que nunca aparece un cristal completamente fresco.

La esfena es relativamente abundante; puede verse alguna de sus secciones típicas, pero no muestra siempre sus propiedades ópticas características; cabe la posibilidad de que en algún caso se trate de rutilo.

En el lentejón situado al S aparecen vetas rellenas de feldespato potásico—con inclusiones vermiformes de clorita, a veces—, que atraviesan la roca en cualquier dirección.

Finalmente, como accesorios aparecen cuarzo, clorita y abundantes cristallitos opacos dispersos.

En resumen, podemos concluir que se trata de un esquisto anfibólico de bajo grado de metamorfismo, sometido—como todas las rocas de la zona— a efectos tectónicos post-cristalinos, que han producido deformaciones y fracturas, facilitando así la movilización (o introducción?) de feldespato potásico.

II.1.d) *Características del metamorfismo regional.*

Por desgracia no aparecen asociaciones minerales críticas que permitan definir con precisión las condiciones termodinámicas del metamorfismo regional; en efecto, los minerales más característicos que aparecen en esta zona no dan información alguna acerca de la presión, pudiendo corresponder tanto a una serie de facies de alta presión (por ejemplo, la de Barrow), como de baja (por ejemplo, del tipo Abukuma), puesto que la andalucita aparece solamente en la proximidad de la intrusión y se debe,

con mayor probabilidad, al metamorfismo de contacto de la misma.

Sin embargo, si nos atenemos a los resultados obtenidos por investigadores que han trabajado a escala regional, encontrando minerales como andalucita y cordierita, podemos suponer que se trata de un metamorfismo de baja presión (den TEX, 1966; MATTE, 1968), a pesar de que en dos de las rocas estudiadas coexisten—junto a las micas y feldespato habituales— granate y clorita, lo que haría sospechar condiciones de mayor presión (WINKLER, 1967, pág. 102; HARKER, 1970, págs. 217); pero esto



Figura 30

Cristal de plagioclasa fracturado y cizallado en granito (carretera Beariz-Brués, cerca de 1 Km. al S. de Beariz); cuarzo y feldespato potásico muestran también efectos tectónicos.

(×26, N. X.)

no es un dato concluyente, puesto que el granate es poco abundante y no se ha determinado su composición.

En cuanto a la temperatura, la existencia de clorita y la composición de los feldespatos (albita-oligoclasa) en las micacitas, así como la presencia de tremolita en los esquistos anfibólicos y la ausencia de cordierita u otros minerales de facies superiores en toda la zona, indican que no debe de haber sido elevada; podríamos situarla en la facies de las piza-

rras verdes, según la define WINKLER (1967), tal vez en una subfacies superior—composición de las plagioclasas, aparente tendencia de la clorita a ser sustituida por biotita o granate en algunas muestras—, pero sin alcanzar la facies de las anfibolitas, puesto que no aparece ningún mineral característico de éstas; la textura (esquistosa) observada en la mayoría de los casos, corresponde también a las condiciones P-T supuestas.

Según la nueva clasificación de WINKLER (1970), se pueden considerar estas rocas simplemente como "de bajo grado de metamorfismo" ("Low-Stage-Metamorphism"), que viene a corresponder a la epizona de autores más antiguos.

La acción de un metamorfismo retrógrado que, según los dos investigadores mencionados, ha actuado en la región gallega posteriormente a esta fase principal, no ha podido constatarse en la zona de Beariz, lo cual no tiene nada de extraño, dado que la intensidad alcanzada aquí por la fase progresiva no es superior a la atribuida por ellos a la diafrotética.

II.2) ROCAS ÍGNEAS.

Su emplazamiento y geología han sido ya descritos (I.4.c).

II.2.a) *El stock granítico.*

La masa intrusiva se compone fundamentalmente de cuarzo, de feldespatos (alcalino y plagioclasa) y, en cantidades subordinadas, de micas. Como minerales accesorios aparecen apatito, opacos, circón, y, raras veces, granate; y como secundarios, minerales micáceos, colríticos y arcillosos.

El tamaño de grano varía de medio a grueso, predominando el primero, según la clasificación de HATCH, WELLS y WELLS (1968, pág. 185). Según los criterios de otros investigadores, como CAPDEVILA y FLOOR (1970, pág. 104), que han estudiado los granitos gallegos, serían rocas de grano fino (es decir, menos de 3 mm) a medio. Hemos preferido conservar los mismos criterios que para las rocas metamórficas.

Su textura es hipidiomórfica granular cataclástica (a veces orientada).

La cataclasis es general y afecta todos los minerales, ya sea por deformaciones de los cristales (micas, sobre todo muscovitas; cuarzo, feldespatos), por maclas de presión (en la plagioclasa), extinción



Figura 30

Cristal de plagioclasa fracturado y cizallado en granito (carretera Beariz-Brués, cerca de 1 Km. al S. de Beariz); cuarzo y feldespato potásico muestran también efectos tectónicos.

(× 26, N. X.)

ondulante (general en el cuarzo), por fracturación de los granos (apatito; feldespatos; en la plagioclasa pueden verse a veces las maclas cizalladas a lo largo de fracturas que pueden ser de nuevo soldadas por feldespato potásico o cuarzo, o rellenadas por muscovita, minerales cuyos componentes estaban todavía disueltos o que fueron removilizados; figura 30) o por trituración (cuarzo, feldespato).

En los contactos tectónicos se producen a veces fenómenos especiales debidos a la cristalización de fases magmáticas tardías, que aprovechan los huecos, o zonas de menor presión, producidos por las fallas; así puede observarse la formación, en la falla que limita al N la apófisis W del granito (v. pl. geol.



Figura 31

Micropegmatita en el contacto del granito (carretera Beariz-Avión, 1 Km. al S de Beariz): cuarzo filoniano, con inclusiones de minerales arcillosos (abajo) que destacan su forma hexagonal. La matriz se compone de minerales cloríticos y arcillosos y contiene un fragmento cataclástico de esquisto.

(×35, N. X.)



Figura 32

(De la misma muestra que figura 31.) Veta de rutilo y clorita que atraviesa un filón anterior relleno de cuarzo y que, a su vez, es cortada por una nueva vetilla de cuarzo.

(×140, N. //)

en D), de una facies filoniana hidrotermal, consttuida por cuarzo (largos cristales prismáticos piramidados, típicamente filonianos, con zonado de crecimiento), feldespatos (casi por completo alterados), agregados de sericita, clorita (vermiforme) y productos arcillosos y, finalmente, fragmentos cataclásticos de cuarzo y de roca de caja (esquistos), que dan al conjunto un aspecto brechoide (fig. 31). Estos productos filonianos se introducen también en los esquistos; se han observado, por ejemplo, vetillas de cuarzo y de clorita y rutilo, entre las cuales las relaciones de cristalización son complicadas, indicando que ha habido venidas de cuarzo anteriores y posteriores a las de clorita (fig. 32).

Todo esto prueba que ha habido tectónica sin- y post-cristalina, llegando a alcanzar bastante intensidad, pues las deformaciones son a veces muy fuertes, tanto en la masa principal como en la facies de borde.

Finalmente, son abundantes también las alteraciones deutéricas en toda la masa, pudiendo ser muy intensas en algunas zonas, en que los feldespatos, por ejemplo, aparecen ya completamente sustituidos. Estos procesos incluyen muscovitización, sericitización, cloritización y caolinización o transformación en productos arcillosos; está claro, por tanto, que no todos pueden atribuirse a factores exógenos y que ha debido haber una acción autometamórfica

posición de albita-oligoclasa, con predominio de la última, según las determinaciones ópticas, de las que casi siempre resulta oligoclasa.

Pocas veces aparecen pertitas; en cambio parece haber relaciones de sustitución mutua entre los feldespatos, sin que pueda precisarse siempre cuál es el mineral primario y cuál el que lo sustituye, pues, si bien se encuentran restos de feldespato potásico caolinizado rodeados de albita fresca, puede observarse también el fenómeno contrario—cristales de plagioclasa muy alterados e incluidos en feldespato potásico fresco—, así como la soldadura de granos rotos de plagioclasa por feldespato potásico fresco: parece como si en ciertos momentos hubiese tenido lugar una albitización y en otros una potasificación de la roca; aparecen también zonas con intercrecimientos entre plagioclasa y microclino, a veces con formación de mirmequitas, las cuales según HATCH et al. (1968) se interpretan como posibles productos de la reacción de sustitución, en estado sólido, de feldespato potásico y plagioclasa.

Entre las ya mencionadas alteraciones, es de destacar la muscovitización, que puede actuar selectivamente, atacando primero el núcleo, con lo que resulta una zonalidad secundaria, coincidente con la primaria; las demás actúan a veces de la misma manera.

Las micas, aunque son todavía minerales principales, se presentan en cantidades menores, sobre todo la biotita, que en algunos casos pasa a ser accesorio o desaparece.

La biotita tiende a ser sustituida por muscovita o clorita (fig. 33), pudiendo observarse el proceso en diversas etapas: decoloración, lixiviación, corrosión de los cristales de biotita y crecimiento de muscovita en su lugar, sustitución total. Puede tener inclusiones de circón, que producen halos radiactivos.

La clorita es secundaria o hidrotermal; además de presentarse sustituyendo a biotita, se presenta también como relleno de pequeños poros redondeados, en una zona próxima al borde—posiblemente sea sustitución de granate—o en cristales hidrotermales en fracturas, lo mismo que la muscovita.

Accesorios: apatito (cristales fracturados y deformados, a veces relativamente grandes; es el más abundante de los accesorios), granate (muy escaso, en pequeños cristallitos), circón (v. biotita) y opacos (granos de sulfuros, en ocasiones visibles a simple vista, y/o cristallitos alargados, de ilmenita probablemente).



Figura 33

Granito de dos micas (contacto en el río de Beariz, unos 400 m. al S del pueblo): sustitución de biotita por muscovita o—en otros lugares de la misma muestra—por clorita.

(×75, N. //)

intensa de fluidos magmáticos póstumos, que son los que han formado también los cristales de apatito, sulfuros, etc., relativamente grandes y abundantes a veces.

El cuarzo se presenta en granos xenomórficos de tamaño variable, con los efectos tectónicos ya mencionados.

Feldespatos: el feldespato potásico, que a veces presenta las maclas del microclino, no siempre es tan abundante como la plagioclasa. Esta tiene com-



Figura 31

Micropegmatita en el contacto del granito (carretera Beariz-Avi3n, 1 Km. al S de Beariz): cuarzo filoniano, con inclusiones de minerales arcillosos (abajo) que destacan su forma hexagonal. La matriz se compone de minerales clor3ticos y arcillosos y contiene un fragmento catacl3stico de esquisto.

($\times 35$, N. X.)



Figura 32

(De la misma muestra que figura 31.) Veta de rutilo y clorita que atraviesa un filón anterior relleno de cuarzo y que, a su vez, es cortada por una nueva vetilla de cuarzo.

(×140, N. //)



Figura 33

Granito de dos micas (contacto en el río de Beariz, unos 400 m. al S del pueblo): sustitución de biotita por muscovita o —en otros lugares de la misma muestra— por clorita.

($\times 75$, N. //)

II.2.b) *Facies de borde.*

Se distingue del granito normal por su grano generalmente más fino, su mayor dureza y, mineralógicamente, por la ausencia de biotita— a veces falta también el feldespato potásico— y la presencia generalizada de granate entre los accesorios, aparte de la ya mencionada tendencia a una composición más alcalina. Se trata, por tanto, de un granito (alcalino a veces) muscovítico.

Sus componentes esenciales son: cuarzo, feldespatos (albita, feldespato potásico, oligoclasa) y muscovita; los accesorios: granate, apatito (frecuente) y opacos (a veces, granos, dispersos e impregnaciones de sulfuros, probablemente arsenopirita, del orden de dimensiones del cm). Puede alterarse de la misma manera que la facies normal, excepto la formación de clorita, pero no tan intensamente.



Figura 34

Facies de borde (granito muscovítico, cantera al lado de la carretera Beariz-Avión, unos 1,5 Km. al S de Beariz): cuarzo (con extinción ondulante), feldespatos y mica, con orientación tectónica.

(×32, N. X.)



Figura 35

Filón de cuarzo y arsenopirita (comienzo de la pista de Garfián, 1 Km. al S de Beariz) en un contacto granítico.

Los efectos cataclásticos son aquí intensísimos, tanto si el contacto es normal como si es tectónico; aún en el primer caso aparecen fenocristales de feldespato fracturados e incluso destrozados, adquiriendo formas lenticulares, granos de cuarzo triturados, a veces recrystalizados y cristales de muscovita deformados o formando bandas orientadas (figura 34). La roca puede llegar a tener el aspecto de un granito néisico u orientado, pero el origen de esta textura es puramente tectónico. Prescindiendo de la orientación, que es prácticamente ubicua, la textura varía de granuda a microgranuda o fina, en lo que a tamaño de grano se refiere.

Se ha denominado "facies de borde" porque no aparece más que en zonas de contacto, apófisis (zona W, al S de Beariz) o digitaciones del granito normal (de dos micas). Sin embargo, no se presenta continuamente a lo largo de todo el borde. El tránsito entre los dos tipos de granitos es gradual, sin que en el campo se puedan establecer límites precisos; por ello no es posible, al cartografiar, trazar una línea neta que los separe.

En relación con la apófisis que se acaba de mencionar, aparecen unos filones de cuarzo y arsenopirita (fig. 35), que se describen a continuación;

se presentan en el contacto de la misma, junto con diques graníticos, filones de turmalina, etc.

II.2.c) *Diques y filones.*

Los componentes magmáticos pueden emigrar a favor de grietas y fracturas de la roca de caja, dando lugar a la aparición de diques, filones, vetas y vetillas con relleno de granito, aplita, cuarzo, turmalina, etc., de los que los filones mineralizados son un caso particular. Sus potencias varían desde escasos milímetros hasta metros, y los mayores pueden alejarse hasta uno o dos kilómetros del contacto.

Los diques graníticos presentan composiciones bastante parecidas a las de la facies de borde, con variantes aplíticas, pegmatíticas, etc.

En los filones y vetas de cuarzo, turmalina, etc., es de notar la presencia de intensas deformaciones. Cuando el relleno es turmalina, los cristales (prismáticos) de ésta suelen estar orientados debido al flujo.

Merecen destacarse los filones mineralizados que afloran en relación con la citada apófisis W del granito (localización: aproximadamente un kilómetro al S de Beariz, por la carretera de Avión, al comienzo de la pista de Garfián, tras la primera curva de ésta). Estos filones, en los que a simple vista se reconocen cuarzo y arsenopirita abundantes, contienen también—según puede observarse al microscopio— micas blancas y clorita, apatito y feldespatos y otros minerales opacos, que se describirán con más detalle cuando se exponga la metalogénia (IV; v. también fig. 78). Entre las micas blancas, además de muscovita y sericita, es posible que haya algo de lepidolita; a veces se introducen en fracturas en el cuarzo. Algunos granos diminutos, es posible que sean de casiterita (son demasiado pequeños y escasos para poder asegurarlo).

Toda la zona de esquistos en contacto con esta digitación es especialmente rica en diques graníticos, filones (de cuarzo y turmalina sobre todo), o simples vetillas (v., p. ej., fig. 32). En los diques graníticos hay a veces zonas de textura micropegmatítica (como la de la figura 31) y diseminaciones de arsenopirita (v. fig. 7).

La petrografía de los filones mineralizados se expondrá más adelante (Metalogénia).

II.2.d) *Conclusiones.*

El estudio petrográfico permite considerar la intrusión como un granito, según la definición de STRECKEISEN (1967, pág. 161), aunque según otras clasificaciones (HATCH et al., 1968) se trataría de una adamelita. La primera clasificación parece más apropiada para las composiciones estudiadas y además, evitando la introducción de nuevos nombres, tiene la ventaja de no aumentar la confusión de la terminología regional (I.5.c.). Se trata, por tanto, para nosotros, de un granito de dos micas.

Los minerales principales son cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa; ésta es de composición oligoclasa predominantemente y se presenta en cantidad igual o algo superior a la de aquél, es decir, que la roca se sitúa en la zona (3 b) para la que STRECKEISEN sugiere el nombre de "monzogranito", entendido como subgrupo del granito.

La composición de la masa granítica no es, sin embargo, absolutamente homogénea, pues la apófisis W y algunas zonas de borde—lo que hemos denominado granito de muscovita o facies de borde—son más alcalinas (llegan a alcanzar la composición del granito alcalino), sin que sea éste un fenómeno lo suficientemente regular como para poder hablar de una zonalidad de la intrusión. En los diques marginales, vetas y vetillas, que llegan hasta las zonas mineralizadas, se presentan las mismas variaciones de composición: de granito a granito alcalino.

La masa intrusiva ha estado sometida a intensas deformaciones, ya sea sin-, ya sea post-cristalinas.

Más adelante se volverá sobre las condiciones de emplazamiento de la intrusión (II.3.a; III).

II.3) EFECTOS DE CONTACTO DE LA INTRUSIÓN GRANÍTICA.

El metamorfismo térmico es relativamente débil, afectando una zona que no se aleja del contacto más de unos pocos centenares de metros. Las acciones metasomáticas son bastante más intensas y visibles y sus efectos pueden extenderse bastante más lejos, sobre todo cuando hay fracturas que faciliten la circulación de los fluidos. A continuación nos referiremos sólo a las rocas que están próximas al granito y que, por tanto, han sufrido metamorfismo de contacto superpuesto al regional; la acción metasomática de las emanaciones procedentes de la intrusión se superpone también a todas las anteriores, por lo que en general no puede hablarse de un



Figura 34

Facies de borde (granito muscovítico, cantera al lado de la carretera Beariz-Avión, unos 1,5 Km. al S de Beariz): cuarzo (con extinción ondulante), feldespatos y mica, con orientación tectónica.

($\times 32$, N. X.)



Figura 35

Filón de cuarzo y arsenopirita (comienzo de la pista de Garfián, 1 Km. al S de Beariz) en un contacto granítico.

metamorfismo puramente térmico, sino que hemos de describir los efectos del contacto en conjunto.

Estos pueden apreciarse ya en el campo: las rocas se endurecen y se vuelven más oscuras (gracias a la formación de turmalina, a veces abundante), aunque abundan también los filoncillos o lentejones de cuarzo, frecuentemente replegados o fracturados; a veces la sustitución es tan completa que la roca aparece formada por bandas blancas—silíceas—y negras—turmaliníferas—alternando. En otros casos, el efecto predominante es la formación de unos aparentes fenoblastos vermiformes, de color verde oscuro, que pueden llegar a tener varios centímetros de largo y se disponen según cualquier orientación, predominando las direcciones paralelas a s_1 ; en realidad son simplemente agregados cristalinos—de clorita sobre todo—, como puede verse al microscopio, y su origen cabe atribuirlo al metamorfismo térmico (figs. 36 y 38). En ocasiones puede verse cómo la esquistosidad original de los esquistos se va borrando—por ejemplo, por sericitización, que produce una disminución del tamaño de grano, sin que los nuevos cristalillos crezcan orientados (figs. 36 a 38 y 42)—; en algún caso se ha visto vitrificación (figs. 41 y 42)—; debida quizás a un recalentamiento poco duradero (por ejemplo, en el contacto con diques aplíticos o filones, que son bastante abundantes en esta zona próxima al granito).

II.3.a) Rocas del contacto.

En el estudio microscópico que sigue, se trata de evitar, en lo posible, toda repetición de lo ya dicho al hablar del metamorfismo regional, que debe suponerse aquí como punto de partida; nos limitaremos, por tanto, a describir las variaciones introducidas por los efectos de contacto en la mineralogía inicial, presentando más atención a los minerales nuevos. De estos cambios, los principales son la aparición de granate y andalucita, así como el crecimiento de cristales de clorita y micas (biotita sobre todo; a veces en zonas de baja temperatura, parece haber una transformación retrógrada de biotita en clorita) en direcciones oblicuas o transversales a s_1 y de agregados (figs. 36, 37 y 38).

Abunda el cuarzo introducido a lo largo de fracturas y vetillas o removilizado. Aparecen también, como siempre, lentejoncillos o secreciones, así como los típicos lechos de origen sedimentario—fina alternancia de cuarcitas y micacitas—, que todavía se conservan en numerosos casos.

La silicificación, que no siempre puede distinguirse de la simple removilización del cuarzo de origen sedimentario, parece un fenómeno extendido, tanto en el espacio como en el tiempo (pueden encontrarse filoncillos de cuarzo anteriores, simultáneos y posteriores a los demás: figs. 32 y 77) y puede estar acompañada de otros procesos—turmalinización, sericitización, etc.—causados también por las emanaciones graníticas.



Figura 36

Micacita con apatito y granate (zona de contacto del granito, al E de Magros). Biotita inestable; en parte lixiviada o decolorada (p. ej., abajo) y en parte sustituida por muscovita o sericita (centro). Desaparición de la esquistosidad por sericitización; en el centro, comienza a formarse "crisi-coss" o "decussate structure" (Harker, 1970, página 35), típica del metamorfismo de contacto.

En general hay abundancia de deformaciones post-cristalinas—extinción ondulante, "Boehm - lamellae", etc.—, cualquiera que sea la época de formación del mineral.

A veces se ve un número de finas inclusiones aciculares (rutilo, turmalina, muscovita), que dan un sombreado oscuro a los granos de cuarzo.

La esquistosidad s_1 se ve alterada por el crecimiento de nuevos cristales de mica y clorita que,

ésta puede manifestarse todavía, por ejemplo, por la orientación residual de otros minerales (fig. 37).

La biotita se altera a veces, pasando a formar clorita (efecto retrógrado) o sufriendo la acción de fluidos neumatolíticos que la decoloran y transforman en mica blanca (figs. 36, 41, 42 y 43). La mica blanca no siempre es muscovita; además de la sericita, es posible que haya pirofilita—imposible de distinguir al microscopio, pero que sería de esperar en estas condiciones de metamorfismo (WINKLER, 1967, pág. 69)—y a veces parecen predominar otras micas, por ejemplo, micas de litio (birrefringencia más débil).

La clorita se presenta a veces como relleno de fracturas y también en forma de cristales en abanico.

En realidad, una parte de la actuación de estos efectos de contacto parece realizarse en sentido retrógrado, incluso muy cerca del contacto, por

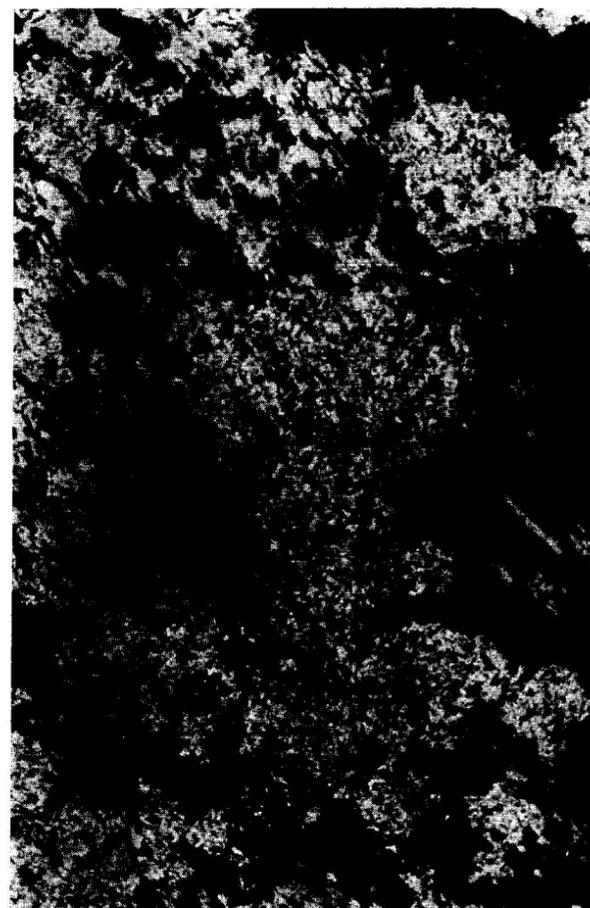


Figura 37

Micacita (contacto NE del granito, al SE del cerro de Marcofán). Crecimiento, por efecto del metamorfismo de contacto, de agregados de sericita sin orientación; las zonas comprendidas entre estos agregados—compuestas de clorita, oscura y mica, clara—muestran todavía restos de la esquistosidad inicial.

($\times 18$, N. X.)

frecuentemente, toman orientaciones arbitrarias o transversales a s_1 , pudiendo formar bandas (paralelas a s_1 , pero constituidas por cristales cuyas orientaciones individuales son oblicuas o perpendiculares), agregados (visibles en muestra de mano, como ya se ha dicho) o bien cristales aislados; otras veces se origina la típica estructuras "criss-cross" (o "decussate structure", HARKER, 1970, pág. 35; figura 36) y otras, hay una disminución del tamaño de grano y sericitización (figs. 36 y 38), sobre todo en las micas blancas, que pasan a formar agregados microcristalinos de muscovita, sericita, pirofilita, etc., en los que se ha borrado la esquistosidad, si bien

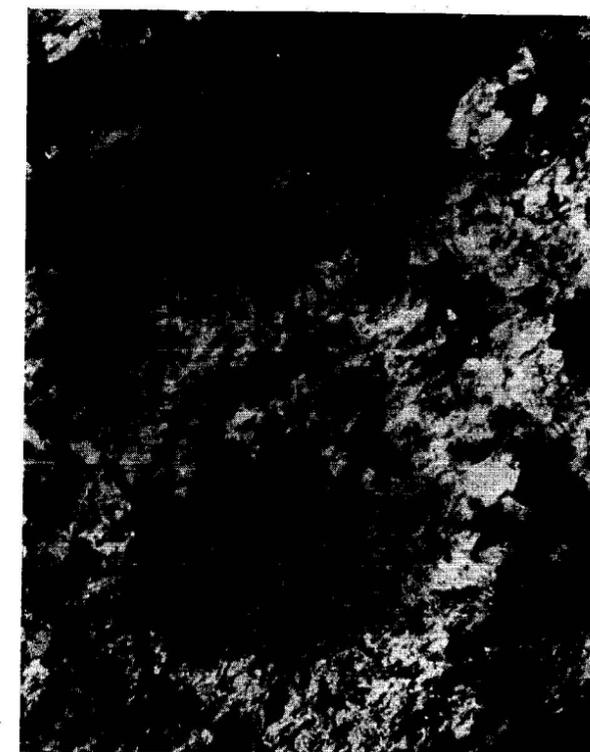


Figura 38

Micacita clorítica con andalucita (cerro de Marcofán, al S de las minas): la andalucita forma un fenoblasto (abajo) con numerosas inclusiones; clorita forma agregados (color oscuro, parte inferior derecha y superior); la matriz se compone principalmente de muscovita; la esquistosidad ha desaparecido por sericitización.

($\times 35$, N. X.)



Figura 36

Micacita con apatito y granate (zona de contacto del granito, al E de Magros). Biotita inestable; en parte lixiviada o decolorada (p. ej., abajo) y en parte sustituida por muscovita o sericita (centro). Desaparición de la esquistosidad por sericitización; en el centro, comienza a formarse "crisi-coss" o "decussate structure" (Harker, 1970, página 35), típica del metamorfismo de contacto.

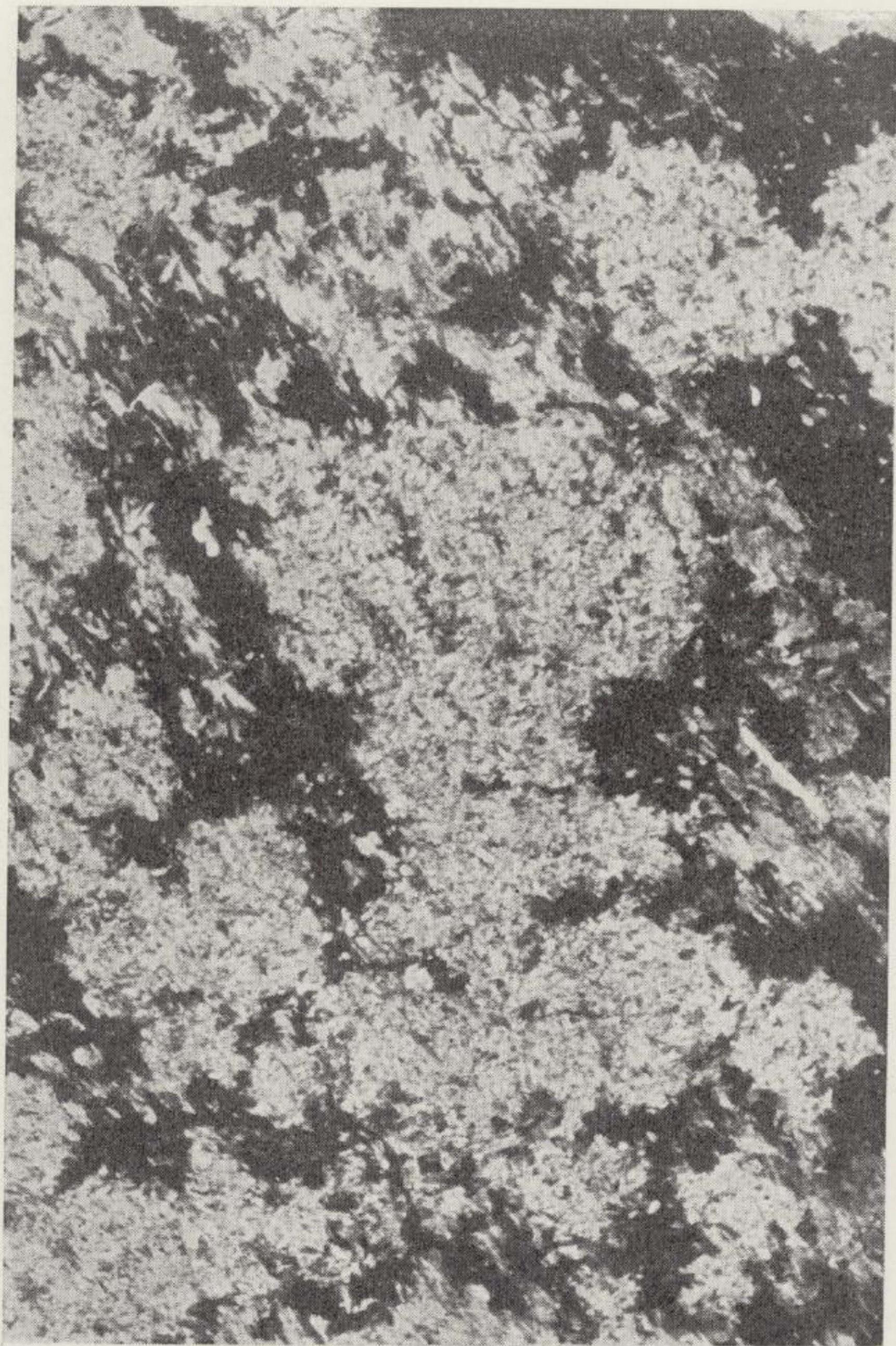


Figura 37

Micacita (contacto NE del granito, al SE del cerro de Marcofán). Crecimiento, por efecto del metamorfismo de contacto, de agregados de sericita sin orientación; las zonas comprendidas entre estos agregados —compuestas de clorita, oscura y mica, clara— muestran todavía restos de la esquistosidad inicial.

(×18, N. X.)

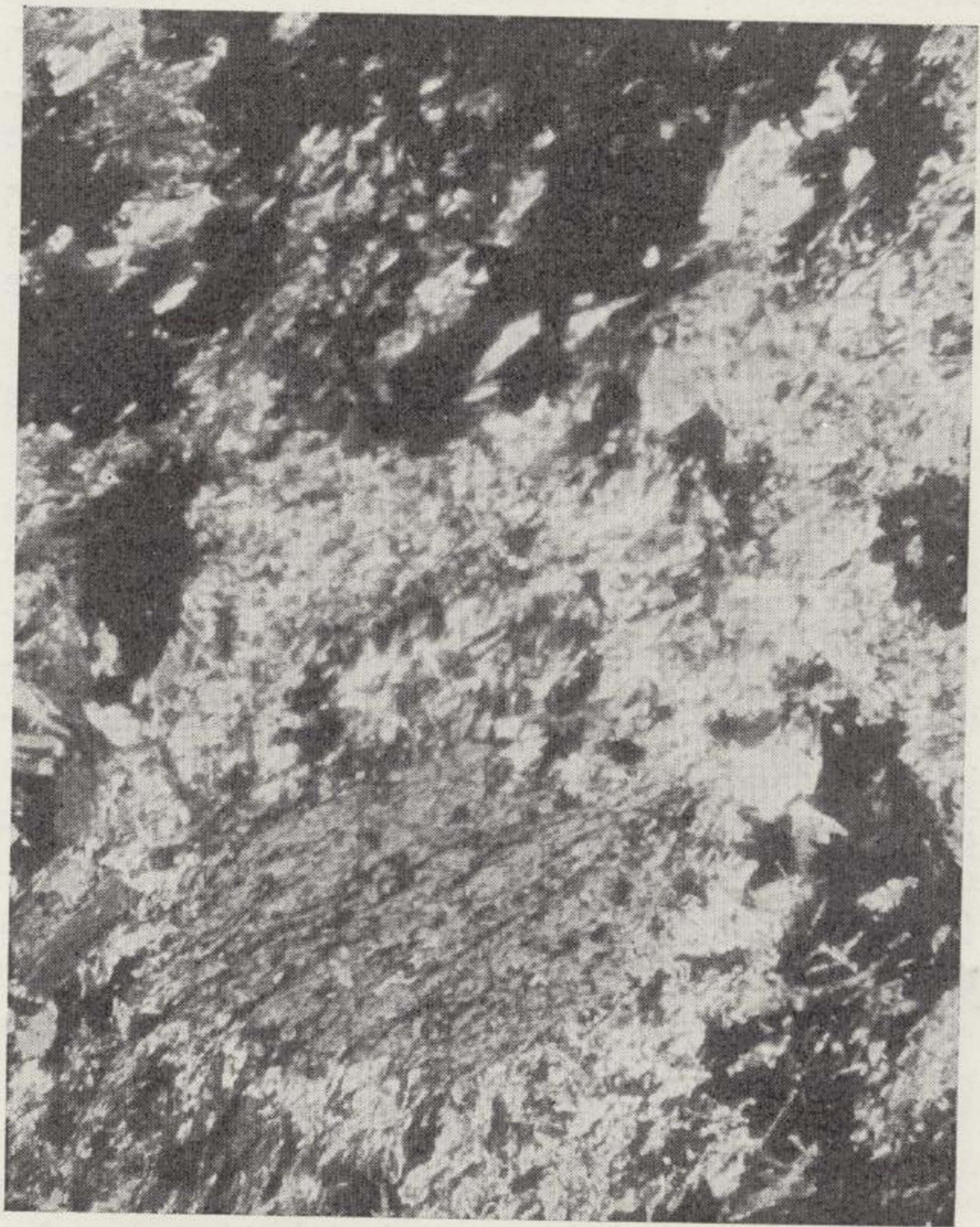


Figura 38

Micacita clorítica con andalucita (cerro de Marcofán, al S de las minas): la andalucita forma un fenoblasto (abajo) con numerosas inclusiones; clorita forma agregados (color oscuro, parte inferior derecha y superior); la matriz se compone principalmente de muscovita; la esquistosidad ha desaparecido por sericitización.

($\times 35$, N. X.)

ejemplo, la alteración de muscovita y biotita y su transformación en agregados sericiticos y clorita, respectivamente (fig. 37).

Los *feldespatos* son bastantes escasos, si exceptuamos las vetillas de material granítico introducidas a favor de microfisuras y las de feldespato potásico posteriores.

Posiblemente hayan sido destruidos por las emanaciones neumatolítico-hidrotermales que han muscovitizado, sericitizado, caolinizado... la roca. Pueden verse zonas de sericita, productos arcillosos, etcétera, que posiblemente los hayan sustituido; además la roca es a veces muy porosa, lo que podría ser efecto de una intensa acción neumatolítica.

Andalucita sólo se ha encontrado en el cerro de Marcofán, acompañada de micas blancas y clorita.

Presenta abundantes inclusiones de opacos que forman filas rectilíneas; éstas se continúan fuera del cristal—lo que demuestra que la analucita es posterior—, quedando a veces cortadas por zonas de cizalla, debidas a una tectónica siempre activa. Aparece en fenoblastos (fig. 38), frecuentemente alterados por las citadas emanaciones, que producen en este caso un efecto retrógrado: sustitución parcial de andalucita por pequeños cristales de mica blanca.

No se ha encontrado en toda la zona ningún otro mineral índice de mayor temperatura.

El *granate* es relativamente abundante. Forma grandes fenoblastos, que a veces tienen numerosas inclusiones y que frecuentemente están alterados—hasta el punto de ser sustituidos parcialmente por una materia parda isótropa o incluso desaparecer—, tal vez debido esto último a lixiviación por emanaciones graníticas póstumas. A pesar de ello, todavía conserva inclusiones de cuarzo, biotita, clorita, etc., posibles testigos de sus reacciones de formación. Otras aparentes inclusiones (por ejemplo, apatito, anfíbol...) se deben a sustitución o alteración neumatolítica (fig. 39).

Su cristalización es post-tectónica, puesto que deforma la esquistosidad al crecer, pero no por ello deja de estar afectado, como los demás minerales, por esfuerzos post-cristalinos.

En cuanto a su composición, se trata probablemente de variedades ricas en manganeso—es decir, con elevada proporción de *espartina*—, que puede formarse a T. y P. más bajas (HARKER, 1970, páginas 54-56; WINKLER, 1967, págs. 66-67), puesto

que no se forma *grosularia-andradita* hasta el comienzo de la facies de las corneanas hornbléndicas y no hay ningún indicio que permita afirmar que se ha alcanzado esta facies, sino que más bien cabe suponer lo contrario (por ejemplo, la clorita permanece estable).

La *turmalina* forma cristallitos aciculares oscuros, visibles ya a simple vista; con el microscopio puede apreciarse que su tamaño varía en gene-



Figura 39

Fenoblasto de granate (la misma roca que en figura 36), cortado—y en parte sustituido—por una vetilla de apatito. Matriz muscovítica (o sericitica).

(×32, N. //)

ral de fino a medio; son siempre idiomórficos, aunque a veces fracturados por esfuerzos tectónicos posteriores (como en figura 77). No es raro que estos cristales estén zonados, alternando partes de color verde azulado, oscuras, con otras de color pardo-amarillento, más claras; ambas pueden disponerse indistintamente en el núcleo o en la periferia y quedan a veces delimitadas por inclusiones de cristallitos opacos (como en la figura 26).

En algunos casos puede tratarse de granos de-

dos según la esquistosidad—y que la turmalina ha sustituido los demás minerales de la roca inicial; tal vez la explicación fuese la precipitación del Ti contenido en la biotita, al ser disuelta ésta por las emanaciones neumatolíticas que depositaron la turmalina, lo que estaría de acuerdo con la presencia de estos cristallitos de ilmenita sólo en determinadas bandas.

Otras inclusiones son de cuarzo, mica blanca, etc. El primero figura frecuentemente entre los productos procedentes de la sustitución por turmalina de silicatos más ácidos (HARKER, 1970, pág. 199) y ya se ha mencionado la formación, en casos extremos, de rocas bandeadas de cuarzo y turmalina.

La turmalina aparece también como relleno de filones (II.2.c) y vetillas.

El *apatito* es también bastante más abundante que en las rocas de metamorfismo regional y se presenta en cristales cuyo tamaño varía de fino a medio.

Su origen es neumatolítico; en efecto, puede verse a veces rellenando vetillas (fig. 41), que le han

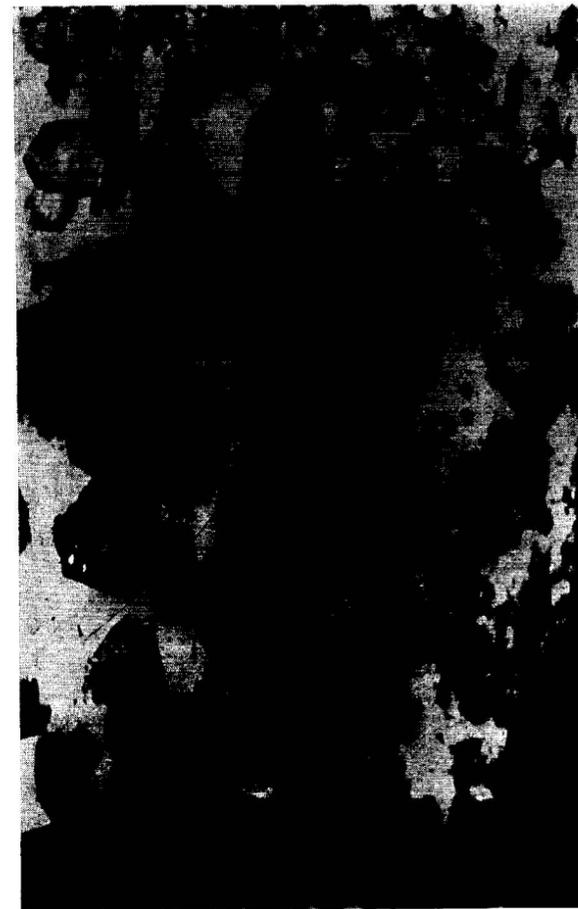


Figura 40

Roca de turmalina y cuarzo (contacto SSE del granito): diminutas inclusiones de minerales opacos, alineadas en hileras que atraviesan diferentes granos de turmalina. (×36, N. //)

tríticos recrystalizados, pero la inmensa mayoría son posteriores, de origen neumatolítico, como lo indica la existencia de numerosas inclusiones—sobre todo cristallitos alargados de ilmenita—paralelas, que se continúan en fila atravesando varios granos distintos de turmalina, los cuales, a su vez están también alineados según la misma dirección (fig. 40); dada la fuerza de cristalización elevada de la turmalina, sería de esperar, si su cristalización fuese debida al metamorfismo regional, que hubiese deformado estas alineaciones; por el contrario, esta coincidencia entre ambos minerales parece indicar, o bien un origen común—deposición de los opacos por efecto de las emanaciones neumatolíticas—o bien que los opacos son residuales—afectados ya por el metamorfismo regional y orienta-

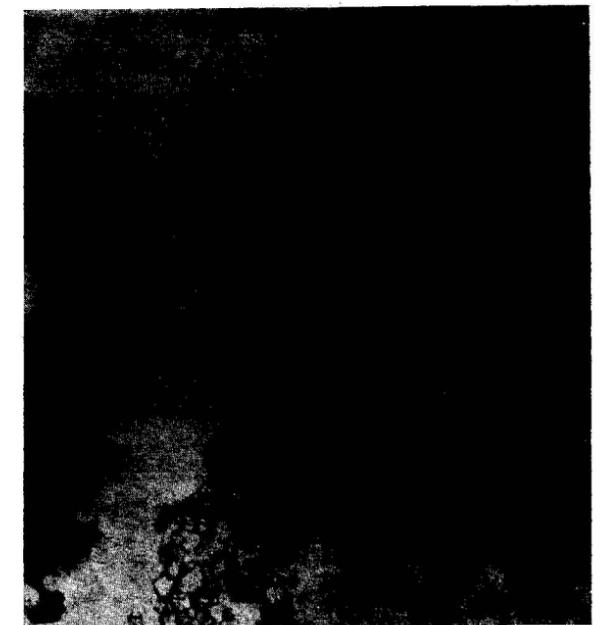


Figura 41

Micacita de la aureola de contacto del granito (carretera de Beariz a Brués, Km. 15). La roca está atravesada por numerosas vetas, rellenas de material granítico, lo que ha facilitado las acciones de contacto. En la foto: vetilla de cuarzo y apatito, vitrificación de la roca (abajo a la derecha) y transformación biotita-clorita (izquierda).

(×44, N. //)



Figura 39

Fenoblasto de granate (la misma roca que en figura 36), cortado —y en parte sustituido— por una vetilla de apatito. Matriz muscovítica (o sericítica).

(×32, N. //)



Figura 40

Roca de turmalina y cuarzo (contacto SSE del granito): diminutas inclusiones de minerales opacos, alineadas en hileras que atraviesan diferentes granos de turmalina.

($\times 36$, N. //)

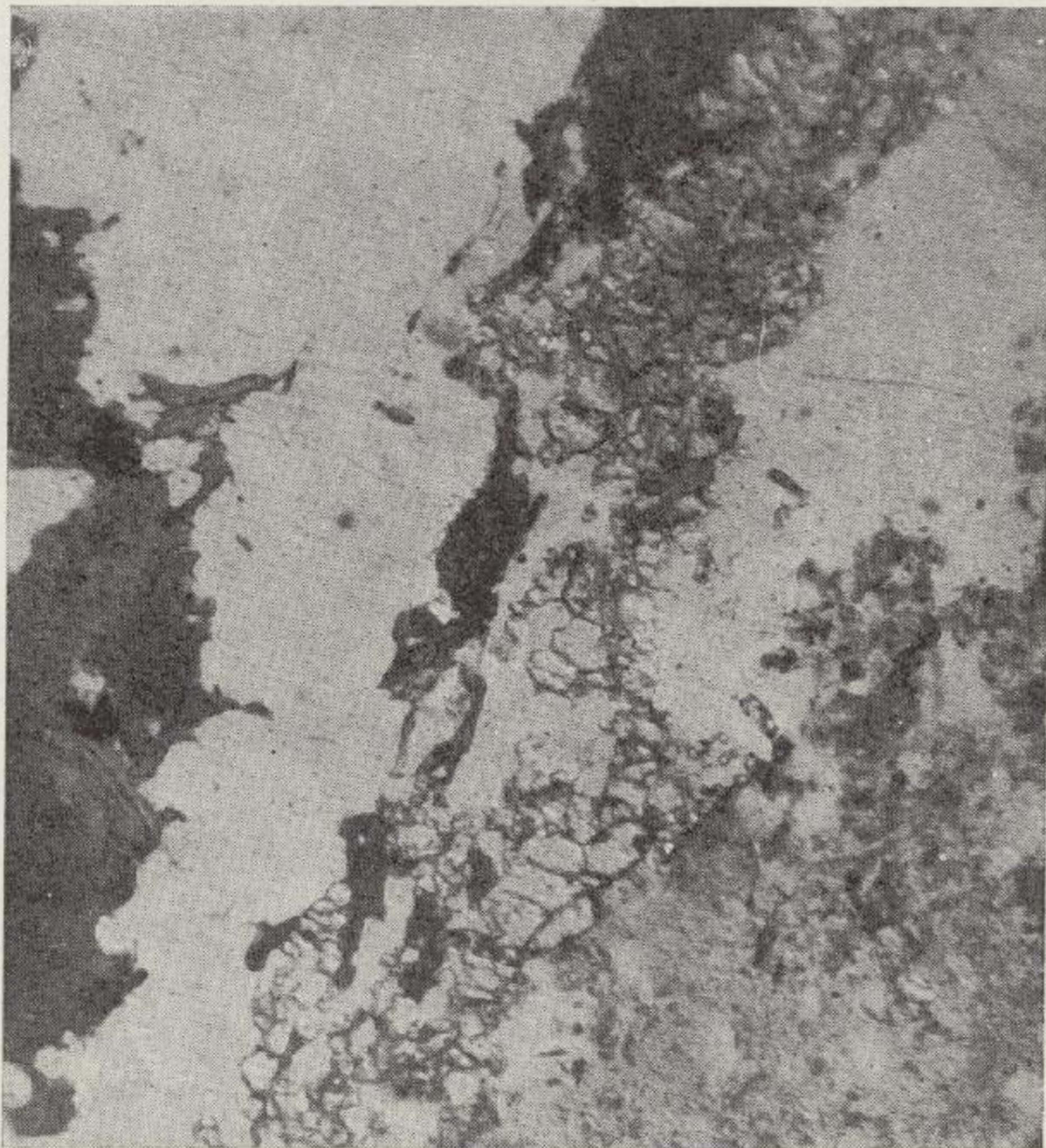


Figura 41

Micacita de la aureola de contacto del granito (carretera de Beariz a Brués, Km. 15). La roca está atravesada por numerosas vetas, rellenas de material granítico, lo que ha facilitado las acciones de contacto. En la foto: vetilla de cuarzo y apatito, vitrificación de la roca (abajo a la derecha) y transformación biotita-clorita (izquierda).

(×44, N. //)

servido de vías de entrada e incluso llega a sustituir parcialmente cristales anteriores, como biotita y granate (fig. 39).

Los cristales pueden mostrar inclusiones (mica blanca, opacos, etc.) y aparecen frecuentemente fracturadas.

Entre los *accesorios*, hay que destacar los minerales opacos (junto con sus productos secundarios) y las impregnaciones. Los opacos más frecuentes son los cristallitos aciculares de *ilmenita*—determinados con microsonda—, ya mencionados y cuyo origen no siempre está claro, puesto que no sólo podría ser detrítico, sino también metamórfico; pero en ciertos casos—igual que pasaba en II.1.a (ver su parte final)—parece haber *ilmenita* neumatolítica, por su aspecto microscópico: grandes cristales aciculares, ahora más o menos alterados (fi-



Figura 42

Acción de contacto de un filón de cuarzo en micacitas (muestra 10 de II.3.c.2, unos 500 m. al SE de Picos Blancos). Formación de *ilmenita* a costa de biotita. Vitrificación parcial (partes oscuras). Sericitización de la matriz. Posterior lixiviación de la *ilmenita*, sustitución de la misma por *esfena*, *leucoxeno*, etc. (v. figura 43); la biotita se altera a *clorita*. Efectos tectónicos manifiestos: deformación y fractura de cristales aciculares de *ilmenita*, agregados cataclásticos, angulosos, de cuarzo.

(×47, N. //)



Figura 43

Detalle de la figura anterior: lixiviación y sustitución de *ilmenita*.

(×140, N. //)

guras 42 y 43), granos con bordes muy irregulares e interpenetrados con los minerales vecinos y encerrando numerosas inclusiones diminutas de cuarzo, micas, etc. (como los ya vistos en las figuras 28 y 29); otras veces parece tratarse más bien de un agregado de pequeños granos que de un cristal único. Las observaciones microscópicas no son, en este caso, definitivas, pero hacen sospechar la existencia de una generación de *ilmenita* posterior al metamorfismo propiamente dicho.

Los cristales—en general, tabulares o alargados—de *ilmenita* se suelen orientar paralelamente a la esquistosidad, s_1 ; pero aun así aparecen muchas veces fracturados transversalmente y desplazados paralelamente a su longitud, dando prueba de la actuación de esfuerzos de tensión post-cristalinos.

Aparecen a veces, como en casos anteriores, sustituidos, parcial o totalmente, por *rutilo*, *esfena*, *leucoxeno*, etc. (figs. 42 y 43).

En ocasiones aparecen también *sulfuros*.

Unos y otros pueden dar lugar, por alteración, a óxidos descendentes que impregnan la roca, dándole un color parduzco.

Entre las impregnaciones puede contarse también la *esfena*.

CONCLUSIONES.

Hemos visto que los minerales más típicos de las rocas sometidas a metamorfismo térmico por efecto de la intrusión son *muscovita*, *biotita* y *clorita*, a los que se unen a veces, en las zonas más próximas al granito, *andalucita* y *granate*. Al metamorfismo puramente térmico se une el efecto metasomático de las emanaciones graníticas; los cambios producidos en la mineralogía pueden ser, a veces, retrógrados.

De la paragénesis expuesta se deduce que se trata de un metamorfismo de contacto poco intenso—de facies “corneanas de albita y epidota” (WINKLER, 1967), o bien, según la clasificación propuesta en 1970 por el mismo autor, de bajo grado (“Low-Stage-Metamorphism”)—, como el regional. Su temperatura máxima, indicada por la aparición de *andalucita*, estaría comprendida entre 450 y 500 °C (WINKLER, 1967, figura 16, pág. 73).

Esto indica que la intrusión debe haber sido relativamente fría; aun admitiendo que hubiera tenido lugar a muy poca profundidad, no resulta fácil explicar un metamorfismo de contacto tan débil, si no es suponiendo que la masa estaba ya relativamente solidificada en el momento de su emplazamiento, es decir, suponiéndola formada por una aglomeración de cristales incluidos en un medio viscoso, que es el que permitiría el movimiento del conjunto. En efecto, según ha calculado WINKLER (1967, págs. 81 a 83), incluso para una intrusión granítica superficial (a 1,2 kilómetros de profundidad), sería de esperar un metamorfismo de contacto de facies corneanas hornbléndicas en la zona inmediata a la roca ígnea.

Esta suposición de una masa intrusiva plástica, parcialmente solidificada está de acuerdo con los resultados experimentales obtenidos por RAMBERG, Universidad de Uppsala, en sus “Estudios de modelos en relación con la intrusión de cuerpos plutóni-

cos” (en NEWALL y RAST, 1970, págs. 261 a 286), de cuyas conclusiones reproducimos el párrafo siguiente (pág. 285):

“...The experimental results strongly suggest that large domes and batholiths did not rise as magmas chiefly consisting of a contrast between the rising body and the surroundings such as can be expected between crystalline rocks of unlike composition. Even obsidian glass would be too fluid relative to the surrounding chystalline rocks to explain the bulky shape of many acidic plutons.”

Es decir; “Los resultados experimentales hacen suponer que los grandes domos y batolitos no ascendieron como magmas consistentes principalmente en una porción líquida. La forma de tales plutones indica un moderado contraste de viscosidad entre el cuerpo ascendente y el entorno, tal como el que se puede esperar entre rocas cristalinas de composición diferente. Incluso el vidrio de obsidiana sería demasiado fluido en relación con las rocas cristalinas circundantes para explicar la forma abultada de muchos plutones ácidos.”

AUBERT (1967, págs. 222-225) expone una interpretación semejante para granitos estanníferos del Macizo Central francés.

II.3.b) Otras rocas: filones y diques. Procesos relacionados.

Son los ya mencionados filones de cuarzo, turmalina, etc. y los diques ígneos (aplíticos y micrograníticos, sobre todo).

Todos ellos pueden haber contribuido en mayor o menor medida al metasomatismo frecuente de las rocas del contacto y, como ya se ha dicho al describir la geología de la zona (I.4.c), son muy abundantes a lo largo de todo el contacto.

Su petrografía se ha expuesto ya anteriormente (II.2.c).

Como también allí se ha visto, en los esquistos en contacto con la apófisis granítica situada al S de Beariz son abundantes estas manifestaciones y—aun prescindiendo de los filones de cuarzo con arsenopirita—es fácil encontrar granos de sulfuros dispersos en las rocas graníticas próximas. Lo mismo ocurre en la zona situada al lado del contacto SE del granito, cuya fracturación es bastante intensa, lo cual permite, en primer lugar, la formación de una serie de prolongaciones digitadas, incipientes, de la intrusión en los esquistos y, en segundo lugar, la extensión de los filones de cuarzo y turmalinas hasta partes más alejadas del contacto; en éstas se



Figura 42

Acción de contacto de un filón de cuarzo en micacitas (muestra 10 de II.3.c.2, unos 500 m. al SE de Picos Blancos). Formación de ilmenita a costa de biotita. Vitriificación parcial (partes oscuras). Sericitización de la matriz. Posterior lixiviación de la ilmenita, sustitución de la misma por esfena, leucoxeno, etc. (v. figura 43); la biotita se altera a clorita. Efectos tectónicos manifiestos: deformación y fractura de cristales aciculares de ilmenita, agregados cataclásticos, angulosos, de cuarzo.

($\times 47$, N. //)



Figura 43

Detalle de la figura anterior: lixiviación y sustitución de ilmenita.

($\times 140$, N. //)

han tomado muestras, con la intención de investigar petrográficamente las posibles relaciones de la tectónica—fracturación—con el metasomatismo y/o la mineralización.

En la figura 13 se ha marcado de puntos la prolongación de una serie de fracturas alineadas que, según la fotografía aérea, podrían corresponder a fracturas mayores. Con las muestras 6 a 10 se intentaba observar la posible existencia de alteraciones neumatolítico-hidrotermales o de impregnaciones—de minerales de origen ígneo—en las rocas de metamorfismo regional; como es sabido, dichas manifestaciones alcanzan mucha mayor difusión que el simple relleno de filones y, en caso de existir, podrían ser de utilidad para la localización de eventuales mineralizaciones ocultas y de los canales de aporte utilizados por las disoluciones mineralizadoras. El mismo fin se perseguía con la toma de las muestras 1 a 5 en la zona situada al S del contacto (figura 14). Para la localización de las muestras, v. dichas figuras (en Geología, I).

Los resultados figuran en el cuadro siguiente, en el que para cada muestra se mencionan sólo—"Observaciones"—las diferencias con las rocas típicas del metamorfismo regional, atribuibles a una posible influencia de emanaciones graníticas:

CUADRO IV

Muestra	Observaciones
1	Lixiviación biotita; clorita hidrotermal en fracturas <i>t</i> .
2	Filones cuarzo y turmalina.
3	<i>t</i> , <i>g</i> , <i>D</i> . Clorita hidrotermal; casiterita (?); mineral (secundario ?) no identificado (1).
4 y 5	V. abajo.
6	Ilmenita (neumatolítica ?); <i>t</i> .
7	<i>t</i> .
8 y 9	<i>t</i> , <i>D</i> .
10	Ilmenita (neumatolítica ?) parcialmente lixiviada y sustituida (figs. 42 y 43); <i>t</i> .

g=granate diseminado.
t=turmalina (escasa, poco significativa) diseminada.
D=desorganización de la textura por sericitización o por crecimiento de nuevos cristales en direcciones arbitrarias.

(1) Mineral X (v. nota al final del II.5).

Las muestras 4 y 5, en las que aparecen granate, turmalina, apatito y topacio (?), podrían considerarse, en todo caso, más bien en relación con las minas de Cardelle que directamente con el contacto granítico mencionado; dichas minas están relativamente próximas (v. pl. Geológico en I, extremo SE).

Los resultados hacen suponer que las transformaciones mineralógicas debidas al contacto o a las emanaciones graníticas fueron facilitadas por la fracturación, pero por desgracia no dan ningún indicio claro de mineralización; es decir, no hay "Erzindikatoren" (indicadores de mena, en el sentido de TISCHENDORF, 1968) cuyo significado resulte indiscutible.

II.4) PETROGRAFÍA DE LAS ZONAS MINERALIZADAS POR EL GRANITO DE BEARIZ.

En estas zonas se producen todos los fenómenos de contacto ya estudiados hasta ahora, pero con mayor abundancia de acciones neumatolítico-hidrotermales. Los filones y diques son también muy numerosos, pero en ellos ya no nos detendremos, porque no difieren de los vistos anteriormente; en cuanto a los filones mineralizados, se describirán más adelante (Metalogenia).

En lo que sigue, nos limitaremos a exponer los cambios sufridos por las rocas de estas zonas, o lo que es lo mismo, las diferencias observadas en comparación con las rocas normales del metamorfismo regional; dichos cambios son atribuibles, en general, a los mismos procesos que han causado la mineralización.

Nos basamos en el estudio petrográfico de una serie de muestras tomadas en las labores de los principales grupos de minas—Magros y Marcofán—, preferentemente en rocas de caja de los filones estanníferos, pero también en zonas alejadas de los mismos. (En cuanto a las otras zonas mineralizadas, v. II.5).

Los principales procesos observados son los siguientes:

— Procesos metasomáticos (1):

Turmalinización.

Silicificación.

(1) Todos los minerales producidos por estos procesos—excepto granate—, se presentan también rellenando fracturas o grietecillas.

Muscovitización, sericitización, etc. (sustituciones metasomáticas por micas blancas) (2).

Cloritización (2).

Caolinización, etc.

Diseminaciones de apatito (a veces abundante), granate, ilmenita (frecuentemente transformada en anatasa, rutilo, etc.), sulfuros, mineral X (3).

— Relleno de fisuras por albita y feldespato potásico.

— Cambios en la textura.

Desorden—hasta destrucción de la esquistosidad— por reducción del tamaño de grano (p. ej., sericitización) o por crecimiento de cristales orientados al azar.

Moteado (incluso formación de pizarras mosqueadas).

Vitrificación.

La descripción petrográfica de estos procesos se ha hecho ya anteriormente; es de notar que también aquí aparecen procesos de carácter retrógrado: transformación de biotita en clorita, moteado, vitrificación, caolinización—que afecta frecuentemente a los feldespatos—, alteraciones de la ilmenita... En cuanto a esta última, si bien es cierto que en principio puede tener diversos orígenes—detrítico, metamórfico, neumatolítico-metasomático—, el hecho de su mayor abundancia y tamaño en las zonas mineralizadas (y en otras: v. II.3.b y las zonas I y II mencionadas en II.5) lleva a suponer que en tales zonas se ha formado gracias a la acción de emanaciones procedentes de la intrusión; esta suposición está de acuerdo con las observaciones hechas en las rocas del contacto (II.3.a) y permite explicar fácilmente las sustituciones de ilmenita por anatasa, rutilo, etcétera por los cambios físico-químicos de dichas emanaciones, que, como se sabe, sufren una evolución continua al enfriarse la intrusión, de modo que los minerales formados en un principio (por ejemplo, a altas temperaturas) pueden ser disueltos posteriormente, depositándose en su lugar otros estables en las nuevas condiciones termodinámicas (por ejemplo, a más bajas temperaturas). Las micas blancas son muscovita en la mayoría de los casos, pero a veces muestran colores de birrefringencia anormalmente bajos, lo que hace sospechar que entre

(2) Estos procesos vienen acompañados por lixiviación de biotita, que se decolora y va desapareciendo progresivamente.

(3) V. nota al final de II.5.

los fenómenos neumatolíticos ha habido transformaciones en hidromuscovita, lepidolita...; la presencia de micas litiníferas se ha constatado por difracción de rayos X en los filones mineralizados.

Resumiendo, consideramos como características principales de las rocas de las zonas mineralizadas alrededor de la intrusión, frente a las demás rocas del contacto de la misma, aparte de una turmalini-

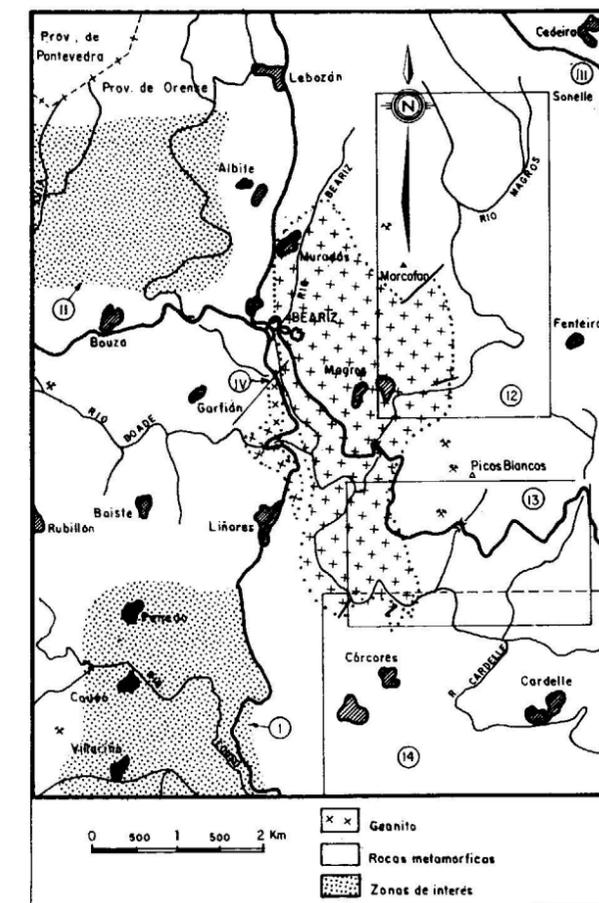


Figura 80

Plano geológico simplificado de la zona de Beariz, con indicación de áreas—I a IV—de posible interés para futuras prospecciones; los rectángulos marcados con los números 12, 13 y 14 muestran la posición de las respectivas figuras.

zación y alteración de la biotita más intensas, la mayor abundancia de apatito y granate. En algunos casos parece típica, además, la aparición de micas litiníferas, cosa que no puede asegurarse, contando únicamente con un estudio microscópico.

II.5) OTRAS ZONAS DE INTERÉS POR SU PETROGRAFÍA. PROSPECCIÓN.

Se describen según los mismos criterios que las zonas mineralizadas situadas alrededor del stock granítico (II.4).

a) Zonas mineralizadas alejadas del stock granítico. En éstas, que son zonas con explotaciones mineras antiguas, se han observado los siguientes procesos:

— Mina de Amarante (esquina SE del pl. geol. en I): turmalinización, disseminaciones de apatito, topacio (?) y granate; vetillas de feldespato potásico.

— Mina de Villariño (situada al NW del pueblo, v. Pl. geol.): silicificación, sericitización y decoloración de biotita, turmalinización, formación de granate; destrucción de la esquistosidad y vitrificación parcial.

b) Zonas no directamente relacionadas con explotaciones mineras ni con el granito de Beariz:

— Zona I (situada al E de Villariño, v. figuras 27 y 29): aparecen disseminaciones de turmalina, apatito, minerales de titanio, granate, casiterita (?) y mineral X (1); además, vetillas rellenas de feldespato potásico.

— Zona II (situada al N de Bouza): disseminaciones frecuentes de apatito y turmalina—ésta puede llegar a ser abundante—y las demás de la Zona I; lixiviación de fenoblastos de feldespato y de ilmenita; además aparecen casiterita detrítica en el cauce del Arroyo de Avia, cristales de ilmenita relativamente grandes en los esquistos y la esquistosidad de éstos, desordenada o semidestruida (v. figuras 26 y 28).

Sobre estas zonas, de las que ya se ha hablado anteriormente (II.1.a), se volverá más adelante (IV). Para localizarlas, v. figura 80. Ahora sólo haremos notar que podían ser efecto de una cúpula granítica oculta, en el supuesto de un basamento granítico subyacente, que no sería sino una prolongación del batolito que aflora al W, el cual es similar al granito (de dos micas) de Beariz y, como éste, ha dado lugar a yacimientos estanníferos. (Recuérdese la figura 15).

Tanto estas zonas, I y II, como la IV (apófisis granítica al S. de Beariz, en relación con la cual hemos visto que aparecen filones de cuarzo mineralizados con arsenopirita, etc.) y posiblemente también la III, se consideran, por tanto, de interés preferente para la prospección en busca de nuevas reservas; sobre ello se volverá más detenidamente, tras haber visto la Metalogenia (IV).

Recibido: Octubre 1974.

(1) Hemos designado como *mineral X* un mineral no identificado, aparentemente secundario y descendente, que se presenta en pequeñas cantidades y ya ha sido mencionado anteriormente (II.1.a, último párrafo; cuadro IV, II.3.b; II.4). Suele rellenar fracturas o huecos y se caracteriza por su color amarillo pardusco y su elevado relieve y por ser isótopo.

Características hidrogeológicas e hidrodinámicas del karst para la inyección de aguas residuales

Por R. FERNANDEZ-RUBIO (*)

RESUMEN

Se establecen, de manera general, los factores condicionantes de la inyección de aguas residuales en acuíferos kársticos, para centrar el estudio, primero, en los factores hidrogeológicos, con análisis de las características de las rocas carbonatadas en relación con los procesos de disolución y fisuración, en sus diversos modos de actuar.

Se estudian después los aspectos dimensionales, que sirven de base al análisis de los factores hidrodinámicos, dentro de los cuales se presta especial atención a lo que definimos como "curva de llenado" (logaritmo de caudales, en función de tiempos), en base a las cuales se discuten los procesos de inyección, y la respuesta de las grandes y pequeñas fisuras del macizo, en régimen laminar o turbulento; se incluyen hidrogramas tipo, y fórmulas de cálculo de caudales y volúmenes inyectables.

Se justifica como estas "curvas de llenado" pueden servir para el control de la inyección.

Finalmente se exponen los efectos relativos a la dinámica y desplazamiento del fluido, en la roca almacén.

RÉSUMÉ

De façon générale, on pose les facteurs qui conditionnent l'injection des eaux résiduelles dans les éouifères karstiques, pour centrer l'étude, premièrement, dans les facteurs hydrogéologiques, avec analyse des caractéristiques des roches carbonatées face aux processus de dissolution et fissuration, dans ses diverses façons d'agir.

On étudie ensuite les aspects relatifs aux dimensions, qui servent de base à l'analyse des facteurs hydrodynamiques, parmi lesquels on prête une attention particulière à ce que nous définissons comme "courbe de remplissage" (logarithme des débits, en fonction du temps), à base desquelles on discute les processus d'injection et la réponse des grandes et petites fissures, du massif, en régime laminaire ou turbulent, avec expression des hydrogrammes types, et formules de calcul des débits et volumes qu'on peut injecter.

On justifie que ces "courbes de remplissage" peuvent servir pour le contrôle de l'injection.

Finalemment on expose le effets relatifs à la dynamique et au déplacement du fluide, dans la roche-réservoir.

ABSTRACT

The controlling factors for the injection of residual water into karstic aquifers are established, in order to focus the study first on the hydrogeologic factors, with an analysis of the characteristics of carbonate rock relating to the processes of solution and fracturing in their different aspects

Second the dimensional aspects, which are the basis for the analysis of the hydrodynamic factors, are studied, among which special attention is given to what we define as the "curva de llenado" or recharge curve (logarithm of rate of flow as a function of time). On this basis, the processes of injection and the response of large and small fissures, in the rock mass, in laminar and turbulent flow regimes are discussed. Typical hydrographic models and formulas for calculation of rates of flow and of injectable volumen are presented.

It is shown how these recharging curves can serve for the injection monitoring.

Finally, the effects relative to the dynamics and movement of fluid in the reservoir rock are explained.

(*) Dr. Ingeniero de Minas. Sección de Geología (Hidrogeología). Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

PLANTEAMIENTO.

La inyección de aguas residuales, en acuíferos kársticos, depende de cuatro factores principales:

— Factores geométricos, que establecen las condiciones de límite y las dimensiones de la roca almacén.

— Factores geológicos, y de manera especial la estructura, tectónica, y litoestratigrafía.

— Factores hidrogeológicos e hidrodinámicos, tales como porosidad eficaz, coeficiente de almacenamiento, transmisividad, coeficiente de llenado y velocidad de circulación.

— Factores fisicoquímicos, conexos al complejo: roca carbonatada-agua del acuífero-agua inyectada.

Y el depósito ideal, para colocación de aguas residuales, deberá reunir (ROMÁN, 1972), las siguientes condiciones:

— Formación litológica con suficiente volumen de poros, para albergar la cantidad de agua deseada.

— Permeabilidad elevada, para aceptar el volumen de agua requerido, con la menor presión de inyección.

— Barreras naturales en los cierres horizontales y verticales del depósito, para tener un confinamiento controlado del agua residual.

— Imposibilidad de contaminación a riquezas naturales ya existentes.

SOLUBILIDAD Y CORROSION.

Aquí no vamos a ocuparnos de las características estrictamente geológicas que deben presidir la elección de la roca almacén, para lo cual se requiere realizar profundos estudios geológicos e investigaciones geofísicas, y analizar cuanta información puedan aportar los sondeos existentes o los efectuados expresamente, para definir con detalle la geometría vertical y horizontal de las diferentes formaciones, tanto las que van a ser roca almacén, como las que deben jugar el papel de trampas hidrogeológicas, y que fijarán las condiciones de límite.

Esta roca almacén, por otra parte, sólo en contadas ocasiones se encontrará sin agua y, en el caso más general de que la tenga, será preferible que ésta sea impropia para todo consumo humano o industrial. Por otra parte, el espesor y extensión horizontal del almacén deben ser suficientes para

albergar el líquido inyectado, a presiones que no sobrepasen a las de seguridad. El almacén deberá estar confinado, especialmente en sentido vertical (KOROTCHANSKY y MITCHELL, 1972), por recubrimientos con espesor suficiente y baja permeabilidad, que dificulten el desplazamiento vertical del fluido inyectado hacia otros acuíferos.

En general hay que aceptar que la permeabilidad primaria de una formación caliza, inalterada, es despreciable; ya que aun aquellas calizas compuestas por materiales detríticos, finos o gruesos, de origen orgánico o inorgánico, tales como las calciruditas, calcarenitas o cualquier tipo de biohermo, durante los procesos de lapidificación se rellenan y cementan con el carbonato cálcico y magnésico, procedente del propio sedimento, o los poros que quedan pierden la comunicación entre sí (BURGER, 1969).

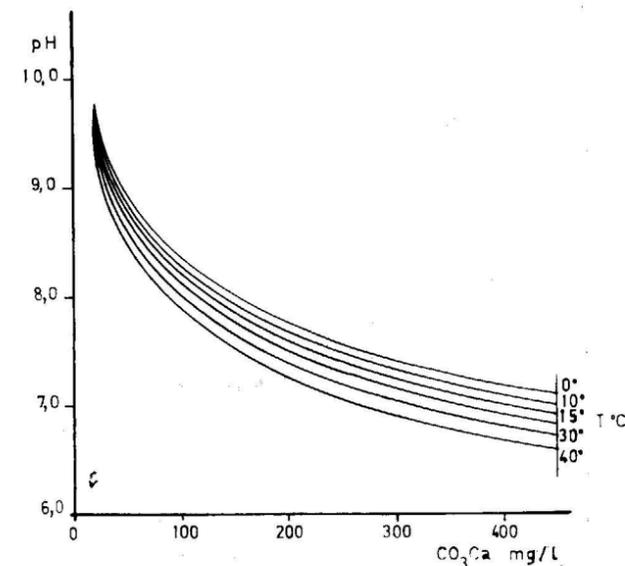


Figura 1

Isotermas de Solubilidad (según Eraso, 1969).

Por otra parte, la caliza es una roca poco soluble en el agua; pero la solubilidad del carbonato cálcico aumenta frente a soluciones acuosas ácidas, a temperatura fija (ERASO, 1969), y también se produce este aumento con la disminución de la temperatura, por ser dicha disolución un fenómeno endotérmico (fig. 1).

Por tanto, todo proceso que tienda a bajar el pH o la temperatura, de las soluciones acuosas actantes sobre los carbonatos, favorecerá el fenómeno de la corrosión (ERASO, 1969), siempre que no se produzcan cambios de fase, es decir, que no se alteren

los tratamientos termodinámicos sobre las disoluciones.

Por otra parte, el poder oxidante de un agua, en función del oxígeno disuelto, se puede manifestar al entrar en contacto dicho agua con rocas o minerales, en cuya molécula existan iones capaces de ser oxidados, a un rango de valencia superior al alcanzable por el potencial del oxígeno disuelto (ERASO, 1969); y esto es aplicable, en nuestro caso, cuando la roca tenga carbonatos de manganeso, de hierro o de plomo, como más frecuentes y en orden decreciente de susceptibilidad a la disolución y corrosión.

Otro proceso de gran importancia, en este ataque químico interno, es el relativo a la corrosión de las calizas por mezcla de fluidos acuosos. La mezcla de

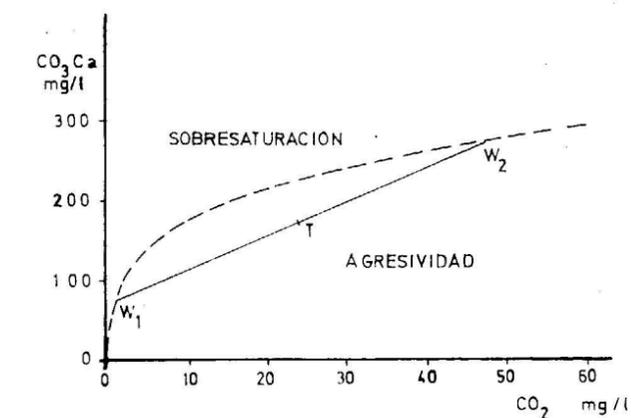


Figura 2

Isoterma de Equilibrio (según Bögli, 1965)

dos aguas kársticas, en equilibrio, con diferentes contenidos iónicos de carbonato cálcico, paradójicamente producen un agua con poder corrosivo y, si de la mezcla de dos aguas corrosivas se trata, se produce otra con mayor poder corrosivo; fenómeno que BÖGLI (1965) designó como "mischungs-corrosion", y cuya importancia, en nuestro caso, deriva de la mezcla de las aguas inyectadas y las existentes en el acuífero (fig. 2). (La mezcla de dos aguas no agresivas, con contenido iónico correspondientes a los puntos W_1 y W_2 , en volúmenes iguales, vendría dada por el agua corrosiva T .)

FRACTURACION Y FISURACION.

No podemos perder de vista que, para que acontezcan los procesos descritos de corrosión kárstica,

en el interior del macizo carbonatado, es necesario que el agua encuentre vías de acceso a su interior, y esto sólo puede tener lugar a través de las heterogeneidades espaciales.

RATS y CHERNYASHOW (1965), distinguen tres tipos de heterogeneidades espaciales, de las que depende la calidad de las juntas y la permeabilidad:

— Heterogeneidad de tercer orden; derivada de la estructura petrográfica de la roca: diferencia de forma y tamaño de granos (cristales); naturaleza del cemento y distribución de los poros; carácter del contacto entre granos; presencia de microjuntas, e intersticios; etc.

— Heterogeneidad de segundo orden; función de la heterogeneidad de estructura y composición de la roca, dentro de los límites del banco o del estrato: interestratificaciones de roca de diferente composición; presencia de macrojuntas; pequeñas disyunciones tectónicas o no tectónicas; etc.

— Heterogeneidad de primer orden; propia del macizo rocoso, a escala geológica: diferente grado de litogénesis; fallas; zonas de acciones hidrotermales; procesos de disolución; etc.

Por su parte LLOPIS (1965) diferenció, en las masas calizas, dos tipos de fisuración: a) fisuración regular y homogénea, caracterizada por la existencia de redes de diaclasas con pauta geométrica, y b) fisuración anárquica y con una compleja distribución geométrica.

En el primer caso la circulación del agua tiene lugar por conductos independientes, y tal formación no reúne características favorables para la inyección, dada la falta de conexión hidráulica entre conductos. En general esto puede ocurrir en sedimentos de estructuras poco complejas, desarrolladas en regiones tabulares o en la periferia de los pliegues.

El segundo caso es el de mayor interés, y se presenta en zonas de historia estructural compleja, donde confluyen varios sistemas y direcciones de empuje, que favorecen el desarrollo de un acuífero kárstico.

La elevada fisuración de estas áreas kársticas, en el caso de masas superficiales, queda bien de manifiesto cuando se dibuja un mapa de fracturación de un macizo kárstico, y de ellos incluimos un ejemplo que hemos elaborado del Torcal de Antequera (Málaga), en el que destaca esa densa red de fracturas y fallas (fig. 3).

Estas fisuras visibles, y las correspondientes a aparatos kársticos ocultos, suelen presentar, a esca-

la general, distribuciones preferenciales, aunque fracturas aberrantes las unan.

En el interior de un macizo kárstico pueden existir semejantes discontinuidades, de acuerdo con la historia geológica, marcadas por las superficies de estratificación, las diaclasas y las fallas, las cuales, sometidas a procesos de kastificación, dan lugar a

señalar que los fondos sinclinales y los techos anticlinales, albergan las fracturas más abiertas, mientras que las zonas de flanco de los pliegues suelen presentar menor fracturación, al haber quedado menos expuestas a los procesos de compresión y distensión (GEZE, 1965) (fig. 4). Estas áreas tectonizadas, o las zonas de fallas, en el interior del

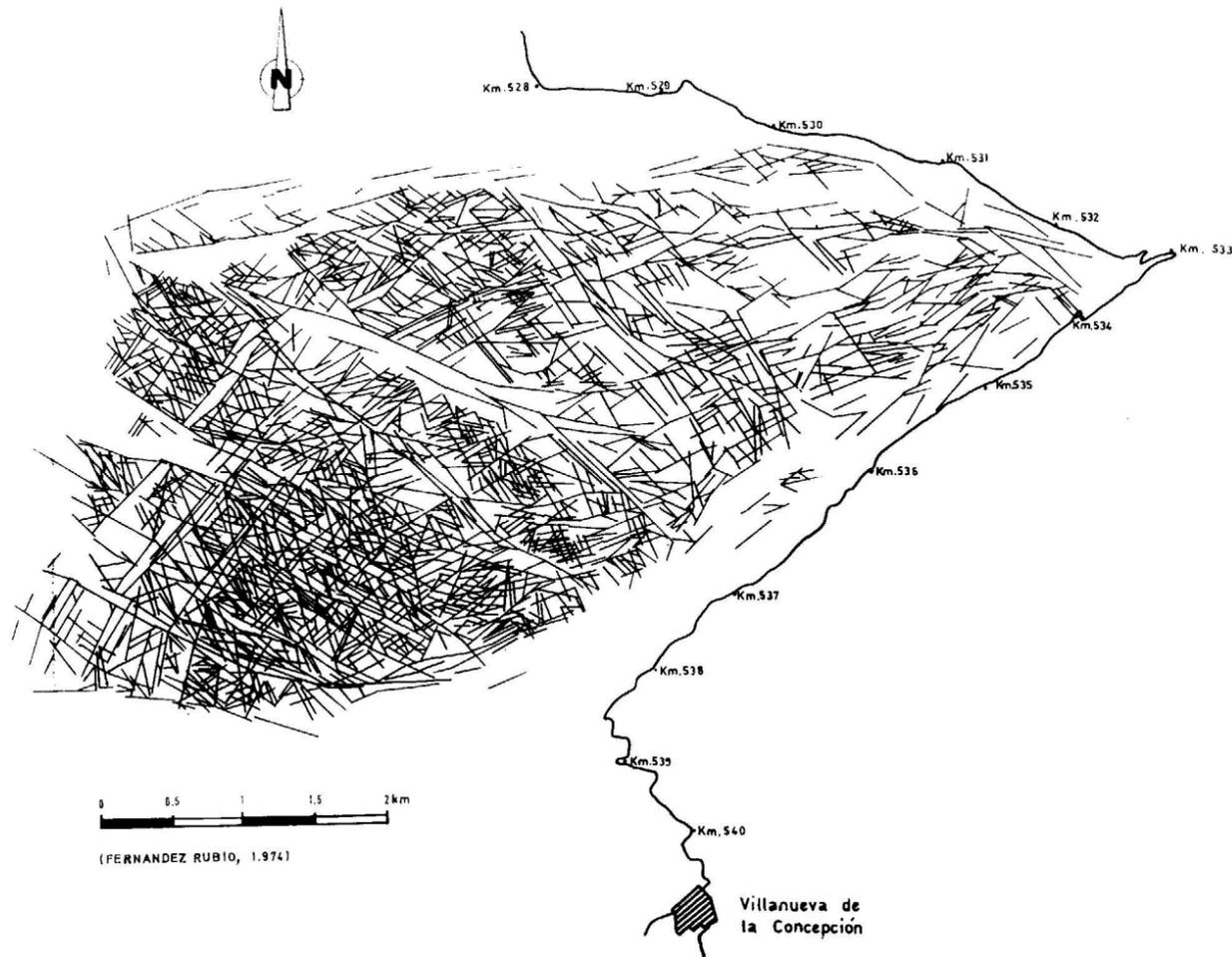


Figura 3

Red de Fracturas y Fallas del Torcal de Antequera (Fernández Rubio, 1974).

cavidades o redes de conductos, más o menos desarrollados, según los procesos de corrosión antes esquematizados, y de las que la espeleología nos da magníficos ejemplos.

Puesto que sin esas discontinuidades no pueden tener lugar los procesos endokársticos, conviene

macizo, con sus correspondientes milonitos, o las de cabalgamientos con sus kakiritas, juegan un papel fundamental a la hora de emplazar un sondeo de inyección en el karst; e importante es, por tanto, tratar de localizar las zonas de máxima tectonización, e investigar la historia paleokárstica, en

relación con la posible apertura o colmatación de los aparatos endokársticos que hoy pueden encontrarse inactivos.

Todo ello sin olvidar que, para el desarrollo de dicho karst, tuvo que existir una etapa de alimentación y circulación acuífera subterránea.

La evolución de esa discontinuidad o heterogeneidad, hacia la apertura de un conducto kárstico, depende de cuatro factores (RENAULT, 1967): estructura de la roca encajante; propiedades mecánicas del macizo almacén; régimen hidráulico de la circulación acuífera, y transporte sólido y sedimentación.

En este sentido cabe señalar que cuando los dos labios de una discontinuidad están estrechamente

dan sufrir aquellas otras fracturas anteriores o contemporáneas de la espeleogénesis.

En resumen de esta primera parte, podemos traer aquí lo indicado por ROMÁN (1972): "En general los sondeos para eliminación de aguas salobres o tóxicas, se perforan buscando un nivel poroso y permeable, que se utiliza como roca almacén que puede ya contener agua salobre en sus cavidades, porosidades o fracturas. Buscando una mayor capacidad de absorción del sondeo, así como presiones mínimas de inyección, y, en consecuencia, economía de costos, parece que la formación, más conveniente es una caliza de gran permeabilidad o una dolomía con potencia y extensión suficiente que permitan una cierta fluidez, del líquido inyectado".

CONDICIONANTES HIDRODINAMICOS

a) Generalidades.

Las características hidrodinámicas de la circulación del agua en los materiales calizos, son conocidas hoy merced a un acúmulo de circunstancias favorables, tales cual el estudio mediante trazadores, la investigación geoespeleológica y, sobre todo, el análisis de las "curvas de agotamiento" o de vaciado de los manantiales kársticos, con la posibilidad de diferenciar el régimen hidráulico correspondiente a la circulación en fracturas y cavidades abiertas, y en microfisuras y diaclasas. Todo ello ha puesto de manifiesto unas condiciones de flujo y almacenamiento muy peculiares para estas rocas almacén.

Por otra parte, se ha realizado un avance muy notorio en la investigación del comportamiento hidrodinámico de los materiales carbonatados, al amparo del desarrollo y explotación de los campos petrolíferos, y de las captaciones de agua subterránea, información que permite hoy abordar, con adecuada tecnología, todo lo referente a los procesos de acidificación, dinamitado y desarrollo de sondeos en estos materiales.

En función de todos estos datos hemos elaborado una teoría relativa a lo que llamamos "curvas de llenado", que vamos a exponer.

b) Proceso de llenado.

El llenado de la roca almacén se hace por las fisuras y cavidades del acuífero carbonatado, entre

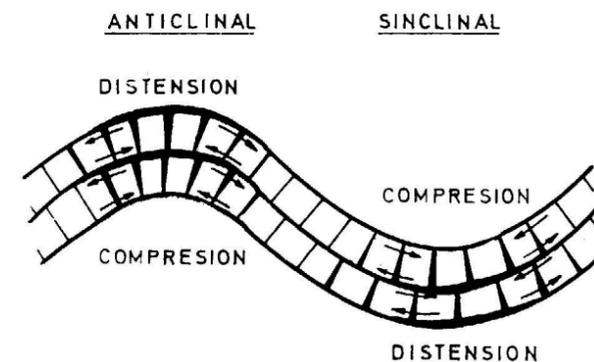


Figura 4

Apertura de Diaclasas en Pliegues (según Geze, 1965).

cerrados, el agua no puede circular, pero es suficiente una apertura de algunos micrones, para que tenga lugar la imbibición. Si dicha apertura es de varios centenares de micrones, puede ya existir movimiento del agua (RENAULT, 1972).

Otro proceso interesante a retener, es el derivado de la dolomitización secundaria de formaciones calizas, ya que este proceso supone un aumento del volumen de huecos, muy favorable para la inyección.

Ahora bien, al igual que las fisuras tienen que ser anteriores a los conductos, no puede perderse de vista que el esfuerzo de compresión, motivado por el peso de las capas suprayacentes y la propia tectónica, origina fracturas de descompresión, en la periferia de las cavidades, especialmente en las de mayor tamaño, aparte de la activación que pue-

las cuales, con todos los tránsitos intermedios, cabe diferenciar:

— Cavidades de gran sección y fisuras abiertas; en las que el movimiento del fluido inyectado puede tener lugar en régimen turbulento, al menos localmente, y la permeabilidad intrínseca es del orden de varios centenares de darcís.

— Cavidades y fisuras de pequeña sección; con circulación más o menos difícil y régimen laminar.

— Planos de estratificación, diaclasas, y oquedades muy estrechas; con permeabilidad muy débil, del orden de milidarcís.

Durante el llenado, las aguas llegan a todos los canales y fisuras interconectados del sistema acuífero. Los grandes conductos son los primeros en recibir los efectos de la inyección, y es, al comienzo de ésta, cuando hay un llenado simultáneo de todas las oquedades, aunque son principalmente las grandes, a las que tiene más fácil acceso el agua, las que son receptores de mayores caudales iniciales, y a las que se extiende más rápidamente el efecto de llenado; luego el caudal desciende paulatinamente, hacia una regularidad impuesta por la recepción en las fisuras estrechas, a través de las cavidades y fisuras de mayor sección. Todo ello en el caso de que la presión hidráulica de carga se mantenga constantemente a lo largo del proceso de inyección; si la presión no fuese constante, se producirían escalonamientos de caudal, ligados a dichos cambios de presión.

El que unos u otros conductos admitan mayor o menor volumen de líquido es función, fundamentalmente, de la historia tectónica de la roca almacén, de la paleokarstificación que haya sufrido y del volumen de roca.

El volumen admitido en fisuras estrechas puede llegar a ser mayor o menor que el de las amplias, pero, en todo caso, las grandes siempre son las que se llenan las primeras y más rápidamente y, transcurrido un cierto tiempo, el caudal que ellas admiten llega a ser despreciable, en comparación con el admitido en fisuras estrechas, aunque estas mismas acaban por colmatarse a la presión de inyección que se trabaja.

A modo orientativo, y según BURGER (1969), la porosidad de las cavidades es pequeña, a pesar de las dimensiones de algunas de ellas. En el karst dinámico las cavidades en actividad representan una media del 1‰, de los macizos calizos, y en el Jura francés, no sobrepasa el 1 ó 2‰. Valores más

elevados son considerados por BURGER (1969), como excepcionales. En el macizo de Sierra Gorda (Granada), un holokarst de espectacular desarrollo, se ha calculado una porosidad eficaz media de 1,5 % (DELGADO e HIDALGO, 1974; HIDALGO, 1974).

c) *Control de llenado.*

De manera general puede decirse que, cuanto más importante sea la red de fisuras estrechas, más tiempo podrá durar el proceso de inyección, y más lento será el descenso del caudal en esa fase de llenado.

Así, pues, si este descenso gradual de caudal se ve alterado, en cualquier momento, a lo largo de la inyección, hay que considerar la posibilidad de que se haya establecido conexión hidrológica con otra zona, o con otra unidad hidrogeológica, circunstancia que requerirá inmediatamente poner en alerta el sistema de auscultación y control, de la inyección, para conocer las consecuencias favorables o desfavorables, derivadas de dicha circunstancia.

En este sentido es importante llevar un registro de caudales y quimismo de los posibles manantiales o surgencias en relación con el acuífero, así como de los posibles aportes pluviométricos y de la presión barométrica en la zona y un registro de mareas en caso de áreas costeras, con objeto de tener, en cualquier momento, posibilidad de establecer relaciones de dependencia con el caudal inyectado y la presión de admisión. Igualmente puede resultar muy apropiado un registro de microsismos, ante la eventualidad de que pueda producirse una fracturación hidráulica no apetecida.

El proceso de inyección de un acuífero kárstico, debemos traducirlo en una "curva de llenado", en la que se expresan tiempos en función de logaritmos de caudales, curva que puede descomponerse en varios tramos, que responden a los procesos antes detallados de superposición de caudales de diferentes regímenes de llenado.

Al principio de la operación debe presentarse un descenso de caudal muy brusco, con predominio de curvas de tipo A (fig. 5), correspondientes al llenado simultáneo de los grandes conductos, los pequeños conductos y las fisuras y conductos muy finos, pero con predominio del efecto de los primeros; al final del proceso la curva tendrá poca pendiente, ya que aunque corresponde igualmente a la suma de los tres tipos de llenado, por encontrarse ya prácticamente saturados los conductos



gruesos y pequeños a la presión de inyección, sólo es admisible el fluido en las diaclasas y fisuras estrechas, que aún no habían alcanzado la presión de inyección (curvas B). La situación final de equilibrio, con paso de agua al mar, o a otros acuíferos, o manantiales, y sin posibilidad de admisión por fisuras, daría lugar a curvas E.

Esta morfología regular se verá modificada, como anteriormente se ha señalado, si se establece interconexión con otros acuíferos, y llegadas o salidas de agua; así, pues, el control de la "curva de lle-

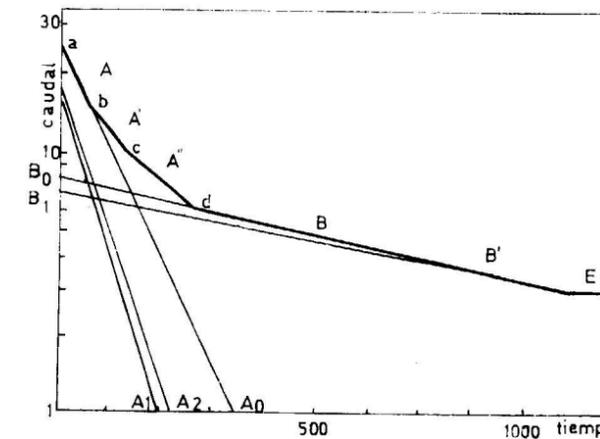


Figura 5

Curva de Llenado (inspirada en Schoeller, 1965).

nado" debe darnos una información muy valiosa, relativa a la marcha del proceso en el interior de la roca almacén.

d) *Curvas de llenado.*

SNOW (1965), como resultado de sus experiencias de circulación de fluidos entre placas paralelas, estableció una relación cúbica entre la descarga total Q, a través de una fisura, y la apertura de la misma.

Esta relación ha sido aceptada, en general, por los investigadores, pero su validez ha sido puesta en duda por SHARP (1970), al mostrar, empíricamente, que este flujo es proporcional a (a)^m, en la que a es la anchura de la fisura, y m varía entre 2, para un flujo laminar, y 1,2, para un flujo turbulento, debido a la rugosidad de la fisura real.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la longitud y extensión de las fisuras no sólo tiene influencia sobre la permeabilidad, sino que también afecta a la compresividad de la roca; por esta razón los cambios de presión, en el acuífero, pueden acarrear los de permeabilidad de fisuras.

Las condiciones que sirven para establecer las ecuaciones de las "curvas de agotamiento", en el vaciado de un acuífero (MAILLET, 1905; SCHOELLER, 1948, 1962, 1965; DROGUE, 1972), pensamos que pueden ser aplicadas en general a este caso, con referencia al llenado del acuífero, si hacemos asimilable la surgencia al punto de inyección.

Las condiciones normales de aplicación serían las de un acuífero cautivo, con sustrato impermeable, circulación en régimen permanente, turbulento o laminar, en el entorno del punto de inyección, y posible régimen laminar en zonas más alejadas.

Por tanto, en la zona próxima a la inyección, en régimen turbulento, el caudal inyectable sería, en el tiempo t

$$q = q_0 - \alpha(t - t_0)$$

en la que q₀ es el caudal en el tiempo t₀, y α un coeficiente, que vale:

$$\alpha = C_1 \frac{eK^2}{mX}$$

En el caso de que la inyección se realizara en régimen laminar, y si existe un caudal permanente q_E, que pase a otra o desde otra unidad hidrogeológica, el caudal sería:

$$q = (q_0 \pm q_E) e^{-\alpha(t-t_0)} \pm q_E$$

en la que α viene dado por:

$$\alpha = C_2 \frac{K}{mX}$$

$$\alpha = C_2 \frac{Kh_0}{mX^2}$$

en ambos supuestos K es el coeficiente de permeabilidad de DARCY, m la porosidad dinámica, X la extensión longitudinal de un filete líquido que atraviese el acuífero, e el espesor del acuífero, y C₁ y C₂ constantes que dependen de las dimensio-

nes transversales del acuífero (anchura). Posiblemente cuanto mayor sea la sección filtrante del sondeo, con relación a la extensión del acuífero, mayores son C_1 y C_2 .

Un valor pequeño de α significa un llenado lento del acuífero, una permeabilidad relativamente débil, una gran porosidad eficaz de la roca (volumen de huecos por los que el agua circula en relación al volumen total de la roca), y una gran longitud de acuífero, es decir, un acuífero de gran volumen que se continúa muy lejos del punto de inyección.

Si consideramos dos coeficientes α , uno pequeño y otro grande, aplicados a dos curvas que tengan el mismo valor de q_0 al tiempo t_0 , es evidente que el sistema kárstico de inferior coeficiente α , admitirá más cantidad de agua, que el sistema de más elevado coeficiente α , entre los mismos tiempos t_0 y t , puesto que la primera curva se encuentra por encima de la segunda, y las cantidades de agua admitidas, entre ambos tiempos, corresponden a las superficies situadas bajo dichas curvas.

De manera general SCHOELLER (1965), indica para la surgencia de un acuífero confinado en régimen laminar, que α es del orden de $n \times 10^{-3}$, cuando se trata de acuífero calizo tableado, en el que predomina la circulación del agua en fisuras y diaclasas; mientras que en el caso de terrenos calizos masivos, en los cuales las cavidades juegan un importante papel, α es del orden de $n \times 10^{-2}$ a $n \times 10^{-1}$, cuando t se expresa en días.

Hay que tener en cuenta que, en general, el llenado tiene lugar con una primera fase en régimen turbulento, por predominar el llenado de cavidades grandes, y después continúa en régimen laminar.

En estas condiciones el caudal inyectable será:

$$q = q_{0A} - \alpha_A(t - t_0) + (q_{0B} \pm q_E) e^{-\alpha_B(t-t_0)} \pm q_E$$

y en el caso de que desde el principio el régimen sea laminar, tanto en el llenado de las grandes fisuras como en el de las pequeñas, el caudal de inyección vendrá expresado por:

$$q = (q_{0A} \pm q_E) e^{-\alpha_A(t-t_0)} + (q_{0B} \pm q_E) e^{-\alpha_B(t-t_0)} \pm q_E$$

Pasado el momento de llenado de las grandes fracturas, en el primer caso, y desde el instante inicial, en el segundo, la representación sobre ejes de coordenadas: $\log q$ y t , nos da tramos de rectas, corres-

pondientes a la suma de rectas de tipo A y B, y de recta E (fig. 5).

En general el llenado en régimen turbulento tiene una duración corta, y el que se alarga es el laminar, lo que se refleja en la curva del hidrograma por un brusco cambio de pendiente.

La parte situada a la derecha de los hidrogramas (tramo recto) permite calcular fácilmente las características del régimen en circulación laminar y, por integración de la ecuación para el caso de llenado, podemos calcular el volumen de agua absorbible por el acuífero (SCHOELLER, 1965; DROGUE, 1963 a y b, 1964).

Puesto que para dicha parte derecha puede adaptarse una expresión general de llenado:

$$q_t = q'_0 e^{-\alpha t}$$

y, en coordenadas semilogarítmicas, el dibujo de esta expresión permite calcular, para unas condiciones fijas de presión, el valor de α ; el volumen total de agua que admite el acuífero será:

$$V = \int_0^{\infty} q'_0 e^{-\alpha t} dt = \frac{q'_0}{\alpha}$$

Pero, para poder aplicar esta expresión, es necesario que el régimen sea laminar desde el principio, o que se hayan colmatado las fracturas y cavidades grandes y medianas, a la presión de inyección.

Por otra parte el conocimiento de dicho régimen laminar, permite calcular, por diferencia, el del régimen turbulento por un artificio que ha sido descrito por SCHOELLER (1965).

Sobre hidrogramas, en papel semilogarítmico, la suma de ambos caudales nos da un primer tramo en curva con la concavidad hacia abajo (fig. 6), cuando los conductos amplios se llenan mucho más rápidamente que los estrechos y en régimen turbulento, lo que es el caso más general, ya que en muy corto tiempo (componente 1) se anula q_A , y el caudal de inyección queda representado por una recta q_B (componente 2).

Si por el contrario el llenado de las grandes fracturas, en régimen turbulento, es lento, la curva es cóncava hacia arriba (fig. 7), para finalmente acabar en una recta, caso que pone en evidencia una karsificación muy desarrollada en la roca almacén, por lo que tiene predominio el llenado en régimen turbulento sin apenas desarrollo laminar.

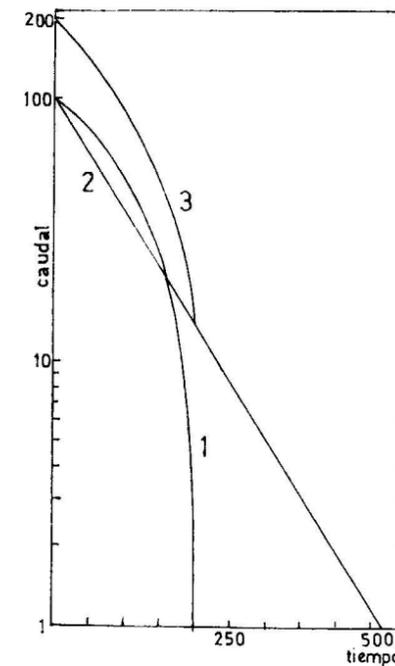


Figura 6

Hidrograma de Llenado (inspirado en Schoeller, 1965). (Cuando los conductos amplios se llenan mucho más rápidamente que los estrechos.)

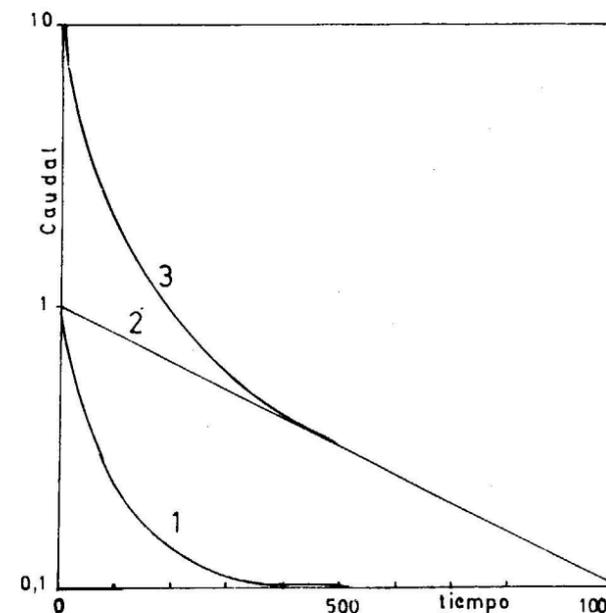


Figura 7

Hidrograma de Llenado (inspirado en Schoeller, 1965). (Cuando los conductos amplios se llenan lentamente.)

Si es dominante el régimen turbulento la "curva de llenado" en representación gráfica aritmética, debe dar una recta (fig. 8).

En general es muy superior el volumen que pueden albergar las pequeñas fisuras con respecto a las grandes, y ambos aparecen diferenciados por este comportamiento de las curvas. SCHOELLER (1948), para las calizas eocenas que alimentan el manantial de Kef, en Túnez, da un volumen de grandes fisu-

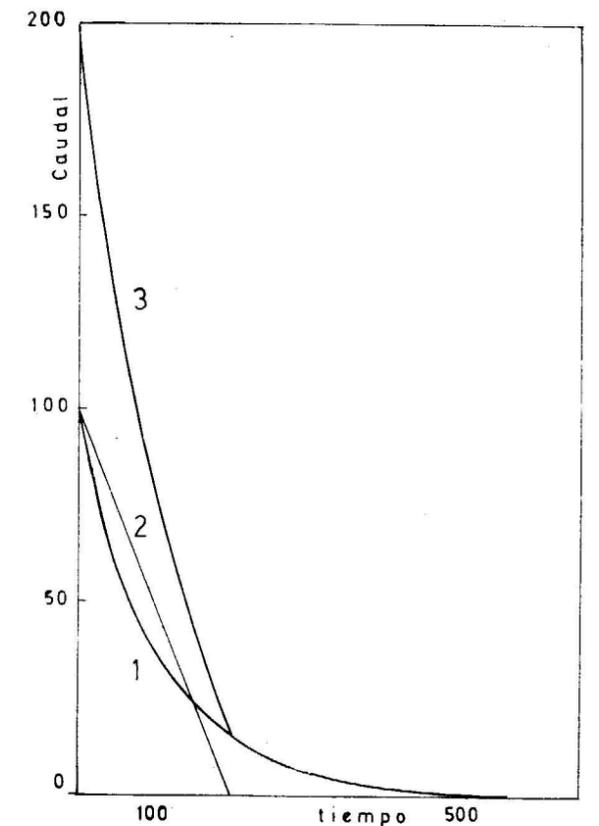


Figura 8

Curva de Llenado (inspirada en Schoeller, 1965). (Cuando el régimen de llenado es turbulento.)

ras comprendido entre 174.200 metros cúbicos y 225.000 metros cúbicos, contra un volumen de 670.000 metros cúbicos de pequeñas fisuras, es decir, de 1/5 a 1/4.

Para la zona de alimentación de la Fontaine de Vaucluse, la relación de grandes a pequeñas fracturas es de 1/3,3 y para manantiales de Lez, que alimentan a Montpellier, es de 1/4 (DROGUE, 1964).

Para Sierra Gorda en Granada (HIDALGO, 1974) es de 1/2 a 1/3.

e) *Efectos dinámicos.*

El espacio necesario para recibir el agua residual inyectada, se crea por la presión de inyección, que comprime a la roca almacén y al agua de formación que la satura (KOROTCHANSKY y MITCHELL, 1972).

Dada la elevada incompresibilidad de las calizas, el factor que más influencia tiene en la extensión de la onda de crecida, es la compresibilidad del líquido que se inyecta y del agua del acuífero. Cuando la circulación tiene lugar en conductos amplios, la variación de presión, en la extensión del acuífero, es rápida y, si existen manantiales o surgencias con él ligado, puede presentarse una modificación inmediata de su caudal.

También hay que tener en cuenta la posibilidad de apertura de diaclasas y microfisuras por fracturación hidráulica, como consecuencia de la presión de inyección.

Estadísticamente, la presión de fracturación hidráulica, medida al nivel de la roca almacén, varía, según los terrenos, desde 0,16 a 0,23 kg/cm², por metro de profundidad (HOWARD y FAST, 1970).

Inyecciones a más de 100 kg/cm² son prohibitivas, no sólo por su costo, que será sin duda elevado, sino por las consecuencias que de ellas pueden derivarse, al provocarse verdaderos "miniterremotos", con efectos parecidos a los de éstos en las zonas próximas al "hipocentro".

De manera general puede decirse que la porosidad y el volumen de roca almacén determinan la cantidad de fluido que puede ser inyectado, y que la transmisividad y la viscosidad del fluido condicionan la presión necesaria para inyectar un fluido a un caudal dado.

Mientras que la capacidad reguladora de la roca almacén es función de la difusividad hidráulica T/S (que puede determinarse mediante ensayos en sondeos), y de las condiciones en los límites.

Cuando comienza a utilizarse un sondeo para evacuación de líquidos, la presión requerida para determinada capacidad de absorción, dependerá de las características de la formación receptiva y de las pérdidas de presión en las entubaciones. Es frecuente (la inyección en Potasas de Navarra, S. A. es un buen ejemplo), que durante mucho tiempo un sondeo pueda absorber por gravedad. A medida que el

acuífero acumula aguas, es normal que su capacidad disminuya, o bien que haya que aumentar la presión necesaria para mantener el caudal primitivo, como consecuencia de cambios de características físicas y de pérdida de permeabilidad de la formación, o debido a incrustaciones causadas por partículas sólidas inyectadas, o a la precipitación de sales en disolución en el agua, o a reacciones entre las sales en disolución en el agua inyectada y en el agua de formación.

Por tanto, para mantener una inyección a caudal constante, tiene que aumentar con el tiempo la presión necesaria en cabeza de pozo, o la carga hidráulica en el sondeo. Y puesto que esta presión tiene unas barreras de seguridad, quiere decir que la vida de utilización de un sondeo es limitada.

f) *Desplazamiento del fluido.*

Entre los problemas de la inyección en el karst, se presenta el relativo a determinar la dirección de circulación de las aguas inyectadas.

Se pueden hacer hipótesis y aproximaciones, de acuerdo con la morfología subterránea y la estructura, y tratar de hacer constataciones mediante trazadores adecuados. En todo caso será necesario tener en cuenta las posibilidades que ofrecen los métodos de estudio hidrogeológico, hidrológico e hidráulico, para conocer las direcciones de circulación de las aguas subterráneas (KOMATINA, 1965), aunque sin perder de vista la falta de leyes que definen la complejidad hidrológica kárstica.

De manera general, podemos aplicar los datos relativos a las velocidades de circulación dadas por WEYER (1972), para el movimiento del agua en las rocas a través de discontinuidades, diaclasas, fisuras, y fallas no muy efectivas desde el punto de vista hidrogeológico, en las que tiene lugar un flujo laminar, y la permeabilidad es del orden de milidarcis, o en fallas abiertas, y fisuras afectadas por la corrosión kárstica, con régimen laminar o turbulento, donde la permeabilidad puede ser de varios centenares de darcis.

El desplazamiento del líquido inyectado tendrá lugar, en el caso de que se trate de una roca almacén, con fisuración homogénea, y agua de formación estática, con una morfología pseudocilíndrica, alrededor del sondeo, y con altura la de la formación kárstica; mientras que si el líquido tiene diferente densidad que el agua de formación, la generatriz de la interzona entre el agua del acuífero y el agua

inyectada, será más o menos divergente hacia arriba o hacia abajo.

Por su parte el hidrodinamismo regional dará una distribución asimétrica del agua inyectada.

En una roca almacén de 100 metros de espesor, con un 15 por 100 de porosidad eficaz y para una inyección continua con un caudal de 100 metros cúbicos por hora, durante un siglo, el radio del cilindro (desplazamiento radial) sería de aproximadamente 1.400 metros (KOROTCHANSKY, 1969).

La dispersión hidrodinámica de ambos fluidos, y el desplazamiento a través de medios porosos o fisurados, con conductos de circulación preferencial, puede originar una afección mayor que la calculada, aunque también pueden entrar en juego procesos de absorción de los constituyentes minerales del agua inyectada en la roca almacén, y retrasarse así el desplazamiento de dichos afluentes.

Por último, hay que considerar que la presión de inyección puede provocar una infiltración a través de los acuífugos o acuíclusos que cierran la roca almacén, pero en este sentido es interesante señalar que según KOROTCHANSKY (1969), para atravesar una cobertura de arcilla de 170 metros de espesor, con coeficiente de permeabilidad de DARCY de 10^{-11} metros por segundo, y para una inyección que cree una sobrepresión de 50 kg/cm², el tiempo mínimo de infiltración es del orden de ochocientos siglos, y si a esto unimos el efecto de absorción de las sales del afluente por la propia cobertera, que a su vez supone una reducción de la permeabilidad, por el depósito de estas sales, este tiempo mínimo de filtración será aún mayor, y las aguas que puedan llegar a atravesar dicha formación quedarían filtradas.

BIBLIOGRAFIA

- BÖGLI, A.: *The Role of Corrosion by Mixed Water in Cave Forming.* "Proceedings of the Intern. Speleological conf. in Brno.", págs. 125-131, Praga (1965).
- BURNER, A.: *Influence de l'hétérogénéité des roches cohérentes sur leur perméabilité.* "Bull. Techn. de la Suisse Romande", núm. 13, págs. 3-8 (1969).
- DELGADO MOYA, S. e HIDALGO RUIZ, J.: *Síntesis hidrogeológica del Sector Loja-Zafarraya.* Notas Hidrog., número 1. Cátedra de Hidrogeología, Universidad de Granada, 13 págs. (1974).
- DROGUE, C.: *Méthode de détermination de la capacité de rétention par fissures et microporosité des massifs karstiques, à partir des variations saisonnières des données hydrométriques.* "C. R. Acad. Sci", t. 256, págs. 5377-5378. París (1963a).
- DROGUE, C.: *Essai de détermination des composants de l'écoulement des sources karstiques. Evaluation de la capacité de rétention par chenaux et fissures.* "Asoc. Int. Hidrog.", t. VI, págs. 243-245. Belgrado (1963 b).
- DROGUE, C.: *Etude géologique et hydrométrique des principales résurgences de la région nord-montpelliéraine: sources du Lez, du Lirou et de Sauve.* "Thèse 3.^e cycle. C.E.R.H.". Montpellier (1934).
- DROGUE, C.: *Analyse Statistique des Hydrogrammes de décrues des sources karstiques.* "Journ. of Hydrology". Vol. XV, núm. 1, págs. 49-68. Amsterdam (1972).
- ERASO, A.: *Mecanismos sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica.* "Bol. Geol. y Minero". T. LXXX-II, págs. 146-168. Madrid (1969).
- GEZE, E.: *Les conditions hydrogéologiques des roches calcaires.* "Chronique d'Hydrogéol.", núm. 7, págs. 9-39. París (1965).
- HOWARD, G. C. y FAST, C. R.: *Hydraulic fracturing.* "Am. Inst. of Min. Metall. and Pet. Eng. Mon. 2 (1970).
- HIDALGO RUIZ, J.: *Estudio Hidrogeológico del Polje de Zafarraya y áreas adyacentes (Granada y Málaga).* Tesis de Licenciatura, Universidad de Granada. 165 págs. Granada (1974).
- KOMATINA, M.: *Sur le problème de la détermination des bassins versants et des directions de la circulation de eaux souterraines dans le karst dinarique.* Coloquio de Dubrovnik. Hydrologie des roches fissurées. AIHS-Unesco, págs. 190-199 (1965).
- KOROTCHANSKY, A. N.: *Injection des effluents industriels.* "Ann. des Mines" (1969).
- KOROTCHANSKY, A. N. y MITCHELL, J.: *Rejets de déchets dans nappes profondes.* 23 th. Intern. Geological Congress. Section 11. "Hydrogeology", págs. 282-295. Montreal (1972).
- LLOPÍS LLADÓ, N.: *Nappes karstiques et conduits karstiques.* Coloquio de Dubrovnik. Hydrologie des Roches Fissurées. AIHS-Unesco, págs. 200-203 (1965).
- MAILLET, E.: *Essais d'hydraulique souterraine et fluviale.* Herman y Cía. París (1905).
- ROMÁN ORTEGA, F.: *Ponencia de Industrias mineras y canteras.* Coloquio El Agua en la Industrial, págs. 105-166. Madrid (1972).

- RATS, M. V. y CHERNYASHOV, S. N.: *Statistical Aspect of the Problem on the Permeability of the jointy rocks*. Coloquio de Dubovnik. Hydrologie des Roches Fissurées. AIHS-Unesco, págs. 227-236 (1965).
- RENAULT, PH.: *Influence des pressions de terrain sur le genèse des réseaux de cavernes*. Ac. 3^e Congrès suisse de Spéléologie, págs. 54-63 (1967).
- RENAULT, PH.: *Mécanique des roches et spéléogenèse*. Spelunca (4), XII, 1, págs. 6-7. París (1972).
- SCHOELLER, H.: *Le régime hydrogéologique des calcaires éocènes du synclinal du Dry-El-Ker (Tunisie)*. "Bull. Soc. Geol. Fr.", 5.^e série, tomo 18, págs. 167-180 (1948).
- SCHOELLER, H.: *Les Eaux souterraines*. Masson et Cie. París (1962).
- SCHOELLER, H.: *Hydrodynamique dans le karst*. Coloquio de Dubovnik. Hydrologie des Roches Fissurées. AIHS-Unesco, págs. 3-20 (1965).
- SHARP, J. C.: *Fluid flow through fissured media*. Unpublisef Ph. D. Thesis, Imp. Coll. of Sci. and Technol, 181 pág. Londres (1970).
- SNOW, D. T.: *A parallel plate model of permeable fractured media*. Ph. D. Thesis, University of California, 331 pág. Berkeley (1965).
- WEYER, K. U.: *Conceptual Models for Evaluation of the Subterranean Water Cycle in Paleozoic Highlands*. 23 the. Intern. Geological Congress. Section 11. "Hydrogeology", págs. 107-117. Montreal (1962).

Recibido: Enero 1975.

Termalismo en España meridional

Por J. CRUZ-SANJULIAN (*) y L. GARCIA-ROSSELL (*)

RESUMEN

Se presentan en este trabajo los datos recopilados hasta el momento (marzo 1973) sobre manifestaciones termales en 14 provincias del Sur de España y en las Islas Baleares, es decir, en la región situada al Sur del paralelo 39° N.

En total se han inventariado 201 puntos de agua, con una temperatura máxima de 60° C. Estos puntos se agrupan en cuatro facies hidroquímicas: bicarbonatada calco-magnésica, bicarbonatada sódica, sulfatada calco-magnésica y clorurada sódica.

Existe una clara relación entre la distribución espacial de estas facies y los rasgos geológicos regionales.

Resalta, por su notable desarrollo, el termalismo de la provincia de Granada, tanto por el número de surgencias como por la temperatura y caudal de las mismas.

RÉSUMÉ

Ce travail présente les nouvelles données acquises sur le thermalisme en 14 provinces de l'Espagne méridionale, c'est à dire, de la région situé à peu près, au Sud du parallèle 39° N.

Nous avons reconnu 201 points d'eau dont la température maximale est 60° C. Du point de vue de l'hydrochimie, existent quatre faciès: bicarbonatée calco-magnésienne, bicarbonatée sodique, sulfatée calco-magnésienne et chlorurée sodique.

Le thermalisme de la province de Grenade et notamment important en raison du nombre des surgences, leur température et leur débit.

I. INTRODUCCION.

En los recientes congresos y reuniones internacionales sobre termalismo—Checoslovaquia (1968) y Pisa (1970)— se ha puesto de manifiesto el interés creciente que la investigación y explotación de las aguas termales va tomando en muchos países. La explotación puede atender a tres finalidades: energética, terapéutica o agrícola.

En España meridional son muy numerosas las sur-

gencias de esta naturaleza, sobre todo en las Cordilleras alpinas que bordean la Meseta paleozoica. La conexión que parecía mostrar su localización con ciertas estructuras geológicas de carácter regional, en la Cordillera Bética, fue otra de las razones por la que se eligió este tema como objeto principal de investigación del Laboratorio de Hidrogeología de la Universidad de Granada, a partir de su creación, en el año 1968.

Se comenzó a estudiar entonces la zona de contacto entre el Bético s. str. y el Subbético, en las provincias de Almería, Granada y Málaga. Más tarde, la región investigada se extendió a otras zo-

(*) Departamento de Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

nas internas y externas de toda la Cordillera, y actualmente se ha ampliado a la España peninsular situada aproximadamente al Sur del paralelo 38° 50' N, así como a las Islas Baleares y, más recientemente, a las Islas Canarias.

Los resultados del estudio se vienen publicando en síntesis provinciales a escala 1:500.000, de las cuales ya ha visto la luz la de Granada y están en prensa las de Málaga, Almería y Jaén. Junto a ellas, también se publican estudios sobre sectores restringidos, que corresponden casi siempre a Tesis de Licenciatura realizadas en este Departamento y dirigidas por uno de nosotros (L. G.-R.).

Dado el estado actual de la cuestión, parece conveniente presentar un avance de los numerosos datos ya obtenidos en toda la región meridional de la Península Ibérica, aunque en muchos casos estos datos tengan carácter provisional, ya que prosigue su estudio.

Además de Bibliografía geológica e hidrogeológica, se han utilizado las siguientes fuentes de información:

A) Encuesta a todos los Municipios de las Provincias de Albacete, Almería, Baleares, Badajoz, Cádiz, Ciudad Real, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga, Murcia, Sevilla, Valencia, Gran Canaria y Tenerife. Ello representa un total de 1.745 Municipios encuestados de los que han contestado, hasta el momento, 1.430 (el 82 por 100). Esta fase de inventario aún continúa.

B) Encuesta a los Balnearios en explotación actual o antigua de las citadas provincias.

C) Encuesta a los siguientes organismos:

- Delegaciones del Ministerio de Industria (Jefatura de Minas).
- Delegaciones del Ministerio de Agricultura (Instituto Nacional para la conservación de la Naturaleza).
- Delegaciones del Ministerio de Información y Turismo.
- Diputaciones Provinciales.
- Comisiones Provinciales de Servicios Técnicos.
- Jefaturas de Montes.
- Instituto Nacional de Colonización (YRIDA).

A todos ellos expresamos nuestro agradecimiento.

II. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUAS TERMALES.

II. 1.—*Sobre el criterio del termalismo.*

Uno de los resultados a que estamos llegando en esta región (en lo que a métodos de trabajo se refiere) es que, en algunos casos, un agua puede ser considerada como termal aunque no presente una anomalía térmica importante respecto al resto de las aflorantes en la región.

Ello reviste notable interés porque, en muchas ocasiones, las manifestaciones termales pasan desapercibidas al mezclarse con acuíferos "normales", los cuales atenúan el contraste térmico. Así lo hemos constatado en numerosas surgencias del Dominio Alpujarride. Pero este hecho implica otras cuestiones todavía de mayor trascendencia. Así, en un trabajo en preparación, los autores aportan una casuística suficientemente amplia a este respecto como para evidenciar que ciertas peculiaridades químicas y dimensionales de algunos acuíferos, pueden ser explicadas si se tienen en cuenta los posibles aportes de aguas termales sulfatadas y cloruradas calco-sódicas.

En otros sectores no es tan evidente este hecho y—sobre todo—no ha sido suficientemente tenido en cuenta en los trabajos hidrogeológicos hasta ahora realizados.

Así pues, el criterio para definir un agua termal ha de elegirse en función de lo que se pretende estudiar: si es una prospección para evidenciar aportes de aguas termales no es imprescindible que exista una neta diferencia de temperatura de las surgencias respecto a la media de aguas "normales" de la región. Si sólo se desea obtener un inventario de las surgencias termales, éstas han de ser de mayor temperatura, naturalmente. Pero ¿cuándo lo son? En el reciente Congreso de Checoslovaquia se estableció un límite inferior de 20° C, o bien de 5° C más que la temperatura media del aire en la región. Nosotros hemos trabajado con un criterio parecido (CRUZ-SANJULIÁN, GARCÍA-ROSSELL y GARRIDO BLASCO, 1972).

II. 2.—*Puntos de aguas termales.*

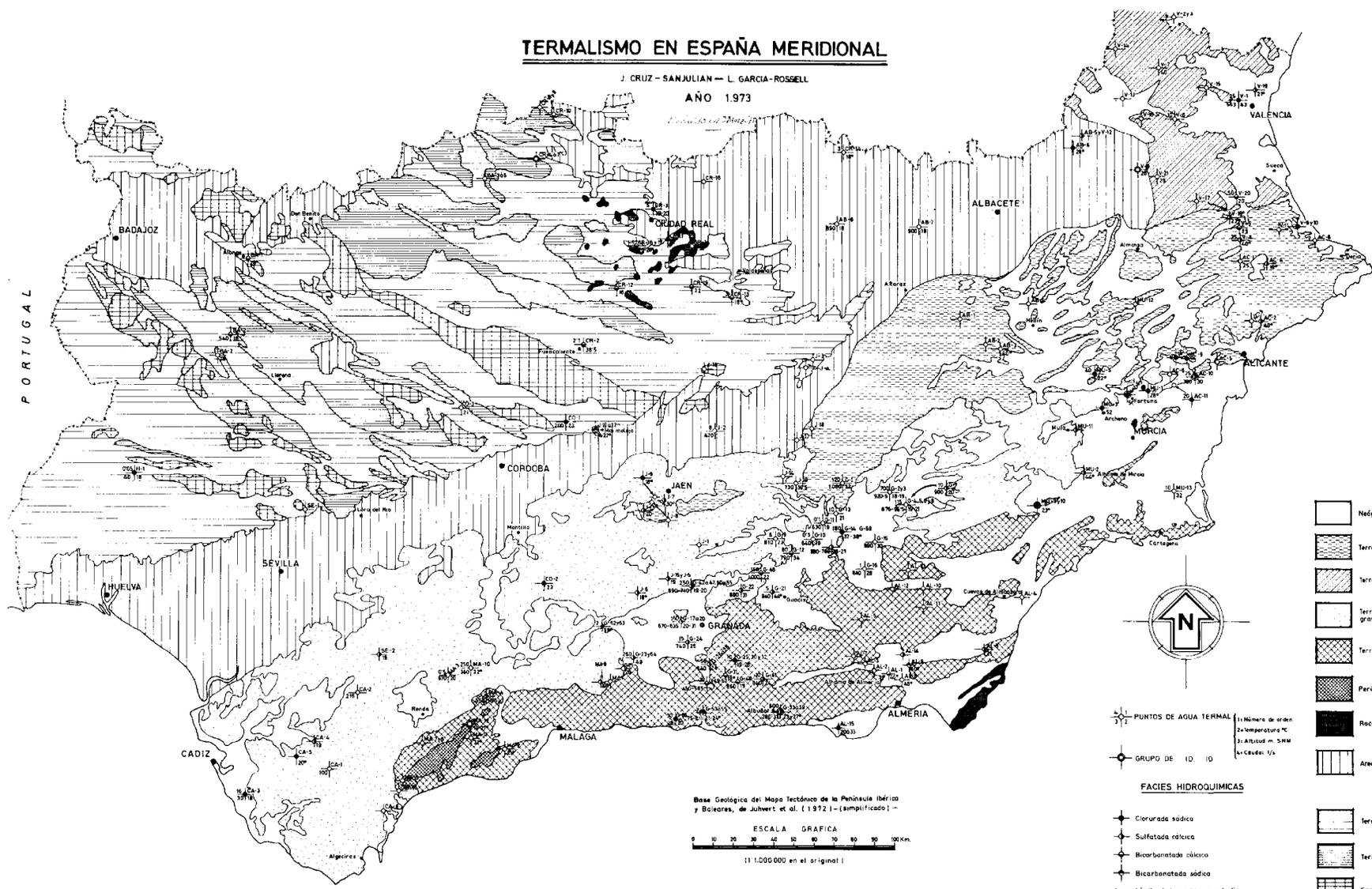
En la tabla 1.^a se indican los puntos de agua termal que corresponden a cada una de las Provincias estudiadas. No dudamos que tal número se incrementará considerablemente al proseguir y hacer más



TERMALISMO EN ESPAÑA MERIDIONAL

J. CRUZ - SANJULIAN - L. GARCIA-ROSSELL

AÑO 1973



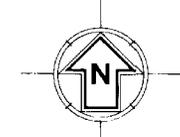
LEYENDA

CORDILLERAS ALPICAS

- Neógeno posttectónico y cuaternario
- Terrenos deformados fundamentalmente entre Mioceno inferior y Superior: PREBETICO S.L.
- Terrenos deformados al final del Oligoceno: CORDILLERA IBERICA
- Terrenos deformados durante el Eoceno-Oligoceno y, en parte, trasladados gravitatoriamente: SUBBETICO S.L.
- Terrenos mono y polimetamórficos: COMPLEJOS NEVADO-FILABRIDE Y ALPUJARRIDE
- Peridotitas de la Serranía de Ronda
- Rocas ígneas neógenas y cuaternarias
- Areas de cobertura, poco o nada deformadas, apoyadas sobre un zócalo hercínico

CORDILLERA HERCINIANA

- Terrenos paleozoicos afectados por las deformaciones hercínicas
- Terrenos precámbricos
- Granitoides postcénicos



- PUNTOS DE AGUA TERMAL**
- 1: Número de orden
 - 2: temperatura °C
 - 3: ALTUD m. S.N.M.
 - 4: Cúveles: V/A

FACIES HIDROQUIMICAS

- Cloruro sódico
- Sulfatada cálcica
- Bicarbonatada cálcica
- Bicarbonatada sódica

--- Límite de la región en estudio

Base Geológica del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, de Juvvert et al. (1972) [simplificado]

ESCALA GRAFICA



(1:1.000.000 en el original)

minuciosa y selectiva la investigación. Así ha sucedido en las provincias hasta ahora estudiadas. En la de Granada, por ejemplo, se localizaron en principio 33 puntos de agua termal, luego se incrementaron a 39 y en estos momentos disponemos de datos de más de 60.

TABLA 1.^a
Número de puntos de agua termal existentes en las provincias estudiadas

Provincia	Sigla	Número de puntos
Albacete	AB	6
Alicante	AC	11
Almería	AL	15
Badajoz	BA	7
Baleares	BL	1
Cádiz	CA	6
Ciudad Real	CR	18
Córdoba	CO	3
Granada	G	63
Huelva	H	1
Jaén	J	18
Málaga	MA	18
Murcia	MU	11
Sevilla	SE	2
Valencia	V	21
Total		201

El Plano 1 muestra (sobre una cartografía geológica esquemática) la situación de cada punto de agua inventariado con indicación, además, de las facies hidroquímicas correspondientes. En algunos casos, la clasificación hidroquímica está pendiente de comprobación debido a que los análisis no fueron realizados por nosotros, sino recogidos de distintas fuentes de información, como puede deducirse al consultar la Bibliografía que presentamos.

II. 3.—Facies hidroquímicas.

Tanto los análisis efectuados recientemente por nosotros como los recogidos en publicaciones anteriores corroboran las conclusiones a que llegáramos en el estudio de las aguas termales de la Provincia de Granada (CRUZ-SANJULIÁN, GARCÍA ROSSELL y GARRIDO BLASCO, 1972): existe un predominio casi absoluto de las facies sulfatadas cálcica (y magnésica), clorurada sódica (generalmente

con porcentajes elevados de sulfatos) y de la bicarbonata cálcica (y magnésica). Sólo hay que añadir aquí la presencia (muy localizada ciertamente) de una facies bicarbonatada sódica tal y como se indica en la Tabla 2.^a

TABLA 2.^a
Número de puntos de aguas termales de cada una de las facies hidroquímicas existentes

	Número	%
Sulfatadas cálcicas y magnésicas	49	43,3
Cloruradas sódicas	30	26,5
Bicarbonatas cálcicas y magnésicas	30	26,5
Bicarbonatadas sódicas	4	3,5
TOTALES	113	99,8

II. 4.—Temperaturas.

Las temperaturas más frecuentes son las comprendidas entre 18 y 21° C, es decir las más bajas, tal como se puede apreciar en la Tabla 3.^a Ligeros máximos se aprecian sobre los 23-24° C y 28-29° C. Las temperaturas superiores a 29° C son poco frecuentes.

TABLA 3.^a
Temperaturas de las surgencias termales

T °C	Número de surgencias
18	18
19	22
20	18
21	12
22	8
23	6
84=59 %	
24	9
25	4
26	4
27	2
28	5
29	6
30=21,5 %	

T °C	Número de surgencias
30	2
31	2
32	2
33	1
34	1
35	0
8 = 5,6 %	
36	0
37	1
38	3
39	0
40	4
41	0
8 = 5,6 %	
42	0
43	0
44	2
45	4
46	1
47	0
7 = 4,9 %	
48	0
49	1
50	0
51	0
52	2
53	1
4 = 2,8 %	
54	0
55	0
56	0
57	0
58	0
59	0
60	1
1 = 0,7 %	

Sobre la significación de estos valores, relativos a las temperaturas de surgencia, hay que tener en cuenta lo ya indicado respecto a la mezcla que frecuentemente se produce entre las aguas termales y las "normales". En este sentido, es interesante se-

ñalar que las surgencias de mayor temperatura presentan una facies sulfatada o clorurada, mientras que, en las de temperaturas más baja, se aprecia una mayor diversidad de facies hidroquímicas, con predominio, no obstante, de la facies bicarbonatada. Esta facies bicarbonatada es, precisamente, la más frecuente en los acuíferos no termales de la región.

Las más altas temperaturas corresponden a las facies sulfatada y clorurada, como se expresa en la Tabla 4.^a

TABLE 4.^a
Relación entre las temperaturas y las facies hidroquímicas

	PUNTOS DE AGUA		
	Menos de 25° C	25 a 30° C	Más de 30°
Bicarbonatadas cálcico-magnésicas	25	4	3
Bicarbonatadas sódicas	3	0	1
Sulfatadas	25	13	11
Cloruradas	15	4	8

No hemos podido comprobar, en la región que ahora describimos, las relaciones que parecen existir en la provincia de Granada entre temperaturas y caudales (CRUZ-SANJULIÁN, GARCÍA-ROSSELL, y GARRIDO BLASCO, 1972), tal vez porque los datos que poseemos, por el momento, no son demasiado representativos.

III. EL TERMALISMO EN RELACION CON LA GEOLOGIA REGIONAL.

III. 1.—Factores que controlan la localización de las surgencias termales.

Las circunstancias geológicas locales pueden enmascarar, en ocasiones, los verdaderos factores que controlan el termalismo. Esto es especialmente cierto cuando se intenta establecer una relación inmediata entre la composición química del agua y la naturaleza litológica del terreno donde aquélla emerge. De ahí la necesidad de un estudio suficientemente extenso cuando se desean interpretar debidamente las características físico-químicas de las

aguas termales en relación con su posible condicionamiento geológico. Por esta razón hemos extendido nuestra investigación (que en un principio se circunscribía a las Cordilleras Béticas) a las zonas más meridionales de la Meseta y de la Cordillera Ibérica, para establecer comparaciones suficientemente válidas con regiones no alpinas.

En el plano I se observan nítidas agrupaciones de los puntos inventariados. Estas agrupaciones están ligadas a factores eminentemente tectónicos:

— De una parte existen alineaciones de dirección aproximada N 60° E, especialmente en el Sur y Sureste de la región estudiada. Así, entre Alicante y Cádiz (en su parte oriental) se observa que hay 70 puntos de agua situados en una estrecha banda que corresponde, precisamente, a la dirección de plegamiento de la Cordillera. (Recordemos que esa dirección es también la que presentan los límites entre los tres grandes conjuntos de las Cordilleras Béticas: Prebético, Subbético y Bético s. str.).

— Por otra parte, y todavía con mayor claridad, se encuentran importantes alineaciones de dirección N 30-40° W. Sirvan como ejemplo las líneas que unen aproximadamente Ciudad Real con Almería, con 35 surgencias, o Jaén con Albuñol (con más de 50), sensiblemente paralelas entre sí.

Esta dirección N 30-40° W corresponde a las fracturas de desgarre, transversas a la dirección de plegamiento de las Cordilleras Béticas, cuya actividad parece ser muy reciente: FOUCAULT (1971) y GARCÍA-ROSSELL (1973) suponen que la falla de Tíscar, en la provincia de Jaén, ha actuado después del Plioceno; también LHENAFF (1967) cita materiales plio-cuaternarios afectados por fracturas de la misma dirección en el borde occidental de Sierra Nevada.

III. 2.—Distribución de las facies hidroquímicas. Su relación espacial con las Temperaturas y Caudales.

También la distribución de facies hidroquímicas parece indicar un importante control geológico, especialmente tectónico.

Se aprecia en este sentido una mayor frecuencia de las facies sulfatadas y cloruradas en las Zonas Internas (Zona Bética s. str.), y a lo sumo en sectores próximos a su contacto tectónico con las Zonas Externas (Zona Subbética).

La facies bicarbonatada muestra una distribución mucho más irregular aunque su predominio corresponde a las Zonas Externas (Prebético y Subbético) y a otros ámbitos geológicos (Meseta y Cordillera Ibérica). Esto parece indicar, por tanto, una distribución de facies acorde con la dirección de plegamiento y con la distribución de los grandes conjuntos de las Cordilleras Béticas.

Asimismo, en estas zonas meridionales se encuentran con mayor frecuencia temperaturas elevadas: Al-1 (45°), Al-2 (60°), Al-6 (45°), Al-9 (53°), MU-2 (44°) MU-3 (52°), MU-7 (45°), G-14 (38°), G-21 (44°), G-23 (49°), etc.

Aunque los datos de caudales sólo son fidedignos en algunos manantiales, hasta ahora éstos suelen ser mayores en la zona meridional, precisamente en las facies cloruradas y sulfatadas, y coincidiendo a su vez con las surgencias de mayor temperatura.

Todo parece indicar, pues, que las surgencias de las aguas termales están ligadas en esta región a estructuras de carácter regional y no a condiciones locales: las anomalías térmicas positivas se localizan en la zona del contacto tectónico del Bético s. str. con el Subbético y a la de éste con el Prebético (dirección N 60° 70° E, así como a fracturas transversas a los mismos (dirección N 30°-40° W).

El primer tipo de estructuras parece controlar la distribución de las facies hidroquímicas, y el segundo la mayor frecuencia de las surgencias. Ello induce a suponer, como hipótesis previa a comprobar, que las citadas fracturas transversas sólo ofrecen un camino de salida para las aguas termales mientras que las Unidades estructurales de la Cordillera parecen controlar de algún modo su composición química y temperatura.

La asociación de estas últimas direcciones con los límites propuestos recientemente para la subplaca de Alborán (ANDRIEUX, FONTBOTE et MATTAUER, 1971) es muy sugestiva, pero ésta es una cuestión que precisa de mayor bagaje de datos que los actuales. De todas formas, no debe olvidarse que la provincia de Cádiz muestra un número relativamente considerable de surgencias de aguas termales, aún en las zonas más externas; también conviene resaltar el gran número de surgencias situadas en el borde meridional de los macizos cristalinos de la Zona Bética, a lo largo de la línea costera que va desde Almería hasta Málaga, y que configuran una importante anomalía térmica regional, cuya significación geológica, es, obviamente, de gran interés.

III. 3.—Relación del termalismo con algunos tipos de yacimientos minerales.

Es notable la asociación espacial entre ambos. Así lo hemos constatado en diversidad de ocasiones: los importantes yacimientos de Celestina de Monte Vives (provincia de Granada) se encuentran junto a las Termas de la Malahá (G-24); los yacimientos de Fluorita son frecuentes en el Dominio Alpujárride (Zonas Internas de la Cordillera Bética), donde no lo son menos las surgencias termales; los importantes yacimientos de óxidos y carbonatos de hierro, del Conjuero, también en el Dominio Alpujárride, están muy próximos a la surgencia termal de los Baños de La Salud o del Piojo (G-4), y a otras fuentes ferruginosas, aunque no termales en la surgencia (Fuente Agria de Pórtugos por ejemplo). Por no hacer demasiado larga esta relación, basta reseñar que en la misma situación geológica aparecen con cierta frecuencia yacimientos de Mercurio, Cobre, Cobalto, Zinc y Plomo. Esto, unido a la presencia de estos cationes en las aguas termales, parece revelar algún tipo de relación causa-efecto entre ambos hechos.

Los campos geotérmicos que ciertamente han englobado (y aún engloban parcialmente), algunas formaciones carbonatadas (calizas y dolomías del Trías alpino, por ejemplo, en las zonas Internas) pueden haber condicionado de alguna manera los procesos que originaron las mineralizaciones citadas. En algunos casos pudieron ser los portadores de iones mineralizantes y en otros su acción pudo limitarse a favorecer una redistribución geoquímica de ciertos elementos, que se concentraron en determinados puntos. La mineralización antes citada de Monte Vives y algunas otras similares tal vez reconozcan este origen. En el caso concreto del hierro, ya se ha sugerido tal posibilidad en otros puntos (Mapa Geológico Nacional, a escala 1:50.000 hoja núm. 836, Mestanza) en vista de la asociación constante entre mineralizaciones recientes de hierro y fuentes aciduladas ferruginosas.

De todas formas, limitar esta cuestión a la acción de las aguas termales sobre sedimentos ya consolidados puede ser incorrecto e incompleto, ya que parece evidente la existencia de aquéllas durante la sedimentación de formaciones terciarias postorogénicas, en las cuencas intramontañosas del ámbito bético. Ello supone un considerable aporte de sales a cuencas aisladas o, al menos, de precaria comunicación con el mar abierto (GONZÁLEZ DONOSO, 1968), lo cual puede traducirse en depósitos sedi-

mentarios circunscritos a los focos de emisión de aguas termales. Así, por ejemplo, los depósitos de sales sódicas de la Malahá, en la provincia de Granada, están situados en conexión espacial con las termas del mismo nombre. Ello está de acuerdo con hechos similares observados en la actualidad en el Mar Rojo y con lo que, además, puede deducirse teóricamente al considerar los sistemas formados por ClNa-SO_4 , Ca, ClK y ClMg, todos ellos presentes en las aguas termales (BRAITSCHE, 1971).

III. 4.—Relación del termalismo con la génesis de tobas y travertinos.

Es bien conocido el depósito actual de carbonato cálcico a partir de manantiales termales. En efecto así lo hemos podido observar en numerosos puntos.

Pero debemos señalar aquí que la evidente asociación geográfica entre muchos de los manantiales termales inventariados con otras tantas formaciones travertínicas parece mostrar un carácter de exclusividad, en el sentido de no existir ningún depósito de tobas desconectado de fuentes termales. La inversa no se cumple siempre pues hay manantiales termales que no llevan asociados ningún depósito de tobas.

En la bibliografía consultada se comprueba el mismo hecho en muchos casos y en regiones distantes, lo cual induce a pensar en una relación genética.

BIBLIOGRAFIA

Dado que en la presente nota sólo se ha pretendido hacer una primera recopilación y puesta al día de lo concerniente al termalismo en la mitad meridional de España, creemos que la relación bibliográfica debe comprender preferentemente trabajos de carácter descriptivo, aunque sean muy antiguos e incluso no poseamos, sobre algunos de ellos, referencias muy precisas.

Con ello no intentamos ofrecer una relación pretendidamente erudita, sino una importante fuente de datos distanciados en el tiempo lo suficiente como para llegar a establecer en muchos casos algún tipo de evolución de las surgencias termales: variaciones de las temperaturas, de los caudales, de la composición química, etc.

ABELLÁN, A.: "Disertación de las aguas termales de Almería" (1972).

ANDRIEUX, J.; FONTBOTE, J. M. et MATTAUER, M.: "Sur un modèle explicatif del l'arc de Gibraltar". *Earth Planetary Sci. Letters*; v. 12; núm. 2, págs. 191-198 (1971).

ANÓNIMO: "Catastro de Ensenada"; respuesta a la pregunta 22 (Resumen). Cubina 214, legajo 10, núm. 511 *De la Real Chancillería* (1752).

ANÓNIMO: "Estado de los establecimientos balnearios oficiales". *Gaceta de Madrid, de 21 de abril de 1890*;

ANÓNIMO: "Guía balnearia de 1944" *Dirección de Turismo Público*. Madrid (1944).

ANÓNIMO: "Balnearios y aguas naturales de España". *Noticiario Turístico*; suplemento 245. Madrid (1968).

AUBÁN, C.: "Tratado de las aguas minero-medicinales" (1859).

AYUDA, J.: "Examen de las aguas medicinales de más nombre que hay en las Andalucías". Guadix (Granada) (1793-98).

BAUTISTA, J.: "Disertación físico química y análisis de las aguas de Sierra Alhamilla, en el Reino de Granada", Almería (1822).

BOTELLA, F.: "Monografía de las aguas minerales y termales de España". Madrid (1892).

BRAITSCHE, O.: "Salt Deposits. Their origin and composition". Edit. *Springer Verlag*; Nueva York (1971).

CARBONELL TRILLO-FIGUEROA, A.: "Datos, planos y antecedentes para la formación del plano geológico-minero industrial del término municipal de Villaharta (Córdoba)" (1945).

CARBONELL TRILLO-FIGUEROA, A.: "Nota sobre los venenos minero-medicinales de Fuencaliente (Ciudad Real)", *Not. Com., I. G. M. E.*, núm. 16 (1946).

CARRETERO, M.: "Censo general de las aguas minerales de España". Madrid (1876).

CASTELLS, R.: "Estudio médico-químico de las Termas de Fuencaliente" (1904).

CHAMORRO MUÑOZ, L.; IZQUIERDO, E., y LÓPEZ, J.: "Estudio hidrogeológico de la zona del Temple (Granada)". *Trabajos del Laboratorio de Hidrogeología. Universidad de Granada (inédito)* (1970).

COSTA, J. L.: "Anuario-guía general de los Balnearios y aguas de España y Mediodía de Francia" (1906).

CRUZ-SANJULIÁN, J., y GARCÍA-ROSSELL, L.: "Características hidrogeológicas del sector del Jabacón (provincia de Granada)" *Bol. Geol. Min.*, t. LXXXIII-I, páginas 68-80 (1972).

CRUZ-SANJULIÁN, J.; GARCÍA-ROSSELL, L., y GARRIDO-BLASCO, J.: "Aguas termales de la provincia de Granada". *Bol. Geol. Min.*, t. LXXXIII-III, págs. 266-275, 5 fig., 1 plano (1972).

DÍAZ DE BERRICANO, I.: "Posibilidades de Investigación de recursos geotérmicos en el Sureste de España". *IV Jornadas Nacionales y II Internacionales minero-metalúrgicas de Cartagena*. III. A; págs. 431-447 (1971).

FOUCAULT, A.: "Etude géologique des environs des sources du Guadalquivir (prov. de Jaén et de Grenade)". *Thèse de Doctorat, Univ. Paris*, 2 vol., 633 pág. (1971).

GARBO Y DE ELOY, N.: "Catálogo general de las aguas minero-medicinales de España y del Extranjero". Barcelona (1899).

GARCÍA CABALLERO: "Algunas consideraciones acerca de las aguas minero-medicinales españolas y en particular referidas a Granada". Tesis Doctoral, Universidad de Granada (1972).

GARCÍA LÓPEZ, A.: "Mapa Balneario de España". Madrid (1867).

GARCÍA-ROSSELL, L.: "Itinerario hidrogeológico número (2.1.12) Granada-Padul-Dúrcal". *Lab. de Hidrogeología. Universidad de Granada* (1967).

GÓMEZ DE BEDOYA, P.: "Historia Universal de las Fuentes Minerales de España". Santiago de Compostela (1750-64).

GONZÁLEZ CRESPO, M.: "Memoria sobre las aguas minero-medicinales de Almería o Sierra Alhamilla: termo-salinas-sulfatadas". Madrid (1940-42).

GONZÁLEZ DONOSO, J. M.: "Estudio geológico de la Depresión de Granada". Tesis, Fac. Ciencias, Univ. Granada, inédita (1967).

HAUSER: "Nuevas investigaciones sobre la relación entre la evolución y la estructura geológica de la península Ibérica y las aguas minerales". *Bol. de la Real Soc. Esp. Hist. Natural*; t-2, págs. 61-62 (1902).

HERNÁNDEZ PACHECO, E.: "Contribución al estudio de las aguas juveniles y a la hidrogeología de la Península Hispánica". *Congr. Luso-Hisp.*, págs. 407-420 Lisboa (1947)

HERNÁNDEZ PACHECO, E.: "Geotectónica del manantial minero-medicinal de Alanje (Badajoz)". *Rev. Las Ciencias*, año XIX, núm. 1. Madrid (1947).

HERNÁNDEZ RAMÍREZ, R., y CAÑADAS MERCADO, M.: "Estudio hidrogeológico del Complejo La Malahá-Monte-vives (Granada)". *Trabajos del Lab. de Hidrogeología. Universidad de Granada (inédito)*. (1969).

- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIVEIRO, A., y CONDE, L.: "Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares contribución al Mapa Tectónico de Europa de la Comisión Nacional de Geología de España y de la Direcção de Minas e Serviços Geológicos de Portugal)", IGME (1972).
- LABAT, A.: "Climat et eaux minerales d'Espagne". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t.-1, pág. 278 (1901).
- LIMÓN MONTERO, A.: "Espejo cristalino de las aguas de España". Alcalá-Madrid (1647).
- LINN, T.: "The health springs of Europa. A medical guide to the mineral springs of Europe". *London H. Kimpton*, 330 pgs., 13 vignettes, mapa (5.ª ed., 1897, New York, D. Appleton and Co 323 pgs.) (1893).
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: "Composición elemental por métodos espectrales de aguas medicinales de la Península Ibérica, núm. 1". *Not. Com. IGME*, 17, págs. 233-243, 1 mapa (1947).
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: "Spectrographic study of the elemental composition of medicinal waters of the spanish peninsula". *Not. Com. IGME*, 17, págs. 3-8, 1 mapa (también en 1948 *Chem abs.*, V. 42, pág. 2039.) (1947).
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: "Aguas minerales y termales de España (Contribución al Mineral and Thermal waters of the world)". Escala 1:7.500.000. *Congreso Geológico Internacional de Praga*, tomo A (1969).
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: "Memoria histórica de las aguas minero-medicinales de Sierra Alhamilla". Informe privado. Inédito (1971).
- MADOZ, P. "Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones en Ultramar". Art. "Alicun de Ortega" (2.ª edc.), T-II, págs. 7-8. Madrid (1847).
- MÉDICOS DIRECTORES DE BAÑOS: "Reseña de los principales balnearios de España". Libro dedicado a los miembros del XIV Congreso Internacional de Medicina, 332 págs., 30 ilustr. (1903).
- MESA, A. DE: "Reconocimiento hidrológico del Valle del Guadalquivir". Junta General de Estadística (1864).
- MESA, A. DE: "Monografía de las aguas ácido-alcalino ferruginosas de Puertollano". Ciudad Real, IV+99 páginas (1865).
- MIGUEL Y PAREDES, E., y MARTÍNEZ CARRILLO, F.: "Guía oficial de las aguas minero-medicinales y establecimientos balnearios de España" (1911).
- MONTELLS y NADAL, F.: "Análisis químicos de las aguas minerales de la provincia de Granada y Almería". Granada (1857).
- MUÑOZ DEL CASTILLO, J.: "Yacimientos y manantiales radioactivos de España". *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, vol. VI, págs. 84-93 (1906).
- ORTI SERRANO, C.: "Distribución geológica de los manantiales minero-medicinales de España". *Congreso Luso-Español de Hidrología*; 1st (Lisboa), Actas, págs. 405-406 (1947).
- PERALES, J.: "Monografía de las aguas minerales de Granada"
- PERALES, J.: "Monografía de las aguas minerales de Alhama de Granada".
- PÉREZ y JIMÉNEZ, N.: "Memoria de las Termas de Fuen-caliente". Madrid, 11 págs. (1912).
- ROSENDO y BALLESPÍ: "Riqueza hidrológica y climatológica de España". Madrid (1913).
- RUBIO, A.: "Tratado completo de las fuentes minerales de España". Madrid (1853).
- RUBIO, J. M.: "Notas de hidrología subterránea en la provincia de Almería". *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, pág. 282 (1919).
- SÁEZ DE TEJADA, M.: "Memoria topográfica físico-química y medicinal de las aguas termo-minerales de Sierra Alhamilla en la provincia de Almería". Córdoba (1876).
- SAN ROMÁN y ROUYER, J.: "Hidrología Médica". Barcelona y Buenos Aires (1945).
- SÁNCHEZ LOZANO, R.: "La tectónica general en relación con las aguas minero-medicinales". *Bol. Geol. Min.*, T-XXXIV, págs. 295-306 (1913).
- SOLSONA, J. B.: "Disertación físico-química y análisis de las aguas de Sierra Alhamilla en el Reino de Granada". Almería (1822).
- SOLSONA, J. B. "Examen de las aguas medicinales que se hallan en el Reino de Granada". Publicado en Almería. (1824).
- STRINATI, P.: "Une grotte chaude près d'Alhame de Murcia". *Speleon*, T-IV, núm. 2, págs. 95-104 (1953).
- TOMÁS, C.: "Historia, clasificación y virtudes de las aguas minerales" (1811).
- TORRES, J.: "Memoria sobre las aguas medicinales de los Hervideros de Fuensanta". Madrid, 73 págs. (1821).
- TORRES VILLAGAS, F. S.: "Mapa Balneario de España. Escala, 1:3.750.000". Madrid (1852).
- VILLAESCUSA, J.: "Monografía y baños minerales de Alanje". Lección V. Madrid (1850).
- ZAPATERO, M.: "Memoria sobre las aguas minerales de los Hervideros de Fuensanta" (1859).
- ZAPATERO, M.: "Guía oficial de Establecimientos Balnearios y Aguas medicinales de España". (R. O. 28 de agosto de 1926), S. A. Editorial y de Publicidad *Rudolf Mosse* (1927).

Recibido: Marzo 1975.

Presencia de mordenita en un yacimiento de bentonita de la región de Cabo de Gata (Almería)

Por J. L. MARTIN VIVALDI (*) y F. LOPEZ AGUAYO (*)

RESUMEN

El estudio de los yacimientos de bentonita de Almería ha puesto de manifiesto en uno de ellos, la presencia de mordenita. Se trata de una zeolita que, por su génesis y características, permite realizar ciertas presiones sobre el proceso de formación del yacimiento considerado.

A partir de los datos mineralógicos y químicos obtenidos se han establecido los límites de temperatura entre los cuales debió ocurrir la transformación y que corresponden al margen de estabilidad de la mordenita calco-sódica (100-300° C). Al mismo tiempo se sugiere que el fluido hidrotermal era rico en sodio y con pH altamente alcalino.

ABSTRACT

The study of bentonite deposits from Almería, shows the presence of mordenite in one of them. This mordenite is a zeolite which genesis and characteristics allow the performance of some accuracies on the formation process of the studied deposit.

Starting from the mineralogical and chemical data obtained, it has been possible to establish temperature limits between which the transformation occurs and which corresponds to the stability margin of the calco-sodic mordenite (100-300° C). It also suggests that hydrothermal fluid was rich in sodium and with a pH of high alkalinity.

INTRODUCCION

Las bentonitas existentes en la región volcánica de Cabo de Gata han sido estudiadas por diversos autores, entre los que destacan: Martín Vivaldi y otros (1956), Martín Vivaldi (1963) y Martín Vivaldi y Linares González (1968 y 1969). La génesis de estos yacimientos ha sido establecida por estos autores, que suponen se debe a un proceso hidrotermal, que altera fundamentalmente riodacitas y en algunos casos perlitas y cenizas volcánicas, y que ha consistido en un aporte de magnesio y movilización de sílice y alcalinos.

Todos los estudios mineralógicos realizados hasta la fecha en los distintos yacimientos de la zona no han puesto de manifiesto la presencia de ningún

mineral del grupo de las zeolitas, por lo que la determinación de su existencia en uno de estos yacimientos es de interés, pues permite establecer ciertas precisiones en el proceso hidrotermal originador de las bentonitas.

DESCRIPCION DEL YACIMIENTO

a) Localización geográfica.

Geográficamente, la zona está localizada al pie del Morrón de Mateo. Ocupa un reducido llano litoral comprendido entre la línea de costas y las estribaciones volcánicas de la parte meridional de la Sierra de Gata. Pertenece al término municipal de Níjar y las coordenadas geográficas medias son: 36°, 43', 15" latitud Norte y 1°, 36', 50" longitud Este (MTN, escala 1:50.000, hoja núm. 1.060, Pozo de los Frailes). Dista de Almería 14 kilómetros.

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

TABLE 3

Razones Na₂O/CaO y SiO₂/Al₂O₃ en las muestras estudiadas

	Na ₂ O/CaO)	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
BE-3	1.286	4,15
BE-4	1.478	4,08
BE-5	1.425	4,07
BE-7	3.034	4,48
S-3	3.940	4,24
S-4	3.490	5,06
S-5	1.695	3,42
S-6	2.375	4,43
S-7	1.726	4,65
S-8	1.500	4,05
S-9	1.341	4,53
S-10	0.662	3,50
S-11	0.923	3,68
S-12	1.082	3,35
S-13	1.305	4,13
S-14	0.863	3,75

TABLE 4

Porcentajes de montmorillonita deducidos por diversos métodos

	% según R-X	% según ATD	% C. cambio
BE-3	30	25	63
BE-4	20	10	60
BE-5	60	—	75
BE-7	55	—	80
S-3	70	—	110
S-4	45	30	112
S-5	65	—	80
S-7	50	—	95
S-10	70	75	107
S-12	75	45	113

b) Análisis químico.

En la tabla núm. 2 se presentan los resultados obtenidos para las distintas muestras. Se han calculado las razones SiO₂/Al₂O₃ y Na₂O/CaO (tabla número 3), con objeto de determinar qué zeolita puede aparecer, ya que según Seki et al. (1972), la temperatura y composición química de la roca parecen controlar la aparición de las mismas.

La capacidad de cambio de cationes, con relación al porcentaje de montmorillonita, determinado por difracción de rayos X y ATD, es anormalmente alta en algunas muestras (tabla núm. 4), lo que confirma la existencia de mordenita en cantidad

apreciable en las mismas, ya que todas las zeolitas presentan una alta capacidad de cambio de cationes.

DISCUSION

La aparición de mordenita en rocas, está ligada a tres procesos fundamentales: metamorfismo (facies de las zeolitas), hidrotermalismo (reemplazamiento de vidrios volcánicos ácidos o crecimiento en vacuolas) y sedimentación (cemento de rocas clásticas marinas).

La mordenita sedimentaria ha sido exclusivamente descrita en la plataforma rusa y montes del Cáucaso, en sedimentos pre-cretácicos y generalmente asociada a opalo, calcedonia o cuarzo, glauconita y pirita. Esta asociación parece indicar que se trataría de un proceso de precipitación en medios débilmente alcalinos. Por otra parte, Iljima y Utada (1966), señalan que la mordenita rusa en relación con la mordenita ordinaria, presenta una ligera deficiencia en sílice y agua. De cualquier forma este proceso, en el caso que nos ocupa, debe ser totalmente descartado, puesto que todos los autores que han estudiado la zona concuerdan en que ha existido un proceso hidrotermal generalizado en toda la región y responsable de las distintas mineralizaciones presentes en ella.

En los dos restantes procesos en los que puede aparecer la mordenita —metamorfismo e hidrotermalismo— son dos los factores fundamentales que parecen controlar la aparición de esta u otras zeolitas, temperatura y composición química de la roca original (Seki y otros, 1972). Por tanto, es conveniente realizar un análisis previo de los trabajos sobre síntesis de este mineral y de las áreas y condiciones naturales en que aparece.

Barrer (1948) fue el primero en sintetizar mordenita sódica a partir de un gel por Na₂O, Al₂O₃, SiO₂ y H₂O, entre 265 y 295° C. Ames (1963) y Senderov (1963) también sintetizaron mordenita sódica a partir de mezclas similares en composición a 250-300° C. y 150-350° C., respectivamente. Posteriormente, Keen y otros (1968) indican que con pH sódicos (c. 11.5) el margen de temperaturas para la obtención de mordenita sódica está entre 100 y 260° C. Por otra parte, Barrer y Denny (1961) sintetizaron mordenita cálcica a partir de un gel de composición CaO, Al₂O₃, SiO₂ y H₂O a 390° C. y en general, el margen de temperaturas en que aparece la variedad cálcica oscila entre 340 y 380° C.,

generalmente inferior al de estabilidad de la wairakita (Ames y Sand, 1958, y Nakajima, 1964).

Ames y Sand (1958) concluyeron a partir de sus trabajos experimentales que, la mordenita es un buen ejemplo de serie isomórfica completa entre sodio puro y calcio puro, por tanto el margen de estabilidad y temperatura de síntesis de los términos intermedios debe ser intermedio entre ambos extremos. Así, Ellis (1960) sintetiza mordenita calcosódica a 230° C. exponiendo una obsidiana a soluciones hidrotermales naturales en el interior de un sondeo en Wairakei (N. Zelanda).

En áreas naturales, en condiciones de temperatura similar, mordenita y laumontita son igualmente estables, por lo que la composición química parece ser el factor que principalmente determina la zeolita formada. Así Yoshimura (1961-1964), estudiando la alteración de rocas piroclásticas japonesas a laumontita y mordenita encuentra que la mordenita aparece en las rocas donde las relaciones SiO₂/Al₂O₃ y NaO₂/CaO son más altas.

Del mismo modo Umegaki y Ogawa (1965) indican que la laumontita aparece en tufos basálticos y andesíticos, mientras que los tufos riolíticos asociados fueron alterados a mordenita.

Nakajima y Tanaka (1967) encuentran laumontita y mordenita reemplazando tufos riolíticos, ahora bien, calculando la relación Na₂O/CaO observaron que aparecía mordenita cuando los valores oscilaban entre 0,70 y 3,11, mientras que para valores entre 0,24 y 0,60 aparecía laumontita.

Seki (1970) al estudiar un área geotermal activa del Japón encuentra que aparece mordenita, junto con saponita, cuarzo y otros minerales debido a que la relación NaO₂/CaO de las rocas volcánicas de dicha área es muy alta. Comparando los resultados obtenidos con los de otras áreas geotermales japonesas en las que aparecen alunita, yeso y anhidrita, observa que el fluido termal presenta una baja concentración de SO₄²⁻, indicando además que en el área donde aparece la mordenita hay una baja disolución de sodio por el vapor, mientras que en las otras áreas el sodio de las rocas volcánicas originales ha debido ser disuelto por el vapor de carácter ácido, con lo que la solución Na₂O/CaO ha disminuido lo suficiente como para formar zeolitas del tipo de la laumontita o wairakita.

A partir de todos estos datos, considerando la asociación mineralógica encontrada en este yacimiento de bentonitas, asociación constituida fundamentalmente por montmorillonita y mordenita, y

de acuerdo con los datos de Helgeson (1964) según los cuales parece que existen básicamente dos tipos de fluidos hidrotermales: el tipo cloruro sódico con pH alcalino y el constituido por cloruros y sulfatos con pH ácido. Parece posible suponer que el fluido hidrotermal que alteró los tufos de esta región fue del tipo primero. El proceso de alteración producido por este fluido, aunque no bien conocido, podría consistir en las hidrólisis de los feldespatos. En su estado original la razón Na/H en este fluido podría ser baja según deduce Helgeson (1964), pero la hidrólisis de los feldespatos a montmorillonita produciría el consiguiente aumento de la concentración de sodio y la consecuente formación de mordenita.

Los límites de temperatura entre los cuales se originó la transformación, están marcados precisamente por la aparición de mordenita y pueden establecerse entre 100 y 300° C., margen de estabilidad de la mordenita calco-sódica, por otra parte, el límite superior está también marcado por la ausencia de paragonita que se forma sobre los 325° C.

En la formación de la mordenita no se debió utilizar todo el exceso de sílice proveniente de la formación de la montmorillonita, como lo demuestra el hecho de que existe sílice libre, bajo la forma de cristobalita de baja, lo que está de acuerdo con los experimentos de síntesis y alteración de Hemley y otros (1961).

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Instituto Geológico y Minero de España el permiso concedido para la publicación de este artículo, que se ha elaborado a partir de las determinaciones mineralógicas efectuadas para el programa sectorial de geotenia "Bentonitas de Almería".

BIBLIOGRAFIA

AMES, L. L. (Jr.): *Synthesis of a clinoptilolite-like zeolite*. "Amer. Min.", 48, 1372-1381 (1963).
 AMES, L. L. (Jr.): *Hydrothermal synthesis of wairakite and calcium mordenite*. "Amer. Min.", 43, 476-480 (1958).

- BARRER, R. M.: *Synthesis and reaction of mordenite*. "Journ. Chem. Soc.", London, 2158-2163 (1948).
- BARRER, R. M., and DENNY, P. J.: *Hydrothermal chemistry of the silicates, part X, a partial study of the field CaO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O*. "Journ. Chem. Soc.", London, 983-1000.
- ELLIS, A. J.: *Mordenite synthesis in a natural hydrothermal solution*. "Geochim. and Cosmochim. Acta", 19, 145-156 (1960).
- HELGESON, H. C.: *Complexing and hydrothermal ore deposition*. Pergamon Press, New York (1964).
- HEMLEY, J. J.; MEYER, C., and RICHTER, C. H.: *Some alteration reactions in the system Na₂O-Al₂O₃-SiO₂-H₂O*. "Geol. Survey Research. D." 338-340 (1961).
- IJIMA, A., and UTADA, M.: *Zeolites in sedimentary rocks, with reference to the depositional environments and zonal distribution*. "Sedimentology", 7, 327-357 (1966).
- KEEN, I. M.; KING, W. J., and WALLS, R.: *Hydrothermal synthesis of sodium-mordenite in pebble form*. "Nature", 217, 1045-1046 (1968).
- MARTÍN VIVALDI, J. L.; CANO RUIZ, J., and FONTBO-TE, J. M.: *The bentonites from the volcanic region of Cabo de Gata (Almería)*. "Clays Min. Nat. Acad. Sci. Pub.", 456, 181-184 (1956).
- MARTÍN VIVALDI, J. L.: *The bentonites of Cabo de Gata (Southern Spain) and of Guelaya volcanic (North Morocco)*. "Clays and Clay Min", 10th. Nat. Conf.", 327-357 (1963).
- MARTÍN VIVALDI, J. L., y LINARES GONZÁLEZ, J.: *Las bentonitas de Cabo de Gata. II. Yacimiento de Palma del Muerto*. "Bol. Geol. y Min.", 79, 605-611 (1968).
- MARTÍN VIVALDI, J. L., y LINARES GONZÁLEZ, J.: *Las bentonitas de Cabo de Gata. III. Consideraciones sobre la mineralogía y génesis de los yacimientos estudiados*. "Bol. Geol. y Min.", 80, 74-80 (1969).
- NAKAJIMA, W.: *Synthesis of high-silica zeolites and their significances*. "Journ. Min. Soc.", Japan, 7, 23-32 (1964).
- NAKAJIMA, W., and TANAKA, K.: *Zeolite-bearing tuffs from the Izumi group in the central part of the Izumi Mountain Range, Southwestern Japan, with reference to mordenite-bearing tuffs and laumontite tuffs*. "Journ. Geol. Soc.", Japan, 237-245 (1967).
- SEKI, Y.: *Alteration of bore-hole cores to mordenite-bearing assemblages in Ttocabupuri active geothermal area, Hokkaido, Japan*. "Journ. Geol. Soc. of Japan", 76, 605-611 (1970).
- SEKI, Y.; OKI, Y.; DAKA, S., and OZAWA, K.: *Stability of mordenite in zeolite facies metamorphism of the Oyama-Isehara district, East Tanzawa Mountain, Central Japan*, 78, 145-160 (1972).
- SENDEROV, E. E.: *Crystalization of mordenite under hydrothermal conditions*. "Geochemistry", 1, 848-859 (1963).
- UMEGAKI, Y., and OGAWA, T.: *A note on occurrence of zeolites in the miocene formation in Shimane Prefecture, Japan*. "Journ. Sci. Hiroshima Univ.", 5, 479-497 (1965).
- YOSHIMURA, T.: *Zeolites in miocene pyroclastic rocks of Fukushima district, Hokkaido*. "Journ. Geol. Soc. of Japan", 67, 573-583 (1961).
- YOSHIMURA, T.: *Zeolites in the Tuff formation*. "Journ. Min. Soc. of Japan", 7, 45-50 (1964).

Recibido: Abril 1974.

Sobre las rocas "porfiroides" de la banda Almendralejo-Azuaga (SO de España)

Por V. S. CELA (*) y A. APARICIO

RESUMEN

Se analizan la petrogénesis y situación estratigráfica de los porfiroides de la banda Almendralejo-Azuaga, y se hacen extensivos estos datos a otras áreas del SW de España. Se insiste en el origen por procesos de granitización lineales en ambientes dinámicos a baja temperatura. Estos procesos afectan a series estratigráficas cuyo techo se sitúa, hasta ahora, en el Devónico.

ABSTRACT

In this paper the authors discuss the stratigraphic location and petrogenesis of the called "porfiroides" rocks belonging to the Almendralejo-Azuaga band (Badajoz, Spain). The established conclusions are extensive to similar rocks of other areas in SW Spain.

An origen by lineal granitization processes in dynamic environments at low temperature are supposed. These processes affect stratigraphics series whose top has been considered until now of Devonian age.

Las formaciones porfiroides del SW de la Península Ibérica, localizadas principalmente en el anticlinorio Almendralejo-Azuaga, están constituidas por rocas de textura néisica con fenocristales de cuarzo y feldespatos de tamaño variable (Oftalmi-tas) englobados por una matriz con cuarzo, sericita, moscovita, biotita y accesorios. Las texturas que presentan se corresponden con tipos arteríticos en los que las venas leucocráticas se estiran y aboudinan originando texturas "augen", en las que las boudines formados varían desde escasos milímetros hasta varios centímetros, originando facies macro y microglandulares. Es frecuente el carácter milonítico de la formación, presentando fenocristales girados con respecto a la foliación desarrollada, marcando el carácter sincinemático de los mismos.

El conjunto de "rocas porfiroides" se presentan en bandas alargadas de varios kilómetros de longi-

(*) Cátedra de Petrología. Universidad Complutense. Madrid.

tud con anchuras muy variables, concordante en sus directrices con la estructura de la roca-caja, que está siempre constituida por series detríticas más o menos finas en las que predominan cuarzo, sericita y minerales arcillo-micáceos y de intensidad metamórfica muy baja. El contacto porfiroide-pizarra es gradual a pequeña escala (métrica a decimétrica) con pérdida de los fenocristales, el cual ha sido interpretado por algunos autores como contacto discordante. Dentro de las facies porfiroides se encuentran cristales de distena, sillimanita y almandino en las facies más deformadas.

La interpretación petrogenética de estas rocas ha sido y sigue siendo objeto de controversia. Para BARD (1967, 1969), HERNÁNDEZ ENRILE (1971), VEGAS (1971), DELGADO QUESADA (1971), MUÑOZ y VEGAS (1974) y CHACÓN (1974), son rocas detríticas en los que los fenocristales corresponden a cantos heredados y envueltos por la foliación o bien se trata de rocas ortoderivadas de formaciones volcánicas y gra-

níticas en los que los fenocristales ya preexistían. Siguiendo a estos autores, los porfiroides estarían afectados por un metamorfismo regional elevado con desarrollo de sillimanita-distena, ocupando además una posición estratigráfica muy definida, como series de transición Cámbrico-Precámbrico o bien ya incluidos totalmente en el Precámbrico.

Los autores en una publicación reciente (SÁNCHEZ CELA, APARICIO, 1972), se mostraron contrarios a estas interpretaciones petrogenéticas, considerando el conjunto de rocas porfiroides como el resultado de inyecciones cuarzo-feldespáticas en formaciones poco metamórficas principalmente pizarrosas, acompañadas de fuerte deformación y asociadas a la presencia de rocas granitoideas sincinemáticas más o menos superficiales causantes de las inyecciones. La ausencia de facies "petrográficas-metamórficas" intermedias, invalida la posibilidad de un metamorfismo regional más o menos elevado. La paragénesis distena-sillimanita no se asociaba a un metamorfismo regional sino que es consecuencia del propio gradiente metamórfico-metasomático. Con tal carácter se consideraba que la presencia de las facies porfiroides no tenía una situación estratigráfica definida, y que era un fenómeno extendido a series del Paleozoico Inferior.

MUÑOZ y VEGAS (1974) aunque ya no admiten un metamorfismo regional y dan carácter milonítico a la formación siguen insistiendo en las características paraderivadas (conglomerados) y ortoderivadas de estas formaciones, achacando la presencia de matriz sericítica que envuelve a los fenocristales como el resultado de un retrometamorfismo.

CHACÓN (1974) sigue insistiendo en el carácter paraderivado de estas facies porfiroides pero afectadas por un polimetamorfismo fundamentalmente dinámico en las que establece hasta cuatro episodios metamórficos.

Independientemente de la discusión de estos resultados, que creemos complica excesivamente procesos que para nosotros son más simples y racionales, queremos resaltar aquí la falta de información bibliográfica de dicho autor (CHACÓN, 1974), no sólo de la zona motivo de discusión, sino de otras áreas del Macizo Hespérico a las cuales el autor hace referencias.

Recientes investigaciones realizadas en el Valle de la Serena (SÁNCHEZ CELA y GABALDÓN, 1974) permiten añadir nuevos datos sobre el origen de las rocas porfiroides. Aquí las rocas graníticas pegmatíticas más o menos blastomiloníticas son en muchos

puntos verdaderos "porfiroides" y neises blastomiloníticos muy semejantes a los existentes en la banda de porfiroides de Almedarjejo-Azuega.

Las rocas graníticas pegmatíticas no sólo están relacionadas petrogenéticamente con facies "porfiroides" y neises pegmatíticos blastomiloníticos sino también con cuarcitas feldespáticas, denominadas por diversos autores como "arcosas" o rocas cuarzo-feldespáticas muy análogas a las que con esta última denominación algunos autores atribuyen como rocas sedimentarias localizadas en el tránsito Cámbrico-Precámbrico.

La relación de estos porfiroides con niveles estratigráficos determinados, opinión de los autores que asignan a aquellos materiales un origen orto, paraderivado o mixto (volcano-sedimentario) es bastante dudosa, ya que aparecen afectando a diferentes niveles estratigráficos, estando el "techo" localizado, hasta ahora para nosotros, en el Devónico Inferior-Medio, como se deduce del área del Valle de la Serena.

Por otro lado las citas bibliográficas sobre la "localización" estratigráfica de estas facies porfiroides dentro del Macizo Hespérico hablan de una amplia dispersión estratigráfica, que en general parece localizarse entre el Precámbrico y el Silúrico, aunque HERNÁNDEZ ENRILE (1971) los extiende hasta el tránsito Devónico-Carbonífero, lo que parece estar de acuerdo con la teoría petrogenética expuesta por nosotros y que puede resumirse como un proceso de granitización lienal en ambientes dinámicos a baja temperatura ocurridos seguramente durante el Devónico Medio.

Por último creemos que una mayor discusión de los datos de observación sobre el terreno entre los distintos autores interesados en estas rocas, podría ser el punto de partida de una más amplia colaboración, que llevaría sin lugar a dudas, a interpretaciones menos divergentes.

BIBLIOGRAFIA

BARD, J. P.: *Granites écrasés et orthogneiss "Ollo de Sapo" à d'isthène dans la bande métamorphique de Badajoz-Azuaga (Badajoz, Espagne) et le problème d'un socle briovérien dans le Sud de l'Espagne*. "C. R. Acad. Sc. Paris", 265, 1875-1878. 1967.

— *Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentales (Espagne); sa place dans le segment hercynien subibérique*. "Thèse Fac. Sc. Montpellier", 397 p. 1969.

CHACÓN, J.: *Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba: Los gneises milonitas de Higuera de Llerena (provincia Badajoz)*. "Bol. Geol. Min.", 85-6, 700-712. 1974.

DELGADO QUESADA, M.: *Esquema geológico de la hoja 878 de Azuaga (Badajoz)*. "Bol. Geol. Min.", 82, 277-286. 1971.

HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: *Las rocas porfiroides del límite Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza Monesterio (Badajoz)*. "Bol. Geol. Min.", 82, 359-370. 1971.

MUÑOZ, M. y VEGAS, R.: *Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba*. "Bol. Geol. Min.", 85-6, 450-463. 1974.

SÁNCHEZ CELA, V. y APARICIO YAGÜE, A.: *Nuevas consideraciones petrogenéticas sobre las rocas gneísicas y "porfiroides" localizadas en la alineación estructural "Almendralejo-Azuaga" (Badajoz)*. "Bol. Geol. Min.", 83-4, 407-419. 1972.

SÁNCHEZ CELA, V. y GABALDÓN LÓPEZ, V.: *Explicación de la Hoja 631/13-33 Zalamea de la Serena, escala 1:50.000*. "Inst. Geol. Min. de España". 1974.

VEGAS, R.: *Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena occidental y las Sierras N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)*. "Bol. Geol. Min.", 82, 351-358. 1971.

Recibido: Noviembre 1974

INFORMACION

Seminario Internacional sobre "Aprovechamiento de la energía geotérmica"

Se ha celebrado en Madrid del 7 al 11 del presente mes de abril el Seminario Internacional sobre Aprovechamiento de la Energía Hidrogeotérmica, organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid y la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.

El Seminario forma parte del VIII Curso de Hidrogeología Aplicada, que tiene lugar a lo largo del primer cuatrimestre del año en curso.

El acto inaugural del Seminario, estuvo presidido por el Director General de la Energía ilustrísimo señor don José Luis Díaz Fernández, acompañado por el ilustrísimo señor Director General de Minas, don José María Oliveros, ilustrísimo señor Director del Instituto Geológico y Minero de España don Pedro Fontanilla Soriano, excelentísimo y señor Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid don José Luis Ramos Figueras, autoridades académicas de la Escuela de Minas y don Juan Melgar, Director de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras.

La conferencia inaugural estuvo a cargo de don Jorge Guiza Lámbarri, doctor Ingeniero Jefe del Departamento de Recursos Geotérmicos de la Comisión Federal de Electricidad de Méjico, y versó sobre el tema "La energía hidrogeotérmica, presente y futuro".

A lo largo de los cinco días que duró el Seminario, se trataron los siguientes temas en diversas conferencias en sesiones de mañana y tarde: "Geología e Hidrogeología, Geoquímica y Geofísica, Tecnología de Perforación y Producción, Economía, Evaluación de yacimientos y factores ambientales, la Energía Hidrogeotérmica en la producción de electricidad y calor".

Hemos de destacar por su especial interés la intervención de los especialistas invitados a participar en este

Seminario: don Jorge Guiza Lámbarri, Comisión Federal de Electricidad de Méjico; don Robert C. Axtmann, Profesor de Ingeniería Química de la Universidad de Princeton USA; don Ives Serres, Dr. Ingeniero de la Compagnie Generali de Geophysique, París; don Gerard Cormy, Dr. Ingeniero del L'Institut Français du Pétrole (BEICIP) París; don Pietro di Mario, Dr. Ingeniero Electrotécnico de la Direzione Deglio Studi e Ricerche del Ente Nazionale per l'Energie Elettrica (ENEL) Roma; señor Cigni, Dr. Ingeniero y Jefe de Producción y Perforación del Campo Geotécnico de Larderello, Italia; señor Geoffroy, Ingeniero de la Empresa de Sondeos y Trabajos Mineros "Foramines", París; don Pierre Coulbois, Ingeniero Jefe del Departamento de Geotermia del "Bureau de Recherches Geologiques et Minières (BRGM), Francia; don Alain Charles Gringarten, Ms. Ph. Dr. Ingeniero del Departamento de Geotermia del BRGM, Francia; don Ladislado Rybach, Profesor de la Universidad de Zurich. Ingeniero de Motor Columbus (BADEN), Suiza. Junto a estos conferenciantes extranjeros participó un nutrido grupo de investigadores españoles de diversas universidades españolas y Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, así como del Instituto Geológico y Minero de España y de diversas empresas de investigación minera.

La sesión de clausura estuvo presidida por don Juan Antonio Gómez Angulo, Consejero Delegado de la Empresa Nacional Adaro, acompañado de los representantes de la Escuela de Minas y de las empresas colaboradoras con los cursos de hidrogeología aplicada. Se cerró el acto con la conferencia pronunciada por don Jerónimo Abad Fernández, Ingeniero de Minas del Instituto Geológico y Minero de España sobre "Posibilidades de la Energía Geotérmica en España".

Una serie de actos sociales dedicados a las personas acompañantes complementaron el Seminario.

Los minerales no metálicos de interés industrial (1)

Por IVON URAS (2)

Los minerales no metálicos de interés industrial comprenden un campo muy amplio, pero un tanto indeterminado. La panorámica que se intenta dar en esta conferencia introductoria estará limitada a un cierto número de minerales elegidos, bien porque a ellos se refieren las comunicaciones que se presentan en esta sesión, o bien porque tienen un particular interés, ya sea porque su demanda está continuamente creciendo o porque sus utilidades se han multiplicado.

No citaremos las características de estos minerales que ya son conocidas por todos aquellos que a nivel científico o técnico se ocupan de ellos, sino sólo nos limitaremos a llamar la atención sobre algunas de ellas, no porque se consideren de absoluta novedad, sino porque valga la pena recordarlas en este momento y puntualizar algunos aspectos.

Al mismo tiempo daremos, de los minerales tratados, algunos datos estadísticos, concretamente los de la producción mundial y los de la italiana, siempre y cuando tales datos se hayan podido conseguir. Estos datos provienen del "Mineral Yearbook 1971" y de las revistas "Mining Engineering", "Engineering and Mining Journal" y "World Mining".

Entre los minerales industriales no han sido tratados ni la barita ni la fluorita, porque en estos últimos años han sido objeto de reuniones específicas.

Respecto al asbesto, la producción mundial ha sido de 4.400.000 Tm. en 1973 y la italiana de 100.000 Tm.; la producción italiana entre 1972 y 1973 ha aumentado en 27.210 Tm., o sea el 25 por 100.

Para los materiales arcillosos se puede decir que mientras para el caolín y para los otros tipos de arcillas, tales como las arcillas refractarias, las arcillas cerámicas y las arcillas esmectíticas, las utilidades son las normales, para la bentonita, además de su utilización en los barros de sondeos de las perforaciones petrolíferas y en los procesos de pelletización de los minerales de hierro, donde

(1) Conferencia Introductoria a la sesión III del 1.º Congreso Internacional sobre las explotaciones de minerales y rocas industriales, celebrado en Torino (Italia) del 4-6 de octubre de 1974.

Traducida del italiano con permiso expreso del autor por E. Galán. Instituto "Lucas Mallada". C.S.I.C. Madrid.

(2) Catedrático de Yacimientos Minerales. Director del Instituto de Yacimientos Minerales, Geofísica y Ciencias Geológicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cagliari (Italia).

los consumos han aumentado siete veces en los últimos cinco años, se espera un nuevo y potencialmente abundante empleo en la creación de pantallas en los procesos, ya imperiosos, de control de las fuentes de polución para el agua.

No se debe olvidar el empleo de estos materiales en la agricultura, las industrias oleícolas y vinícolas, la industria del papel, la textil, la farmacéutica y la de cosméticos.

En este campo se siente con urgencia la necesidad de una normalización para los mercados específicos. La producción mundial para el caolín ha sido de Tm. 12.600.000 en 1972, y la de Italia, en el mismo año, ha sido de 320.800 Tm., con una disminución respecto al año 1970 de cerca de 48.000 Tm., o sea del 5 por 100. En 1974, aunque sólo se tienen datos parciales, la producción ha aumentado de nuevo.

Para el feldespato, cuya producción mundial en 1971 ha sido de 2.350.594 Tm., y para Italia de cerca de 200.000 toneladas, debemos recordar que Italia, junto a Francia, Alemania Occidental, Noruega, Rusia y U.S.A., está entre los mayores productores de esta materia prima.

Italia ocupa el sexto puesto en la producción mundial de yeso, con 3,5 millones de Tm., en 1972, frente a los 63,5 millones de la producción mundial. La necesidad y la demanda de este mineral aumentan continuamente. En U.S.A., por ejemplo, el consumo en 1972 ha sido de 20.000.000 Tm., con una importación del orden del 37 por 100, debida más a un problema de costes que a una limitación de las reservas de EE. UU. Por ello, todas las importaciones se han destinado a las zonas costeras, tanto a la Atlántica como a la Pacífica. También por un problema de costes, esta vez en particular por el transporte, no puede por el momento satisfacer a la demanda del mercado al precio actual de 30,7 dólares (enero 1974), la también muy notable producción del Oeste de Canadá.

Un mineral que particularmente ha tenido un boom en los últimos años y especialmente en 1973, es el talco, cuya demanda se desplaza cada vez más hacia el campo de los barnices, en el cual las especificaciones granulométricas han llegado a ser cada vez más importantes, ya dentro del campo de las pocas micras. En los últimos años va aumentando también la utilización de este mineral en la pelletización. La producción mundial de talco ha sido en 1973 de 5,5 millones de Tm., y la italiana de 155.000 Tm.

Minerales muy nuevos y que a nuestro juicio tendrán también mucha importancia en un futuro muy cercano, casi fundamental, son los de las tierras raras. Actualmente las producciones son muy bajas. (La producción mun-

dial en 1971 fue de 12.300, el 60 por 100 concentrado de monacita.) Pequeño es también el número de países productores. En 1971 eran sólo 12, excluidos Rusia y China, para cuyos países faltan en este campo los datos estadísticos. Los dos países mayores productores son Australia y la India, que dan en conjunto el 60 por 100 de la producción mundial.

Las tierras raras han encontrado utilización en metalurgia, vidrios, industrias químicas, en la química y en la industria nuclear, en medicina, cerámica, agricultura y electrónica.

Los yacimientos de tierras raras, actualmente de interés económico, son:

- Placeres costeros aluviales y metamórficos con monacita y euxenita.
- Pegmatitas graníticas con gadolinita, tantalatos y niobiatos de tierras raras.
- Depósitos hidrotermales de carbonatitas con magnetita.
- Skarn de magnetita con fluorita frecuentemente asociada.

Muchos otros litotipos contienen de alguna forma minerales de tierras raras que localmente pueden dar lugar a concentraciones económicamente interesantes. Respecto al valor económico de estos minerales bastará decir que el precio del grupo de tierras raras varía de un mínimo a 35 dólares/libra para el lantano, hasta un máximo de 6.500 dólares/libra para el lutecio.

En Italia, por el momento actual, no hay producción de estos minerales, pero diversas entidades, entre las que se encuentran los Institutos Universitarios, están dedicando parte de sus actividades a esta investigación. Esperamos que los resultados sean favorables. Lo deseamos, sobre todo, por la economía de nuestro país.

De los otros minerales nos limitaremos a dar sólo algunos datos estadísticos de producción.

Diatomeas:

Producción mundial (1972): 1.650.000 Tm.

Producción italiana (1972): 60.000 Tm.

Fosfatos:

Producción mundial (1971): 96.500.000 Tm.

Sales de potasio (expresadas en K₂O):

Producción mundial (30-6-72 al 30-6-73): 20.000.000 Tm.

Producción italiana: 180.000 Tm.

Cloruro sódico:

Producción mundial (1972): 162.561.000 Tm.

Producción italiana: 4.500.000 Tm.

(Entre sales minerales y sales marinas.)

Por lo que respecta a los tipos de yacimiento de estos minerales de interés industrial, ya reseñados, no nos detendremos mucho tiempo porque su situación y características es ya clásica y de todos bien conocida.

Con esto no intento decir, en absoluto, que en este campo no existan problemas, existen muchos y todos abiertos. Diré, sin embargo, que no son problemas nuevos. El problema principal en el campo de los materiales litoideos es el escaso conocimiento que a veces se tiene de ellos y la escasa atención que en general se les dedica.

Su investigación, sin embargo, condiciona el perfecto conocimiento de toda la temática propia de la petrografía metamórfica y de sus abundantes y complejas asociaciones, de los parámetros termodinámicos que regulan sus equilibrios, o la de los grandes fenómenos sedimentológicos, ya sea la de los mares más o menos abiertos, ya sea la de las cuencas cerradas evaporíticas.

Los depósitos salinos con potasio y sodio como principales componentes constituyen un ejemplo de un problema complejo. Quizá para ningún mineral como para los no metálicos es necesario la colaboración de especialistas de diversos campos.

Problemas no menos serios se tienen cuando pasamos a considerar la valoración de las reservas de su concentración, no tan sólo por la posibilidad de muestrear de forma representativa, como por la interdependencia que existe entre el mineral económicamente explotable y el estéril. El paso de uno a otro es frecuentemente tan gradual, tan continuo, que trazar los límites entre ellos puede constituir un problema de ardua solución.

Asimismo, para estos minerales son casi siempre más graves los problemas de economía y de elección de métodos y máquinas de demolición que los de tratamientos.

En definitiva, se puede decir que los minerales no metálicos de interés industrial reúnen en sí a los problemas de tipo técnico y económico a los que está habituado, especialmente en el último período, la industria minera más clásica, y a los problemas propios de los "parientes más pobres": las gravas y las arenas, como las ha denominado, de forma tan clara y aguda, el profesor Deriu en la primera sesión de este Congreso.

Como no me adentraré más allá en este análisis, me contento con haber trazado, respetando los límites de tiempo disponible, los aspectos generales.

Sólo sobre los minerales de las Tierras Raras hemos querido hacer un cuadro más detallado en cuanto a que sus tipos de yacimientos pueden constituir, al menos dentro de ciertos límites, una novedad. Para todos los minerales se puede decir que en el mundo existen todavía amplias reservas ya conocidas y registradas y que, al menos para algunas de ellas, no se han agotado las posibilidades de nuevos hallazgos; también para Italia la situación es bastante "rosa". Algunos de estos minerales podrán, desde luego, constituir las reservas del porvenir y progresivamente sustituir en valor y en importancia a minerales más clásicos.

¿Cuándo comenzó el fenómeno de tectónica de placas? (*)

Por Dr. PETER J. SMITH

Hay un punto que se subestima a menudo por los que se dedican a las Ciencias de la Tierra, al parecer porque lo consideran demasiado evidente para ser digno de mención, y es que sus puntos de vista acerca del comportamiento de la Tierra están todavía sucesivamente influidos por datos que se refieren a un pasado comparativamente reciente. Que exista tal parcialidad es, siempre lo ha sido y probablemente siempre lo será, inevitable, aunque sólo sea porque las rocas más modernas son, por lo general, las más abundantes, las menos sujetas a alteración a partir de su estado original, y las que se asocian con más facilidad a procesos cuya virtualidad no deja lugar a ninguna duda. Pero no por ello deja de resultar peligroso. Porque cuanto mayor sea la tendencia a considerar un intervalo de tiempo relativamente restringido tanto mayor es la inclinación a sucumbir ante una fe, como tal, no crítica con respecto a un concepto uniformista del mundo, con todo lo que implica en términos de extrapolación del presente al pasado.

Es, quizá, significativo que conforme los geólogos se familiarizan más y más con lo pre Mesozoico, e incluso con lo pre Paleozoico, tanto menor ha sido su preocupación en defender el uniformismo o el actualismo (de todos modos, nueve de cada diez geólogos son incapaces de diferenciar ambos conceptos), y tanto mayores son sus dudas acerca de lo que realmente significan, o hayan podido significar (excepto desde el punto de vista de reacción respecto al catastrofismo bíblico). La consecuencia es que el "uniformismo" ha llegado a representar en la actualidad poco más que una actitud vaga, una postura negativa equivalente a, que sea lo que sea el uniformismo, lo que no es, es catastrofismo. Por otra parte, la influencia del fenómeno histórico es tan grande que lo que podría parecer solamente como una idea filosófica pasada de moda, puede, sin embargo, ejercer repercusiones mentales y efectivas de profundo enraizamiento.

El intento de extender los conceptos de la tectónica de placas más y más allá en el pasado remoto constituye un buen ejemplo. El conjunto de ideas, de amplia aceptación, conocido como nueva tectónica global, se apoya en datos relacionados solamente con unos pocos cien-

tos de millones de años últimos, o sea menos del 3 por 100 de la historia de la Tierra, y, no obstante, estos conceptos han conseguido convertir, a la mayor parte de los geólogos, de una fe en la Tierra estática, a la convicción de que el planeta está en un estado de movilidad más o menos continua. Pero, por impresionantes y conclusivas que puedan parecer las pruebas, una transformación tan radical de la imagen del mundo, basada en una proporción tan pequeña de la existencia de la Tierra, no puede, por menos, de suscitar la cuestión del cuál sea el comportamiento "normal" de la Tierra a largo plazo.

¿Es la actual, y la muy reciente, movilidad de la Tierra, típica de gran o de la mayor parte de la duración de existencia del planeta, o bien ¿Constituye un aspecto muy tardío de su desarrollo? O, por presentar la cuestión bajo la forma en que es más comúnmente propuesta: ¿Son o no son aplicables a los tiempos pre-Mesozoicos los conceptos de la tectónica de placas? Pregunta que resulta tan fundamental, si no más, que la que suscitó Wegener al comienzo del siglo.

Y reside en la propia naturaleza de las cosas que sea también una pregunta difícil de contestar. Lo que sí puede afirmarse, de inmediato, es que si se admite que la tectónica de placas implica movimientos de masas continentales, la extensión del concepto al pre-Mesozoico es, inherentemente, poco verosímil.

La fragmentación del antiguo continente de Pangea, hace unos doscientos millones de años, está actualmente sólidamente establecida, y los movimientos consiguientes de los continentes resultantes han sido cartografiados por procedimientos paleomagnéticos y por otros métodos.

Lo que resulta, desde luego, más difícil es encontrar un mecanismo físico para la fragmentación y consiguiente deriva; pero, dejando aparte las causas, la idea física de una dispersión de continentes, a partir de una sola masa terráquea, no plantea problemas conceptuales de envergadura. Por contraste, la idea de que la Pangea misma resultase de la amalgamación de muchas masas continentales (presumiblemente diferentes en forma y número de los continentes actuales) es más difícil de aceptar conceptualmente, así como resulta inimaginable el mecanismo para conseguir tal unión. Equivaldría a aceptar, por ejemplo, la idea de que los meteoritos puedan acrecer en un ambiente comparable a aquel en el que se desintegran. Que dos, e incluso varios, continentes, puedan chocar y unirse sólidamente no está fue-

(*) Traducción del comentario aparecido en "Nature", "Vol. 248, 12-IV-1974, págs. 549-550, titulado "When did plate tectonic processes begin?", en versión directa del idioma inglés por J. M. Ríos autorizada amablemente por los editores de "Nature". © "Nature", 1974.

ra del alcance de la comprensión, pero que todas las masas continentales preexistentes pudieran reunirse en una sola apenas puede ser tomado en consideración. Sin embargo, esto es precisamente lo que imaginan muchos de los que han tratado de dar contenido a la tectónica de placas pre-mesozoica.

Es en esa circunstancia cuando se ponen de manifiesto los riesgos de una aceptación excesivamente poco crítica de determinados puntos de vista francamente uniformistas. Merece la pena señalar, por ejemplo, que la estrecha asociación existente en los tiempos actuales entre la migración continental (es decir, los movimientos relativos de tierras firmes) y la tectónica de placas no implica necesariamente que los fenómenos pre-mesozoicos de tectónica de placas estuvieran ligados a derivas. En un sistema de placas en el que sólo la que contenía la Pangea tenía carácter continental, esa placa podía desplazarse con respecto a los polos como una sola masa o macizo continental; y la prueba de que no tuvieran lugar movimientos relativos entre las masas componentes de Pangea, no constituiría, de manera forzosa, prueba en contra de la existencia de placas. Lo que permitiría evitar el problema de la improbabilidad inherente a la integración consolidada de todas las masas continentales; tampoco tendría que ser necesario el rechazo de la movilidad fundamental de la Tierra durante el pre-Mesozoico.

Hay que admitir, por otra parte, que los que apoyan la idea de tectónica de placas en el pre-Mesozoico no han llegado a tal punto de vista directamente, mediante un uniformismo simplístico que requiere la permanencia de la deriva continental, sino mediante otro uniformismo totalmente diferente, aunque quizá igualmente simplista, que implica, como condición previa, la deriva pre-mesozoica. Han argüido, concretamente, que los cinturones orogénicos modernos son el resultado directo de acciones entre placas, que las características de los cinturones orogénicos antiguos son semejantes a las de los más recientes y, por consiguiente, que los cinturones orogénicos antiguos son resultados de acciones antiguas entre placas. En particular la sutura de placas corticales, antes distintas, que han llegado a convergencia. África, por ejemplo, se compone de bloques cratónicos estables, con cinturones orogénicos intermedios, cuyo alcance, en términos de tiempo, es desde hace más de tres mil millones de años hasta el Paleozoico. Se argumenta, en este caso, que los cinturones orogénicos se constituyeron en las márgenes de las placas, y que éstas eran cratones que migraron juntos a partir de porciones distanciadas a miles de kilómetros.

Ahora bien, aunque las pruebas que apoyan este punto de vista parecen bastante sólidas y están bien apoyadas por datos procedentes de otras partes del mundo, sobre todo de Norteamérica, tampoco falta apoyo convincente para el modelo alternativo, más ambiguo, según el cual los cratones han permanecido esencial-

mente estacionarios unos con respecto a otros, y la deformación orogénica tuvo su desarrollo entre ellos. También hay cantidad de pruebas que, en diversas épocas, se han esgrimido a favor tanto de los modelos cratónicos estacionarios como de los de deriva. El hecho es que los datos de que se dispone son contradictorios; y parece poco probable que la cuestión pueda ser resuelta por solos fundamentos geológicos. Son, por otra parte, tan grandes las presiones para la interpretación del pasado en términos de los que pasa actualmente, y tal es la fuerza de las nuevas hipótesis de tectónica global, que la cuestión de la tectónica de placas pre-mesozoica ha conseguido, con frecuencia, parecer abrumadora. En época tan reciente como el año pasado, por ejemplo, podía llegar Mc Elhinny (*Paleomagnetism and Plate Tectonics*, Cambridge University Press, 1973), a la conclusión de que "parece actualmente probable que los procesos de tectónica de placas han sido característicos de todos los tiempos geológicos", al mismo tiempo que admite la pobreza de datos paleomagnéticos procedentes del Precámbrico. El que tal conclusión pueda resultar prematura, fue puesto marcadamente de manifiesto por Piper y colegas (*Nature*, V. 245, p. 244; 1973) quienes argüían que mientras las pruebas geológicas pudieran no resultar decisivas "la prueba paleomagnética lo es potencialmente". A partir de los datos paleomagnéticos disponibles llegaron a la conclusión de que las principales áreas cratónicas de África habrán permanecido, probablemente, en más o menos sus posiciones actuales en tiempos tan remotos como hace dos mil doscientos millones de años, así es que las orogénias adyacentes tenían, probablemente, carácter ensiálico. Y, en líneas más generales, les fue posible sugerir que la concentración de todas las masas continentales existentes en un único y gran continente, durante el Precambriano tardío, sigue constituyendo una seria posibilidad.

En este mismo número de *Nature* (Vol. 248), Mc Elhinny y colegas ofrecen nuevos datos paleomagnéticos procedentes de Australia e India; y, aunque la interpretación de estos nuevos datos, y de otros más antiguos, difiere de la dada por Piper y colegas, llegan sin embargo a las mismas conclusiones generales. Así es que cada vez empieza a parecer, más y más, como si lo inherentemente implausible no hubiera tenido lugar nunca. Debe ser subrayado, por otra parte, que, incluso ahora, los datos paleomagnéticos acerca del pre Mesozoico, y especialmente del Pre Cámbrico son aún excesivamente escasos y dispersos como para permitir obtener de ellos conclusiones que puedan alcanzar el grado de la certidumbre atribuible a conclusiones comparables correspondientes a los últimos doscientos millones de años. Pero de lo que sí se está seguro ahora es que solamente el paleomagnetismo será capaz de resolver la cuestión en uno u otro sentido.



Noticias

MINERIA

MINA DE PLATINO EN SIBERIA

A finales de mayo de 1974, la URSS inició la explotación de una importante mina de platino situada en Norilsk (Siberia septentrional). Se trata de una mina de 10 pozos, conocida por el nombre conmemorativo de "Mina de Octubre", que funcionará a pleno rendimiento hacia 1980. Será entonces la mayor mina de platino del mundo por su producción, que se valora en 1.000 millones de rublos anuales. Su principal cliente será la firma norteamericana "Engelhard Minerals and Chemical Corp."

BUSCA DE NODULOS DE MANGANESO CON TRINEOS SUBMARINOS

En el Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe se está construyendo un aparato de arrastre para el análisis de los nódulos de manganeso hasta profundidades submarinas de 6.000 metros. El procedimiento se basa en un método nuclear de medición y servirá para determinar el contenido en metales útiles (níquel, cobre, cobalto, hierro y manganeso) de los nódulos de manganeso. Actualmente se están realizando pruebas del sistema hidráulico de toma de muestras desarrollado en Karlsruhe con un trineo en la bahía de Jade (Wilhelmshaven).

NUEVA MINA DE COBRE EN PERU

La mina Katanga, ubicada en la provincia de Chumbivillas (Cuzco) tendrá una producción inicial de 2.000 a 2.500 toneladas métricas de cobre fino, 100.000 onzas de plata y 1.000 onzas de oro por año, lo que permitirá al país un ingreso de divisas del orden de los cinco millones de dólares anuales. Las reservas de la mina alcanzan las 500.000 toneladas de minerales oxidados de cobre y su puesta en marcha dará ocupación a 150 técnicos y obreros no calificados. La compañía minera Katanga es una empresa organizada en el país, cuyo principal accionista es la Mitsui Mining and Smelting Company, del Japón.

REUNIONES CIENTIFICAS

INYECCION DE AGUAS RESIDUALES EN EL SUBSUELO Y PREVENCION CONTRA LA CONTAMINACION DE ACUIFEROS

Dentro de la lucha que la humanidad ha emprendido para la preservación del medio ambiente, la eliminación de aguas de residuos industriales, municipales y pluviales por medio de la inyección a grandes profundidades del subsuelo, se está revelando como un medio eficaz. Ya en España, desde 1965, en Potasas de Navarra, S. A., la eliminación de las salmueras residuales se viene realizando con éxito por inyección a grandes profundidades. En Estados Unidos de Norteamérica existen en la actualidad aproximadamente 300 pozos de inyección que evacúan a grandes profundidades residuos industriales principalmente. En el Estado de la Florida, dicha práctica ha abarcado con éxito además, la evacuación de aguas negras parcialmente tratadas en mantos subterráneos salados así como la evacuación de aguas torrenciales.

El objeto principal del Seminario que se ha desarrollado meses pasados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, sobre Inyección de Aguas Residuales en el Subsuelo y Prevención contra la Contaminación de Acuíferos Subterráneos, como parte del VII Curso de Hidrogeología Aplicada, ha sido el intercambio de conocimientos y experiencias en este campo, entre técnicos y profesionales españoles y extranjeros, para la puesta a punto de un método que ya en España parece destinado a cubrir unas necesidades reales.

La inyección de aguas residuales por medio de pozos puede hacerse con éxito cuando cinco requisitos fundamentales se cumplen; ellos son:

1. Existe un acuífero capaz de aceptar el agua residual.
2. Las características hidráulicas y estructurales del acuífero no serán alteradas notablemente por dichas aguas residuales.
3. La descarga de las aguas residuales no impedirá el uso presente o futuro de las aguas nativas del acuífero.
4. La descarga de las aguas residuales no impedirá el uso presente o futuro de las aguas nativas vecinas, superficiales o de otros acuíferos colindantes.

5. La instalación y operación debe proyectarse de acuerdo con:

- la hidrogeología local;
- las características de las aguas residuales a inyectar.

Los anteriores puntos demuestran la necesidad del conocimiento previo de las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la región y el control por la Administración para prevenir el uso deficiente de este método y evitar la contaminación de nuestros recursos naturales.

Como consecuencia de las discusiones del Seminario se ha puesto de manifiesto que para el éxito de este método es imprescindible:

- Analizar exhaustivamente cada posible instalación.
- Un conocimiento de las características geográficas y geológicas de la zona de ubicación.
- El mayor tratamiento previo posible de los residuos a inyectar.
- La construcción de un sondeo de prueba para la obtención de los datos geológicos, químicos e hidráulicos necesarios.
- Diseñar la instalación definitiva de forma que ofrezca, como consecuencia de los datos obtenidos, la máxima seguridad para la operación y control.

La experiencia adquirida permite afirmar que el método de aguas residuales por inyección en el subsuelo, en aquellos casos que pueda aplicarse, ofrece además indudables ventajas de tipo económico, no sólo en el costo inicial, sino también y principalmente en su mantenimiento y control.

Han sido especialmente invitados los doctores Gay Erlich, del U. S. Geological Survey en Menlo Park California y José Ignacio García Bengochea, Vicepresidente de la firma Black Crow and Eidsness Inc, de Gainesville, Florida U.S.A.

ALGUNAS REUNIONES Y CONGRESOS CIENTIFICOS A CELEBRAR EN 1975

En Barcelona (España), del 10 al 12 de marzo, "V Convención Nacional de la Industria Química", organizado por la Sección Técnica Química de la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales, Cámara Oficial de Comercio y Navegación de Barcelona.

En El Cairo (Egipto), del 10 al 16 de marzo, "Ninth Arab Petroleum Congress", organizado por la Secretaría General of the League of Arab States.

En Palma de Mallorca (España), en el mes de marzo, "Symposium on Geology of the Western Mediterranean", organizado por l'Institut Français du Pétrole.

En Skopje (Yugoslavia), los días 2 y 3 de abril, "Simposio X Aniversario del Grupo Europeo Ingeniería Sísmica".

En Clausthal-Zellerfeld (Alemania Federal), del 3 al 5 de abril (Conference on Genetic and Technological Problems concerning Metalliferous Deposits", organizado por La Society of Geology Applied to Mineral Deposits.

En Leicester (Inglaterra), del 5 al 11 de abril, "The Early History of the Earth NATO/ASI Symposium", organizado por Departement of Geology-Univ. Leicester.

En Selangore (Malasia), del 7 al 10 de abril, "Fourth South-East Asian conference on soil engineering", organizado por Institution of Engineers.

En Burlington (Canadá), del 8 al 11 de abril, "Second Inter. Symposium on Environmental Biogeochemistry", organizado por Environment Canada and Geochemical Society.

En Cagliari (Italia), del 21 al 26 de abril, "Eleventh Inter. Mineral processing Congress", organizado por Inst. di Arte Mineraria Universita di Cagliari.

En Otaniemi (Finlandia), del 6 al 8 de mayo, "Thirs General Assembly of Editerra", organizado por Geological Survey of Finland.

En Tokio (Japón), del 11 al 16 de mayo, "The 9th World Petroleum Congress", organizado por Committée of the Congress, Kasahara Building, 6-10 Uchikanda 1-chome, Chiyodaku, Tokyo 101.

En París (Francia), del 27 de mayo al 3 de junio, "Conferencia General de Pesas y Medidas".

En Londres (Inglaterra), del 9 al 11 de junio, "The Moon: A new Appraisal from Space Missions and Laboratory Analyses", organizado por Royal Society.

En Niza (Francia), del 6 al 13 de Julio, "IXth International Congress of Sedimentology", organizado por Prof. K. Ph. Mangin, SEDIM-Nice 75-48 avenue Jean Lorrain, 06300 Nice.

En Curitiba (Brasil), del 1 al 31 de julio, "International Symposium on the Quaternary", organizado por Brazilian Academy of Sciences.

En Méjico (Méjico), del 16 al 23 de julio, "Inter. Clay Conference 4th Kaolin Symposium", organizado por el Instituto de Geología de México.

En Amsterdam (Holanda), del 7 al 15 de agosto, "Tenth General Assembly and Inter. Congress of Crystallography", organizado por Stichting Reactor Centrum Nederland.

En Quebec (Canadá), del 17 al 21 de agosto, "International Conference on Physics and Chemistry of Asbestos Minerals", organizado por the University of Laval, Quebec.

En Burlington (Canadá), del 18 al 20 de agosto, "Inter. Symposium on The Geochemistry of Natural Waters", organizado por Int. Assn. of Geochemistry and Cosmochemistry.

En Vancouver (Canadá), del 18 al 30 de agosto, "XIII Pacific Science Congress", organizado por Nat. Research Council of Canadá.

En Grenoble (Francia), del 22 de agosto al 6 de septiembre, "I.U.G.G. General Assembly", organizado por la Comité Nat. Français de Géodésie et de Géophysique. Geological Inst. USSR. Academy of Science.

En Moscú (U.R.S.S.), del 30 de agosto al 3 de septiembre "VIII Inter. Congress on Carboniferous Stratigraphy and Geology", organizado por Comité Nat. Français de Géodésie et de Géophysique. Geological Inst., URSS. Academy of Science.

En Londres (Inglaterra), del 31 de agosto al 5 de septiembre, "6th INHIGEO Symposium", organizado por Imperial College, London.

En Bratislava (Checoslovaquia), del 4 al 17 de septiembre, "VI Congress IUGS Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy", organizado por Geological Institute of the Slovak Academy of Sciences.

En Irkutsk (U.R.S.S.), del 10 al 20 de septiembre, "International Conference on Rifts the Baikal Graben", organizado por Institute of the Earth's Crust, Irkutsk.

En Aachen (Alemania Federal), del 14 al 18 de septiembre, "Second Inter. Conf. on Application of Statistics and Probability to Soil and Struct. Engineering", organizado por Prof. Dr. E. Schultza, Flandirische Strasse 33, D. 51.

En Johannesburgo (Sudáfrica), del 15 al 19 de septiembre, "Congreso Int. sobre ventilación de Minas".

En Alberta (Canadá), del 15 al 19 de septiembre, "First Inter. Symposium on Induced Seismicity", organizado por Inst. of Earth and Planetary Physics, U. of Alberto.

En Montpellier (Francia), del 15 al 20 de septiembre, "Coloquio Espectroquímico Inst."

En París (Francia), del 15 al 21 de septiembre, "Second Inter. Symposium on Cnidarian Fossils", organizado por l'Institut de Paléontologie.

En Aberdeen (Inglaterra), del 16 al 19 de septiembre, "Offshore Europe 75", organizado por Offshore Services.

En Mainz (Alemania Federal), del 22 de septiembre al 2 de octubre, "Inter. Symposium on Continental Permian in West, Central and South Europe", organizado por Geologisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität.

En Estambul (Turquía), del 22 al 25 de septiembre, "Congreso Inter. Grupo Europeo".

En Teherán (Irán), en el mes de septiembre, "Scientific Symposium", organizado por Working group.

En Pensilvania (Estados Unidos), del 6 al 10 de octubre, "Inter. Conf. on Geothermometry and Geobarometry", organizado por The University Park.

En París (Francia), del 8 al 11 de octubre, "Symposium Taxons-Guides en Palynologie", organizado por l'Association des Palynologues de Langue Française.

En Sao Paulo (Brasil), del 13 al 17 de octubre, "Intern. Symp. on Continental Margins of Atlantic Type", organizado por Instituto de Geociencias.

En Denver (Estados Unidos), del 13 al 17 de octubre, "Inter. Symp. on Platinun Group Minerals", organizado por U. S. Geological Survey.

En Madrid (España), del 13 al 18 de octubre, "I Congreso Iberoamericano del medio ambiente", organizado por la Fundación del INI-Patronato Juan de la Cierva (C.S.I.C.)-ASELGA.

En Buenos Aires (Argentina), del 27 al 31 de octubre, "Fifth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering", organizado por Organizing Committees of the C., Buenos Aires.

En Montreaux (Suiza), del 3 al 5 de noviembre, "Primera Conferencia Int. sobre la conversión de basuras en Energía, organizado por Dr. Fritz Widner-Fed. Int. of Tech. Souneggstr. 3 CH-r006-Zurich, Suiza.

En Berlín (Alemania Democrática), del 3 al 7 de noviembre, "Tagung 100 Jahre Glazialtheorie im Gebiet der Skandinavischen Vereisung", organizado por Nationalkomitee für Geologische Wissenschaften der DDR.

En Tokio (Japón), del 1 al 8 de diciembre, "Coloquio Inst. sobre las características hidrológicas de las Cuencas Fluviales", organizado por UNESCO-AIHS.

En Khartoum (Sudán), del 15 al 20 de diciembre, "Thirsd Conference on African Geology", organizado por University of Khartoum.

¿DE QUIEN SON LOS TESOROS DEL MAR?

Representantes de unos 150 Estados se han reunido en Caracas con el fin de redactar una especie de estatuto para aquellas dos terceras partes de la superficie terrestre cubiertas por las aguas de los océanos.

Al cabo de cinco años de preparativos los cinco mil delegados aproximadamente de todo el mundo se enfrentan a la tarea colosal de armonizar la vieja tradición secular de la libertad de los mares con las aspiraciones nacionales más recientes de zonas de soberanía nacional a lo largo de las costas de cada país y fundar un gremio internacional para la explotación económica de los tesoros marinos más allá de las zonas de soberanía y explotación nacionales.

Muchos Estados no reconocen la norma habitual desde el siglo XVIII de tres millas de aguas territoriales (algo más de lo que por ese entonces era el alcance de los cañones de los buques). Hoy los Estados reclaman soberanía sobre zonas comprendidas entre las tres y las doscientas millas.

La mayor parte de los Estados tiende a la solución siguiente: la soberanía nacional sobre aguas territoriales debe ser parte de una "zona económica" de 200 millas en la que el Estado costero posea el control absoluto sobre la explotación de los tesoros del mar de esa zona. El mar y los tesoros que éste encierra fuera de esa zona de 200 millas debe ser "patrimonio común de la humanidad" y estar supeditado al control de una autoridad internacional. Esta tendría el derecho a conceder licencias para la explotación económica del suelo marino, cuyos productos deben aprovechar a la comunidad internacional con particular consideración para con los países en desarrollo.

El sólo acuerdo sobre una zona de doce millas de soberanía nacional aportaría nuevos problemas si al mismo tiempo no se establecen convenios sobre la libertad de navegación. Una determinación semejante haría que el estrecho de Gibraltar, por ejemplo, y muchos otros pasos de más importancia para la navegación mundial, cayesen bajo el dominio nacional sobre aguas territoriales. Por eso las naciones navegantes y potencias que abrigan ambiciones militares internacionales no dejarán de tratar de conservar sus actuales derechos de paso y navegación. Es criterio unánime que la solución de este colosal problema sólo puede hallarse por vías de transigencia.

REUNION DE LAS PRINCIPALES PERSONALIDADES DE LA SIDERURGIA MUNDIAL EN OSAKA LOS PROXIMOS DIAS 6 A 8 DE ABRIL

El Consejo de Directores del Instituto Internacional del Hierro y del Acero celebrará su Reunión Anual en Osaka (Japón) los próximos días 6 a 8 de abril.

En dicha reunión y aparte de las cuestiones habituales de funcionamiento del Instituto, se analizarán por los principales representantes de cada país la situación actual de la siderurgia en el mundo, las perspectivas para 1975 y el desarrollo siderúrgico futuro. Revestirá especial importancia el diagnóstico que realice el Secretario General del Instituto, Sr. Baker.

La reunión del Consejo de Directores constituye, por lo demás, ocasión para entablar contactos entre las personas más cualificadas de la siderurgia mundial, especialmente importantes en momentos como los actuales.

Por parte de España se desplazarán a Osaka el Director General de Industrias Siderometalúrgicas y Navales del Ministerio de Industria, don Emilio Miranda Díez, el Presidente y el Director General de UNESID, don Carlos Pérez de Bricio y don Luis Guereca Tosantos, respectivamente, y los Presidentes de ENSIDESA, don José Luis Baranda, y de Altos Hornos de Vizcaya, don Juan Miguel Villar Mir.

ENERGIA

APLICACIONES DE LOS CRUDOS PETROLIFEROS Y DEL GAS NATURAL

Uno de los más importantes especialistas en energía de la URSS, V. Strominskii, ha afirmado la conveniencia de utilizar los crudos petrolíferos y el gas natural como fuente de materias primas para la fabricación de productos químicos, plásticos, proteínas e hidrógeno, y emplear este último como combustible en lugar de los tradicionales. Para ello, propone que se intensifiquen las investigaciones acerca de las posibilidades de utilizar el hidrógeno como fuente de energía, el cual tiene la ventaja de ser fácilmente almacenable, de no contaminar la atmósfera al quemarse, y de ser fácilmente obtenido por electrólisis, para la que se podría emplear la electricidad producida por energía nuclear.

NUEVAS PROSPECCIONES DE HULLA

A pesar de la expansión experimentada por las actividades de prospección petrolífera en el Mar del Norte, en Gran Bretaña se está registrando cada vez con mayor intensidad una reactivación de la búsqueda de nuevos yacimientos de hulla, que indudablemente tendrá, más tarde o más temprano, una favorable repercusión sobre la futura situación energética del país.

Hacia 1960, en plena decadencia de la importancia del carbón como combustible, se consideraba que las reservas conocidas hasta entonces habían disminuido en un 75 por 100 y que el agotamiento de las vetas de este combustible tenía lugar a un promedio que se cifraba en unos 3 millones de toneladas anuales. A este ritmo y teniendo en cuenta que el promedio de la antigüedad de explotación de las minas existentes era de ochenta años, parecía difícil que se pudiera mantener la actual producción de 122 millones de toneladas anuales durante mucho tiempo. Por tanto, la esperanza se basa en encontrar nuevos yacimientos de carbón capaces de producir 20 millones de toneladas anuales para mediados del decenio de 1980.

CONVENIO HISPANO-BRITANICO SOBRE SUMINISTRO DE URANIO

La Empresa Nacional de Uranio de España y la British Nuclear Fuels han firmado un contrato por seis años, por el que la compañía británica se compromete a suministrar hexafluoruro de uranio para el programa de centrales nu-

cleares españolas. Dicha compañía británica convertirá el mineral de uranio que España adquiera de otros países en hexafluoruro de uranio, en su central de Preston, condado de Lancaster.

GRAN PLANTA GENERADORA AUXILIAR

Un generador de turbina de gas con una capacidad de 4,2 megavatios está alojado en un remolque de 43 pies de longitud para transportarlo a cualquier zona de Alemania Occidental afectada por apagones y energía insuficiente. Cuando se lo acopla a un camión de 450 Hp, el conjunto de ambas unidades alcanza una longitud de cerca de 25 metros y puede desplazarse a una velocidad de 60 kilómetros por hora.

HIDROCARBUROS

IBEROAMERICA Y LA CRISIS DEL PETROLEO

De los cinco países exportadores de petróleo de la América Latina, o sea, Bolivia, Colombia, Ecuador, Trinidad-Tobago y Venezuela, este último, por ser el de máxima producción, obtendrá el máximo provecho del gran incremento de los precios de esa materia. Se espera que los ingresos de Venezuela por concepto del petróleo ascenderán este año 1974 a unos 10.000 millones de dólares, esto es, 6.000 millones más que en 1973. El ingreso calculado para los cinco países en conjunto es de 12.000 millones de dólares, lo cual puede compararse con la cifra de 5.000 millones del año pasado. Argentina, México y Brasil no se han visto apreciablemente afectados por la crisis porque, aparte de ser también productores de petróleo, disponen del dinero necesario para importar cualquier déficit, aun con el alza de los precios. Los demás países iberoamericanos se enfrentan con una triste perspectiva, ya que han de importar todo su petróleo y sus reservas de cambio extranjero son escasas.

NUEVO SUPERPETROLERO DE LA GULF OIL COMPANY

El pasado 12 de abril tuvo lugar en El Ferrol del Caudillo la botadura del superpetrolero "Afran Odyssey" construido por la Gulf Oil Company.

Al acto asistieron altas personalidades de dicha compañía y del Instituto Nacional de Industria, así como las pri-

meras autoridades civiles y militares de La Coruña y El Ferrol.

Actuó como madrina, doña Rosario Gortázar, esposa de don Francisco Javier Oráa, presidente de Iberian Gulf Oil Company.

El "Afran Odyssey" tiene un peso muerto de 263.424 toneladas, 80 metros de manga, 20 metros de calado y una eslora de 249,81 metros.

En cuanto a construcción naval, España, como se sabe, ocupa en la actualidad el cuarto puesto, delante de Inglaterra.

CONTAMINACION

EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS ATOMICOS

Los yacimientos de sal gema poseen propiedades de que carecen otras formaciones geológicas. Bajo los efectos de la presión, la roca adquiere una plasticidad que impide la aparición de grietas y fisuras. También pueden excavar-se espaciosa cámaras sin que exista el peligro de derrumbamiento. La sal es además buena conductora del calor. Los domos salinos son por otra parte muy resistentes, sobre todo si están protegidos a las filtraciones del agua superficial y subterránea por capas superiores de rocas impermeables que los mantienen secos. Es opinión generalizada que no se conoce ninguna posibilidad mejor para el almacenamiento definitivo de los residuos radiactivos que los domos salinos.

El Instituto de Almacenamiento Subterráneo (Clausthal-Zellerfeld y Wolfenbüttel), de la Sociedad de Investigaciones Radiactivas y Ambientales (Munich), se propone bien utilizarla durante largo tiempo como instalación experimental, la mina abandonada ASSE, II (Brunswick).

Una mina como la de ASSE, con 131 cámaras que llegan hasta 750 metros de profundidad, tiene que ser sometida primeramente a ensayos de resistencia e idoneidad; puede decirse con seguridad casi absoluta que no existe peligro de derrumbamiento; pero si en el futuro se van a someter a prueba otras minas de sal gema, los expertos en mecánica geológica tendrán que desarrollar métodos adecuados de comprobación.

AGUA PURA DE RIOS SUCIOS

Tomando como base la potabilización del agua del mar, se aplica a la depuración del agua fluvial el principio de la evaporación de tensión, para obtener agua potable con fines industriales de los ríos fuertemente contaminados.

Una planta piloto instalada por Krupp Maschinenfabriken Maschinenbau (Bremen) en Rheinhausen, a orillas del Rhin, tiene una capacidad de 25 metros cúbicos diarios y suministra un producto de destilación, con un grado de dureza apto para utilizarse sin dificultad como agua potable. El producto final es bialino, insípido y carente de gérmenes y sustancias orgánicas. Es posible el funcionamiento de estas plantas de evaporación con calor residual industrial.

DEPURACION DE AGUAS CLOACALES

Se informa desde Suecia que un nuevo sistema de purificación de aguas cloacales, consistente en floculación con agentes químicos seguido por flotación, tiene una efectividad del 99 por 100. Con este método se desprende aire desde el fondo de tanques esféricos donde se almacenan las aguas municipales y los residuos industriales. El aire, a medida que asciende, forma burbujas microscópicas que transportan a la superficie desperdicios tales como fibras y partículas de metal que luego son eliminados.

ECONOMIA

NUEVO BANCO FRANCES PARA FINANCIAR PROYECTOS NUCLEARES

Se ha constituido en París el International Nuclear Crédit Banque, S. A., con un capital social de 10 millones de francos. Sus accionistas son los mismos que formaron el International Nuclear Bank en Luxemburgo, en enero de 1973, es decir: Algemene Bank Nederland, Banca Nazionale del Lavoro, Bank of America, Banque de Bruxelles, Banque Nationale de Paris, Barclays Bank, Dresdner Bank, Banca Commerciale Italiana y Banque de l'Union Parisienne. Ambas entidades bancarias estarán bajo el control de una sociedad "holding", con sede en Luxemburgo.

EMPRESA ESTATAL PERUANA PARA LA EXPORTACION DE MINERALES

El Gobierno ha constituido una empresa estatal, denominada Mineroperú Comercial, dedicada a todo cuanto se relaciona con el comercio interior y la exportación de pro-

ductos minerales del país. La empresa, que cuenta con un capital de 5.000 millones de soles, iniciará en breve sus actividades.

FINANCIACION EXTRANJERA DE UN PROYECTO INDUSTRIAL YUGOSLAVO

La entidad First Chicago Ltd., filial del First National Bank of Chicago, contribuirá a la financiación de un proyecto industrial yugoslavo cuyo importe total es de 503 millones de dólares. El proyecto incluye la construcción de una central de energía nuclear, así como diversos planes mineros a ejecutar en la zona de Krsko (República de Eslovenia). El First Chicago Ltd. y un grupo colaborador de sociedades facilitarán 216 millones de dólares, y el resto correrá a cargo del Export-Import Bank de los Estados Unidos, Societé Générale de Banque y Banque de Bruxelles. En el citado grupo de Sociedades figuran Citicorp International Bank Ltd., Morgan Guaranty Trust Co., Moscow Narodny Bank Ltd., Goldman Sanchs International Corp. y Guinness Mahon and Co. Ltd.

CREDITO EN EURODOLARES A UNA EMPRESA ESPAÑOLA

Un consorcio bancario internacional, encabezado por el Continental Illinois National Bank of Chicago, ha concedido un crédito en eurodólares a la empresa Autopistas de Cataluña y Aragón, Concesionaria Española, S. A., por un importe de 42 millones de dólares, con vencimiento a ocho años y a un interés superior en un 1 por 100 al tipo vigente en el mercado londinense interbancario del eurodólar. El crédito se destinará a la financiación de las obras del tramo de autopista comprendido entre Zaragoza y la autopista del Mediterráneo.

CONVERSACIONES SOBRE EL SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS DE POLONIA

El ministro de Comercio Exterior de Polonia se ha entrevistado en Madrid con el presidente del I.N.I. para tratar sobre el suministro de materias primas, especialmente de carbón, por parte de Polonia a España. Por otro lado, al parecer, el mencionado ministro ha mantenido también entrevistas con empresarios privados españoles ante la posibilidad de una participación de nuestro país en explotaciones mineras en Polonia.

PUBLICACIONES

NUEVAS HOJAS DEL PLAN MAGNA

Han sido recientemente publicadas las Hojas y Memorias, E. 1:50.000, pertenecientes al Plan MAGNA, siguientes: núm. 38, Bermeo; núm. 63, Eibar; núm. 65, Vera de Bidasoa; núm. 908, Santiago de la Espada; número 582, Getafe; núm. 263, Celanova; núm. 631, Ocaña; núm. 887, Orcera; núm. 583, Arganda; núm. 922, Santa María de Trassierra; y núm. 607, Tarancón.

MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES

Ha sido puesta a la venta la Hoja y Memoria del Mapa de Rocas Industriales, E. 1.200.000, núm. 19, León.

MAPA GEOTECNICO GENERAL

Ha sido puesta a la venta la Hoja y Memoria num. 76, Córdoba.

MEMORIAS DEL IGME

Recientemente ha sido publicada la Memoria del IGME, núm. 86, "El Metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español".

COLECCION INFORMES

De esta colección, están a disposición del público los siguientes tomos:

- Estimación de posibilidades mineras en el Subsector II: Suroeste, Area 1. Mazagón (Huelva). Fase previa.
- Investigación de plomo-cinc en la reserva de Loma Charra (Soria).
- Investigación de minerales de plomo en el área de Mazarambroz (Toledo). Fase previa.
- Estudio previo para la investigación de bauxita en el subsector I. Cataluña, área 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.
- Investigación minera en el área Argentera-Mola (Tarragona). Fase previa.
- Prospección a la batea de minerales aluviones en la provincia de Cáceres, áreas Deller del Tiétar y Moraleja.
- Fase previa del Proyecto de Investigación Minera en la Región Turolense de la Cordillera Ibérica.
- Explotación de minerales magnéticos en Sierra Blanca (Málaga).
- Estudio Hidrogeológico y de Ordenación del Campo de Níjar. Tomo I y II.

PERSONAL

DON JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA, DECANO DEL CUERPO DE INGENIEROS DE MINAS

Por disposición del Ministerio de Industria, del pasado mes de diciembre, se designa Decano del Cuerpo de Ingenieros de Minas al académico y Secretario de la Comisión Nacional de Geología, Excmo. Sr. D. Juan Manuel López de Azcona.

Sucede el Sr. López de Azcona a don José de Cantos-Figuerola, Primer Decano del Cuerpo que ha cesado por jubilación.

DON JOSE CANTOS FIGUEROLA, ACADEMICO DE NUMERO DE LA ACADEMIA DE DOCTORES

Ha tomado posesión de su plaza de Número de la Sección de Ingeniería el Excmo. Sr. D. José de Cantos Figuerola, que habló sobre el tema "Aspectos técnicos y económicos de la crisis del petróleo". Contestó en nombre de la Academia el Excmo. Sr. D. Juan Manuel López de Azcona.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de enero
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	320
Bolsa de Engelhard	N	g	319
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	7,70
Bolsa de Nueva York	N	g	7,58
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	357-374
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	344 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	271-279

Menas y concentrados.

Estos metales no tienen cotización como mineral. En el caso de existir alguna venta, se aplica una fórmula en la cual se paga el contenido en metal y los grados de fusión. No hay ninguna relación establecida internacionalmente.

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de enero
HIERRO			
Menas del lago Superior puestas en los puertos más bajos del lago:			
Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,045 P, máx 8,9 % SiO ₂ , máx 5,9 % humedad	N	t	880 FOB-Lago
Old range	N	t	894 FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, %, máx. 8,32 % SiO ₂ , máx. 9,7 %	N	t	957 FOB-Lago
Old range	N	t	970 FOB-Lago
Gruesos para horno Siemens	N	t	— FOB-Lago
Sinterizados de taconita	N	t	— FOB-Lago
Nódulos de taconita	N	t	— FOB-Lago
Pellets de hierro natural	N	t. u. Fe	24,64 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	44,29 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	24,91 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de enero
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	483 D-U.K.
Precio productor	L	kg	496 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	509 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	502 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	496 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	881 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	874 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	496 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	— D-UK

Menas y concentrados:

Las menas de este metal no aparecen normalmente en el mercado libre, ya que las compañías explotadoras normalmente son también beneficiarias. Las únicas menas que alguna vez aparecen en el mercado son las canadienses y en este caso el precio se calcula en dólares por libra de cobalto contenido FOB Ontario (FOB ON). Los precios completamente nominales marcados por el estado canadiense, para favorecer el desarrollo minero son los siguientes:

Menas de 10 % de Co	N	kg Co cont.	74,42 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont.	86,84 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont.	99,23 FOB-ON

CROMO

Metal:

En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	t	213.984-227.358
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	303 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	303 D
Fundido al vacío, mi. 99,5 % Cr	N	kg	311 D

Menas y concentrados (Cromita).

Se trata de mineral básicamente seco, sujeto a penalidades si no existen suficientes garantías; los términos de los contratos de compra (sujetos a negociaciones) son generalmente más bajos que la cotización en el mercado. En cada caso se tiene en cuenta la relación de cromo a hierro contenida en el mineral (ratio).

Ruso, fragmentos apelmazados, mín 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio, 3,5:1	L	t	5.625-7.875 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	5.062-5.906 FOB
Turco, cocentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	3.937-4.500 FOB
Ruso, 54/56 % Cr ₂ O ₃ , ratio 4:1, tomando como base para su precio el de ratio 4:1 del 48 %	N	t	7.312-7.875 FOB-E
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	7.308-7.861 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	3.045-3.322 FOB-E

MANGANESO

Metal:

Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	76.900-79.575 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	66,98 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado, 6 %	N	kg	70,70 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de enero
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	75,94-81-56 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	76,40-78,61 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	6.286-7.088 CIF-E
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	8.693-10.030 CIF-E
MOLIBDENO			
Metal:			
Polvo	L	kg	695-716
Polvo de reducción hidrógena, 99,95 % Mo	N	kg	— FOB
Menas y concentrados:			
Climax (mineral de la American Metal Climax Inc), mín 85 % MoS ₂ (durante 1972 vendieron mineral de 95 % MoS ₂ cont)	L y N	kg Mo cont	301 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	298-304 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	248-293 FOB
NIQUEL			
Metal:			
Refinado, en lotos mínimos de 5 t	L	t	261.060 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	268.684 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	244.744 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	n.a D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	249 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	233 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	— p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	229-248 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	n.a FOB-f
Francés refinado	F	kg	275 FOT
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	307-334 e-w
Japonés	J	kg	264 e-w
Menas y concentrados.			
Según contenido en níquel, tomando como base de discusión el precio del níquel en cátodos de 99,9 % con deducciones que dependen de las impurezas y de los gastos de tratamientos. No existe una fórmula internacional de compra, las compañías compradoras estudian cada caso en concreto.			
VANADIO			
Metal:			
Sólo se cotiza como ferroaleaciones.			
Menas y concentrados:			
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	L	kg V ₂ O ₅ cont	248 CIF
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	304-380 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	370-380 FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportación USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	186 FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de enero
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	978 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.266-1.490 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO ₃			
	L	t. u. WO ₃	3.617-5.684 CIF-E
Volframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.042 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.697 CIF-E
Volframita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.136 CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.617 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.697 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.283 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	776-836 D-UK
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.164-1.244 D-UK
ALUMINIO			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	— D
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	48,38 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	60.100
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	56,71 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	50.687 D
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	52.426 D
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	48,38 CIF
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	35.709-36.778 CIF-E
Mín 99,7 % Al	L	t	38.785-41.419 CIF-E
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al ₂ O ₃ empaquetada, en lotes de 20 t	L	t	12.705 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	13.821-14.479

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de enero
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel.	L	t	3.159-3.422
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel	L	t	5.262
CINC			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn ...	L	t	45.204 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	48.146 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 5 £/t)	L	t	45.873 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	46.274 D-UK
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	48,38 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	49,62 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	50.86 D-USA
Alemán del oeste:			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	51.446
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	51.926
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	45,97 FOB-C
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	50,43 FOT
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	51,79 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	52-42-57,07 e-w
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	52,68-57,07 e-w
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del productor.			
Sulfuro del 52 % Zn	L	t	12.687 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	15.246 CIF-E
COBRE			
Metal:			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	68.475
Cátodos (L.M.E.)	L	t	67,137
Productores USA	N	kg	84,35 FOB-f
Alemán del oeste:			
electrolítico	G	t	70.125-70.846
Cátodo	G	t	66.350-68.033
Menas y concentrados:			
Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.			
Menas del 15 % Cu	L	t	6.714
Menas del 20 % Cu	L	t	9.915
Menas del 25 % Cu	L	t	13.116

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de enero
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	434.922 e-w
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	452 D
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn	L	kg	366 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	61.520 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	107.126 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	159.552 CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	271.495 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	296.769 CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	318.435 CIF-E
PLOMO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	30.493 e-w
Producido en USA	N	kg	29,77 D
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del producto. Estos precios están calculados considerando que esas menas no tienen nada de plata.			
Concentrados de 70 % Pb	L	t	13.775 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	17.252 CIF-E
Metales secundarios			
Mercado			
Unidad			
Precio de enero			
ANTIMONIO			
Metal:			
Regulos inglés, 99 % Sb, lotes 5 t	L	t	222.008 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	225.352 D-UK
Importado 99,6 % Sb	L	t	147.114-193.923 CIF
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	244 FOB-L
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	291 FOB-L
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	186-198 CIF-NY (e)
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	218 FOT
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	193-219 e-w
Japonés	J	t	283.350 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.125-1.294 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.322-1.462 CIF-E
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	225.352 D-UK
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	233.376 D-UK
BERILIO			
Metal:			
Barros 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	16.600-16.700 FOB
Aleaciones de aprox. 4 % Be y resto de Cu, en lingotes de 5 lb y en lotes 336 lb, se añade el Cu al precio de cotización de ese día	L	kg	6.934 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de enero
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.738-1.924 CIF-E
Importado, 10/12% BeO ...	N	t. u. BeO	1.862 CIF-USA
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	L	kg	1.116 e-w
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.116 e-w
Francés, mín 99,95 % Bi ...	F	kg	1.307 FOT
Mercado internacional, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	856-930 CIF
Menas y concentrados:			
Oxido, mín 60 % Bi ...	L	kg Bi cont	(n) CIF
CADMIO			
Metal:			
Barras mín 99,95 % Cd., en lotes de tonelada ...	N	kg	527 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	285-291 CIF
Barras en el mercado libre ...	L	kg	291-298 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	531 FOT
Menas y concentrados.			
Las menas de este metal no son cotizadas en el mercado, ya que el 80 % del cadmio producido se obtiene de la fundición de los minerales de cinc y el resto de otras metalurgias similares.			
CIRCONIO			
Metal:			
España, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	1.488-2.109 FOB
Calidad comercial ...	N	kg	682-868 FOB
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO ₂ ...	L	t	23.165-26.360 FOB
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂ ...	L	t	23.964-27.159 FOB
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín 99 % Li, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.271-1.412 FOB-NY
Menas y concentrados:			
Ambligonita 6/8 % Li ₂ O, en base al 8 % ...	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Lepidolita 3/3,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.580-1.974 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.580-1.974 CIF-E
MAGNESIO			
Metal:			
Lingote de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg ...	L	t	122.907-123.709 D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de enero
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	140.427 D
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	— D-UK
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	132.269 D-UK
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	121.035 D-UK
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	93.618-97.630 CIF
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	102 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	— FOB
Menas y concentrados.			
Este metal se recupera a partir de una serie de rocas que en su composición química contienen un alto grado de Mg, tales como la brucita, dolomita, magnesita y olivino.			
MERCURIO			
Metal:			
Mercado europeo, en frascos de 76 lb ...	L	f	10.406-11.250 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	12.825-13.387 CIF-NY
Menas y concentrados.			
Las menas no se comercian, ya que son siempre tratadas por los países productores.			
NIOBIO O COLUMBIO			
Metal:			
Calidad metalúrgica 99,5/99,8 % Nb, dependiendo del tamaño de los lotes:			
Polvo y perdigones ...	N	kg	3.721-5.582 FOB-USA
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.233-3.101 FOB-USA
Menas y concentrados:			
Columbita mín 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 ...	L	kg. Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅	236-267 CIF-E
Pirocloro, mín 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cont	217-229 FOB-C
Columbita 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 ...	N	kg	223-236 CIF-USA
TANTALIO			
Metal:			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	4.391-5.520 FOB
Láminas mín 99,9 % Ta ...	N	kg	6.202-7.070 FOB
Varillas mín 99,9 % Ta ...	N	kg	5.582-6.698 FOB
Menas y concentrados:			
Tantalita:			
Mín 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.985-2.233 CIF-E
Mín 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.613-1.861 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de enero
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	155
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	403-582 D
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	304 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	23.165-26.360 FOB
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO ₂ ...	L	kg	1.98-1.438 FOB
Rutilo, mín 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	44.034 D
Ilmenita, mín 54 % TiO ₂ ...	N	t	3.045 FOB-At
Escorias canadienses, mín 70 % TiO ₂ ...	N	t	4.152 FOB
Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de enero

ARSENICO**Metal:**

Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada L t 200.610-267.480

Menas y concentrados.

El arsénico es obtenido como subproducto en las metalurgias del cobre, cinc y otras menas.

CESIO

Mín 99,5 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	78.75-202 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	31.010-34.111 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	24.808-27.909 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.606-21.707 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.404 FOB
Mín 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	101-225 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	37.212-40.313 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	31.010-34.111 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	23.560-27.289 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	15.505 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín 24 % Cs₂O ... L t. u. Cs₂O 697-731 FOB

GALIO**Metal:**

Mín 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	50,63 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	33,75 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	30,94 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	— FOB
Mín 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	45 FOB

Menas y concentrados.

Las menas de esta sustancia no se cotizan en el mercado internacional, ya que todo el galio que se produce en el mundo, se obtiene como subproducto en los procesos de tratamiento de la bauxita y las menas de cinc.

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de enero
GERMANIO			
Metal:			
Calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo ...	L	kg	16.183 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	16.481 D
Menas y concentrados.			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
HAFNIO			
Metal:			
Esponja ...	N	kg	9.303 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	14.885 FOB
Menas y concentrados.			
Las menas de hafnio no se comercializan, ya que todo el metal que se produce se obtiene separándolo del circonio después de la metalurgia de éste.			
INDIO			
Metal:			
En barras, mín 99,97 % de pureza, en lotes de 100 troy on ...	L	kg	10,86 D
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	9,96
Menas y concentrados.			
El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.			
RENIO			
Metal:			
Polvo, mín 99,99 % Re ...	L	kg	93.618
Polvo en el mercado USA ...	N	kg	77.525
Menas y concentrados.			
La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recuperado a partir de las menas de molibdeno y de los porfidos cupríferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.			
RUBIDIO			
Metal:			
Mín. 99,5 % : lotes de 1-227 g ...	N	g	78.75-202 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	34.111-37.212 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	24.808-27.909 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.606-21.707 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.404 FOB
Menas y concentrados.			
El rubidio producido se obtiene de la metalurgia del cesio y otras menas, por esta razón no se cotizan sus menas en el mercado.			
SELENIO Y TELURIO			
Metal, Selenio:			
Polvo grado comercial, mín 99/99,5 % Se ...	N	kg	2.233
De alta pureza, mín 99,9 % Se ...	N	kg	2.605-2.729

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de enero
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb ...	L	kg	2.233 D
Otras procedencias ...	L	kg	1.333-1.424 CIF
Metal, Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te ...	L	kg	1.240 D
Barras, mín 99,5 % Te ...	L	kg	1.240 D
Polvos, en lotes de 100 lb ...	N	kg	—
Placas, en lotes de 150 lb ...	N	kg	1.116-1.240 FOB-p

Menas y concentrados.

No se comercializan las menas de selenio y telurio debido a que la totalidad del metal que se produce, se obtiene como subproducto en la metalurgia de otros metales como son cobre, níquel, plata, etc., no obstante existen minerales en los que aparecen conjuntamente pero que al no ser explotados para la obtención de estos metales, por la razón antes expuesta, no se pueden considerar como menas.

TALIO

Metal, en lotes de 25 lb ...	N	kg	930 D
------------------------------	---	----	-------

Menas y concentrados.

Las menas de este metal no se cotizan en el mercado, ya que todo el talio que se produce se obtiene en la mineralurgia de otras menas.

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de enero
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.240-1.613 FOB-f
Hexafluoruros ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.116-1.484

TORIO

Metal:			
Polvo y pellets (*) ...	N	kg	1.861

Menas y concentrados:

Monacita: por ser mineral de tierras raras su precio se especifica en estas últimas.

TIERRAS RARAS:

Metal:			
Cerio, mín 99 % neto ...	L	kg	1.605 D-UK
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	2.605
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	396.928
Gadolinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	21.087
Itrio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	18.606
Lantano, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	4.341
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	12.652
Samario, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	15.505

Menas y concentrados:

Monacita:			
Mín 60 %, óxido TR torita ...	L	t	— CIF-E
Mín 55 %, óxido TR ...	L	t	12.186-12.972 CIF

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de enero
Xenotima:			
Mín 25 % Y ₂ O ₃ ...	L	kg	372-620 CIF
Mín 60 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	— CIF
Mín 90 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	CIF
Basnasita:			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	49-62-62,02 CIF
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	37,21-43,41 FOB
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	49,62 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de enero
AZUFRE			
USA para la exportación, mín 99 % S			
Brillante ...	N	t	3.045 FOB-Golfo
Brillante sólido ...	L	t	2.214-2.380 FOB-Golfo
Brillante líquido ...	L	t	(n) CIF-E
Oscuro ...	N	t	2.436 FOB-Golfo
Resto del mundo, líquido ...	L	t	1.938-2.214 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	1.993-2.104 CIF-E

BARITA

En bruto:

Calidad químicos y para vidrio:

Escogido a mano, mín 95 % BaSO ₄ , máx 1 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	1.830-1.972 FOB
Magnéticas o de flotación, mín 96 % BaSO ₄ , máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.140 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.054-1.302 FOB-Golfo
Importadas en fragmentos, mín 92 % BaSO ₄ , a granel	L	t	1.974-2.369 CIF

Molidas:

En húmedo, mín 95 % BaSO ₄ , a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.721-4.962 FOB
En seco, de grado para lodos, 83/93 % BaSO ₄ , 3/12 % Fe, 4,2/4,3 peso específico, en lotes de camiones ...	N	t	2.481-4.962 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.923 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín 99 % a 325 mesh, en lotes de 105 t ...	L	t	5.923-6.581 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	3.159-3.686 CIF-pe.

Micronizadas:

Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	7.240-7.503 D-UK
-------------------------------	---	---	------------------

BORATOS

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	9.629 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	12.304 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de enero
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	16.985 D-UK
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	14.176 D-UK
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	4.062 FOB
Dehidrato, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	9.985 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B ₂ O ₃	N	t	3.938 FOB
65 % B ₂ O ₃	N	t	5.644 FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B ₂ O ₃	L	t	3.094 FOB
CELESTITA			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % SrSO ₄ , empaquetado, molido 240 mesh	L	t	(n) e-w
ESPATO FLUOR			
Metalúrgico, mín 70 % CaF ₂			
Reino Unido	L	t	1.974-2.633 D-UK
USA en pellets	N	t CaF ₂ cont	3.937 FOB
Mejicano	N	t CaF ₂ cont	3.101 FOB-barco
Cerámico, mín 85 % CaF ₂ :			
Reino Unido, molido 93/95 %	L	t	3.554-4.081 CIF
USA, 88/90 %	N	t CaF ₂ cont	4.331-5.052 FOB
95/96 %	N	t CaF ₂ cont	4.697-5.400 FOB
97 %	N	t CaF ₂ cont	4.894-5.794 FOB
Acido, material seco, mín 97 % CaF ₂ :			
Reino Unido, embolsado	L	t	4.212-5.002 D-UK
USA, en bruto	N	t CaF ₂ cont	4.809-5.794 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo	N	t CaF ₂ cont	4.781 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF ₂ cont	6.357 FOB-m
importado en Europa	N	t CaF ₂ cont	4.962-5.582 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF ₂ cont	3.721-3.845 FOB
FOSFATOS			
USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL	N	t	2.295 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	2.915 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	3.411 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	3.907 FOB-m
Argelino y Turco, 65/68 % BPL	L	t	2.953 CIF
Australiano, 83 % BPL	L	t	3.922 FOB
Marroquí, 75/ % BPL	L	t	1.661-1.72 CIF
Ruso, apatito concentrado, 39 % P ₂ O ₅	L	t	(n)

NOTA: BPL = Ca₃(PO₄)₂ = 0,458 % P₂O₅.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de enero
GRAFITO			
Alemán	N	t	13.162-84.094 FOB-m
Madagascar	N	t	10.575-31.387 FOB-m
Noruego	N	t	8.437-13.894 FOB-m
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	13.950-25.087 FOB-m
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	19.876 FOB-Ce
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	15.269 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	10.530 FOB-Ce
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	19.876 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	10.530 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	7.898 FOB-Ce
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.530 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	7.898 FOB-Ce
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.870 FOB-Ce
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.687 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	1.603 FOB-m
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	10.662 e-w
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	806-881 FOB
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsia)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	675-844 CIF
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	3.291-3.949 CIF
USA, standard	N	t. u. K ₂ O	59,54 FOB-Fla
Coarse	N	t. u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K ₂ O:			
Canadiense:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	31,63-35,35 FOB-C
Coarse	N	t. u. K ₂ O	34,11-37,83 FOB-C
Granular	N	t. u. K ₂ O	25,35-39,07 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	3845 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K ₂ O	36,59-41,55 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K ₂ O	39,69 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	42,17 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	37,83-42,79 FOB-NM
Granular	N	t. u. K ₂ O	39,09-44,03
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K ₂ O	35,35-39,03 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K ₂ O	39,69-44,03 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K ₂ O, a granel	N	t. u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
SAL COMUN			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	428 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	650 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.052 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar.	L	t	812 e-w

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de enero
VERMICULITA			
USA	N	t	1.861-2.977 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	3.411-4.341 CIF-AT
En crudo, embolsada	L	t	(n) CIF
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P ₁ , 99,7 % menor 325 mesh	L y N	t	5.068 CIF-E
P ₄ , 99,95 % menor 325 mesh	L y N	t	5.528 CIF-E
Para cerámica:			
C ₁ , 96,5 % menor 325 mesh	L y N	t	5.002 CIF-E
C ₆ , 79,2 % menor 325 mesh	L y N	t	4.936 CIF-E
C ₁₀₁ , 2 % menor 200 mesh	L y N	t	4.870 CIF-E
Para mastique:			
F ₁ , 78 % menor 325 mesh	L y N	t	5.331 CIF-E

NOMENCLATURA

CALIDAD	
(n):	Nominal, indica que al ser insuficiente en negocio, no sirve como base para una cuantificación real.
GIRM:	Agrupación de importadores de metales.
MERCADO	
L:	Londres, base del mercado europeo.
N:	Nueva York, base del mercado americano.
B:	Bélgica.
C:	Canadá
F:	Francia.
G:	Alemania del Oeste.
I:	Italia.
J:	Japón.
SA:	Sudáfrica.
UNIDAD	
Troy on:	onza troy=0,3110 g.
lb:	libra=0,4535 kg.
t:	tonelada métrica.
st:	tonelada corta=0,907 t.
lt:	tonelada larga=1,016 t.
f:	frasco=76 lb.
picul.:	picul=133,5 lb.
tu "x":	unidad de "x" contenido en una tonelada.
stu "x":	unidad de "x" contenido en una tonelada corta.
ltu "x":	unidad de "x" contenido en una tonelada larga.
lb "x" cont.:	libro de "x" contenido.
kg "x" cont.:	kg de "x" contenido.
t "x" cont.:	tonelada de "x" contenido.
PRECIO	
(n):	nominal, indica el nivel de precio probable, sin confirmación.
n. a:	precio no disponible.
£:	Libra Esterlina.
§:	Dólar USA.
§ A:	Dólar Australiano.
§ C:	Dólar Canadiense.
§ M:	Dólar Malayo.
D M:	Marco Alemán.
F:	Franco Francés.
F B:	Franco Belga.
l:	Lira Italiana.
Rand:	Rand Sudafricano.
Yen:	Yen Japonés.

PUERTOS

N. Y.:	Nueva York.
Lago:	Lago Superior.
ON:	Lago Ontario.
UK:	Reino Unido.
Golfo:	Golfo de México.
H:	Huelva.
S:	Setúbal.
Fla.:	Florida.
Ca.:	California.
N. M.:	Nuevo México.
At.:	puerto Atlántico.
L:	Laredo.
FORMA DE ENTREGA	
FOB:	Franco a bordo, el vendedor asume todos los riesgos hasta que queda puesta la mercancía a bordo. Cuando aparece el nombre del puerto, el vendedor asume toda la responsabilidad hasta la puesta a bordo en ese puerto, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro puerto, es éste el que corre con los gastos.
FAS:	Franco en el muelle de embarque.
FOT:	Franco sobre camión.
CIF:	El vendedor asume los gastos de la fórmula FOB más los gastos del seguro y flete hasta el puerto de destino.
CIF-E:	CIF en puerto Europeo.
CIF-USA:	CIF en puerto USA.
CIF-X:	CIF en lugar X.
D:	Franco en el domicilio del comprador
D-X:	D en el lugar X, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro lugar correría con los gastos de traslado.
d-p:	punto de entrega.
e-w:	ex warehouse=puesto en fábrica o almacén.
p. e:	libre de gastos hasta el punto de entrada en el país.
f:	fábrica.
m:	mina.
r:	refinería.
(e):	aranceles de aduanas adicionales.
(i):	incluidos los aranceles de aduanas.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
302	25704	18-XII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Alicante.
302	25707	18-XII-74	Ind.	CANCELACIONES de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
309	26222	26-XII-74	Ind.	LEVANTAMIENTO de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la zona denominada "Ampliación a Zona vigésimo sexta La Junquera", comprendida en la provincia de Gerona.
4	210	4-I-75	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Palencia.
6	313	7-I-75	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Cáceres.
6	313	7-I-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Santander.
6	313	7-I-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Teruel.
9	553	10-I-75	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Málaga.
12	800	14-I-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Avila.
12	800	14-I-75	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
13	907	15-I-75	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Teruel.
30	2389	4-II-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Albacete.
30	2390	4-II-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
32	2578	6-II-75	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, de la provincia de Teruel.
34	2768	8-II-75	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Palencia.
34	2763	8-II-75	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
HIDROCARBUROS				
302	25698	18-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se fija el precio para liquidación del impuesto sobre el producto bruto y para las ventas de los petróleos crudos procedentes de las concesiones de explotación "San Carlos I y II" (Amposta).
311	26378	28-XII-74	Ind.	DECRETO por el que se aprueban los contratos por los que Coparex cede al I. N. I. y a Gao, respectivamente, sendas participaciones del 9 y 20 por 100 en la titularidad de los permisos de investigación de hidrocarburos "Amposta A", "Amposta D" y "Buda".
9	547	10-I-75	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción del permiso de investigación de hidrocarburos "Olot".
9	547	10-I-75	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción del permiso de investigación de hidrocarburos "Ainsa".
12	793	14-I-75	Ind.	DECRETO de otorgamiento a CAMPSA de un permiso de investigación de hidrocarburos.
12	794	14-I-75	Ind.	DECRETO de otorgamiento a CAMPSA de un permiso de investigación de hidrocarburos.
31	2483	5-II-75	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción de los permisos de investigación de hidrocarburos "Fabara" y "Maella".
R E S E R V A S				
310	26275	27-XII-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción practicada para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para toda clase de recursos minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el área que se indica, comprendida en las provincias de Cuenca, Teruel, Castellón y Valencia.
8	476	9-I-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción de la petición presentada por la Junta de Energía Nuclear para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para minerales radiactivos en el área que se indica, comprendida en las provincias de Gerona y Barcelona.
8	476	9-I-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción practicada para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para toda clase de recursos minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el área que se indica, comprendida en las provincias de Zaragoza, Teruel y Castellón.
9	547	10-I-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción practicada para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado, para toda clase de recursos minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el área que se indica, comprendida en las provincias de Segovia, Guadalajara, Soria, Zaragoza, Teruel, Cuenca y Madrid.
12	795	14-I-75	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos denominada "Avila 530-4", de la provincia de Avila.
12	795	14-I-75	Ind.	ORDEN por la que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado para la investigación de minerales radiactivos "Cuenca Cinco-Valdemeca", en la provincia de Cuenca.



"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
12	796	14-I-75	Ind.	ORDEN por la que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos "Soria Dos", de la provincia de Soria.
12	796	14-I-75	Ind.	ORDEN por la que se declara zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos a la Zona 39. ^a Anguita", de la provincia de Guadalajara.
13	901	15-I-75	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción practicada para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado, para toda clase de sustancias minerales, en el área que se indica, comprendida en la provincia de Almería.
34	2763	8-II-75	Ind.	ORDEN por la que se proroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos, carbón e hidrocarburos, "Zona Bailén-Linares", comprendida en las provincias de Ciudad Real, Jaén y Córdoba.
37	3016	12-II-75	Ind.	CORRECCION de errores de la Resolución por la que se hace pública la inscripción practicada para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el área que se indica, comprendida en la provincia de Almería.
38	3115	13-II-75	Ind.	CORRECCION de errores de la Resolución de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción, por la que se hace pública la inscripción practicada para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para toda clase de recursos minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en el área que se indica, comprendida en las provincias de Cuenca, Teruel, Castellón y Valencia.
V A R I O S				
301	25601	17-XII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a doña Phoebe Williams autorización para aprovechar aguas subálveas del torrente Manso Gil o Manso Sabater, en término municipal de Calonge (Gerona), con destino a riegos y usos domésticos, salvo bebida.
19	1412	22-I-75	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a "Llansá, S. A.", de un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de Balleta, en término municipal de Llansá (Gerona), con destino a usos industriales.
20	1508	23-I-75	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a don Adolfo Aragonés Aragonés de un aprovechamiento de aguas subálveas del embalse de Les Valls o de Las Voltas, en término municipal de Riudecols (Tarragona), con destino a suplemento de agua para riegos existentes.
21	1616	24-I-75	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Pedro Micalo Mir y doña Rosa Durán Gifreu un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Matamós, en término municipal de San Vicente de Camós (Gerona), con destino a usos domésticos, excepto bebida y atenciones de ganado.

Notas bibliográficas

MINERALOGIA

E. GALÁN HUERTOS y J. ESPINOSA DE LOS MONTEROS: *El caolín en España. Características, identificación y ensayos cerámicos*. Editado por la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Madrid, 1974, 230 págs., 44 figs, 27 tablas.

El caolín es una de las rocas industriales de mayor interés económico actual en el mundo y particularmente en España, debido a su amplia representación y distribución.

Este libro es la primera obra española, y una de las primeras en el mundo, que está dedicada exclusivamente al caolín, tratando además el tema de una forma asequible para cualquier persona, independientemente de su especialidad y conocimientos.

El libro está dividido en seis capítulos, dedicándose el primero a la definición del caolín y de las arcillas caoliníferas, a su composición, usos, geología y génesis.

El capítulo segundo trata de los métodos más adecuados para la caracterización y el estudio de estas materias primas. Las técnicas modernas esenciales, la difracción de rayos X, el análisis térmico diferencial y termogravimétrico y la microscopía electrónica, junto con el análisis químico, son consideradas, describiéndose sus fundamentos, usos y posibilidades, así como la interpretación de los resultados.

El capítulo tercero presenta un interés especial, puesto que describe los estudios básicos de campo y de laboratorio necesarios para el conocimiento y valoración de un yacimiento de caolín y su interpretación.

Los tres primeros capítulos presentan así un carácter genérico, como el capítulo quinto, dedicado al caolín como materia prima cerámica, mientras el capítulo cuarto presenta la distribución geográfica del caolín en España, los denuncios y concesiones, las áreas geológicas caolinizadas, los tipos de caolines existentes en España junto con sus características granulométricas, mineralógicas y químicas, las producciones, calidades, reservas, comercio, etc., de los caolines españoles, y su uso en cerámica.

Como intento de una normativa de ensayos para caolines cerámicos, se recoge en el capítulo sexto una serie de ensayos, perfectamente descritos para su realización, referentes a granulometría, análisis mineralógico y químico, poder defloculante, resistencia mecánica en seco y en cocido, blancura, contracción, etc.

Para presentar todos estos datos de características físico-químicas del caolín, los autores han dispuesto una ficha-

resumen, simple pero completa, que aconsejan se rellene para que acompañe al caolín comercializado, como garantía del control de la calidad que ofrece el vendedor. También han elaborado una segunda ficha en la que se resumen las características geológicas y mineras del depósito del que procede el caolín anterior.

Una moderna y especializada bibliografía sobre el tema, completa el libro.

Los autores, el doctor Galán, gran conocedor de la geología y mineralogía del caolín en España, y el doctor Espinosa, técnico en el estudio y caracterización de materias primas para la industria cerámica, pretenden sin duda contribuir al conocimiento de esta importante materia prima, de tan amplias y variadas utilidades en la industria moderna, y mentalizar tanto a los suministradores como a las industrias que la emplean, de la necesidad de llevar a cabo estudios de los yacimientos que explotan y de la calidad de los caolines comercializados.

Libros como éste, dedicados a la difusión y conocimiento de una materia prima concreta y que son de utilidad tanto para los científicos y técnicos como para los explotadores y consumidores de la misma, son bienvenidos. Deseamos que este tipo de libro despierte una inquietud en quienes pueden contribuir en forma análoga a la divulgación de los conocimientos científicos de las materias primas españolas.

Felicitemos también a la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio por la publicación de esta interesante obra y por su buena presentación, que está profusamente ilustrada, inclusive con fotografías en color.—APARICIO.

CÉSAR DONDOLI, B.: *Depósitos laterítico-bauxítico en la zona de Paraíso de Cartago, Costa Rica*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 31-36.

A fines del Terciario existían en Costa Rica condiciones de clima que, como en otros lugares, dieron lugar a la formación de lateritas bauxíticas con contenido variado de gibsita. La concentración de la gibsita se ha producido preferentemente sobre las áreas correspondientes a antiguas llanuras cubiertas por aluviones de materiales volcánicos y sobre los mantos lávicos de tipo andesítico y andesítico-basáltico, con elevado contenido de plagioclasas sódico-cálcicas.

Una de las áreas en las cuales se ha producido mineralización gibsítica, corresponde al flanco izquierdo del Valle del Río Reventazón, entre la ciudad de Paraíso y la de

Cervantes. En esta zona la laterización ha afectado, supelementalmente en el Plioceno superior, al manto de la Colada de Lava de Paraíso. Sobre esta lava se ha originado una profunda arcillificación de más de diez metros de profundidad y sobre el manto arcillificado se ha producido una avanzada laterización con contenido alto de gibsita. El horizonte bauxítico está cubierto por cenizas volcánicas de 1 a 3 metros de espesor.

De los análisis efectuados se evidencia un 44 por 100 de alúmina total y un 30 por 100 de alúmina extraíble con el sistema "Bayer". Este porcentaje de alúmina se asemeja al que se ha registrado en el Valle de El General. Estima el autor que en esta área pueden existir de doce a quince millones de toneladas de laterita bauxítica que corresponderían, conservadoramente, a unos cuatro millones de toneladas de alúmina y a dos millones de toneladas de aluminio metálico.—L. DE A.

JOHN SVANHOLM: *Uranium discovery in Yamala, Honduras*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 37-40.

En el año 1970, el autor descubrió minerales de uranio en la región de Yamalá, en el noroeste de Honduras, en una zona conocida por su mineralización de cobre y mercurio. El sitio se encuentra aproximadamente a 20 kilómetros al NNE. del trabajo de cobre y hierro de Quitagana. La mineralización de uranio ocurre casi oculta entre minerales de cobre y mercurio, en conglomerados calizos de la Formación Ilama del Cretácico Inferior. Los minerales de uranio se presentan en vetillas que cortan la estratificación, y en forma diseminada en material de grano más fino. Incluyen a la uraninita, de origen hypogenético, y a sus productos de oxidación: ceunerita, metaceunerita y boltwoodita. Las identificaciones se efectuaron por la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. La asociación con cobre y mercurio podría servir como un criterio de exploración en prospecciones futuras de uranio en Honduras.—L. DE A.

RICHARD E. STOIBER y WILLIAM I. ROSE, JR.: *Sublimates at volcanic fumaroles of Cerro Negro Volcano, Nicaragua*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 63-68.

Han estudiado la mineralogía de los sublimados depositados en fumarolas en el Volcán Cerro Negro, Nicaragua, desde marzo de 1967. Las fumarolas se presentan en el cráter de la cima del volcán y en las coladas de lava de los años 1960 y 1968. La temperatura de estos focos varía entre 100° y 740° C. Han identificado 25 minerales de sublimados, que incluyen óxidos, sulfatos, halógenos y azu-

fre nativo. Hallaron magnetita y paratacamita en una fumarola de la colada de lava de 1968. Estos minerales no se habían identificado en ninguna otra fumarola centroamericana, pero la magnetita fue descrita en el "Valley of 10.000 Smokes", y atacamita en el Vesubio. Todos los demás minerales determinados se encuentran en otras fumarolas volcánicas en América Central. El conjunto de sublimados del Cerro Negro refleja mayor abundancia de Cu y K, de lo que se registra en otros sitios de América Central. La tenorita está especialmente bien representada, y la aftitalita contenida en Cu abundante. Son relativamente abundantes los minerales potásicos: silvita en las coladas y langbeinita en el cráter central. Alrededor de los focos fumarólicos existe un zonamiento bien definido de los sublimados. La mineralogía de los sublimados encontrados en el cráter de la cúspide contrasta con los del muestre en la colada de 1968. El azufre nativo se halla solamente en la cima y allí son abundantes los sulfatos. Los minerales del aluminio están reservados a la cúspide. En las coladas son abundantes los halógenos y los sulfatos tienen menor importancia. El cobre se encuentra principalmente en la colada. Anteriormente se ha demostrado (Stoiber & Rose, 1970) la abundancia relativa de gases de azufre en las fumarolas más cercanas al foco central de un volcán y el enriquecimiento de gases halógenos en las fumarolas de las coladas de lava a cierta distancia del foco central, lo cual se atribuye a la descarga diferencial de gases de los componentes magmáticos con diferentes solubilidades en el magma. Esta diferencia en los gases procedentes de diferentes fumarolas del Cerro Negro, probablemente es en gran parte responsable de diversidad química de los grupos de sublimados.

Los análisis de elementos menores del grupo de sublimados, tomados en la cúspide del Cerro Negro, registran Cu, Tl, Mo, Fe, Pb, Zn y Se, con presencia menor aún de Mn, Ni, Sr, Rb y B. Particularmente notable es el alto contenido de Se (hasta 3.400 ppm) en los sulfatos.

VULCANISMO

R. C. DAME: *Polarity and non polarity of volcanism in Costa Rica*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, número IV, 1973; págs. 41-46.

En Costa Rica se desarrolló la actividad volcánica en dos direcciones diferentes. En la parte norte del país existe una polaridad Oeste-Este de líneas andesíticas durante el Terciario y Cuaternario. Esto representa una prolongación de tendencias localizadas en la parte occidental de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua. En el sur de Costa Rica, no hay polaridad en el volcanismo desde el Cretácico al Cuaternario.

Esta diferenciación debe tener relación con la coexistencia de subplanchas litosféricas oceánicas y continentales. Hasta donde es posible aplicar, en tiempos pasados, las relaciones presentes de fosas marinas con las orientaciones volcánicas, se pueden establecer polaridades de la actividad volcánica solamente a partir de las antiguas líneas volcánicas, que permiten definir reconstrucciones paleogeográficas de subplantas litosféricas. En esta forma se observa en Costa Rica la confirmación de las nuevas suposiciones, en el sentido que las fosas marinas permanecen fijas si se sitúan entre dos placas oceánicas, y que migran si la parte continental de una placa litosférica colisiona con una placa oceánica.

De acuerdo con esta reconstrucción paleogeográfica, es evidente que solamente la parte noreste de Costa Rica se localiza en la zona continental de la subplaca litosférica del Núcleo Nicaragüense, mientras que todas las demás partes del país se encuentran, desde el Cretácico, en la zona de colisión entre las subplacas oceánicas del Pacífico Oriental y el Caribe. El contacto entre la subplaca oceánica del Caribe y la subplaca continental del Núcleo de Nicaragua, se verifica a través de la falla sinistral de San Elena (Murciélagos), que es el resultado, en Costa Rica, del miembro sur del mega-cizallamiento Centroamericano. Estas consideraciones permiten una mejor comprensión de la distribución de las unidades sedimentarias en Costa Rica.—L. DE A.

JOACHIM D. MEYER: *Investigación sobre la distinción de cenizas volcánicas por análisis de radio-isótopos de sodio y aluminio*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, número IV, 1973; págs. 59-62.

Las fracciones vítreas de capas de pómez no diferenciables megascópicamente fueron analizadas en busca de Na y Al con activación neutrónica para investigar la utilidad de estos núclidos Al^{26} y Na^{24} , en la correlación estratigráfica. La comparación de 53 muestras de seis capas de pómez del Volcán Coatepeque en El Salvador, indica una clara agrupación y algún traslape de datos, demostrando que el método es válido. Sin embargo, es necesario mejorar la técnica y demostrar su aplicación en problemas de correlación estratigráfica en otras áreas volcánicas.—L. DE A.

JOSÉ G. VIRAMONTE O.: *Las últimas erupciones volcánicas en Nicaragua. (Período 1968-1970)*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 69-80.

Después de una fase de relativa inactividad volcánica eruptiva en los volcanes nicaragüenses (período 1963-1968), el año 1968 parece haber marcado el límite de su finalización y el comienzo de una fase de gran actividad en dichos

volcanes. Esta reactivación ha comenzado con la larga e interesante erupción del Cerro Negro, la cual apareció el 23 de octubre de 1968, tuvo cincuenta días de duración, formó un nuevo cráter adventicio, una larga colada lávica fue emitida desde este y una gran cantidad de piroclastos fueron arrojados desde el cráter principal. A esta erupción le siguió cronológicamente la reactivación del volcán Telica en febrero de 1969, con una erupción caracterizada por la emisión de piroclastos medianos y finos desde su ancho cráter, para luego de pocos días retornar a la normalidad y nuevamente reaparecer una fase eruptiva durante mayo del mismo año.

Durante el 21 y 23 de diciembre de 1969 aparece una erupción de corta duración en el Cerro Negro, pero de carácter violento. En los primeros días del mes de abril de 1970, posteriormente a una serie de "retumbos" escuchados en los alrededores del complejo volcánico "Masaya" (caldera del Santiago), se comprueba la reactivación de un pequeño cono de escorias existente en el centro de dicha estructura, el cual había emitido tres pequeñas coladas lávicas y mantenía un cráter con lava incandescente, la cual persiste en el momento de escribir estas líneas. Durante el mes de agosto de 1970 el volcán Telica presenta una de las erupciones más largas de los últimos años de su actividad, emitiendo una regular cantidad de cenizas, que afectaron a las poblaciones de Chichigalpa, Corinto y Posoltega.—L. DE A.

RICHARD WEYL y HANS PICHLER: *Petrochemical aspects of Central American Magmatism*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 81-90.

Los resultados de nuevos análisis químicos de rocas, que fueron convertidos a normas Rittmann y procesado por computación, permiten señalar nuevas relaciones entre la estructura de la corteza, la historia geológica y las características químicas de los procesos magmáticos durante el Cretácico-Cenozoico de América Central. Reviste especial importancia la circunstancia de que la parte norte de Centroamérica tiene una corteza continental y la parte sur posee, en cambio, una corteza oceánica.

En el norte se inició el volcanismo Terciario con la erupción de rocas andesíticas y latíandesíticas de la Formación Matagalpa. Durante el Mioceno se produjeron volúmenes grandes de ignimbritas riolíticas alcalinas, riolíticas y riolíticas, las cuales se relacionan tanto en tiempo y espacio como petroquímicamente con la Formación Maragalpa. Las vulcanistas de la Formación Matagalpa se consideran como productos de fusión "andesítica" de niveles químicamente diferentes más profundos de la corteza, las ignimbritas, en cambio, se interpretan como productos anatéticos de niveles superiores de la corteza.

La parte sur de América Central se conoce sobre todo por los trabajos realizados en Costa Rica. Allí los procesos magmáticos comenzaron con la extrusión submarina, principalmente de basaltos toleíticos (Complejo de Nicoya), y por la intrusión de peridotitas serpentinizadas. Estas rocas representan material de la parte superior del manto suboceanico. El volcanismo del Terciario medio produjo rocas intermedias de la serie calcalina y parece estar cercanamente relacionado en composición con el plutonismo del Mioceno superior de la Cordillera de Talamanca. Este plutonismo se distingue del de América Central septentrional por su carácter más alcalino, lo que no parece estar de acuerdo con la estructura de la corteza.

Hasta ahora se ha considerado el volcanismo de la Formación Aguacate, perteneciente al tiempo de Plioceno y produjo rocas con notorios contenidos de sodio. Por esto se diferencian de todas las demás series ígneas de la región. Estas rocas se interpretan como productos de diferenciación de magmas subcorticales oceánicas. La clasificación de edad de esta secuencia merece ser revisada.

El volcanismo Cuaternario es semejante en ambas partes de América Central, aquí dominan tanto latíandesitas con cuarzo y andesitas, como riolitas, riolíticas y dacitas. Un arreglo bimodal parecido de los tipos de roca se registra en los Andes sudamericanos. Los basaltos se presentan muy subordinadamente y se distinguen solamente por un "número de color" ligeramente más alto que el de las andesitas. Estas vulcanitas se consignan más apropiadamente como mela-andesitas y deberían haberse formado por diferenciación gravitacional a partir de una magma "andesítico" original. Existen claras diferencias regionales de la composición química de las rocas, sobre todo en la región de Nicaragua se distinguen características más básicas. Ciertos volcanes difieren petroquímicamente de otros focos vecinos y permitan reconocer tendencias de desarrollo individual por medio de procesos de diferenciación.

Las rocas "andesíticas" Cuaternarias centroamericanas son originalmente magmas primarios, que se pueden haber formado en la zona Benioff, inclinada hacia el noroeste de la costa pacífica. En el ascenso, partes de estos magmas

fueron más o menos modificados por contaminación con rocas de la corteza, por mezcla con fusiones anatéticas de la corteza y por procesos de diferenciación.

Es notable la presencia de rocas alcalinas a mayor distancia de la fosa frontal, una circunstancia que se conoce también en otras regiones del cinturón circumpacífico y la cual se puede relacionar con la tectónica regional de América Central.—L. DE A.

TERMALISMO

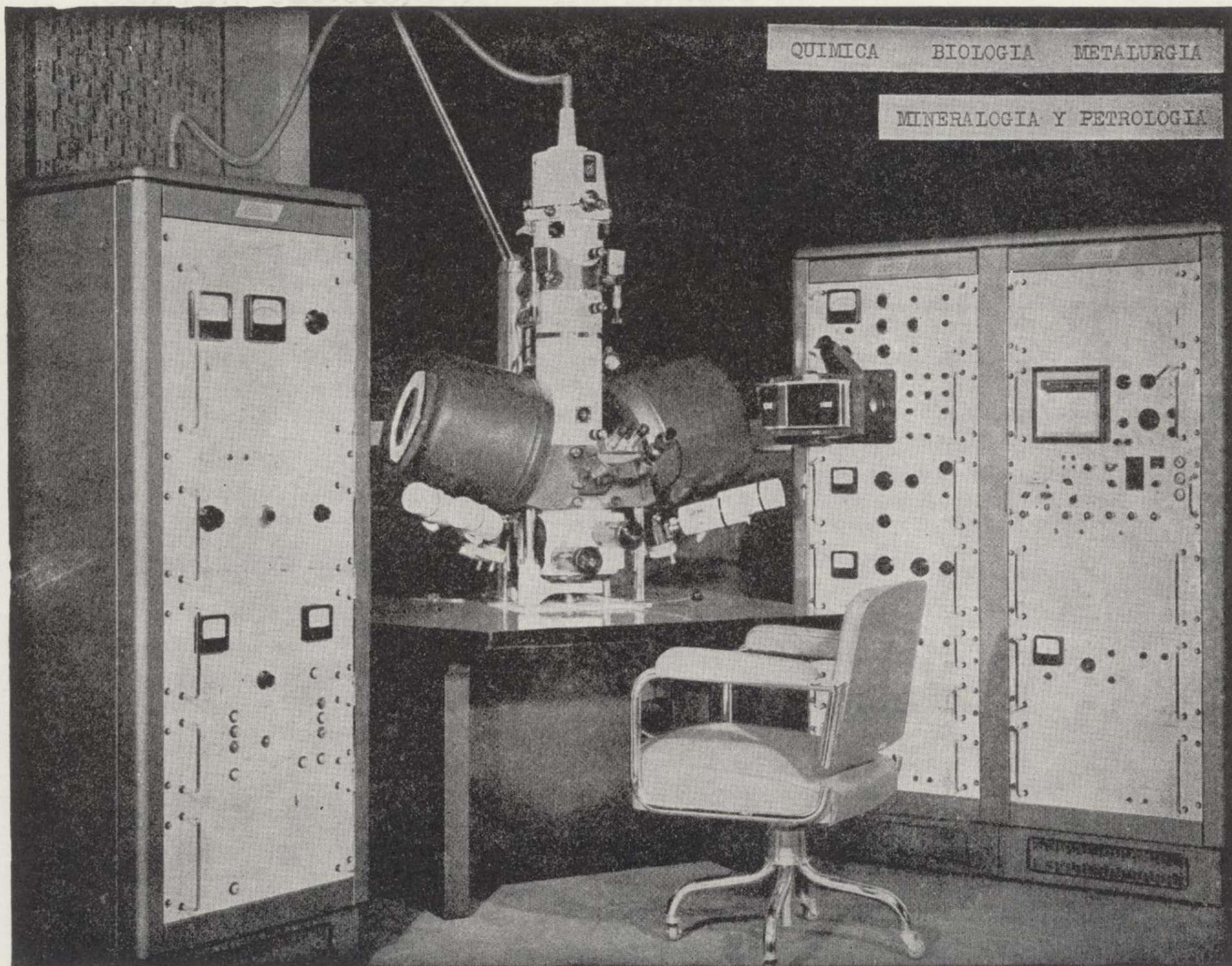
CONSTANTINO FAILLACE: *Notas sobre algunas fuentes termo minerales en Guanacaste*. Publicaciones Geológicas del ICAITI, núm. IV, 1973; págs. 47-58.

Los manantiales visitados por el autor se encuentran en una faja de unos 50 kilómetros de largo en dirección NW-SE, y por unos 50 kilómetros de ancho, localizada a lo largo de la ladera meridional de los volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles, en la Cordillera de Guanacaste (Costa Rica). El origen de éstos es por agua meteórica de penetración que luego de evaporizarse debido al gradiente geotérmico alto o por encontrar efectos térmicos, y por ser ayudados por los gases volcánicos, ascienden, se mezclan con las aguas superficiales y afloran en forma de manantiales.

Los brotes descritos tienen una notable escasez de minerales, lo cual indica ausencia o muy poca participación de aguas juveniles, en la formación de las fuentes, las cuales tienen caudales menores de 225 m³/h. "Las Pailas" de la Hacienda Guachipelín, que incluyen volcancillos de barro, pilas de lodo, agua, gas y vapores hirvientes, son consideradas como manifestaciones post-volcánicas del Volcán Rincón de la Vieja. La emanación de gas y vapores hirvientes ha transformado las rocas al contacto hasta constituir con el agua meteórica las pilas de lodo y barro.—L. DE A.



LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

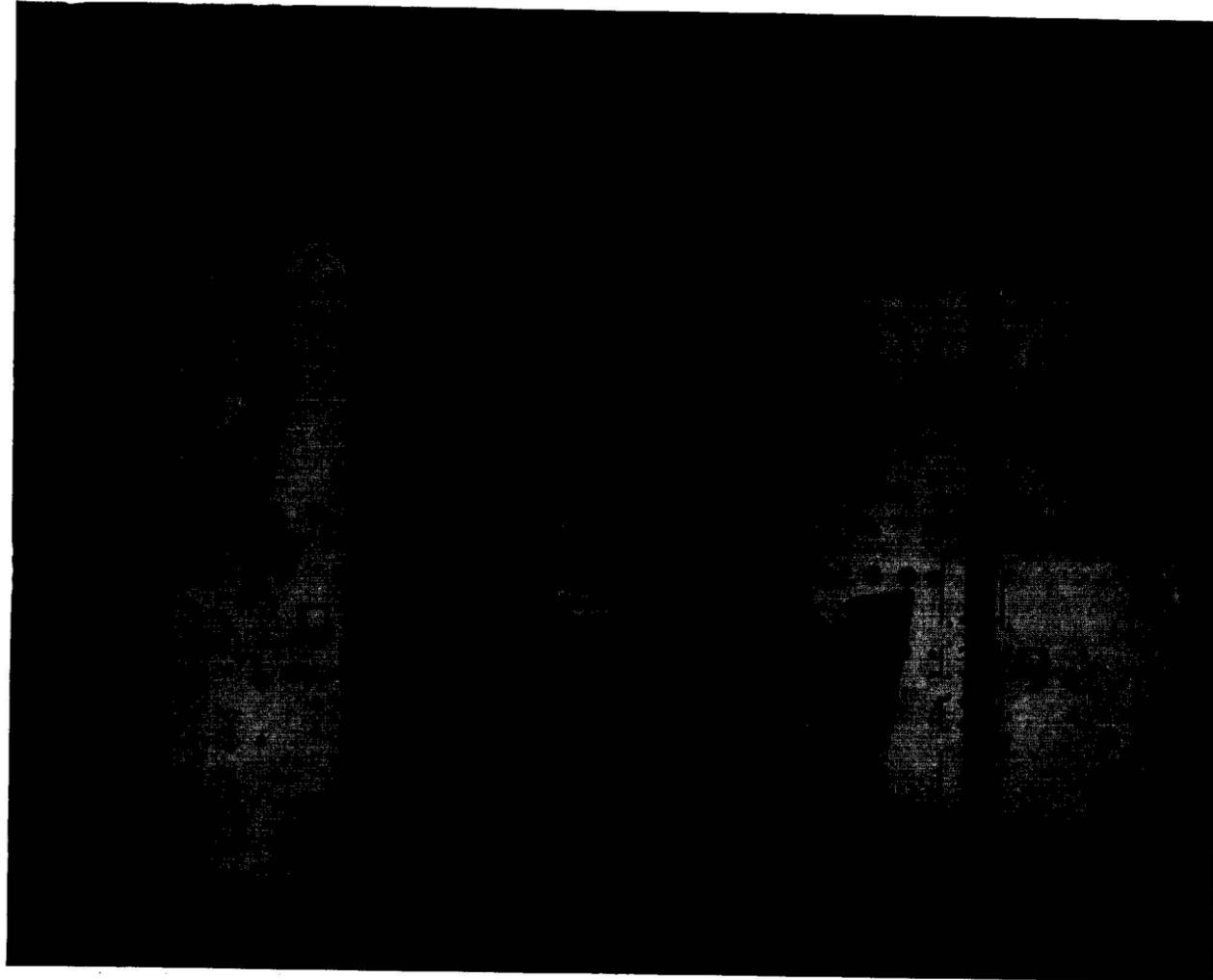
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

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.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

Espectrometría de absorción atómica.

Espectrografía mediante placas fotográficas.

Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.

Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.

Análisis Químicos.

Microsonda Electrónica.

Metalogenia.

Petrología.

Preparación Mecánica de Minerales.

Mineralogía.

Macro y Micropalantología.

Geotecnia.

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELEF. 254 22 00

MADRID - 3

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 superiores a 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.

CALLE DE HOYOS, 11, 1

TELEF. 261 08 07

MADRID 6

DELEGACIONES EN:

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

EL AAIUN (Sahara)



Ibergesa

Ibérica de Especialidades Geotécnicas, S.A.

ESTUDIOS DE:

Geología

Hidrogeología

Geofísica

Geotecnia

Minería

Análisis de materiales



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- ★ GEOLOGIA.
- ★ AGUAS SUBTERRANEAS.
- ★ EXPLORACION MINERA.
- ★ EXPLORACION PETROLERA.
- ★ SONDEOS.
- ★ ROCAS INDUSTRIALES.
- ★ GEOTECNIA.
- ★ GEOFISICA.
- ★ LABORATORIOS.
- ★ LIMPIEZA QUIMICA.



**Compañía
General de
Sondeos S.A.**

MINISTERIO DE INDUSTRIA

Serrano, 37	2250160
	2250189
D. G. MINAS E IND. CONSTRUCCION	
Serrano, 35, Secret. Dirección	2250718
SUBDIRECCION EXPLOTACION	2250729
SUBDIRECCION ORDENACION E INV.	
Claudio Coello, 91	2257972
SECCION ASUNTOS GENERALES	
Velázquez, 47	2758338
SECC. PROSPEC. HIDROCARBUROS	
Alcalá, 54	2320400
INST. GEOL. Y MINERO DE ESPAÑA	
Ríos Rosas, 23	2542200
	2534605
SECRETARIA DE DIRECCION	
PUBLICACIONES	2334035
DIREC. GEN. ENERGIA Y COMBUST.	
Serrano, 37	2250189

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Avda. Generalísimo, 1	2531600
Avda. Generalísimo, 1	2531700
DIREC. GENERAL CARRETERAS	
Carretera Francia, km. 8	2091445
D. G. OBRAS HIDRAULICAS	2260689
SERV. GEOL. OBRAS PUBLICAS ...	4640800

INSTITUTO NACIONAL DE INDUSTRIA

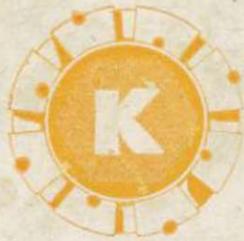
Plaza de Salamanca, 8	2763200
AUXINI, S. A., id.	2760697
AUXINI PETROLEOS	
General Pardiñas, 55	2767400
AUXINI PIRITAS	
Padilla, 47	2255030
ENADIMSA	
Serrano, 116	2617393
Km. 12 N-IV	7973400-50

INDIME	5198500
ICONA	2753942
CENTRO NACIONAL DE INVESTIG.	
METALURGICAS	2538900
CAMPSA, Capitán Haya, 31	4503200

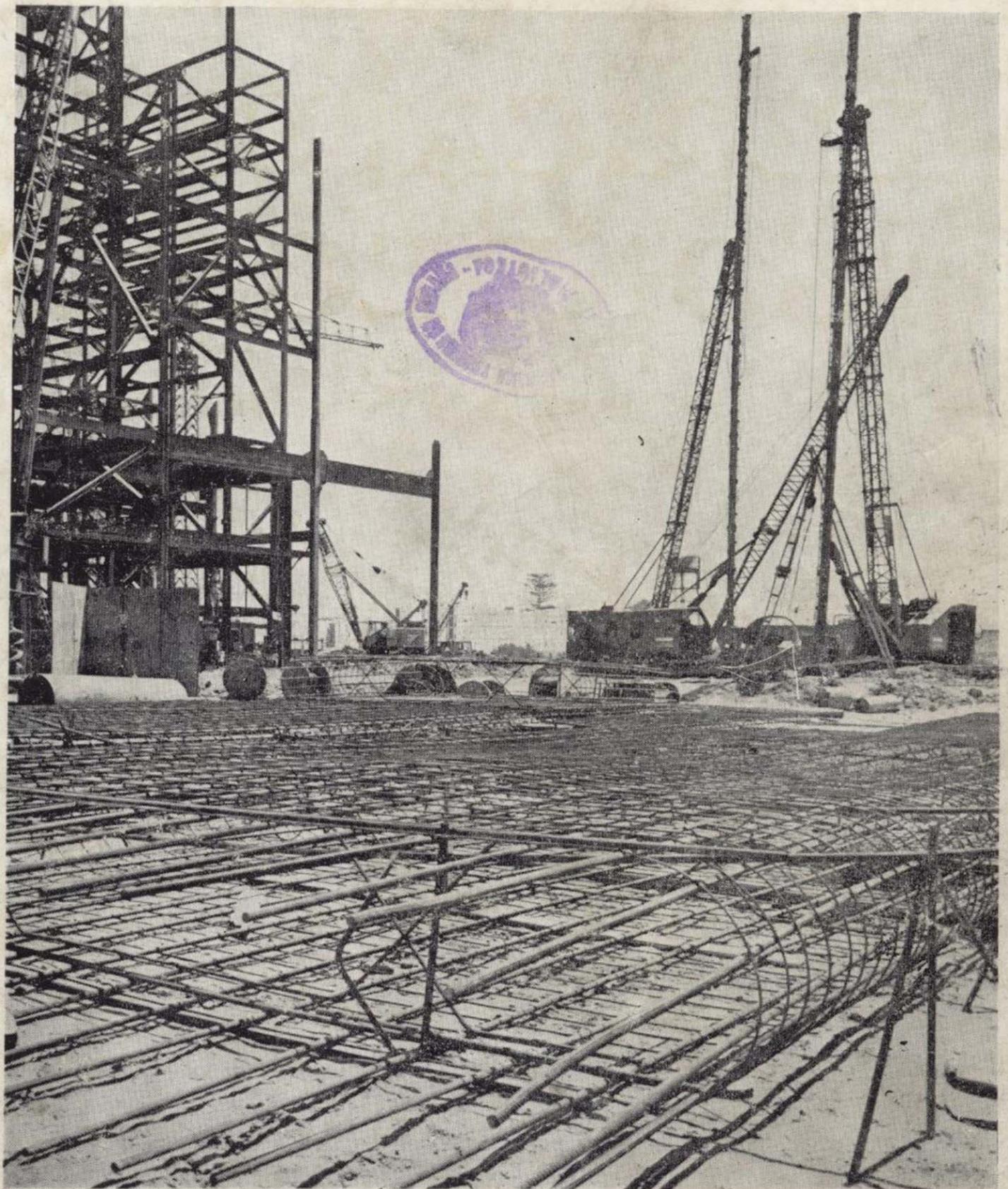
COMISION NACIONAL DE GEOLOG.	
Ríos Rosas, 23 IGME	2343226
COMISION NACIONAL DE MINERIA	
Cristóbal Bordiu, 34	2330207
C. S. I. C. Serrano, 117	2618900
C. S. I. Inst. Geología Económica ...	2436701
Inst. Geog. y Catastral	2333800
C. S. I. Inst. Lucas Mallada	2612513
Junta de Energía Nuclear	4496200
ASOCIACION DE GEOL. ESP.	
Paseo Castellana, 84	2619607
ASOCIACION ING. MINAS	
Almagro, 11	4197423
E. T. S. ING. DE MINAS	
Ríos Rosas, 21	2543001
ID. OVIEDO (985)	219808
FACULTAD DE GEOLOGIA	
BARCELONA (93)	2426659
BILBAO (944)	695100
GRANADA (958)	272883
MADRID	4490479
MADRID PABELLON GEOLOGICAS ...	2436701
OVIEDO (985)	233200
SALAMANCA (923)	219575
ZARAGOZA (976)	250422
INFORMACION CARRETERA	
RENFE, INFORMACION	2477400
	2478400
IBERIA: INFORMACION	
RESERVAS	4485855
RESERVAS	2617700
RESERVAS	2618500
TAXIS	7540900
BOMBEROS	2323232
CASAS DE SOCORRO	4018150
CENTRAL MEDICA URGENCIA	3616199
URGENCIA SANITAS	4455000
URGENCIA SANITAS	4455100
AMBULANCIAS	2272021
AMIC	4197424
POLICIA 091 - HORA 093 - CLIMA 094	

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S. A.

MADRID - Padre Xifré, 5	4157330
	4158955
	4156054
Cozarón de María, 15 ...	4168550
	4168554
	4168558
	4168562
	4168566
VITORIA - Portal de Castilla, 46	(945)
	223604-08-16



- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO
- * SONDEOS MINFROS
- * CAPTACION DE AGUAS
- * INYECCIONES
- * PROGRAMAS DE CALCULO
- * RECALCES
- * ANCLAJES
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * INFORMES Y ASESORIA SOBRE MECANICA DE LOS SUELOS Y LAS ROCAS
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * TABLESTACADOS
- * PILOTES EXCAVADOS
- * ZAPILOTES
- * MICROPILOTES
- * PILOTES HERKULES
- * PILOTES PRETENSADOS
- * GUNITADOS
- * PANTALANES Y OBRAS MARITIMAS ESPECIALES



CENTRAL TERMICA DE ALGECIRAS. Compañía Sevillana de Electricidad. Cimentación del 2.º Grupo mediante pantalla continua y pilotes planos de 80 cm. de espesor y profundidad 25 mts. Medición total ejecutada: 5.924 m².

KRONSA

OFICINAS CENTRALES

MADRID-20
Comandante Zorita, 2 - 4º
Telefs. 2549400 y 2531900
Edificio ATYKA
Telex: AGREC - 23332
Teleg. KRONSINTER

DELEGACIONES

BARCELONA - 6
Balmes, 152, 3º, 5ª
Telefs. 2180500 y 2180508

BILBAO - 11
Ercilla, 24, 4º
Telefs. 237366 y 237107

REPRESENTACIONES: Sevilla, Cádiz, Huelva, Málaga, La Coruña, Oviedo, San Sebastian
Cartagena, Valencia, Tarragona, Alicante