

En este número:

- Existencia de pizarrosidad alpina en la cordillera ibérica.
- Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles.
- El método potasio-argón aplicado a la datación de edades absolutas.
- Contribución al estudio de la metalogenia del norte de la provincia de Huelva, España.
- Comercialización de la Bauxita.
- Vulnerabilidad a la polución de las aguas subterráneas en el polje de Zafarraya y zonas adyacentes (Granada y Málaga).
- El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura. (Estudio comparativo.)
- Facies conglomeráticas del Paleozoico de la provincia de Salamanca.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXV, Tercer Fascículo. Mayo - Junio 1974

boletín geológico y minero

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





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



**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

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

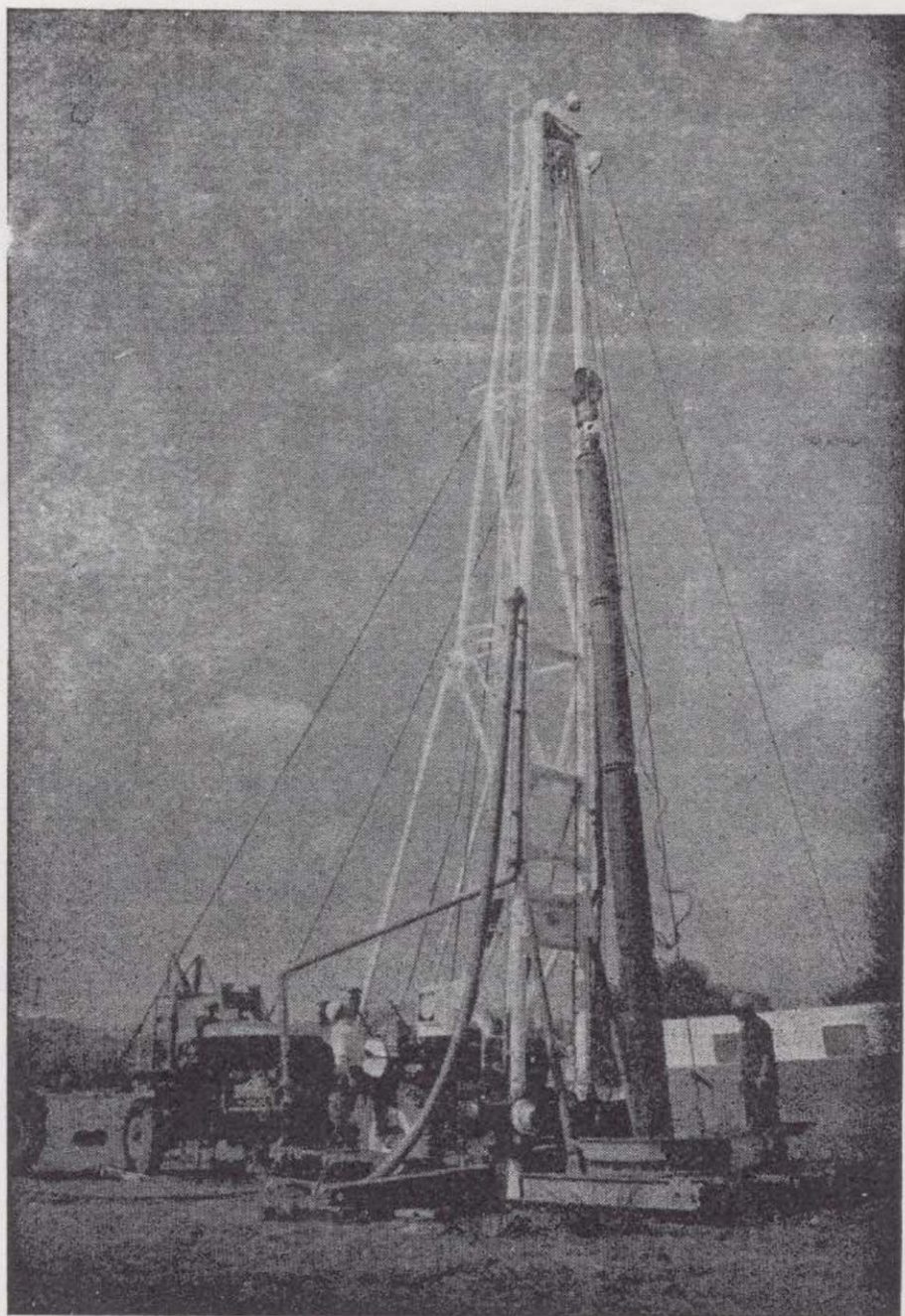
- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento 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

M A D R I D - 1 6

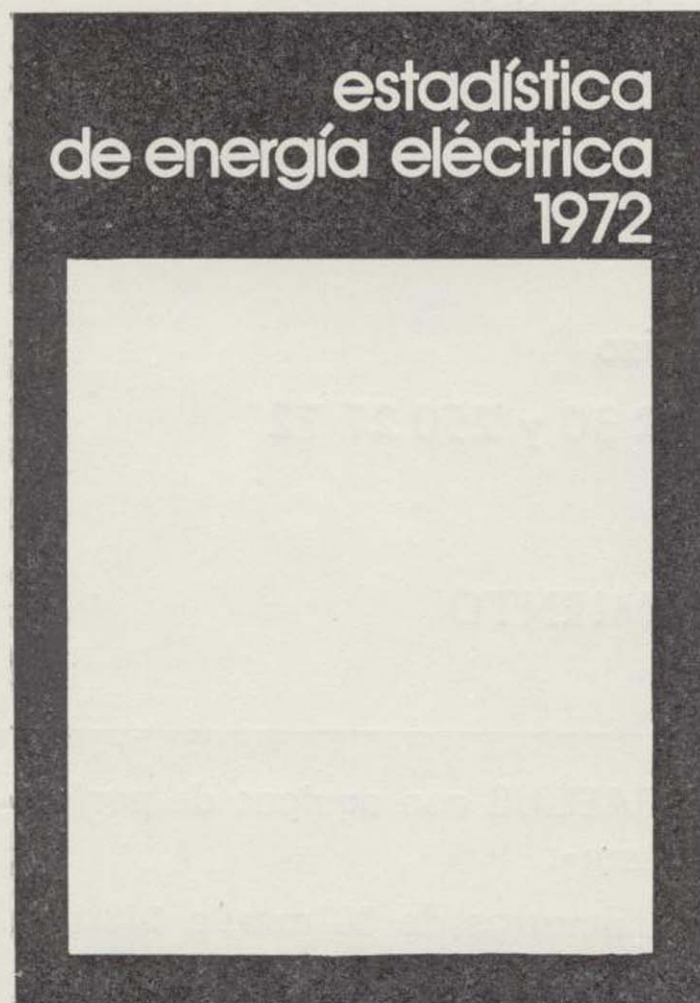
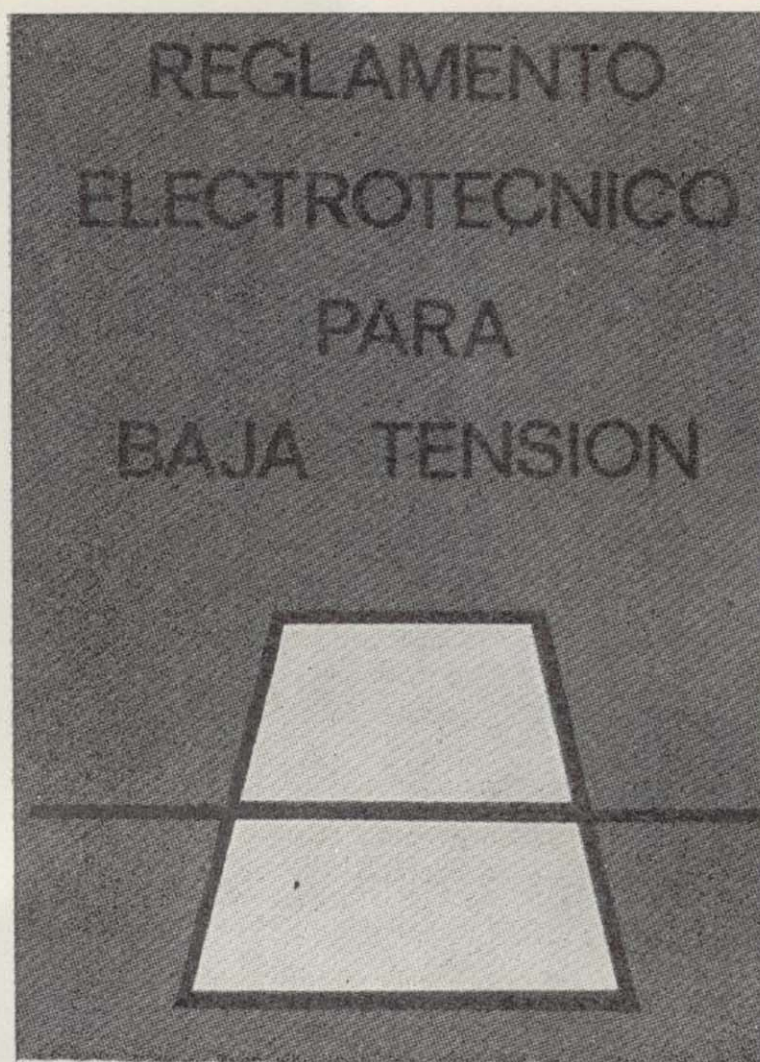
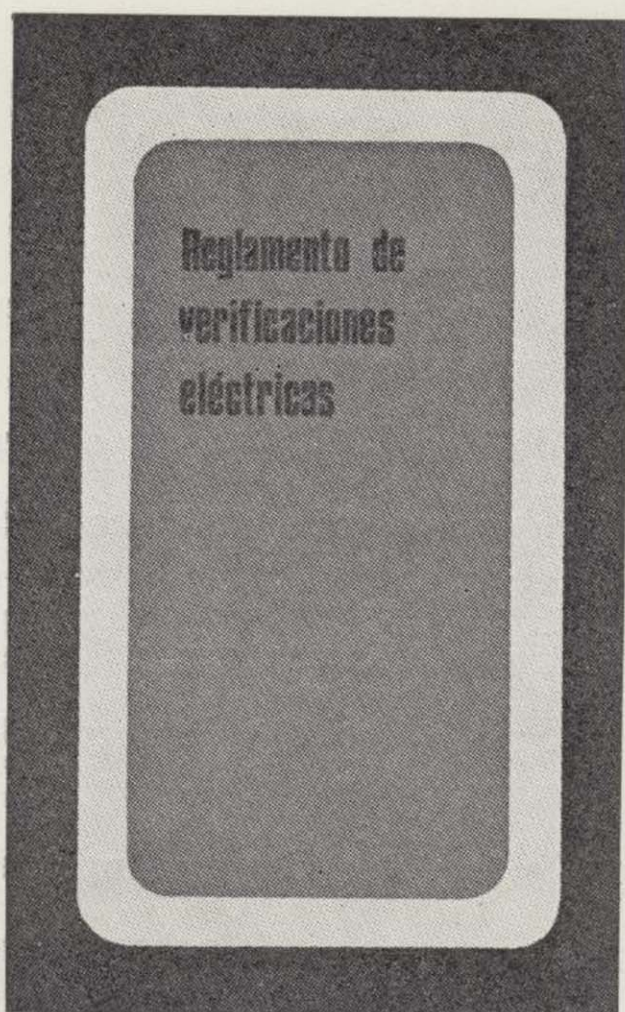
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

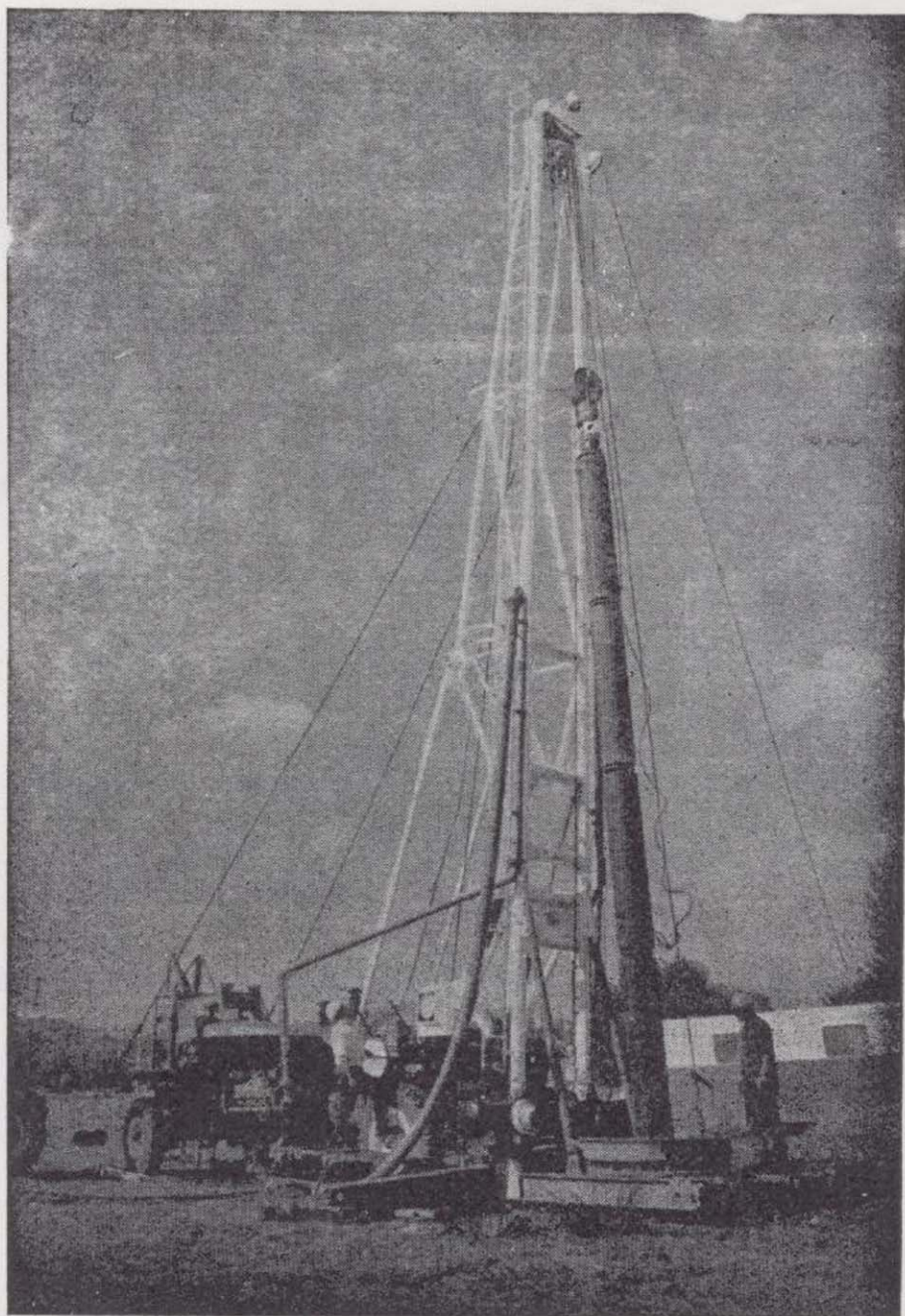
Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

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



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

M A D R I D - 1 6

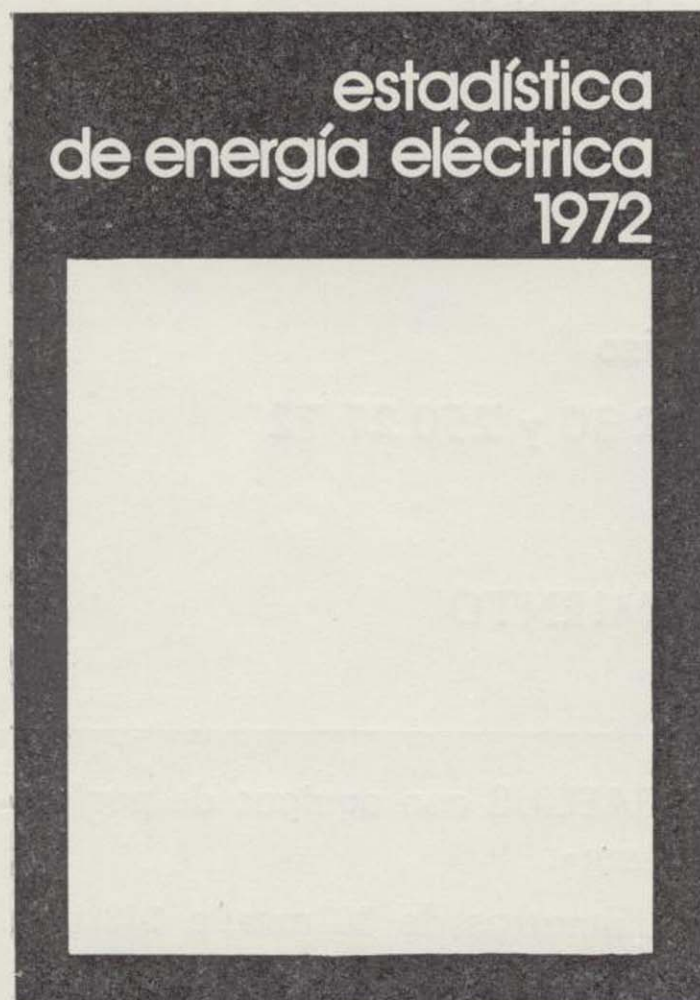
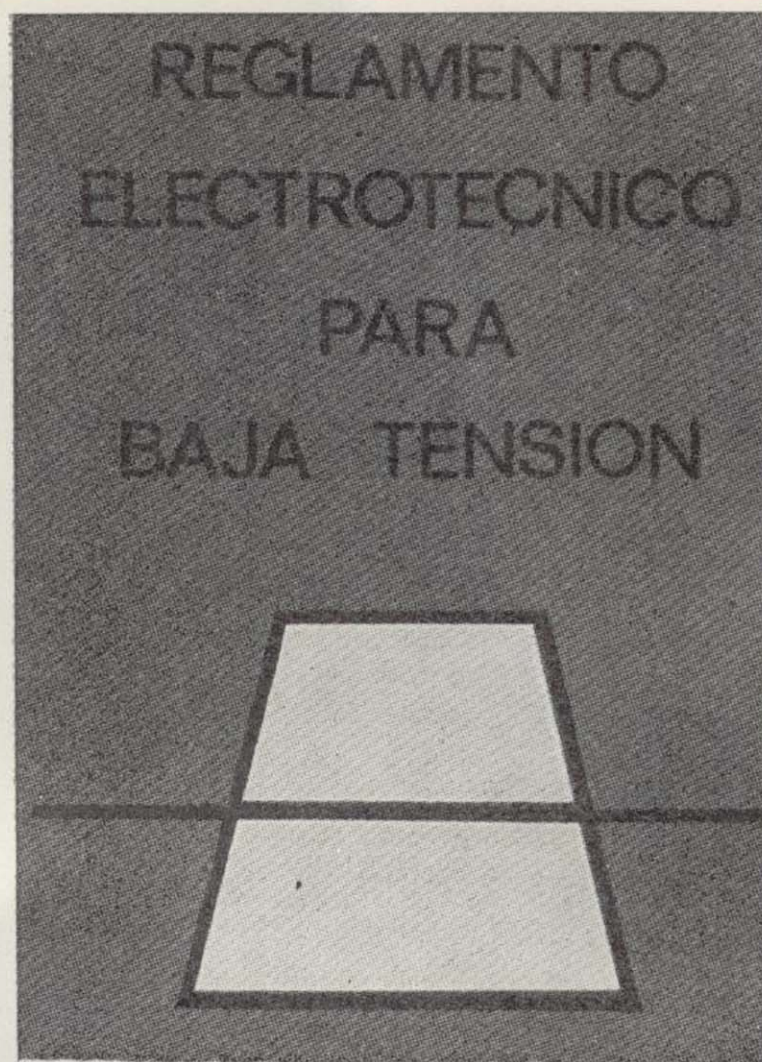
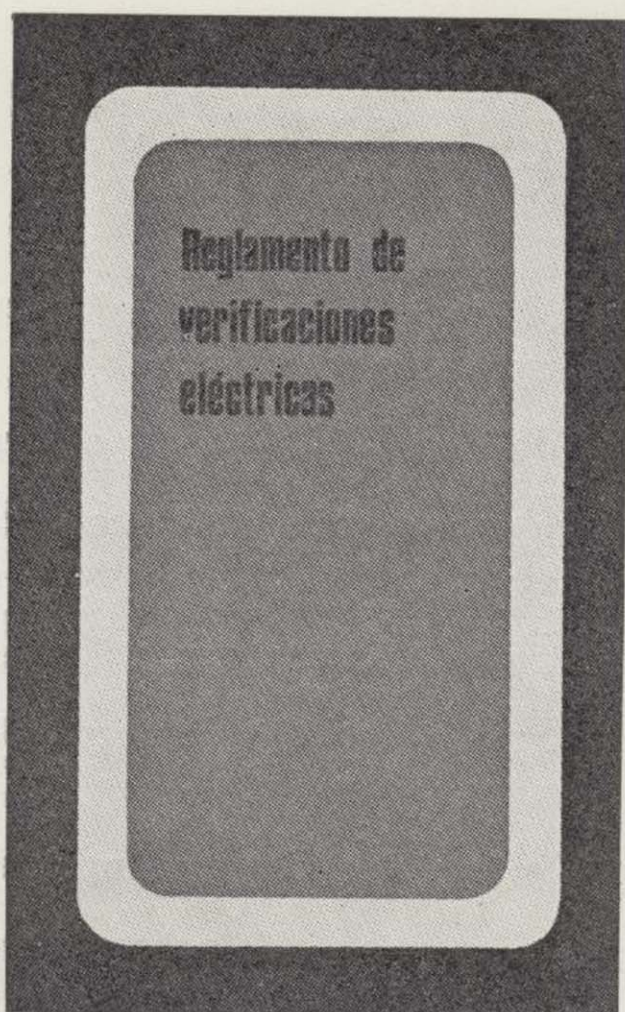
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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.

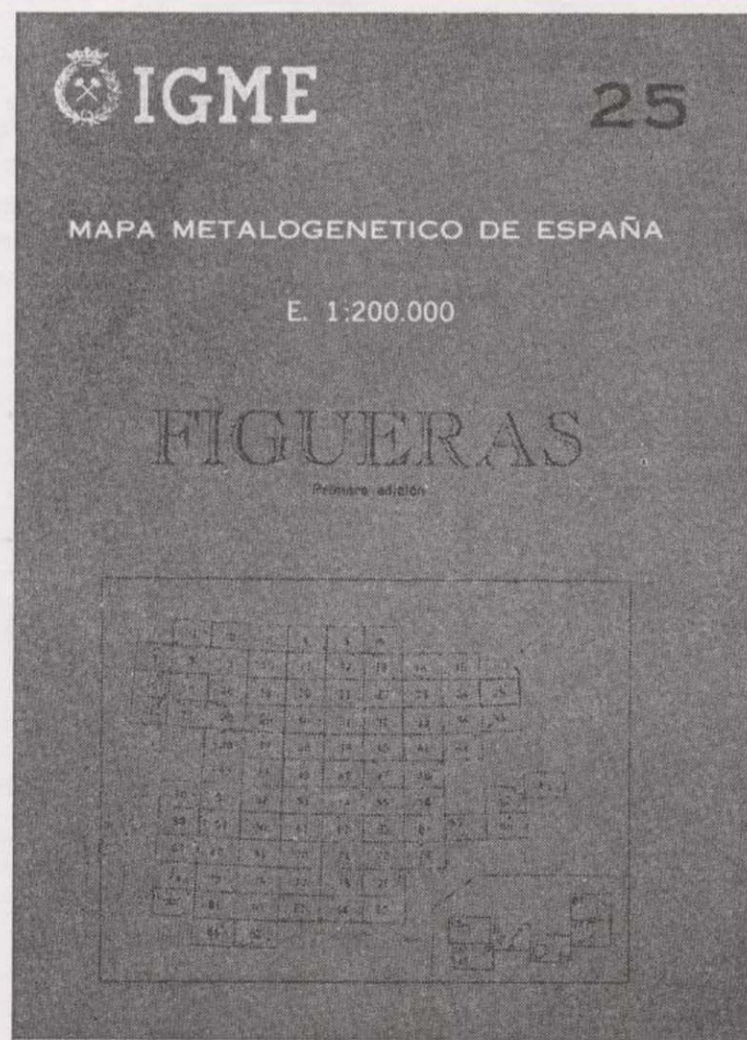
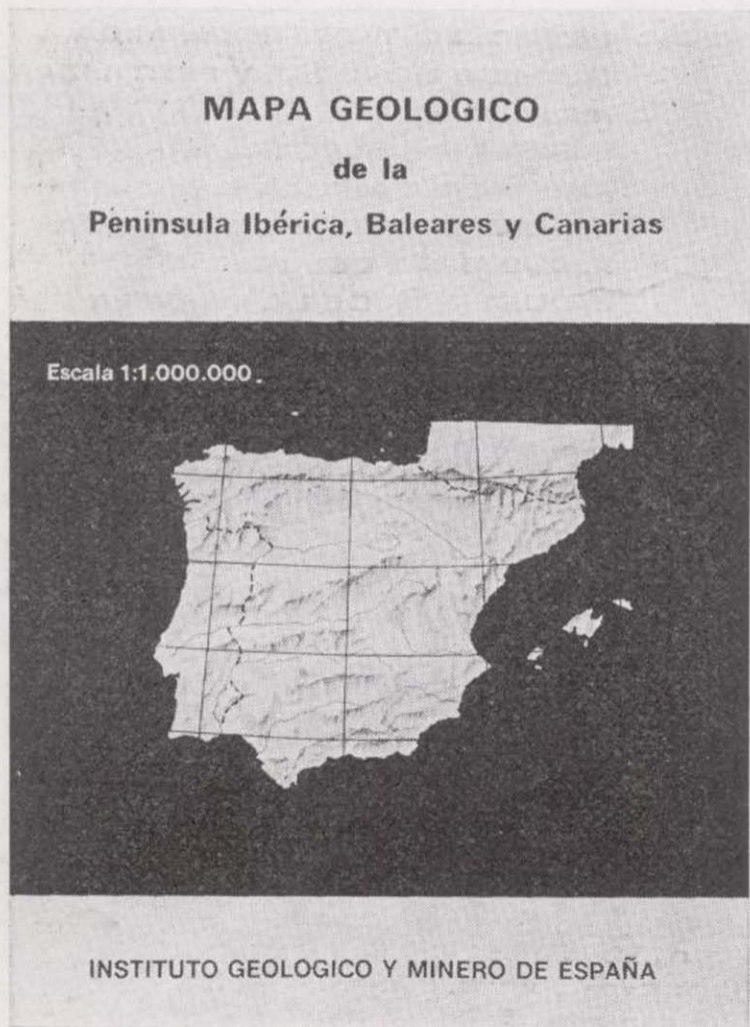
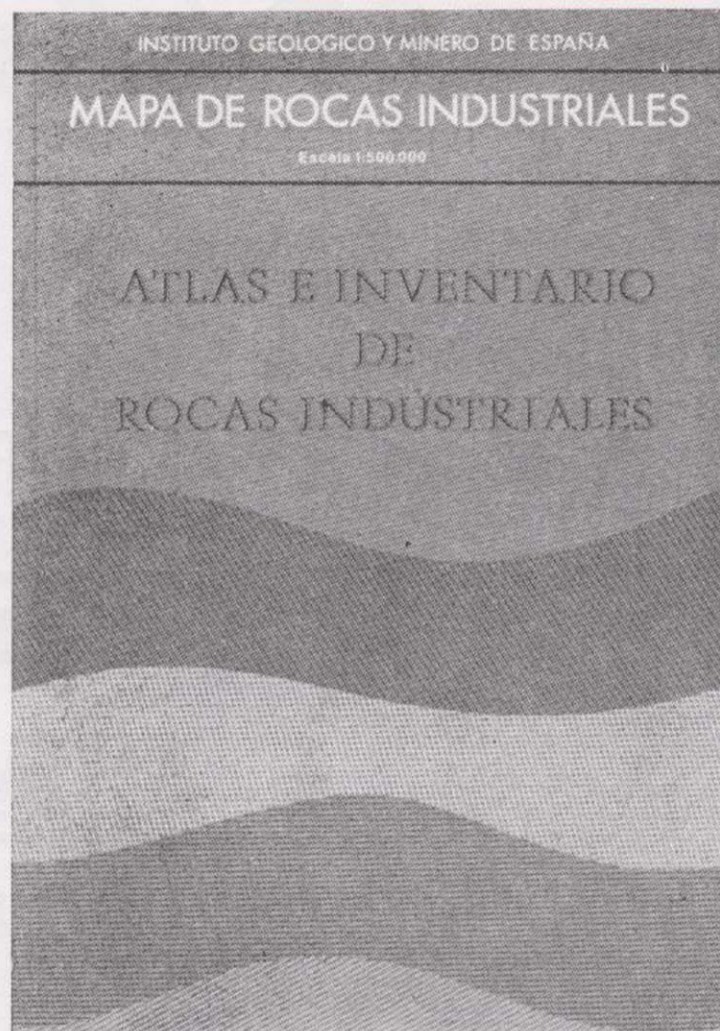
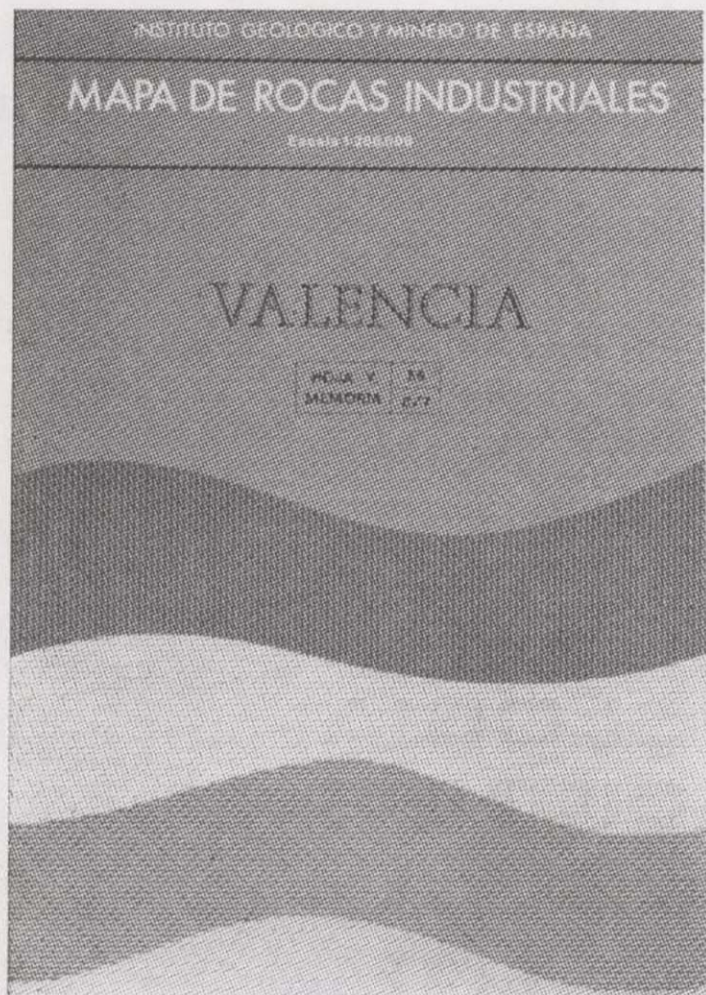
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

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.

MINERIA

**GEOLOGIA
GEOTECNIA
HIDROGEOLOGIA
EXPLOTACIONES
MINERALURGIA**

INGENIERIA CIVIL

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

ESTUDIOS ECONOMICOS

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

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

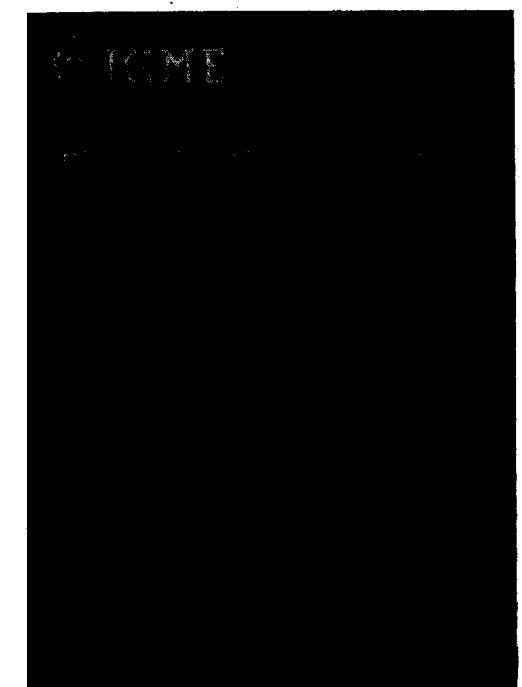
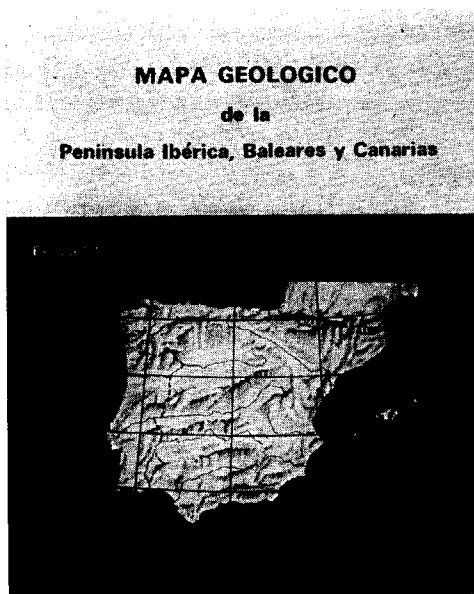
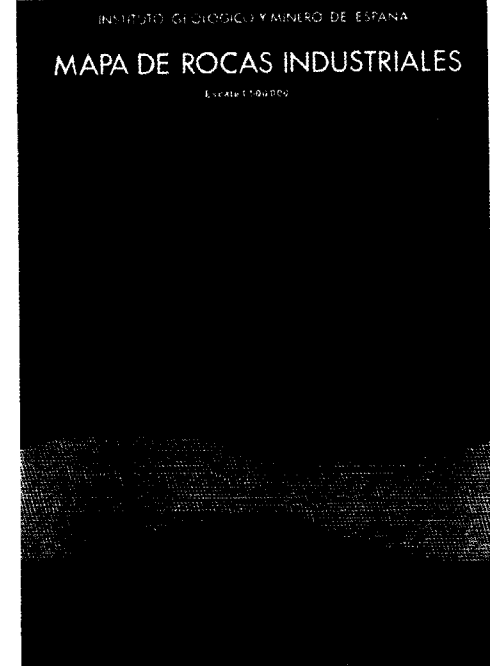
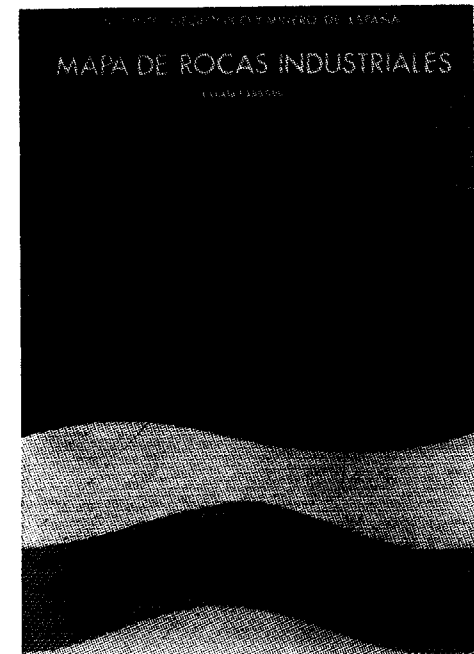
oficinas centrales en madrid: avda. de américa, 24 tlfno. 2 56 36 00

dirección telegráfica: intecsama
télax: 22473-E

delegación en barcelona
" en canarias
oficinas en valencia

: c/ beethoven, 15 tlfno. 2 30 78 29
: c/ villalba hervás, 9- s.c. de tenerife
: c/ martinez cubels, 5

NUEVAS PUBLICACIONES

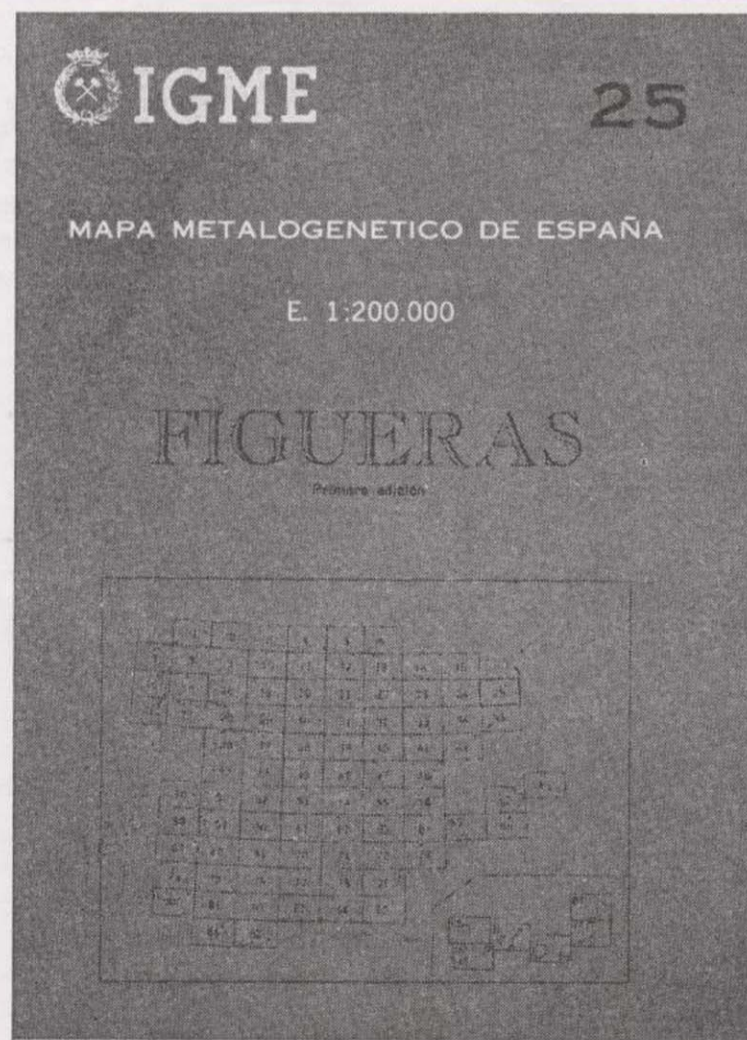
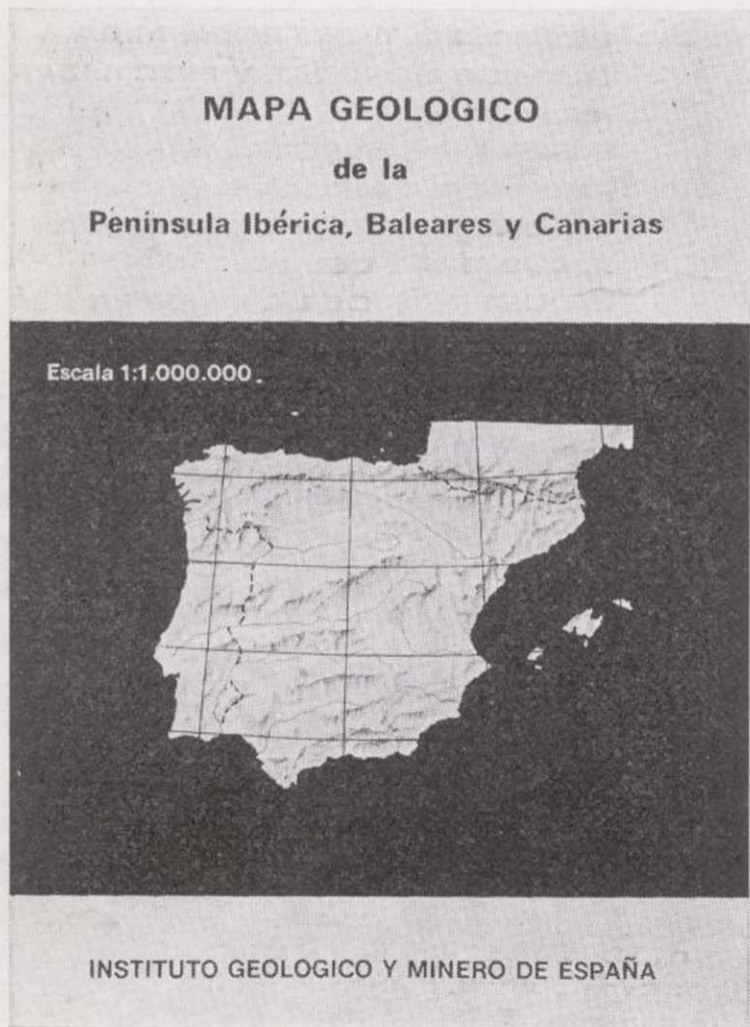
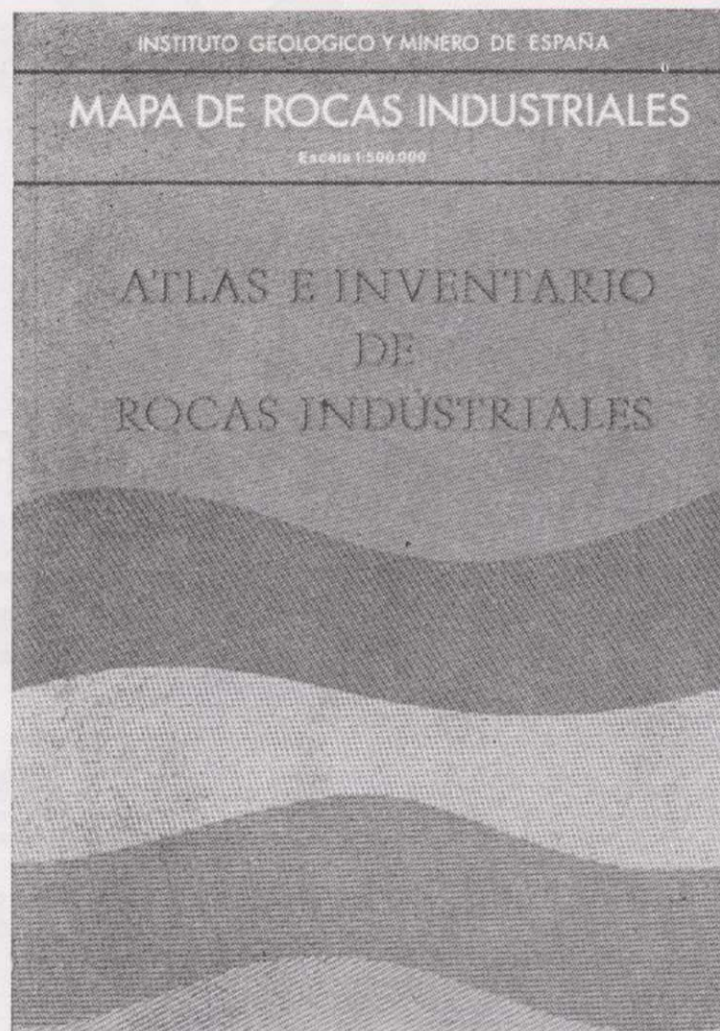
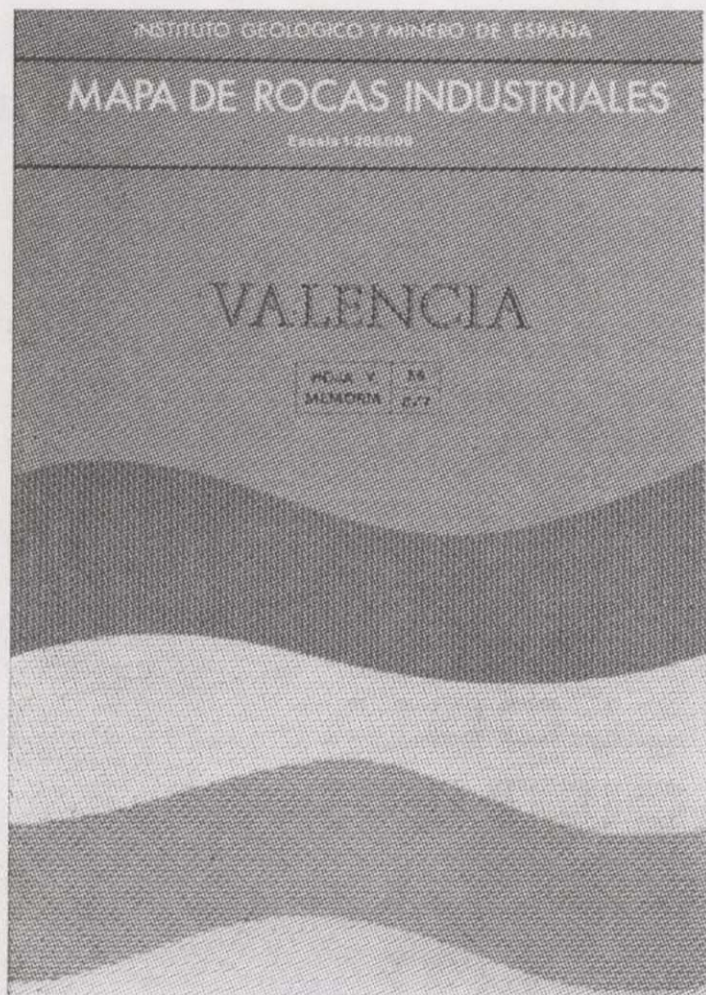


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



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.

MINERIA

**GEOLOGIA
GEOTECNIA
HIDROGEOLOGIA
EXPLOTACIONES
MINERALURGIA**

INGENIERIA CIVIL

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

ESTUDIOS ECONOMICOS

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

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

oficinas centrales en madrid: avda. de américa, 24 tlfno. 2 56 36 00

dirección telegráfica: intecsama
télax: 22473-E

delegación en barcelona
" en canarias
oficinas en valencia

: c/ beethoven, 15 tlfno. 2 30 78 29
: c/ villalba hervás, 9- s.c. de tenerife
: c/ martinez cubels, 5

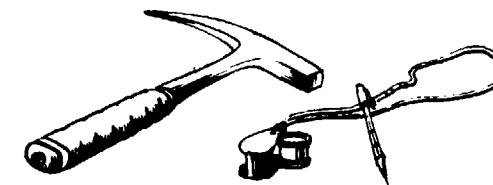


FINA IBERICA S.A

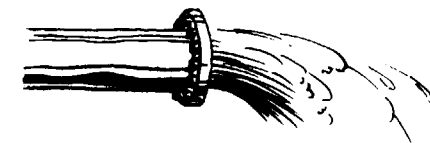
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

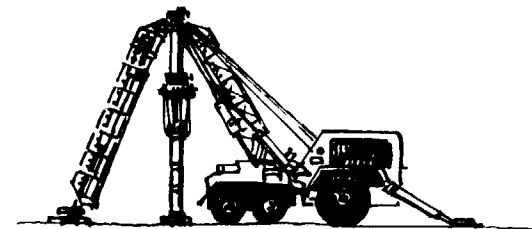
Tno. 2 5978 04



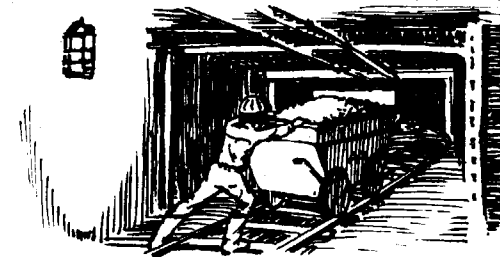
Investigacion Geologica



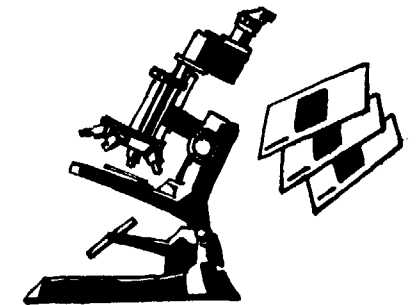
Hidrogeologia



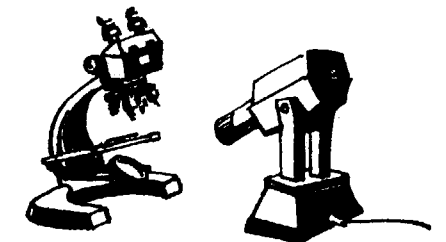
Perforacion



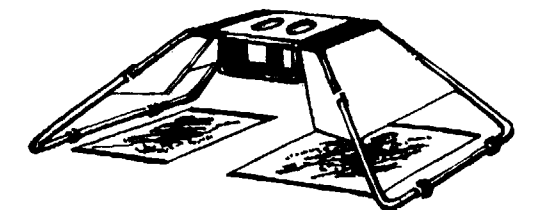
Mineria



Petrografia



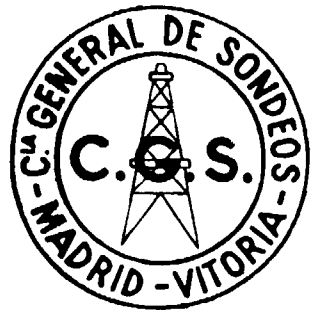
Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio



COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

ESTUDIA:

Geología en general
Estratigrafía
Petrografía
Hidrogeología
Canteras, etc.

INTERPRETA:

Diagrafías eléctricas y radiactivas
Ensayos de bombeo en pozos de agua
Estudios geofísicos

REALIZA:

Sondeos para investigación petrolífera hasta 6.000 m. de profundidad
Sondeos para alumbramiento de aguas subterráneas hasta 750 mm. de diámetro
Sondeos mineros de reconocimiento en general
Sondeos de eliminación de productos residuales en la industria
Sondeos para obras civiles

★ ★ ★

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S. A.
C. G. S.

Portal de Castilla, 66. Vitoria
Teléfono 22 36 04

Padre Xifre, 5. Madrid - 2
Teléfono 415 60 54



CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.

AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

- Coronas y demás útiles de diamante para sondeos y perforaciones.
- Equipos y material de sondeos «Longyear», sondas, bombas y accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Smith», triconos de aire para grandes voladuras.
- Utiles para perforación a percusión «Hard Metals», bocas de acoplamiento cónicos y roscadas, bocas para martillos de fondo, etc.
- Toda clase de equipos y materiales para sondeos y perforaciones.
- Sondas industriales para tomas de probetas. Cortadoras de juntas en pavimentos. Discos de diamante, etc.

DIRECCION COMERCIAL:

ALBERTO ALCOCER, 5, 3.º-C

Telg. "CHRISTENSA"

MADRID-16. Tel. 250 34 04

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

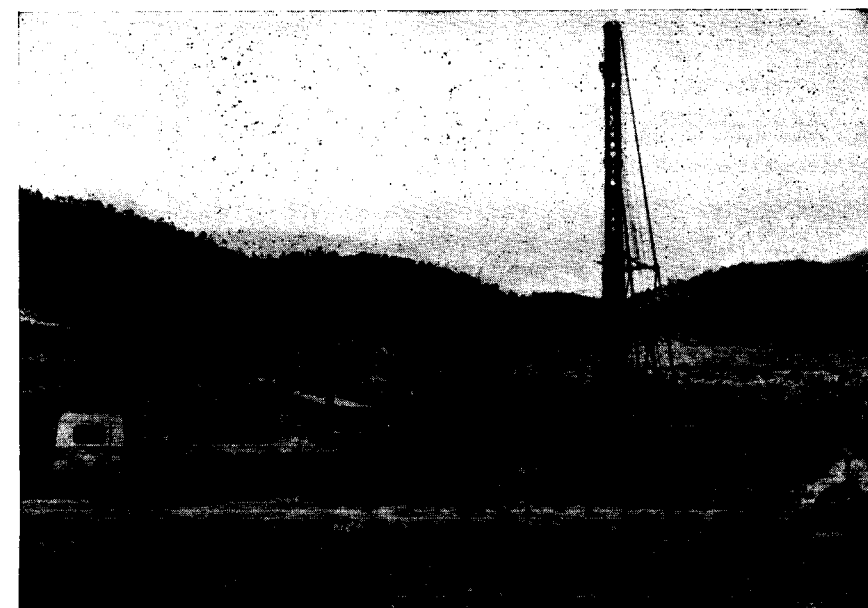
VOLUMENES PUBLICADOS

1. Reglamento de Minería (agotado).
2. Reglamento de Aparatos Elevadores.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 100 ptas.
3. Reglamento de Recipientes a Presión.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 100 ptas.
4. Reglamento de Recipientes a Presión.—Apéndice, 15 ptas.
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, 30 ptas.
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.—En prensa.

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

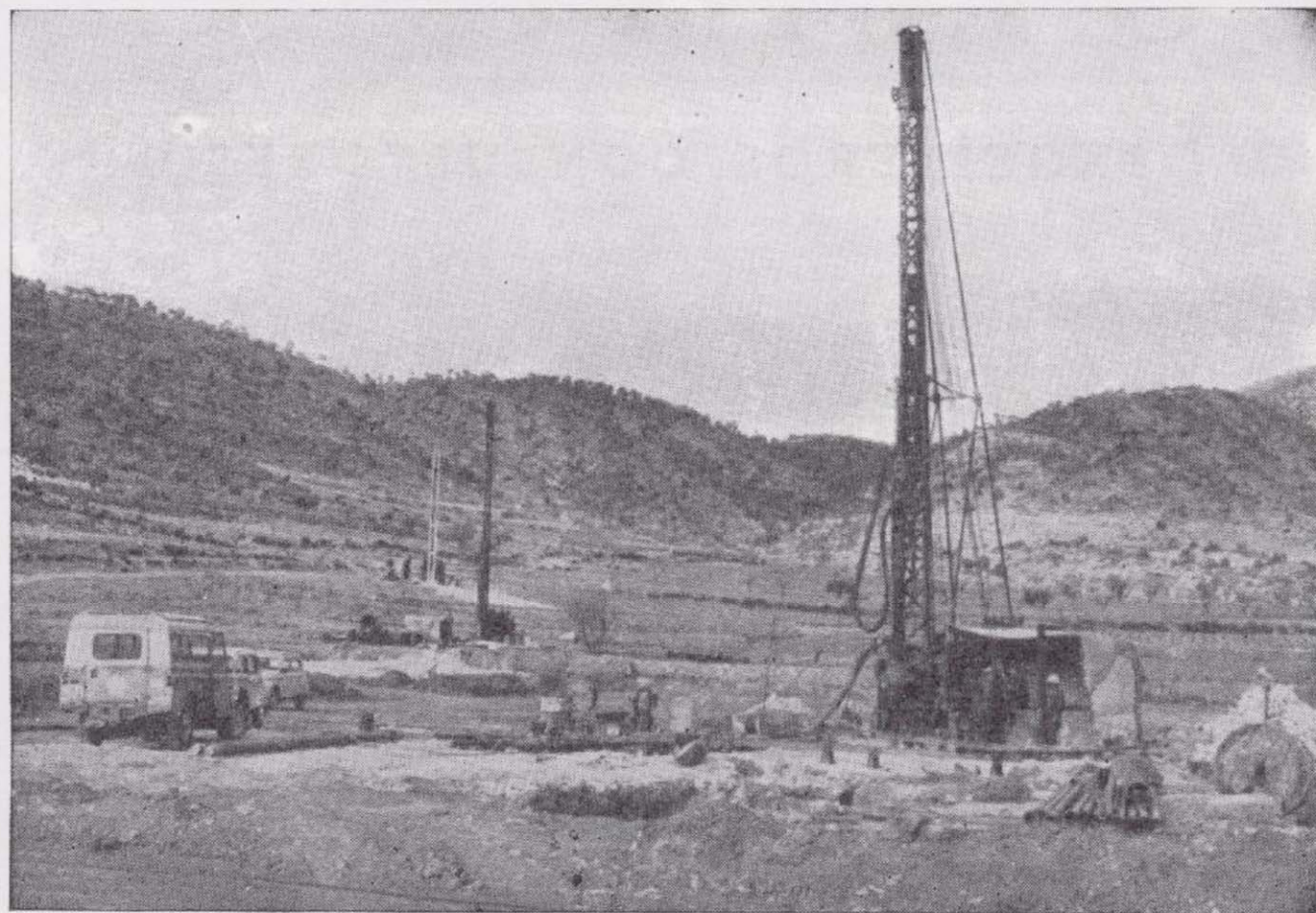
★ ★ ★

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

ACABA DE APARECER



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 2001 - 276 2201 - MADRID-1

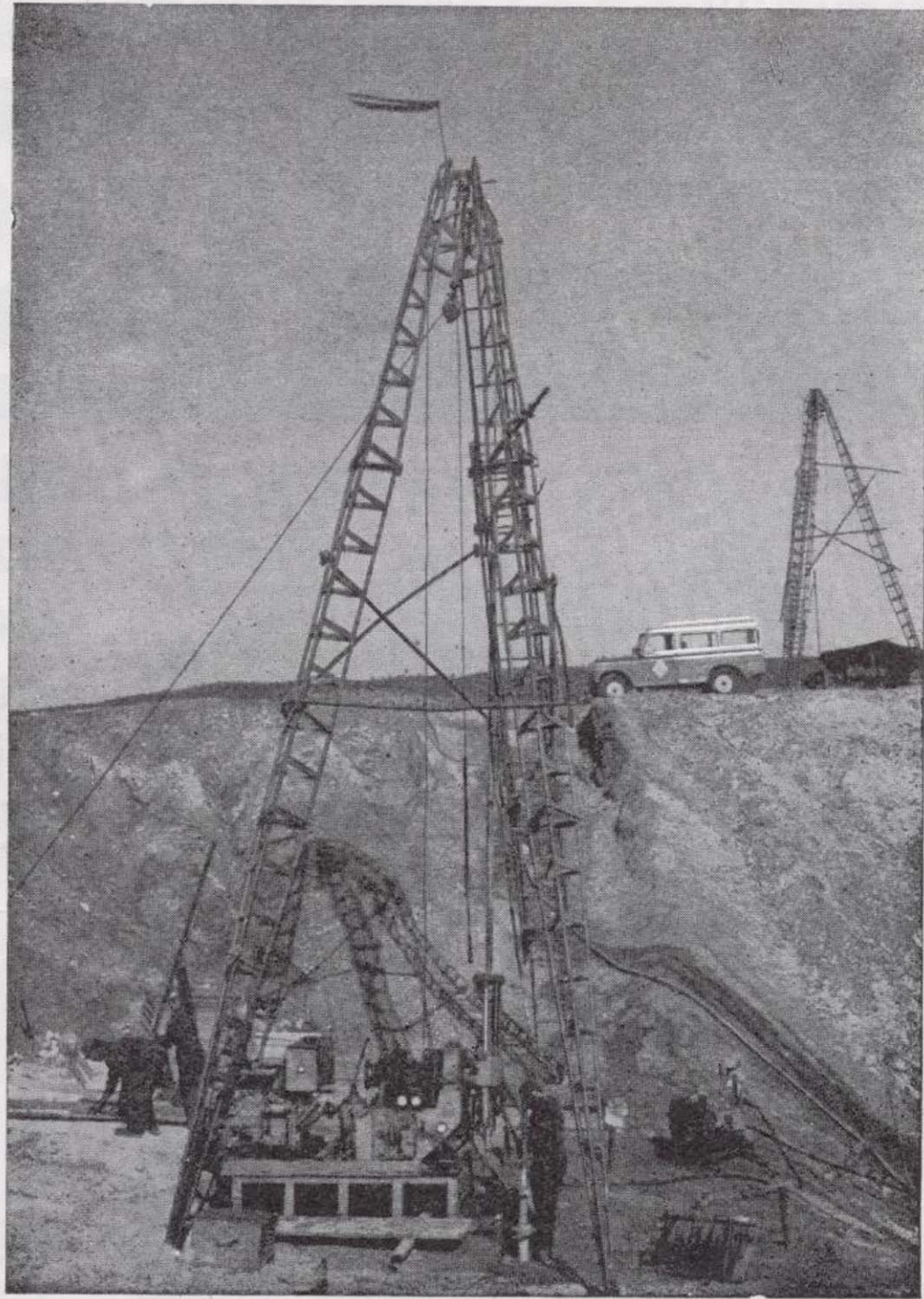
ACABA DE APARECER

LA
INDUSTRIA ESPAÑOLA
EN 1973



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

**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.

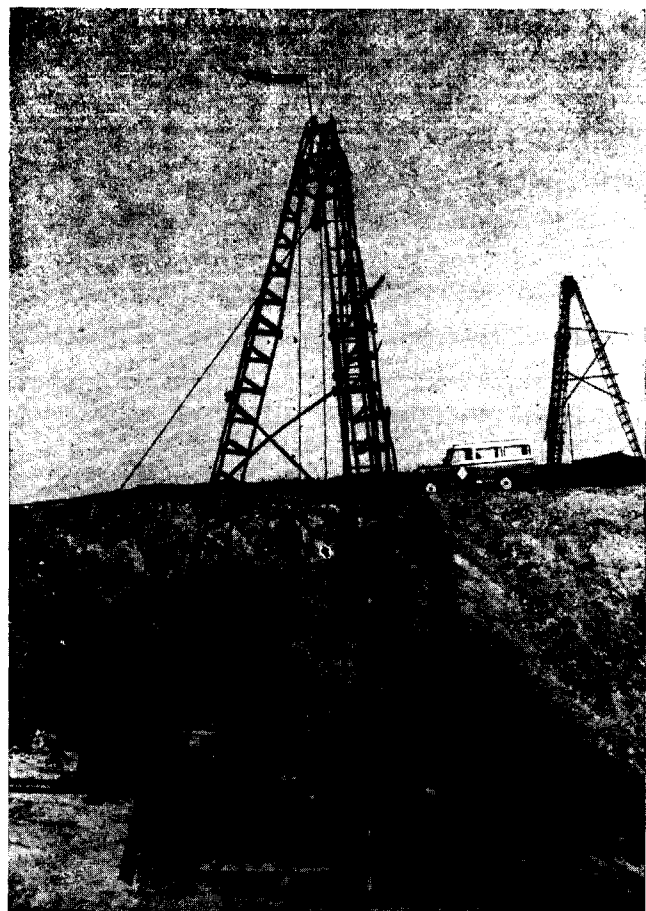
Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

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

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.

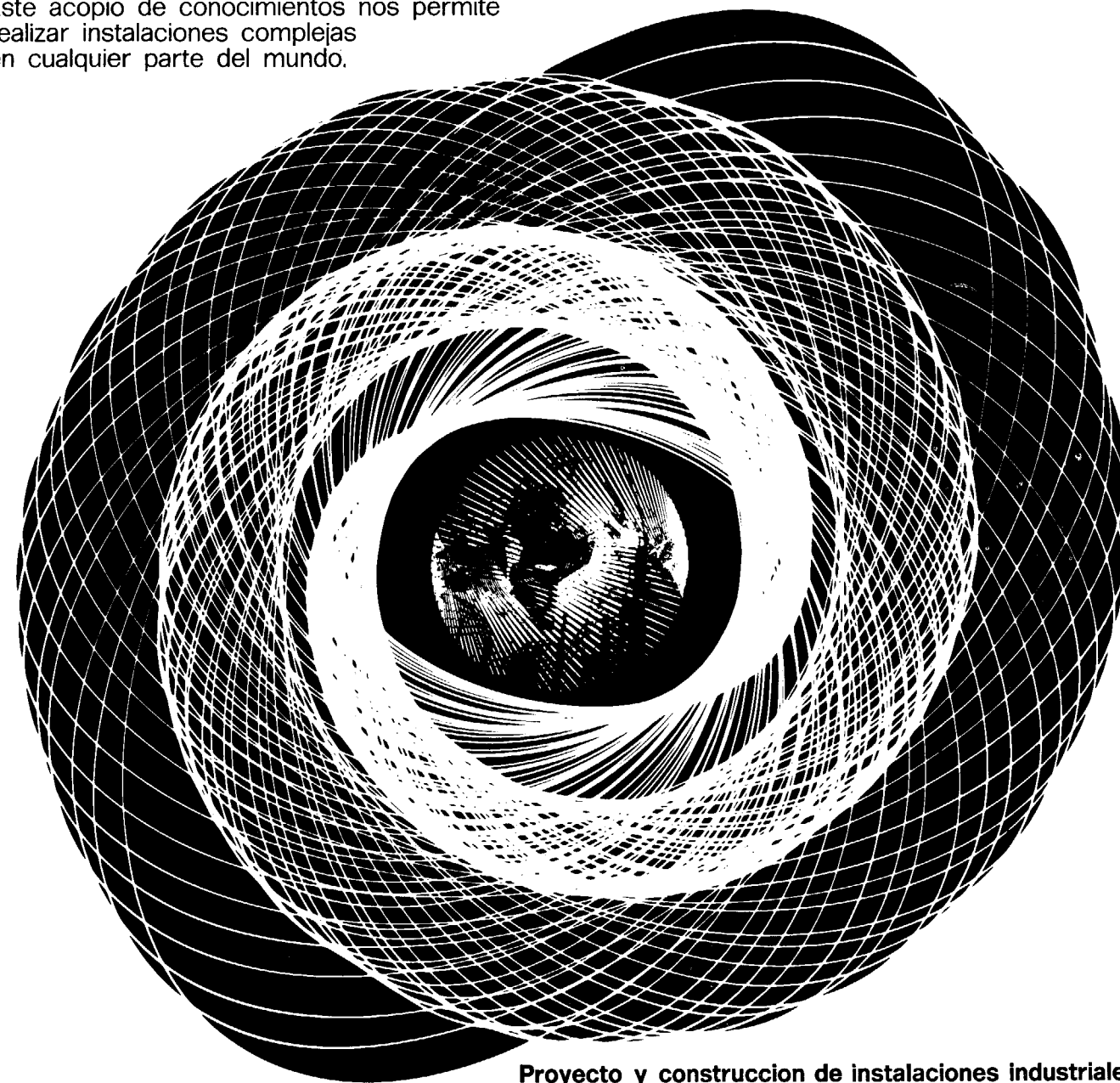
TERRATEST, S. A. Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

experiencia mundial

es característica
de McKee-Ctip

Desde 1905, en sesenta países, hemos adquirido experiencias valiosas.

Este acopio de conocimientos nos permite realizar instalaciones complejas en cualquier parte del mundo.



Proyecto y construcción de instalaciones industriales

McKEE-CTIP INGENIEROS SA

Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Makibermad

Asociada de

Arthur G. McKee & Company, Cleveland, Ohio, Usa

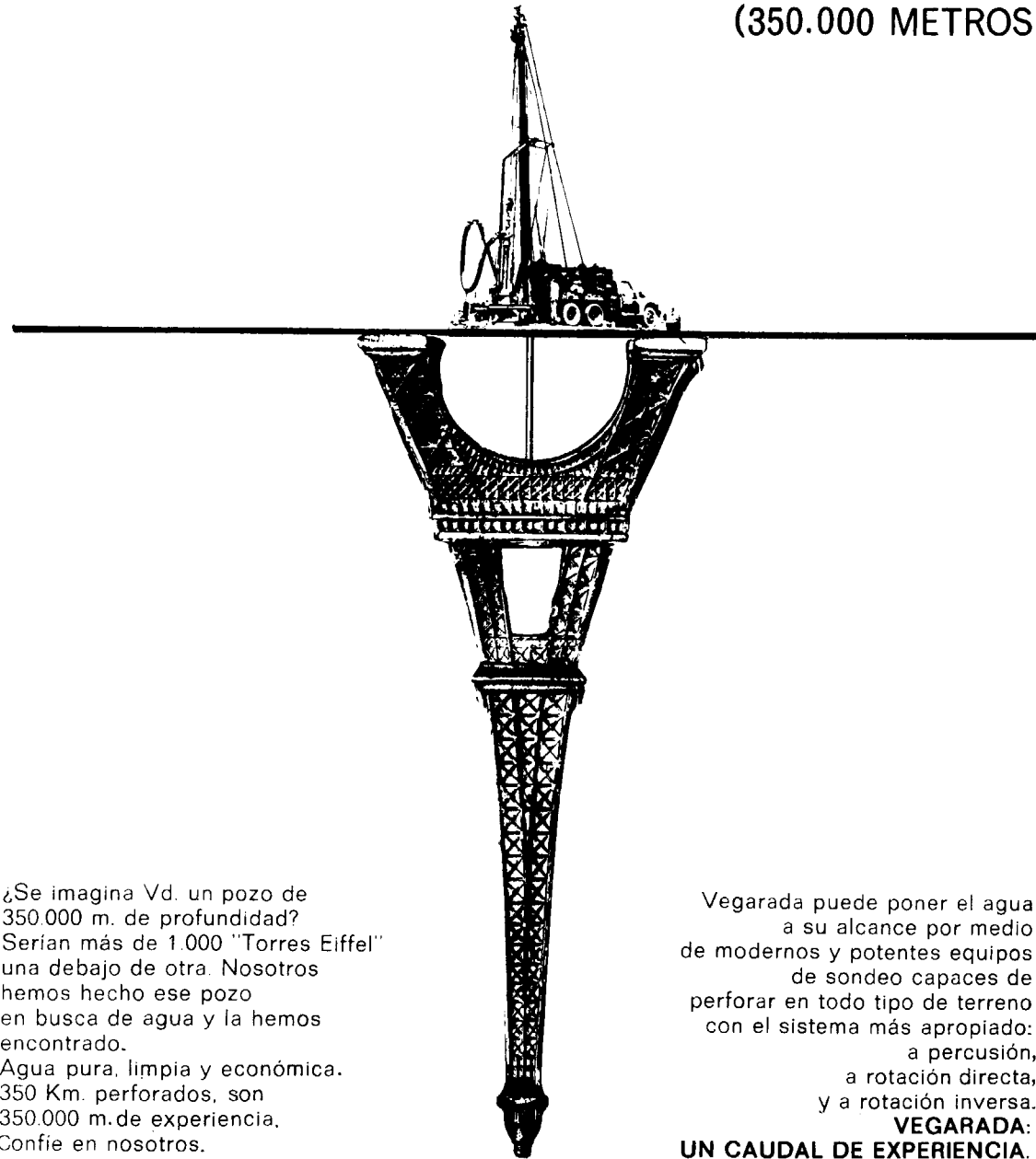
Ctip, Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia

Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK, UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO, BOGOTÁ, TORONTO, MEJICO CITY, SAO PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE

M **CTI**

más de 1.000 veces la altura de la Torre Eiffel

(350.000 METROS)



¿Se imagina Vd. un pozo de 350.000 m. de profundidad? Serían más de 1.000 "Torres Eiffel" una debajo de otra. Nosotros hemos hecho ese pozo en busca de agua y la hemos encontrado. Agua pura, limpia y económica. 350 Km. perforados, son 350.000 m. de experiencia. Confíe en nosotros.

Vegarada puede poner el agua a su alcance por medio de modernos y potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado: a percusión, a rotación directa, y a rotación inversa.

VEGARADA:
UN CAUDAL DE EXPERIENCIA.



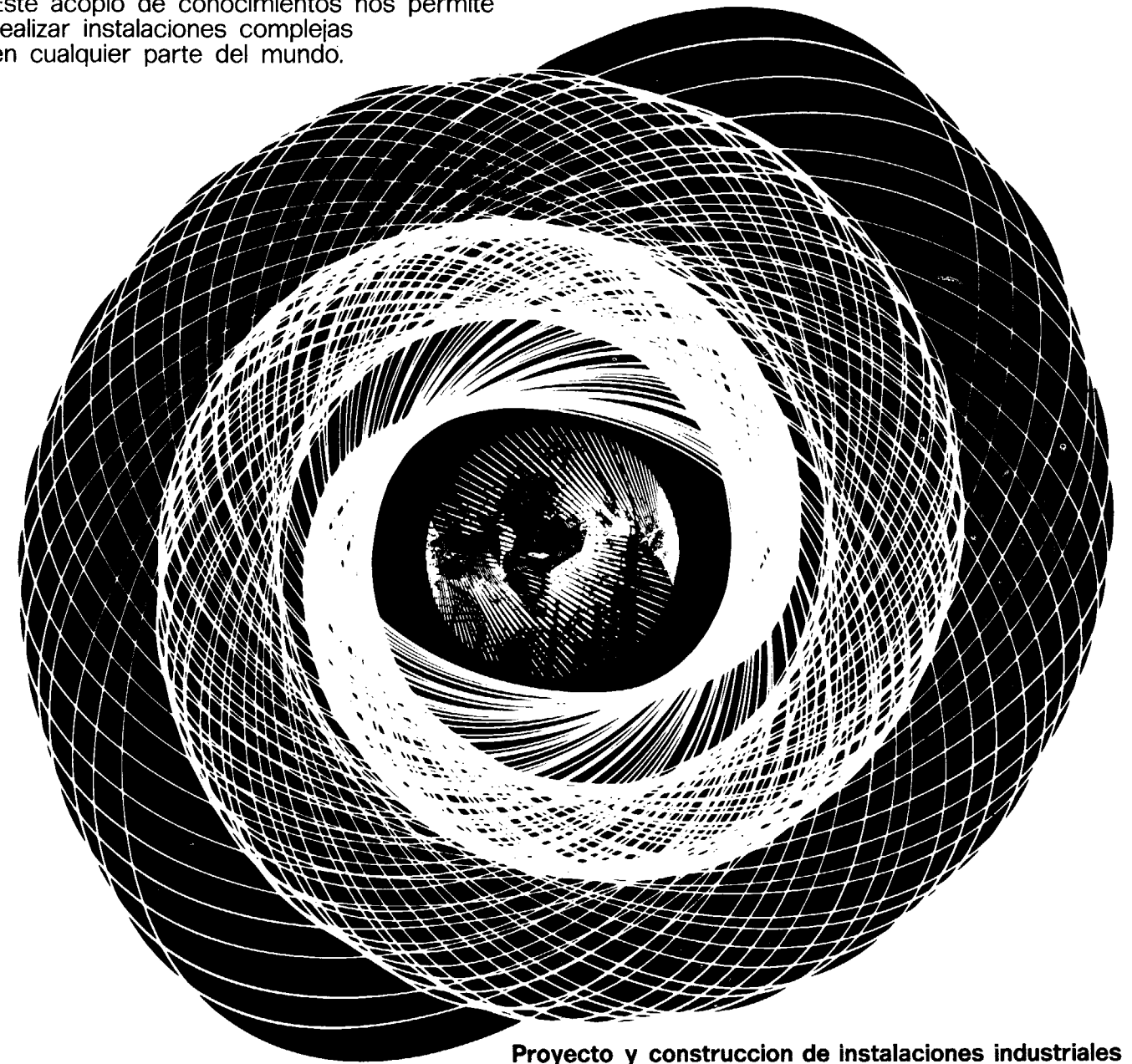
Vegarada
perforaciones

GUZMAN EL BUENO, 133 «PARQUE DE LAS NACIONES» - MADRID-3 - TEL. 253 42 00

experiencia mundial

es característica
de McKee-Ctip

Desde 1905, en sesenta países, hemos adquirido experiencias valiosas. Este acopio de conocimientos nos permite realizar instalaciones complejas en cualquier parte del mundo.

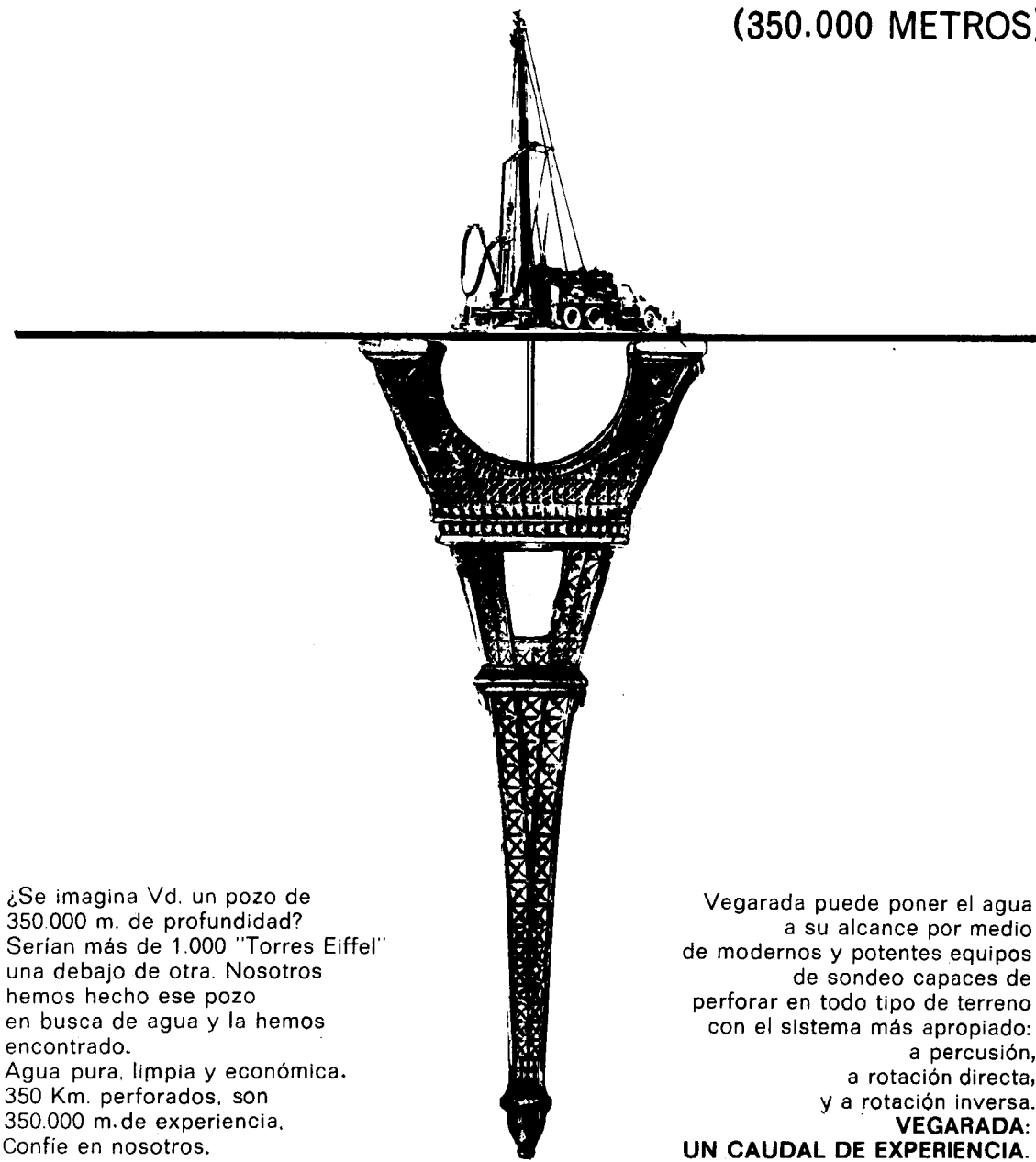


Proyecto y construcción de instalaciones industriales
McKEE-CTIP INGENIEROS SA
Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Makibermad
Asociada de
Arthur G. McKee & Company, Cleveland, Ohio, Usa
Ctip, Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia

Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK, UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO, BOGOTÁ, TORONTO, MEJICO CITY, SAO PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE

M **CTI**

más de 1.000 veces la altura de la Torre Eiffel (350.000 METROS)



¿Se imagina Vd. un pozo de 350.000 m. de profundidad? Serían más de 1.000 "Torres Eiffel" una debajo de otra. Nosotros hemos hecho ese pozo en busca de agua y la hemos encontrado. Agua pura, limpia y económica. 350 Km. perforados, son 350.000 m. de experiencia. Confíe en nosotros.

Vegarada puede poner el agua a su alcance por medio de modernos y potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado: a percusión, a rotación directa, y a rotación inversa. **VEGARADA:** UN CAUDAL DE EXPERIENCIA.



Vegarada
perforaciones

GUZMAN EL BUENO, 133 «PARQUE DE LAS NACIONES» - MADRID-3 - TEL. 253 42 00

S-11/P

Tomo 85

Fascículo III

Mayo - Junio 1974

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	M. GUTIÉRREZ ELORZA y J. PEDRAZA GILSANZ: Existencia de pizarras alpinas en la cordillera ibérica	1
	M. H. PENHA y A. ARRIBAS: Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles	3
	J. GARCÍA GARZÓN: El método potasio-argón aplicado a la datación de edades absolutas	6
Minería	F. VÁZQUEZ GUZMÁN: Contribución al estudio de la metalogenia del norte de la provincia de Huelva, España	13
	IGME. DIVISIÓN DE MINERÍA: Comercialización de la Bauxita ...	21
Aguas subterráneas	J. HIDALGO RUIZ y R. FERNÁNDEZ RUBIO: Vulnerabilidad a la polución de las aguas subterráneas en el polje de Zafarraya y zonas adyacentes (Granada y Málaga)	32
Geoquímica	L. C. G. DE FIGUEROLA, L. G. CORRETGÉ y F. BEA: El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura. (Estudio comparativo)	40
Estudios de Minerales y Rocas	S. ORDÓÑEZ y V. SÁNCHEZ CELA: Facies conglomeráticas del Paleozoico de la provincia de Salamanca	70
Información	Seminario internacional sobre inyección de aguas residuales en el subsuelo y prevención contra la contaminación de acuíferos subterráneos.—Clausura del Seminario por el Ilustrísimo señor don Alfonso Enseñat de Villalonga.—Nota sobre la terminación del curso de Hidrogeología Aplicada.—Noticias.—Mercado de Minerales y Metales.—Información legislativa. Notas bibliográficas	82

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:

Caliza triásica de Sierra Gorda (Cartagena) 1,5×
Foto: IGME

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-VI-1974.

Existencia de pizarrosidad alpina en la cordillera ibérica

Por M. GUTIERREZ ELORZA (*) y J. PEDRAZA GILSANZ (*)

RESUMEN

Se pone de manifiesto, en este trabajo, la existencia de una pizarrosidad de fractura, de edad Alpina, en la Cordillera Ibérica.

ABSTRACT

In this paper one describes the existence of a Alpine slaty cleavage in the Iberian Rangen Eastern Iberian Peninsula).

Este trabajo ha surgido como consecuencia de las investigaciones realizadas por la Cátedra de Geodinámica Externa en colaboración con Eptisa para la realización del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000, estudios encomendados por el Instituto Geológico y Minero de España.

La zona está situada en las hojas de Segorbe (640) y Sagunto (648); desde el punto de vista tectónico, esta región se encuentra situada dentro de la Cordillera Ibérica Occidental de F. Lotze (1929), en su parte sudoriental.

Este área presenta una fuerte tectonización, siendo las fracturas y fallas elementos muy dominantes en la misma. Destacan entre sus estructuras algunas alineaciones muy definidas de dirección comprendida entre la WNW-ESE y la NW-SE. Quizá la más importante desde los puntos de vista geológico y morfológico, sea el anticlinorio del Espadán, formado fundamentalmente por terrenos del Buntsandstein y Muschelkalk, no llegando a aflorar el Paleozoico en el núcleo del anticlinorio; sin embargo más al Norte, aflora el substrato paleozoico

a favor de un horst en la región de Higuera (NW de la hoja de Segorbe).

En el Buntsandstein se diferencian claramente tres tramos, los cuales se han cartografiado en la realización del Mapa Geológico. El nivel inferior está constituido por una alternancia de pizarras rojizas y areniscas cuarcíticas; el tramo medio, por areniscas cuarcíticas de tonos fundamentalmente blancos y el horizonte superior por pizarras rojizas y lechos de areniscas, la potencia aproximada es de unos 500 metros, sobre este último horizonte aparece el Muschelkalk calizo-dolomítico, con un nivel intercalado en el mismo, de facies lagunar evaporítica muy similar al Keuper suprayacente.

El Buntsandstein se encuentra afectado por una neta pizarrosidad de fractura (figura 1), que es paralela a los planos axiales de los pliegues. Como es lógico se encuentra mucho más desarrollada en los materiales arcillosos y penetra débilmente en los lechos más competentes de areniscas cuarcíticas, produciéndose la típica refracción de los planos de pizarrosidad. La dirección de la pizarrosidad es próxima a la WNW-ESE.

Esta misma pizarrosidad se manifiesta en los materiales paleozoicos de la región de Higuera. En

(*) Cátedra de Geodinámica Externa. Facultad de Ciencias. Universidad Complutense de Madrid.

éstos se observan dos pizarrosidades; una, de fractura subhorizontal y de plano axial, que es de edad Hercínica, y la otra, subvertical, que es paralela a los planos axiales de los pliegues mesozoicos, y que, por lo tanto, es de edad Alpina.

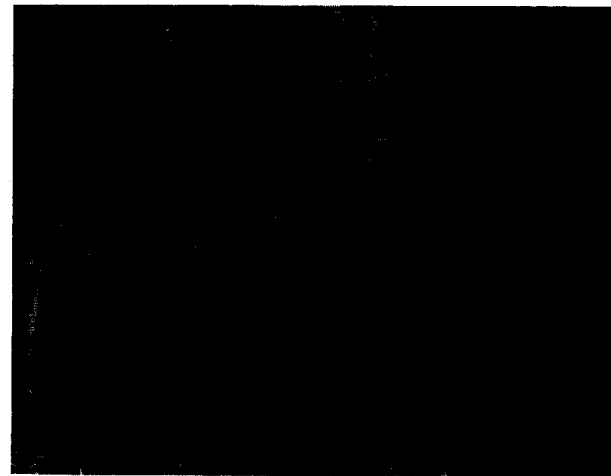


Figura 1

Pizarrosidad de fractura y estratificación en el nivel inferior del Buntsandstein, kilómetro 13 de la carretera de Chóvar a Eslida

El Muschelkalk, formado por materiales competentes, prácticamente no se encuentra afectado por esta pizarrosidad Alpina, ya que los planos de ésta penetran muy raramente en el potente paquete calizo-dolomítico, siendo muy difícil diferenciarlos

del diaclasado existente en el conjunto del Muschelkalk.

De lo anteriormente expuesto se deduce que el frente superior de pizarrosidad de M. Mattauer (1967) se encuentra señalado para esta región en el Muschelkalk, actuando este potente conjunto como una pared secante del frente superior de pizarrosidad, que impide su paso a los niveles incompetentes del Keuper.

En esta región se han manifestado dos épocas fundamentales de plegamiento y fracturación. Primeramente tuvo lugar una fase de plegamiento posterior al Cretácico Superior, de dirección próxima a la NW-SE, acompañada de una pizarrosidad de plano axial del mismo rumbo, que dio lugar a un conjunto de pliegues-falla acompañados de otros más suaves y amplios. El estilo tectónico es germánico, más concretamente eyectivo.

Con posterioridad a esta fase de plegamiento se desarrolló una segunda época de plegamiento y fracturación, de dirección ortogonal, que, al interferir con la primera, dio lugar a un conjunto de domos y cubetas, articulados por dos sistemas de fracturación: uno, NW-SE, originado en la primera fase, y otro, en líneas generales, NE-SW, desarrollado en esta segunda época del plegamiento.

BIBLIOGRAFIA

- LOTZE, F.: *Stratigraphie und Tektonik des keltibersichen Grundgebirges (Spain)*. "Beit. z. Geol. d. West. Medit. Gebiet", n. 3. Abh. d. Gesell. d. Wissenz. z. Gottingen, Math. Phys. Kl., N. F., t. XIV, n. 2, Berlín (1929)
- MATTAUER, M.: *Introduction a la microtectonique*. "Science progres. La Nature, 383, p. 81-89.

Recibido: 16 de mayo de 1974.

Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles(*)

Por M. H. PENHA (**) y A. ARRIBAS (***)

RESUMEN

Algunos minerales de los granitos encajantes de los principales yacimientos filonianos españoles de uranio han sido datados por el método K-Ar.

Las edades halladas varían desde 313 ± 10 M. a. para las granodioritas de Albalá, hasta 284 ± 5 M. a. para el granito de Alburquerque. Esto parece confirmar que las mineralizaciones uraníferas se encuentran siempre en granitos hercinianos, independientemente de su edad absoluta, e indica la posible existencia en el Macizo Hespérico de una migración orogénica dirigida en el tiempo desde el SE al NO.

ABSTRACT

The results of K/Ar dating of some minerals of the granitic rocks containing the main uraniferous vein deposits of Spain are given in this paper.

The age of these rocks varies from 313 ± 10 M. a. (Albalá granodiorite) to 284 ± 5 M. a. (Alburquerque granite). These data seem to confirm the hypothesis that, in the Hesperian Massif, the uraniferous vein deposits are only found in the Hercynian granites, regardless their absolute age, and that a SE-NW migration of the orogenic phases could take place along the times.

INTRODUCCION.

La presente comunicación se refiere a un aspecto de las investigaciones que actualmente realizamos en las zonas uraníferas intrabatolíticas españolas, concretamente a las rocas graníticas de los batolitos de Pedroches-Montánchez y Alburquerque-Nisa.

Aparte algunas deducciones obtenidas por estudios de tectónica regional, las únicas dataciones absolutas efectuadas hasta hoy en esa región se refieren a los trabajos de Mendes (1968) para los granitos de Nisa, a los que atribuye una edad de

290 ± 8 M. a., y Leutwein F., Saupé F. Sonet J. e Bouyx E. (1970), para el stock granítico de Fontanosa, al que se da una edad de 302 M. a.

Las dataciones de estos macizos son de gran valor, tanto desde el punto de vista metalogénico, pues en ellas arman o con ellas están relacionadas importantes formaciones filonianas de U, Pb-Zn, Sn, W, etcétera..., como también para una mejor comprensión de la evolución geológica de esas regiones del Macizo Hespérico.

La mayoría de las rocas analizadas pertenecen a granitos calcoalcalinos con tendencia alcalina situados estructuralmente en la zona central (A) de Bard, J. P., Capdevila, R., Matte P., Ribeiro A. (1973), caracterizada por un metamorfismo de bajo grado y atravesadas por granitos meso e infracorticales, que presentan semejanzas petrográficas con los granitos

(*) Trabajo presentado en la II Reunión sobre Geología del SO.

(**) Servicio Geológico de Portugal.

(***) Departamento de Minerología. Universidad de Salamanca.

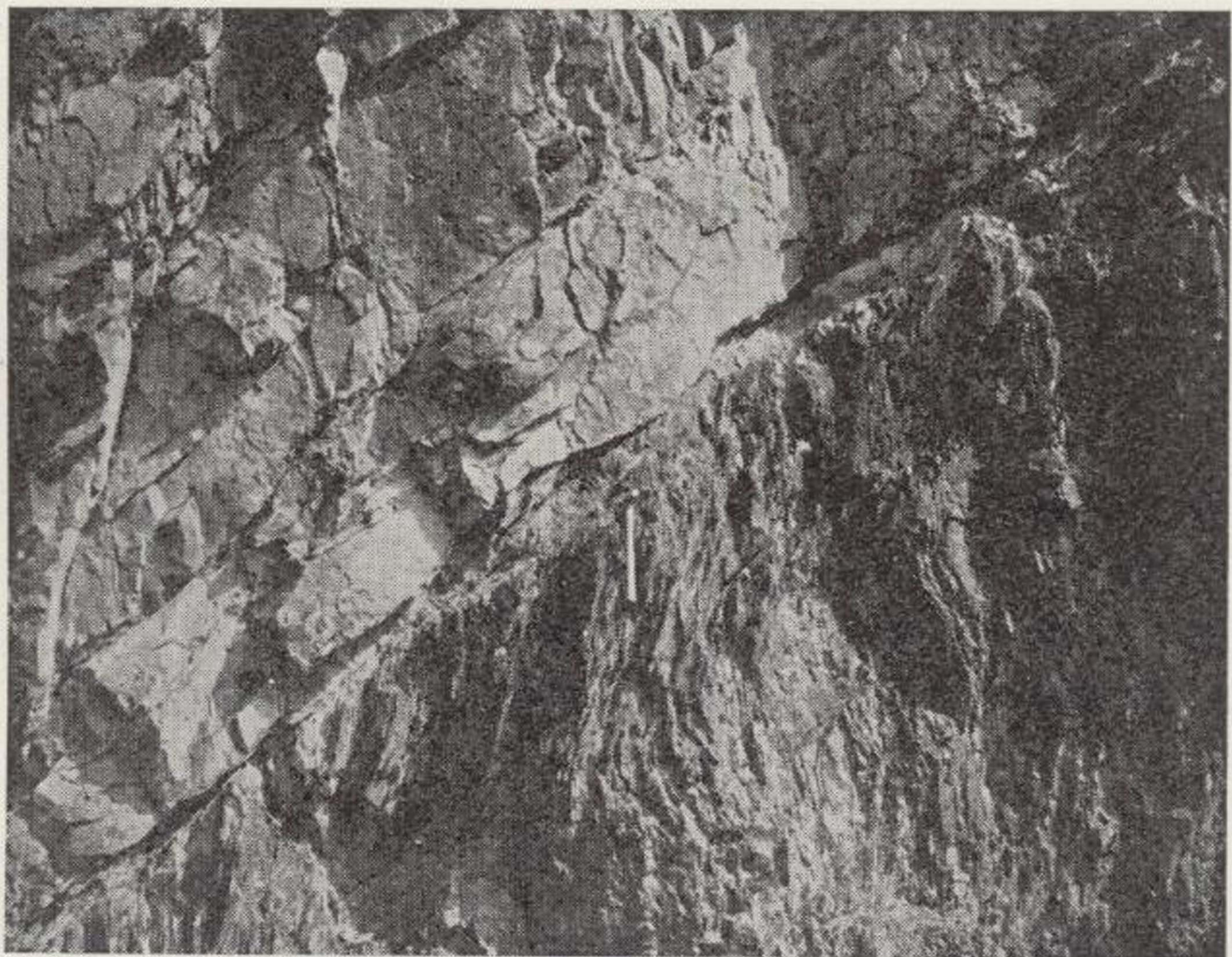


Figura 1

Pizarrosidad de fractura y estratificación en el nivel inferior del Buntsandtein, kilómetro 13 de la carretera de Chóvar a Eslida

"younger" de Oen Ygn Soen (1970) del NE de Portugal que contienen también importantes mineralizaciones.

Las muestras fueron seleccionadas para que representaran los tipos de granitos portadores de mineralización, y siguiendo los criterios necesarios para un desmuestre de trabajos geocronológicos, es decir, fuera de las zonas de contacto e hidrotermalizadas.

Los minerales fueron separados del total de la roca y analizados siguiendo las técnicas normalmente utilizadas en el método K-Ar.

Hay que señalar que se pretende realizar análisis isotópicos por el método Rb-Sr en esas mismas rocas y en otras a las que no se alude en la presente comunicación.

CARACTERÍSTICAS Y LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DATADAS.

Se han escogido cuatro muestras inalteradas de afloramientos con la siguiente nomenclatura: GC-1, GC-4, GC-5 y GC-7.

Como no cabe aquí describir todas las características geológicas de los batolitos en que fueron cogidas, se da únicamente una breve descripción petrográfica de las mismas, acompañada de la respectiva situación geográfica. Las coordenadas geográficas que se indican se han referido al meridiano de Greenwich.

MUESTRA GC-1.

Localización: Carretera Alburquerque - Aliseda, kilómetro 62, provincia de Badajoz ($39^{\circ} 15' 35'' - 6^{\circ} 56' 43''$).

Descripción petrográfica: Roca de colores claros, hipidiomórfica, granular, de grano grueso, compuesta por cuarzo xenomórfico; plagioclasas ácidas (albita) subidiomórficas, macladas según las leyes de albita y albita-Carlsbad; feldespato potásico fuertemente peritítico, subeudral; biotita oscura, a veces cloritizada; y abundante moscovita. Los minerales accesorios están constituidos esencialmente por clorita, andalucita, turmalina, apatito y zircón.

Clasificamos esta roca como un granito monzonítico (Streckeisen) con plagioclasa bastante ácida.

MUESTRA GC-4.

Localización: Campo minero "Los Ratonos", Albalá, provincia de Cáceres ($39^{\circ} 14' 45'' - 6^{\circ} 13' 26''$).

Descripción petrográfica: Roca de colores claros, hipidiomórfica, granular; de grano grueso, compuesta por cuarzo en placas alotriomórficas con ligera tendencia al idiomorfismo; plagioclasas de tipo oligoclasa-andesina, subeuhédricas, con finas maclas de albita; ortosa peritítica: abundante moscovita y biotita subordinada, algo cloritizada. Los accesorios están constituidos esencialmente por zircón, rutilo y apatito bien cristalizado.

Clasificamos esta roca como una granodiorita.

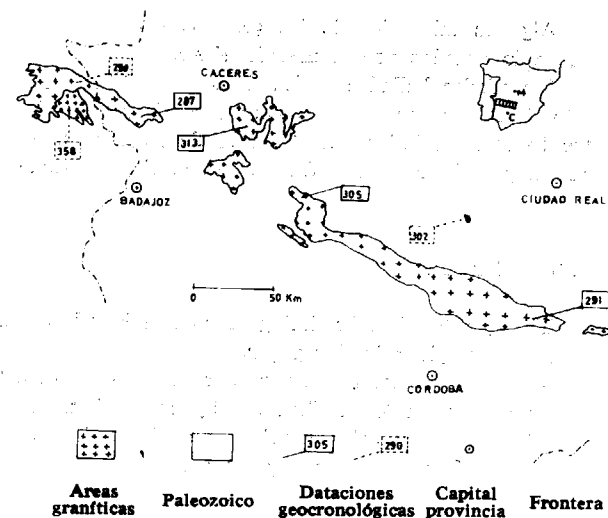


Figura 1

Esquema geológico con la localización de las rocas graníticas datadas.

MUESTRA GC-5.

Localización: Camino de la mina "El Lobo", a un kilómetro del yacimiento. Campanario, provincia de Badajoz ($38^{\circ} 49' 50'' - 5^{\circ} 43' 40''$).

Descripción petrográfica: Roca de colores claros, porfídica, con una mesóstasis de grano grueso, compuesta por cuarzo en placas alotriomórficas; plagioclasas de tipo oligoclasa-andesina; megacrístales de ortosa más o menos peritítica; biotita negra, con tendencia al idiomorfismo, y moscovita subordinada. Como accesorio se encuentran apatito, zircón y alguna cordierita.

Clasificamos esta roca como una granodiorita.

MUESTRA GC-7.

Localización: Carretera a la mina "La Virgen", a un kilómetro del yacimiento. Andújar, provincia de Jaén ($38^{\circ} 12' 45'' - 4^{\circ} 02' 00''$).

Descripción petrográfica: Roca de colores claros, generalmente porfídica, con una mesostasis de grano grueso, compuesta de cuarzo con tendencia idiomórfica; plagioclasas del tipo oligoclasa, generalmente idiomórficas y a veces zonadas; ortosa peritítica, subidiomórfica y algo sericitizada; biotita dominante, en cristales aislados ricos en inclusiones radiactivas. Los minerales accesorios están constituidos esencialmente por zircón y apatito.

Clasificamos esta roca como una granodiorita.

Resultados analíticos obtenidos

Muestra	Datos sobre	K %	Ar ⁴⁰ _{RAD} · 10 ⁻¹⁰ mol/g	Ar ⁴⁰ _{ATM} %	Edad m. a.
GC-1	M	8,09	43,59	37,7	281 ± 10
	B	5,37	29,68	21,5	287 ± 10
GC-4	M	—	45,83	28,7	313 ± 10
GC-5	B	6,05	35,36	18,6	305 ± 10
GC-7	B	5,78	32,37	47,2	291 ± 15

Los análisis han sido efectuados en el Instituto de Geocronología de Buenos Aires (Argentina).

Como se puede observar, a excepción de la muestra GC-1 que ha dado una edad estefaniense, las demás corresponden al Westfaliense.

CONCLUSIONES.

Con las dataciones efectuadas, se puede concluir:

1. Que en el Macizo Hespérico, las mineralizaciones uraníferas filonianas (pechblando y coffnita) están asociadas a granitos hercinianos de diferentes edades absolutas.

2. Que hay una ligera concordancia entre el intervalo de edades encontradas en España y el de las edades obtenidas para los granitos uraníferos franceses (320 a 286 M. a.).

3. Que las edades absolutas de los granitos uraníferos españoles son, en general, más antiguas que

las encontradas para los granitos uraníferos portugueses. En éstos, las edades halladas van desde 290 ± 8 M. a. (Nisa) hasta 280 ± 11 M. a. (Urgeiriça, Guarda y Viseu).

4. Que hay una correspondencia entre la edad de los granitos de Albuquerque y Nisa.

5. Que, igualmente, hay una correspondencia entre la edad del stock granodiorítico de Fontanosa y la del batolito de "Los Pedroches".

6. Que el intervalo de edades obtenidas para los granitos de la banda Pedroches-Montánchez se aproxima al encontrado en Galicia para los granitos pre y syn fase II de deformación herciniana, según Capdevila y Vialette (1970), de 312 ± 10 a 304 ± 10 M. a.

7. Que hay una cierta concordancia con la hipótesis mencionada por Corretge (1971) de que los granitos pos fase II no tienen la misma edad en todo el orógeno y que esto podría indicar una migración orogénica dirigida en el tiempo desde el SE al NO del Macizo Hespérico.

BIBLIOGRAFIA

BARD, J. P.; CAPDEVILA, R.; MATTE, P., y RIBEIRO, A.: "Geotectonic model for the Iberian Variscan Orogen". Natural Physical Science, vol. 241 (1973).

CAPDEVILA, R., y FLOOR, P.: "Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne". Bol. Geol. y Min. Tomo LXXXI-II-III. Madrid (1970).

CAPDEVILA, R., y VIALETTE, Y.: "Estimation radiométrique de l'âge de la deuxième phase tectonique hercynienne en Galice moyenne". C. R. Acad. Sc. Paris, T. 270 (1970).

CORRETEGE, L. G.: "Estudio petrológico del batolito de Cabeza de Araya (Cáceres)". Tesis Doctoral, Salamanca (1971).

LEUTWEIN, F.; SAUPE, F.; SONET, J., y BOUYX, E.: "Première mesure géochronologique en Sierra Morena". Geologie en Mijnbouw, vol. 49 (1970).

MENDES, F.: "Contribuição à l'étude géochronologique par la méthode au strontium des formations cristallines du Portugal". Bol. Museu e Lab. Min. e Geol. Fac. Ciências Univ. Lisboa, Vol. 11 (1968).

OEN ING SOEN: "Granite intrusion folding and metamorphism in Central Northern Portugal". Bol. Geol. y Mine. Tomo LXXXI-II-III (1970).

Recibido: Septiembre 1973.

GEOLOGIA

El método potasio-Argón aplicado a la datación de edades absolutas

Por J. GARCIA GARZON (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el método de datación de edades absolutas K-Ar y se pasa revista a las rocas y minerales más aptos para su utilización.

RESUME

Dans la présente publication on décrit la méthode K-Ar de datation absolue et on passe en revue les roches et mineraux le plus aptes a utilization.

Sabida es la importancia en todo estudio geológico de la determinación de las edades relativas de los diferentes materiales que componen la corteza terrestre y cómo para lograrlo se recurre a estudios estratigráficos, tectónicos, paleontológicos, etc. Con estos sistemas no se han logrado datar ciertos tipos de materiales por no poderse aplicar éstas técnicas, bien por la complejidad de la estructura estudiada o bien por tratarse de materiales altamente metamorfizados o ígneos. Para resolver estas lagunas se han ideado los procedimientos de datación de edades absolutas por diversos métodos basados en las transformaciones radiactivas como son U-He, U-Pb, Rb-Sr, ¹⁴C, K-Ar, etc.

Después de una larga serie de investigaciones en el año 1948, Aldrich y Nier pusieron las bases para la datación por el método K-Ar y a partir de entonces muchos son los problemas geológicos que se han resuelto utilizando este método de datación absoluta.

Todos los métodos radiactivos de datación absoluta de edades tienen sus pros y sus contras y unos con otros se complementan para lograr su objetivo,

así, por ejemplo, sabemos que la glauconita que no se puede datar por el método Rb-Sr si puede ser datada por el método K-Ar y en otros materiales ocurre al revés.

El método K-Ar, al que nos vamos a referir a continuación es un método bastante flexible y si las muestras a datar se eligen cuidadosamente, es también un método bastante seguro.

Comenzaremos con los principios en los que se fundamenta el método para seguir con una descripción de las técnicas de análisis del potasio y del argón, y aparatos utilizados y finalizar indicando los tipos de rocas y minerales que son más convenientes y útiles para la datación por este método.

El potasio es uno de los elementos integrantes de la corteza terrestre en una proporción media del 2,58 por 100 según Clarke y Washington. Este elemento se encuentra formando parte de las rocas y minerales, y debido a procesos de concentración de diversa índole, su contenido en los mismos varía notablemente, pudiendo alcanzar en algunos casos más de un 10 por 100.

Como se sabe, el potasio natural tiene tres isótopos que son: ³⁹K, ⁴⁰K, ⁴¹K, en proporciones respectivas de 93,22 por 100, 0,0118 por 100 y 6,77 por 100. Entre ellos, el ⁴⁰K se caracteriza por ser ra-

diactivo, siendo su período, de semidesintegración de $1,31 \cdot 10^9$ años. En su proceso de desintegración el ⁴⁰K se descompone en dos productos que son: El calcio de peso atómico 40 y el argón, también de peso atómico 40. Este último llamado radiogénico es un gas raro que se acumula, a medida que se forma, en el edificio atómico de la muestra y en las inmediaciones del ⁴⁰K que le da origen. Si no existe ninguna circunstancia especial, como pueda ser una variación termodinámica que afecte al equilibrio de la muestra desde su formación la cantidad de argón radiogénico encerrado en la misma, es proporcional a su contenido en potasio y a su edad, y en el cálculo de la misma, hay que tener en cuenta que a un gramo de potasio natural, le corresponde la formación de $1,04 \cdot 10^8$ átomos de argón 40 radiogénico cada año. Esta constante pudo ser calculada a partir de los datos suministrados por Smith, 1964 (14).

producida de éste mucho menor que la del aquél, y la razón constante ⁴⁰Ar/⁴⁰Ca toma el valor 0,123 según Smith, 1964 (14) o 0,117 según Beckinsale, 1969 (1).

Una representación gráfica de la desintegración del isótopo potasio 40 es dada en la figura 1.

Para determinar la edad de una roca o mineral, es necesario determinar cuantitativamente el potasio y el argón que continen.

El potasio, elemento sólido, se pone en solución por un ataque apropiado del esqueleto silicatado de la roca, y la cantidad del mismo se determina por absorción atómica o fotometría de llama. La contaminación por potasio extraño a la muestra se ha de evitar manejando la misma con sumo cuidado.

El argón 40 radiogénico, elemento gaseoso, se determina extrayéndole de la muestra fundida a vacío y comparando la cantidad extraída con un volumen conocido de otro isótopo de argón, éste de masa atómica 38, es llamado trazador.

El aire ambiente es rico en argón (0,89 por 100) siendo su composición isotópica ⁴⁰Ar=99,6 por 100, ³⁸Ar=0,063 por 100, ³⁶Ar=0,337 por 100 y sus proporciones relativas

$$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 295,5, \quad ^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 0,1869 \text{ (Nier, 1950).}$$

Este argón tiene efectos nocivos. Por una parte contamina la muestra, y por otra, aunque se disponga de un vacío muy elevado, siempre queda algo de argón (residual) en el interior de la instalación lo cual hay que tener en cuenta para un manejo adecuado de la misma que se refleja en el cálculo de la edad verdadera. La edad de una roca viene dada por la relación siguiente:

$$t = 1/\lambda t \ln(1 + \frac{1 + R}{R} ^{40}\text{Ar rad}/^{40}\text{K})$$

(⁴⁰Ar rad. y ⁴⁰K son el número de átomos).

Las constantes que intervienen en el cálculo de una edad, han sido determinadas por diversos autores, y así, por ejemplo, Smith, 1964 (14) da los siguientes valores:

$$^{40}\text{K} = 1,18 \cdot 10^{-4}\text{K}$$

$$T_{1/2} = \frac{2}{\lambda_t} = 1,31 \cdot 10^9 \text{ años}$$

$$\lambda_t = \lambda_\beta + \lambda_\gamma = 5,32 \cdot 10^{-10} \text{ años}^{-1}$$

$$R = \lambda_\gamma/\lambda_\beta = 0,123.$$

Conociendo, por una parte, el número de átomos

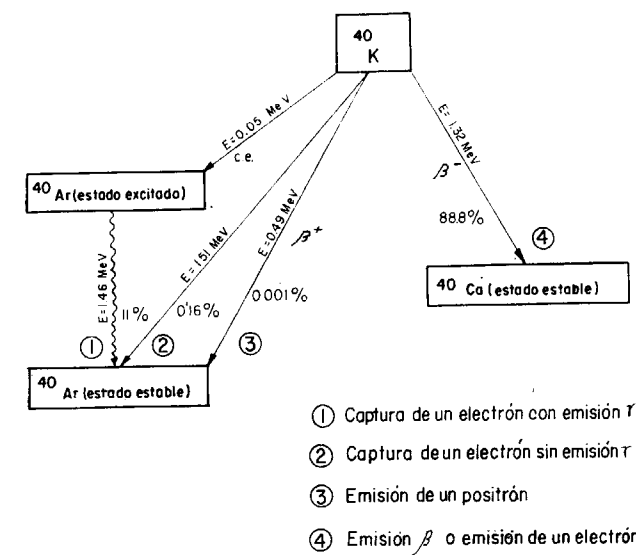


Figura 1

Esquema de la desintegración del potasio 40 según Dalrymple y Lanphere, 1969 (8)

Existen dos vías esenciales de desintegración del potasio, que conducen a la aparición del argón radiogénico y del calcio. Asimismo, existen otros procesos, pero en el plano de la Geocronología, son de mucha menor importancia y su probabilidad de aparición frente a la frecuencia de los dos primeros, es despreciable. El isótopo potasio 40, por emisión β , produce el calcio 40, y por captura electrónica y emisión γ , el argón 40, siendo la cantidad

(*) Ingeniero de Minas. Laboratorio de Geocronología del IGME.

formados cada año por desintegración del potasio 40 contenido en el peso de la muestra fundida, y por otra la cantidad de argón 40 radiogénico extraído de la misma, la edad t de la roca, será la razón de esta a aquél.

La cantidad de argón 40 radiogénico, extraída de la muestra, se calcula a partir de las medidas hechas sobre el espectrograma de masas, en el cual están registradas las señales relativas a los tres isótopos 40, 38, 36 del argón.

^{40}Ar radiogénico = ^{40}Ar (medido sobre el espectrograma) $\cdot x \cdot ^{36}\text{Ar}$ (medido).

La razón, ^{40}Ar radiogénico/ ^{38}Ar (trazador), medida permite conocer, en número de átomos, la cantidad de argón 40 radiogénico.

La constante x representa el valor de la razón de los isótopos 40 y 36 del argón en el aire. Este valor x debe tener en cuenta también las características del espectrómetro de masas utilizado, pues de ellas depende que dicha razón tenga que ser más o menos modificada debido a que puede aparecer un efecto de discriminación de masas, es decir, que las cantidades volúmicas de los diversos isótopos presentes en la mezcla no sean siempre apreciadas en su valor volúmico real por los instrumentos. Sólo las medidas repetidas de la razón 40/36 en el aire permiten conocer con precisión el valor de x .

Para analizar cuantitativamente el potasio existente en las muestras, la bibliografía ofrece una diversidad de métodos, de los cuales podemos considerar como más característicos los de Cooper, 1963 (5), que una vez eliminada la sílice, separa de la solución el Fe y Al con carbonato amónico y determina posteriormente el potasio por fotometría.

Cuando el contenido en potasio es pequeño, Burke, Otto y Denison, 1965 (4) utilizan una coprecipitación en presencia de tetrafenilborato amónico para separar el potasio de los demás elementos. El análisis del mismo se hace por fotometría.

Engels e Ingamells, 1970 (10), funden la muestra con metaborato de litio anhidro en crisol de grafito. El material fundido se lleva a solución nítrica que se analiza por fotometría para determinar su contenido en potasio. Por este método se obtienen resultados muy precisos pues las variaciones máximas son del 2 por 100 del valor en K_2O de la muestra.

Bellón, 1971 (2) emplea un método en el que intervienen las siguientes manipulaciones:

— Un ataque ácido con una solución mixta de ácido fluorhídrico HF, ácido perclórico HClO_4 , y ácido sulfúrico H_2SO_4 , que son evaporados a sequedad.

— Dos nuevos ataques con ácido fluorhídrico para eliminar toda la sílice y evaporación a sequedad.

— Dos lavados con agua y nueva evaporación a sequedad.

— Un ataque con ácido clorhídrico fumante (5 cc) o ácido clorhídrico al 5 por 100 (50 cc) a los que se adiciona agua, se filtra y se afora a 100 cc viene a concluir el ciclo. El análisis se hace por absorción atómica.

En cuanto al peso de la muestra que debe ser tomado para que el análisis sea representativo, Kleeman, 1967, propone y es apoyado por Engels, 1970 (10) que deben ser tomados 500 mg de roca total cuyo tamaño de grano sea de 100μ aproximadamente y atacados dos veces. Si la muestra es de referencia, el tamaño de grano debe ser inferior a 60μ . Dalrímple e Hirooka, 1965 (7), para lograr la homogeneidad de la muestra, proponen el método de cuarteos sucesivos, obteniendo en muestras cuyos contenidos en K_2O fuese aproximadamente 2,57 por 100, diferencias de 0,01 por 100 K_2O como máximo.

Para determinar de una forma cuantitativa el argón contenido en las muestras, se emplea una instalación experimental en la que podemos considerar dos partes esenciales: Una destinada a la extracción y purificación de los gases contenidos en la muestra y otra destinada al análisis espectrométrico de masas del argón resultante de purificar los mismos. Numerosos autores han descrito, con más o menos detalle, la instalación experimental y publicado trabajos sobre la misma, así: Everden y Curtis, 1965 (11), Mc. Dougall, 1966 (13), Dalrímple, 1969 (6), Dumesnil, 1966 (9), Borsi y Ferrara, 1967 (3), Krummenacher, 1970 (12), Bellon, 1971 (2). Aunque existen diferencias entre unas instalaciones y otras el fin que se persigue en todas ellas es el mismo. Una instalación representativa, cuyas partes principales son: Línea de extracción-purificación, línea de introducción y espectrómetro de masas, puede ser la que se detalla a continuación.

La línea de extracción-purificación (fig. 2) está construida en vidrio Pyrex y consta de las siguientes partes:

— Portamuestras, es una ampolla de doble pared para que pueda circular el agua de refrigera-

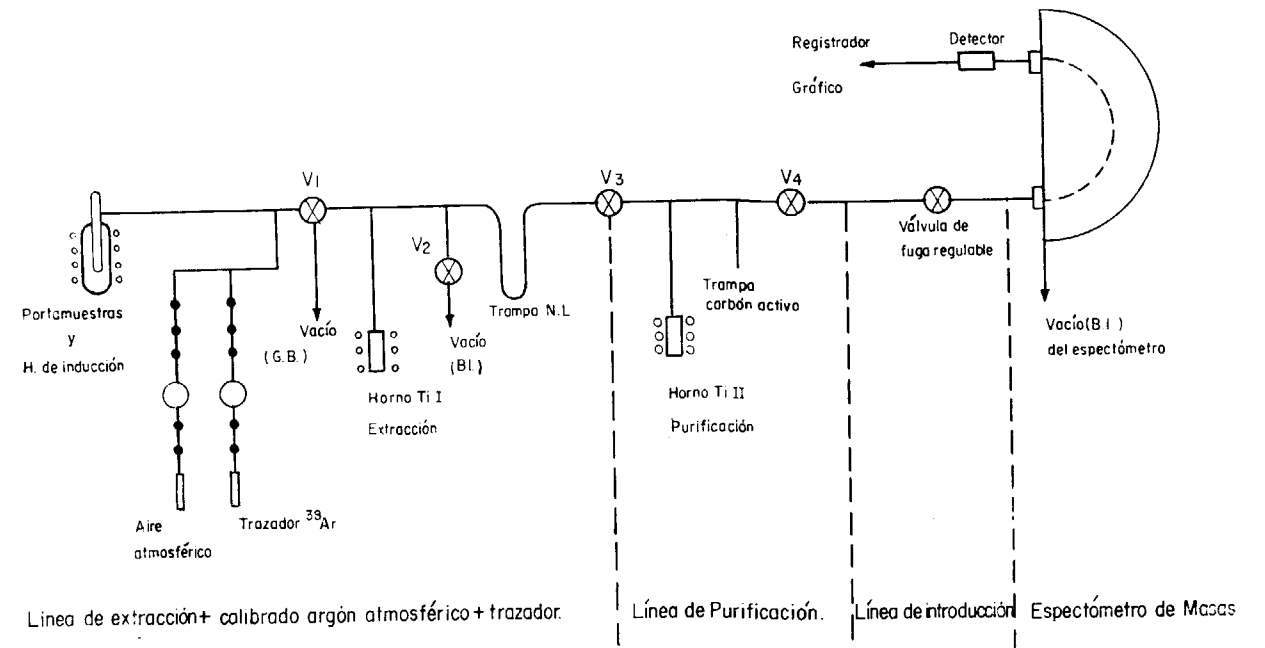


Figura 2

ción, tiene un brazo lateral capaz de albergar varias muestras con el fin de aumentar la flexibilidad de los análisis. En su interior lleva un pie de cuarzo donde se apoya un crisol de molibdeno y un tubo de cuarzo que les rodea. Este crisol de molibdeno se calienta gracias a las corrientes inducidas sobre el mismo por un solenoide unido a un generador de alta frecuencia y de esta forma se funde la muestra dejando en libertad los gases que porta.

— Un horno de hoja de titanio que tiene por objeto quitar todos los gases reactivos.

En esta parte de la línea existen las conexiones necesarias para dar entrada al argón 38 trazador, y al aire atmosférico para analizar el argón del mismo.

— Una trampa refrigerada por nitrógeno líquido capaz de solidificar el agua que lleven los gases.

— Un horno de esponja de titanio para purificar los gases anteriores.

— Una trampa con carbón activo, que tiene la propiedad de absorber los gases raros a bajas temperaturas.

La línea de extracción-purificación se une al espectrómetro de masas por medio de la línea de introducción que tiene una válvula de fuga regulable para permitir la entrada en el mismo del argón recogido en la trampa de carbón activo, una vez

liberado. Esta válvula permite asimismo operar en forma estática o dinámica y regular la introducción.

La línea de extracción-purificación, lleva además una serie de válvulas (fig. 2) que permiten o no el paso de los gases de un sector a otro de la línea y un sistema de bombeo capaz de obtener un grado de vacío del orden de 10^{-8} Torr.

El espectrómetro de masas, generalmente, es un aparato de campo magnético permanente que deflecta los iones a 180° .

Los átomos de argón, que entran en la célula de análisis del espectrómetro, ionizados y sometidos a la acción de un campo eléctrico variable y un campo magnético permanente recorren una semicircunferencia de radio $r = 144/B\sqrt{MV}$, siendo recogidos en un colector.

B en gauss, M = masa atómica, V en voltios.

Fijado el radio se tiene $MV = K$ y de aquí que las masas de los distintos iones se puedan ir seleccionando al variar el valor de V del campo eléctrico.

Un sistema electrónico da una señal proporcional a la cantidad de cada uno de los isótopos del argón 36, 38 y 40, que se puede traducir por medio de un registrador gráfico en el espectrograma a partir del cual se determina el ^{40}Ar radiogénico que interviene en los cálculos de la edad.

Para que una roca o mineral sea útil para su datación por el método potasio-argón debe reunir los siguientes requisitos:

1) Debe retener el argón a las temperaturas geológicas "normales", es decir, 100 ó 200° C o menos.

2) Debe ser resistente a las alteraciones y a ser disuelta por el agua del subsuelo. Los silicatos en su mayoría cumplen este requisito, no así las sales.

3) Debe contener suficiente potasio para que las determinaciones de potasio y argón sea factibles con los medios que normalmente se suele contar. No es necesario que el potasio sea el catión esencial en el mineral que se va a datar, pues muchos minerales contienen suficiente potasio como impureza para permitir su datación.

Para que un material petrógeno sea clasificado como útil no es necesario que dé la edad verdadera en todas las condiciones. Por ejemplo, una biotita procedente de rocas metamórficas cuya historia geológica ha sido muy compleja, normalmente dará edades que no representen el tiempo de formación de la roca de la cual proceden, pero las edades de la biotita son muy útiles como indicadores de acontecimientos posteriores a la formación, cuando se combinan con datos aportados por otros minerales y esquemas de descomposición.

En la siguiente tabla se recogen los materiales que son considerados por Dalrymple y Lanphere (1969) (8), como los más útiles e interesantes por su fiabilidad para ser datados.

	Tipo de roca			
	Volcánica	Plutónica	Metamórfica	Sedimentaria
Feldespatos:				
Sanidina	⊗			
Anortoclasa	⊗			
Plagioclasa	⊗			
Feldespatoides:				
Leucita... ..	×			
Nefelino	×	×		
Mica:				
Biotita... ..	⊗	⊗	⊗	
Flogopita			⊗	
Moscovita		⊗	⊗	
Lepidolita		×		
Glaucónita... ..				×
Anfibol:				
Hornablenda	⊗	⊗	⊗	
Piroxeno	×	×		
Roca total... ..	⊗		×	

En la figura 3 se da una idea del límite a partir del cual los materiales petrógenos son realmente útiles en su datación. Se hace a continuación un comentario sobre la idoneidad de los materiales anteriores.

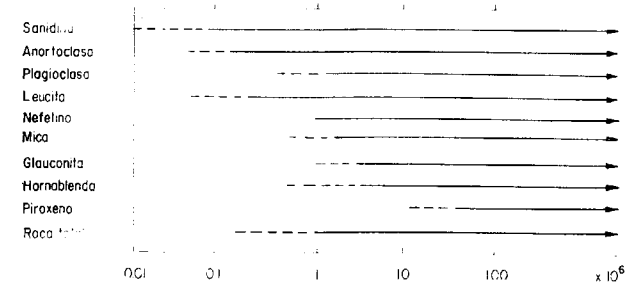


Figura 3

FELDESPATOS.

Ortoclasa y Microclino.—Estos minerales no son adecuados para ser datados porque no retienen el argón ni siquiera a la temperatura ambiente. La pérdida de argón se ha comprobado en todos los feldespatos de "baja temperatura" y como consecuencia de ello, al ser datados, dan edades mucho más bajas que las verdaderas. Las razones por las que la Ortoclasa y el Microclino pierden argón, no están suficientemente claras, pero probablemente estén relacionadas con los cambios de red que acompañan a la exsolución. Las pérdidas por difusión que se han determinado en el laboratorio para ambos minerales, no son lo suficientemente altas como para ser responsables de las pérdidas de argón observadas.

SANIDINA Y ANORTOCLASA.

A diferencia de los feldespatos de "baja temperatura" (plutónicos y metamórficos), los de "alta temperatura" (volcánicos) retienen el argón francamente bien, por tanto, son unos relojes potasio-argón muy buenos.

Plagioclasa.—Como los feldespatos potásicos, la plagioclasa de "alta temperatura" que se encuentra en rocas volcánicas, normalmente retiene el argón por completo mientras que la plagioclasa de "baja temperatura" que procede de rocas plutónicas y metamórficas, no lo hace. Por consiguiente, la plagioclasa de "alta temperatura" será la utilizada en la datación, por el método potasio-argón. Aunque esta plagioclasa se ha utilizado con éxito para datar rocas de menos de un millón de años de edad,

sin embargo, su máxima utilidad se alcanza cuando se utiliza para datar rocas del Plioceno o más antiguas.

FELDESPATOIDES.

Leucita.—Fue utilizada con éxito por Evernden y Curtis (1965) para datar rocas volcánicas. Retiene bien el argón y por su elevado contenido en potasio, 18 a 20 por 100 en K₂O, puede ser utilizada para datar rocas jóvenes con muy poco material. Desgraciadamente por no encontrarse de forma abundante, su utilización no puede ser masiva.

Nefelino.—Se encuentra en rocas volcánicas, plutónicas y metamórficas. Su utilización para la datación por el método potasio-argón fue investigada por Macintyre y otros (1966) quienes averiguaron que el nefelino retiene bien el argón durante períodos de 10⁹ años o más. Sus edades concuerdan muy estrechamente con las determinadas por los métodos rubidio-estroncio y uranio-plomo. Como otros feldespatoides, la utilización del nefelino es limitada puesto que son muy pocas las rocas en que se encuentra.

Sodalita y otros feldespatoides.—Macintyre, York y otros encontraron una abundancia de "Ar en sodalita y cancrinita. Su utilización para la datación parece ser muy limitada puesto que se encuentra en muy pocas rocas y en cantidades pequeñas.

CUARZO.

Se han realizado ensayos para utilizar el cuarzo en la datación. Parece ser que debido a su apretada estructura reticular, retiene bien el argón, pero el problema es que su contenido en potasio es tan bajo que los análisis exactos son difíciles y muy grandes los errores que se cometen al hacerlos.

MICA.

Biotita.—Es uno de los minerales más útiles para la datación por el método potasio-argón. Es fácil de encontrar en las rocas volcánicas, plutónicas y metamórficas, y tiene un elevado contenido de potasio (de 7 a 9 por 100 en K₂O). La biotita retiene bien el argón en condiciones normales y lo pierde cuando se recalienta a partir de unos cientos de grados. En terrenos metamórficos, generalmente no da la edad exacta de formación de la roca, pero sí es un indicador muy útil de los acontecimientos térmicos posteriores a la formación de la misma.

Moscovita.—Se encuentra en las rocas plutónicas y metamórficas, su contenido en potasio es alto (8 a 12 por 100 en K₂O). Retiene el argón mejor que la biotita por lo cual es un buen reloj potasio-argón.

Flogopita y Lepidolita.—La flogopita tiene propiedades muy similares a la biotita, incluso en su contenido en potasio. Se encuentra en las rocas metamórficas. La lepidolita se encuentra corrientemente en las pegmatitas y su contenido en potasio es alto (8 a 10 por 100 en K₂O). Ambos minerales son útiles en la datación aunque el último es bastante escaso.

Glaucónita.—Es el único mineral que se emplea en forma rutinaria para la datación de rocas sedimentarias. Se forma poco después de la deposición y por tanto da una edad que representa aproximadamente el tiempo de formación de la roca. Tiene un contenido en potasio bastante bueno (4 a 7 por 100 en K₂O) y se ha utilizado en un intervalo muy grande (desde unos millones de años a más de 1000). La glaucónita pierde el argón con mucha facilidad y una temperatura de 150° C es suficiente, si se prolonga para dar lugar a tal pérdida. Por estar la escala de tiempo geológica basada principalmente en las rocas sedimentarias, la datación de la glaucónita por el método potasio-argón ha recibido mucha atención.

ANFIBOL.

Hornablenda.—Se encuentra corrientemente en las rocas volcánicas plutónicas y metamórficas y contiene entre 0,2 y 1 por 100 de K₂O. Es el mineral más resistente entre los corrientes a perder argón, por esta razón, las edades potasio-argón determinadas con hornablenda y biotita coexistentes proporcionan un indicador muy sensible de los acontecimientos térmicos, y en rocas de historia sencilla, normalmente suelen concordar.

Otros anfíboles.—Pocos anfíboles se han utilizado además de la hornablenda para la datación por el método potasio-argón, sin embargo, parece ser razonable pensar que todos los anfíboles se podrían utilizar para la datación, aunque su investigación no se haya llevado a cabo de forma adecuada.

PIROXENO.

Se encuentra corrientemente en las rocas volcánicas, plutónicas y metamórficas. Normalmente contienen menos de 0,1 por 100 de K₂O, lo que

hace difícil la obtención de un análisis exacto y limita su empleo a zonas mesozoicas o más viejas. Los resultados obtenidos por Mac Dougall, Kistler, Dodge y otros muestran que existe cierta inseguridad sobre la idoneidad del piroxeno para la datación, esto unido a la dificultad de medir el contenido en potasio y argón hace que el piroxeno no sea recomendable en la datación rutinaria por el método potasio-argón.

Muestras de roca-total.

En principio, se puede decir que una roca que contiene solamente componentes que son buenos geocronómetros de potasio-argón debería dar una edad válida. La investigación que se ha llevado a cabo lo confirma y, por tanto, se puede asegurar que la datación de roca-total, de rocas volcánicas máficas, especialmente del basalto, se ha convertido en un importante auxiliar, cómodo y rápido, del método potasio-argón, siempre que se seleccione adecuadamente. El basalto es muy útil por su abundancia y frecuente asociación con caracteres geológicos de interés. Las observaciones con sondas electrónicas de la distribución del potasio en los basaltos, han demostrado que la mayoría se encuentra en el material intersticial que, por lo general es vidrio o feldespato de grano fino.

La capacidad del vidrio basáltico para retener argón es bastante incierta y hay pruebas de que a veces pierden argón fácilmente. Eventualmente puede ser posible distinguir entre vidrios basálticos retentivos y no retentivos, pero es mejor y más prudente eliminar este tipo de muestras para la datación rutinaria.

Otro factor a tener en cuenta es el grado de alteración. Cuando una muestra de roca-total está alterada, normalmente se habrá liberado el argón radiogénico de la red cristalina de los minerales con contenido potásico, y la edad determinada será más baja que la real.

En resumen, las muestras de roca-total pueden dar resultados perfectamente seguros si se seleccionan cuidadosamente. Idealmente, la muestra deberá ser de grano relativamente grueso, de forma que todos los componentes presentes sean fácilmente identificados con un microscopio normal. Debe estar inalterada, es decir, fresca y no contener vidrio minerales arcillosos, inclusiones extrañas, zeolitas ni mineralizaciones secundarias. Es posible que una roca que no reúna esas condiciones dé una buena edad, pero, si no se confía en ella de antemano, los resultados serán ambiguos y no se debe datar.

BIBLIOGRAFIA

1. BECKINSALE, R. D., y GALE, N. H.: *A reappraisal of the decay constants and branching ratio of ^{40}K* . "Earth and Planetary Sc. Letters", 6-1969, pp. 289-294 (1969).
2. BELLON, H.: *Datación absoluta de lavas d'Auvergne por la méthode Potassium-Argon*, "These", Orsay (1971).
3. BORSI, S.; FERRARA, G., y TONGIORGIE: *Determinaciones con el método de K/Ar della età della roca magmatiche della Toscana*, "Boll. Soc. Geo. It", 86, pp. 403-410 (1967).
4. BURKE, W. H.; OTTO, J. M., y DENISON, R. E.: *Potassium-Argon dating of basaltic rocks*. "J. G. R.", 15 Febrier 1965, vol. 74, n. 4, pp. 1082-1086 (1965).
5. COOPER, J. A.: *The flame photometric determination in geological materials used for potassium-argon dating*. "Geochimica et Cosmochimica Acta", vol. 27, pp. 525-546 (1963).
6. DALRYMPLE, G. B.: *Potassium-argon ages of recent rhyolites of the Mono and Inyo craters, California*. "Earth and Planetary Sc. Letters", 3-1967, pp. 289-298 (1969).
7. DALRYMPLE, G. B.; HIROOKA, K.: *Variation of Potassium, argon, and calculated age in a late Cenozoic basalt*. "J. G. R.", 15 Octobre 1965, vol. 70, n. 20, pp. 5291-5296 (1965).
8. DALRYMPLE, G. B., y LANPHERE, M. A.: *Potassium-argon dating*. "W. H. Freeman and Company", San Francisco (1969).
9. DUMESNIL, P.: *Analyse par activation de l'argon. Application a la datation par la méthode potassium-argon*. "These", París (1966).
10. ENGELS, J. C., e INGAMELLS, C. O.: *Effect of sample inhomogeneity in K-Ar dating*. "Geochimica et Cosmochimica Acta", vol. 34, pp. 1007-1017 (1970).
11. EVERNDEN, J. F., y CURTIS, G. H.: *The potassium-argon dating of the late Cenozoic rocks in East Africa and Italy*. "Current Anthropology", Octubre, vol. 6, n. 4, pp. 343-385 (1965).
12. KRUMMENACHER, D.: *Isotopic composition of argon in modern surface volcanic rocks*. "Earth and Planetary Sc. Letters", 8-1970, pp. 109-117 (1970).
13. McDOUGALL, I.: *Precision methods of Potassium-argon isotopic age determination on young rocks*. "Methods and techniques in Geophysics", vol. 2, Interscience publisher (1966).
14. SMITH, A. G.: *Potassium-argon decay constants and ages tables phanerozoic time scale*. "Quaternary Journal Geological Society of London", vol. 120, pp. 129-141 (1964).

Recibido: Mayo 1974.

Contribución al estudio de la metalogenia del norte de la provincia de Huelva, España

Por F. VAZQUEZ GUZMAN (*)

RESUMEN

Se estudian las minas e indicios del triángulo La Nava-Galaroza-El Repilado, en el norte de la provincia de Huelva.

Se pone de manifiesto la zonalidad existente, a escala regional en el SO de España, de las paragénesis neumatolítica hidrotermal, y se sugiere la posibilidad de una génesis exhalativa-sedimentaria para las mineralizaciones singenéticas de sulfuros complejos y de manganeso existentes en la zona.

RESUME

On effectue l'étude des mines et des indices métallogéniques du triangle formé par La Nava-Galaroza-El Repilado au Nord de la province de Huelva.

La zonalité des paragénèses pneumatolytiques et hydrothermales se manifeste au SW de l'Espagne et il existe la possibilité que les minéralisations syngénétiques sulfides complexes et de manganèse qui se trouvent dans la région étudiée aient une genèse exhalative-sédimentaire.

INTRODUCCION

Como consecuencia del estudio metalogénico de la mina "María Luisa", del término municipal de La Nava, en la provincia de Huelva, el IGME programó la investigación del área comprendida en el triángulo La Nava-Cortegana-Galaroza, basada en las características físicas y químicas de la mena estudiada. Complemento obligado de dicha prospección fue el estudio de las mineralizaciones e indicios existentes.

El cuadro adjunto resume las paragénesis minerales encontradas, así como su posible origen. Las mineralizaciones pueden agruparse en menas de cobre-cinc de origen neumatolítico-hidrotermal (epigenéticas), que se superponen a una paragénesis singenética, análogas a la de la mina "María Luisa"; menas de cobre y plomo de origen filoniano hidrotermal y menas de manganeso de dudoso origen por estar metamorfizadas.

(*) División Minería del IGME, profesor adjunto de la cátedra de Metalogenia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, de Madrid.

Estudiada con detalle la mineralización de mina "María Luisa", sólo nos detendremos en la exposición de las paragénesis minerales distintas a las existentes en la citada explotación minera, si bien es preciso citar algunas características de estas últimas menas, que pueden ser orientadoras del proceso mineralizador.

MENAS DE COBRE - CINCO SINGENÉTICAS Y DE ORIGEN NEUMATOLÍTICO-HIDROTERMAL

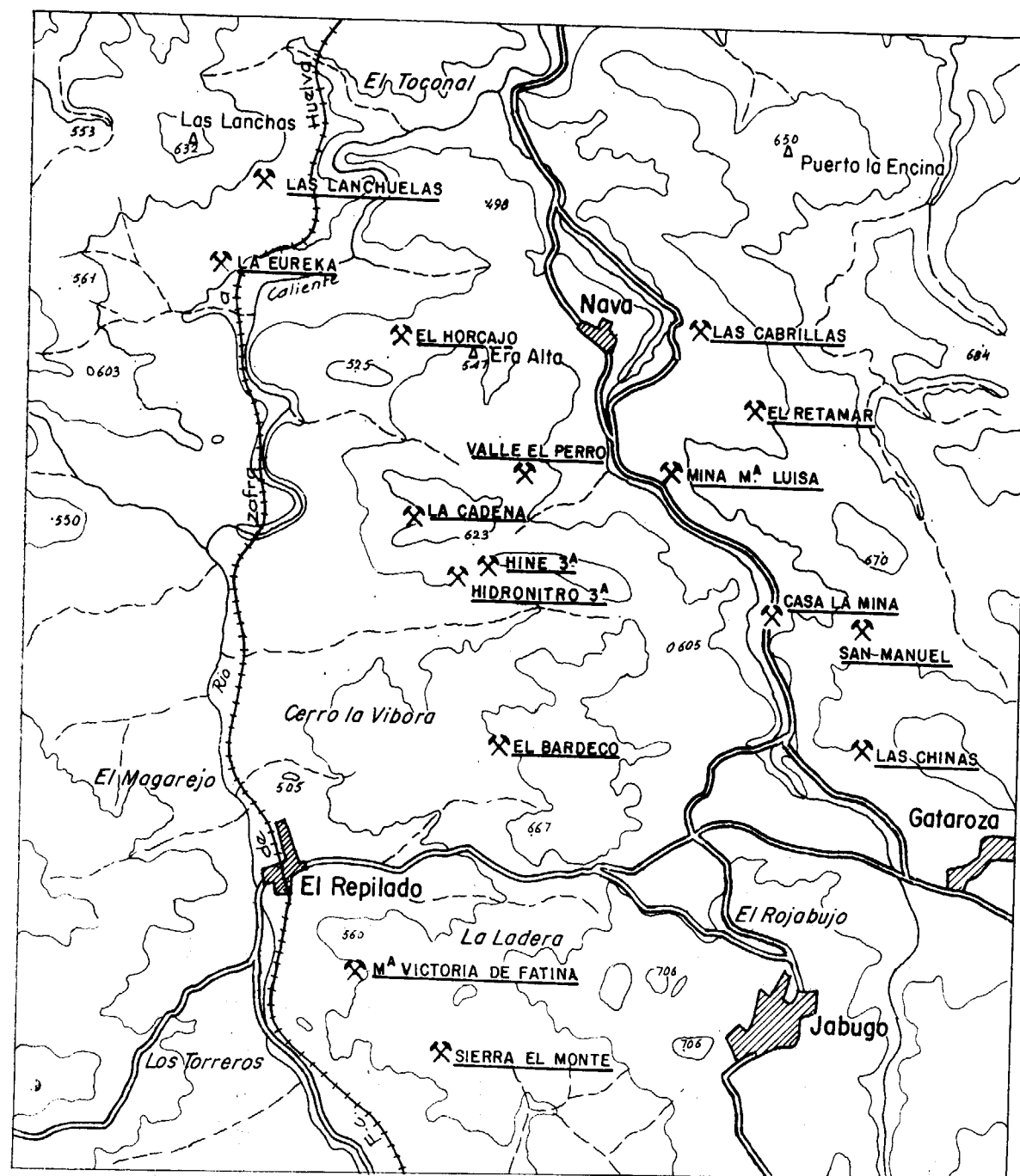
Es constante la existencia de una paragénesis singenética de sulfuros asociada a rocas, que, si bien se encuentran sumamente transformadas, es posible, en algunas zonas, como en la mina "Las Chinas", clasificarlas como primitivos piroclásticos u otros productos lávicos. Por otra parte, hemos podido observar cómo la mineralización singenética de "María Luisa" va asociada a lechos de jaspes y niveles cuarzo-muscovíticos, que pudieran proceder de productos volcánicos.

14

DEPOSITO O INDICIO	SITUACION COORDENADAS LAMBERT	MINERALOGIA	ROCA DE CAJA	GENESIS
Las Lanchuelas	X=328,900; Y=379,900	Tetraedrita - Jamesonita - Calcopirita. Pirita - Pirrotina - Arsenopirita - Calcopirita - Esfalerita - Limonita.	Carbonatos - cuarzo.	Hidrotermal (epigenético).
La Eureka	X=326,650; Y=379,400	Tetraedrita - Boulangerita - Bournonita - Calcopirita - Blenda - Siderosa. Covellina - Limonita.	Cuarzo - Carbonatos.	Hidrotermal (epigenético).
El Horcajo	X=329,930; Y=378,750	Pirita - Arsenopirita - Pirrotina - Calcopirita - Esfalerita - Rutilo. Limonita.	Cuarzodiorita.	Hidrotermal (epigenético).
Las Cabrillas	X=332,350; Y=378,750	Manganita - Braunita - Piemontita - Espessartina - Rodonita.	Rocas de metamorfismo de contacto.	Depósito metamorfozido.
El Retamar	X=332,630; Y=378,060	Pirita - Calcopirita - Blenda - Galena - Tetraedrita. Covellina - Limonita - Cuprita.	Cuarzo - Carbonatos.	Hidrotermal (epigenética).
Socavón del Valle "El Perrofl"	X=330,900; Y=377,750	Pirita - Calcopirita. Pirita - Calcopirita - Bornita. Arsenopirita - Limonita.	Cuarcita.	Singenética; hidrotermal (epigenética).
Trinchera - Ferrocarril Huelva-Zafra	Entre Km. 3,84 y 85	Pirita - Calcopirita - Blenda - Galena ?	Cuarzo..	Hidrotermal (epigenética).
La Cadena	1 Km. al NE del Cortijo "La Cadena"	Pirita - Arsenopirita - Calcopirita. Limonita.		?
Hidronitro 3.ª	X=330,360; Y=376,900	Pirita - Calcopirita - Esfalerita. Limonita.	Anfibolita.	Singenética.

15

Socavón y Registro número 1 de	X=330,500; Y=376,950	Magnetita - Pirita - Calcopirita - Esfalerita. Magnetita - Arsenopirita - Pirita - Pirrotina - Calcopirita - Esfalerita. Martita - Arsenopirita - Limonita - Covellina - Cuprita.	Anfibolita.	Singenética; Neumatolítica - Hidrotermal (epigenética).
Cerro de Buesna	X=331,800; Y=377,050	Manganita - Braunita - Piemontita - Espessartina - Rodonita. Pirolusita.	Rocas silíceas y jasperioides.	Depósito metamorfozido.
"Casa La Mina"	Entre Kms. 102 y 103 de la Carretera Nacional San Juan del Puerto a Cáceres	Pirita - Pirrotina - Blanda. Arsenopirita.	Esquistos - Cuarzomuscovíticos.	?
San Manuel	X=333,470; Y=376,400	Arsenopirita - Pirrotina - Calcopirita. Limonita.	¿	Neumatolítica ? - Hidrotermal (epigenética).
El Bardeco	X=330,680; Y=375,630	Magnetita. Martita.	?	Neumatolítica ?
Las Chinas	X=333,450; Y=375,500	Magnetita - Pirita - Arsenopirita - Pirrotina - Calcopirita - Cubanita - Esfalerita - Galena - Rutilo - Hematites.	Anfibolitas; piroclásticas?	Singenética; Neumatolítica - Hidrotermal (epigenética).
María Victoria de Fátima	X=329,570; Y=373,840	Magnetita - Pirita - Arsenopirita - Calcopirita - Pirrotina - Esfalerita - Barita. Covellina.	Esquistos cuarzo - cloríticos, anfibolitas.	Singenética; Neumatolítica Hidrotermal (epigenética).
Registros Sierra "El Monte"	n.º 1: X=330,200; Y=373,270 n.º 2: X=330,170; Y=373,350 n.º 3: X=330,200; Y=373,150	Magnetita - Ilmenita - Hematites - Pirita - Pirrotina - Calcopirita - Esfalerita. Martita.	Granatita.	Neumatolítica - Hidrotermal (epigenética).



Plano de situación de minas e indicios. Hoja núm. 917. Escala 1/50.000

Todo ello es de suma importancia por lo que señalaremos en las consideraciones finales de este estudio.

Dada la similitud existente entre minas e indicios con este origen, reseñadas en el cuadro adjunto, y mina "María Luisa", remitimos al lector el estudio de dicha mina, en donde se exponen las relaciones entre mineralización y roca de caja, orden de formación de minerales, etc. (4).

Únicamente poner de manifiesto que en la mina "El Horcajo" existe un tipo de pirrotina no observada hasta ahora en la zona. Se trata de una pirrotina con textura plumosa, que procede de una pirrotina normal y que, en principio, pudiera consi-



Fotomicrografía núm. 1

P-1.507. "El Horcajo". Pirrotina plumosa. Probeta pulida, nícoles paralelos, X 350

derarse como otro mineral. Sin embargo, el estudio por microsonda y la análoga reflectividad (38 por 100) y microdureza Vickers (214-300) demuestran la identidad de ambos minerales (fotomicrografía número 1).

MENAS DE COBRE-PLOMO-ANTIMONIO DE ORIGEN HIDROTHERMAL

Los indicios y explotaciones de plomo en la zona son conocidos de antiguo, aunque se desconociera la paragénesis mineral de los mismos (1).

Las dos minas estudiadas, "Las Lanchuelas" y "La Eureka", aparecen en relación con filones de cuarzo y carbonato, si bien los minerales de plomo de una y otra son diferentes.

La mina "Las Lanchuelas" se encuentra situada en el término municipal de La Nava, al noroeste del túnel de Las Vegas y entre el vértice geodésico "Las Lanchas" y la huerta "Las Tapias". Parece ser



Fotomicrografía núm. 2

P-1.539. "Las Lanchuelas". Jamesonita mostrando pleocroismo de reflexión y típica forma en prismas o haces. Probeta pulida, nícoles paralelos, X 350

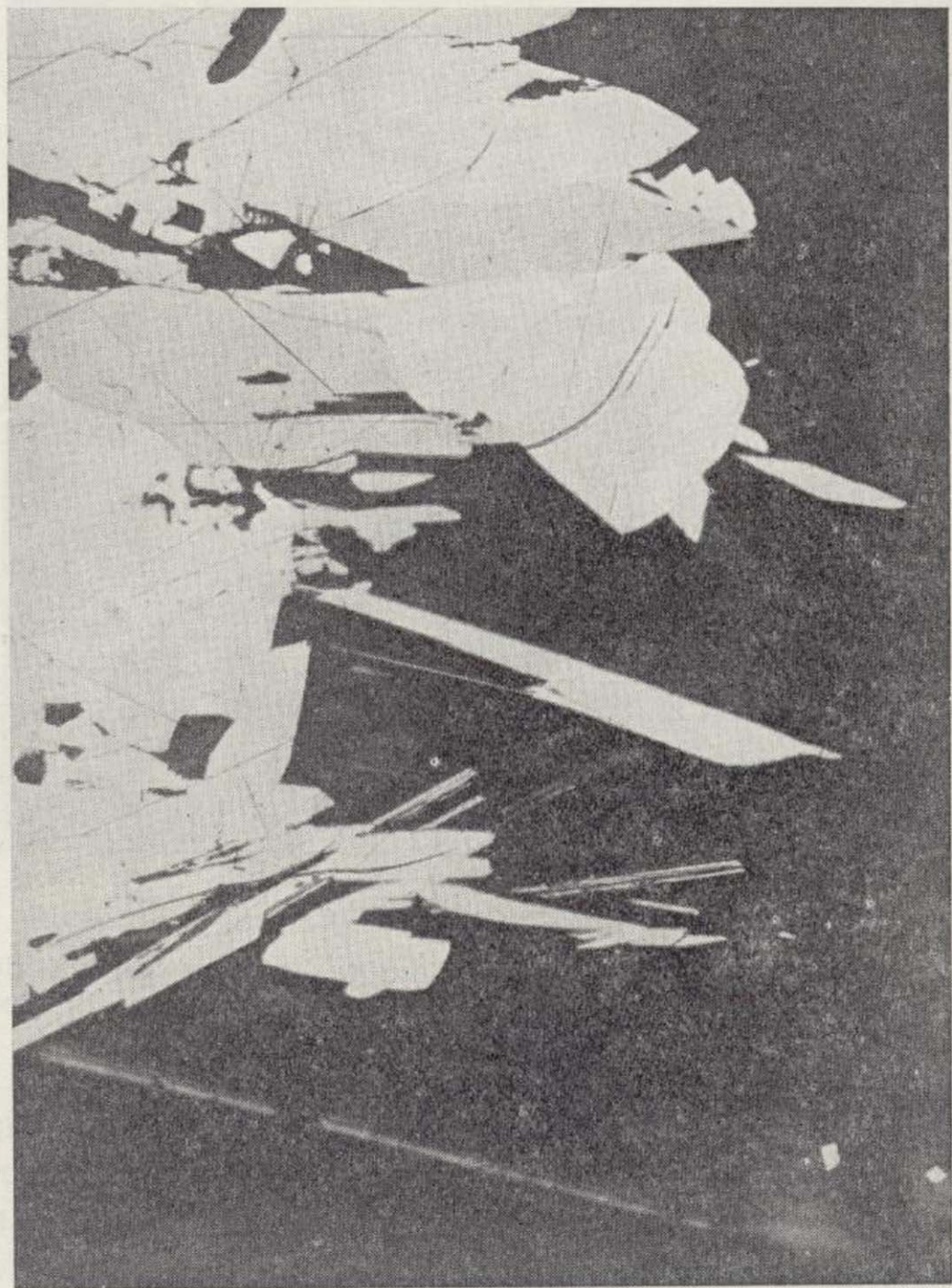
que fue explotada al mismo tiempo que la mina "La Eureka"; en la actualidad, hay un pozo de considerable profundidad y un registro, casi tapado, sin mineralizaciones.

Los minerales más interesantes, desde el punto de



Fotomicrografía núm. 1

P-1.507. "El Horcajo". Pirrotina plumosa. Probeta pulida, nícoles paralelos, X 350

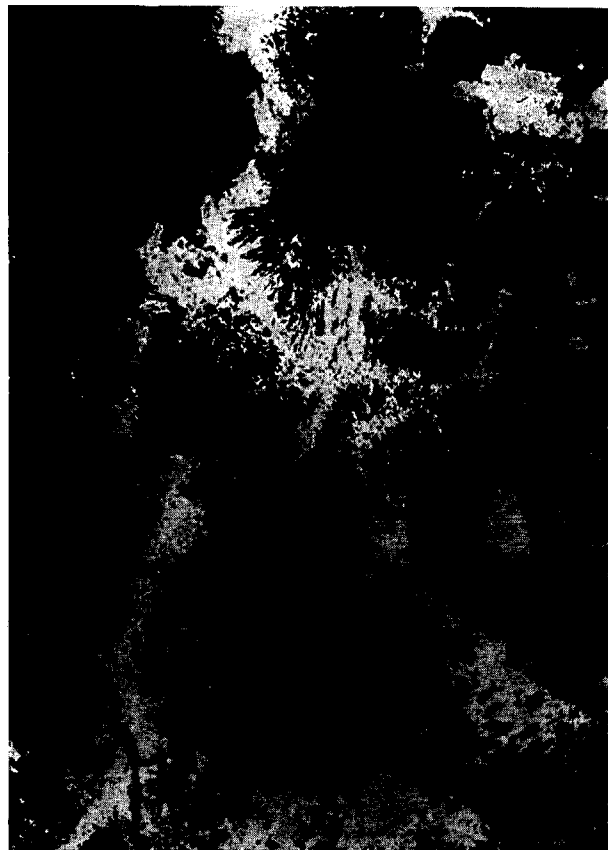


Fotomicrografía núm. 2

P-1.539. "Las Lanchuelas". Jamesonita mostrando pleocroismo de reflexión y típica forma en prismas o haces. Probeta pulida, nícoles paralelos, X 350

vista económico, son tetraedrita, jamesonita y calcopirita.

Hasta el presente, se desconocía la existencia de jamesonita ($Pb_4FeSb_6S_{14}$) en la zona. Al microscopio



Fotomicrografía núm. 3

T-3.786. Cerro de Buesna. Braunita en una matriz de cuarzo, bordeada por cristales de piemontita. Nícoles paralelos, X 90

aparece de color gris pardo a gris azulado o gris claro, en aceite; con acusado pleocroísmo y anisotropismo, tanto en aire como en aceite; a veces, en primas o haces radiales; reflectividad del 38-41 por 100, y microdureza, Vickers, entre 123 y 135 (fotomicrografía núm. 2).

En la mina "La Eureka", situada en el paraje "Las Lanchuelas", del término municipal de La Nava, los minerales de plomo y antimonio que aparecen son boulangerita ($5PbS \cdot 2Sb_2S_3$), y bournonita ($2PbS \cdot Cu_2S \cdot Sb_2S_3$).

La bournonita se identifica por su pleocroísmo, anisotropismo y, sobre todo, por sus maclas en parquet; la boulangerita aparece con un mayor anisotropismo y con habitus tabular.

Estos minerales junto con tetraedrita, calcopirita

y blenda son los que constituyen la paragénesis económica. Un análisis, realizado en el IGME, de muestras recogidas recientemente en las escombreras ha proporcionado el siguiente resultado: Cu, 1,98 por 100; Pb, 2,32 por 100; Zn, 0,10 por 100; Sb, 2,10 por 100; Ag, 12 g/t.

MENAS DE MANGANESO METAMORFIZADAS

Dos son los registros o indicios estudiados: Las Cabrillas y Cerro de Buesna, situados a Norte y Sur respectivamente de mina "María Luisa" y, al



Fotomicrografía núm. 4

T-3.786. Cerro de Buesna. Cristales de piemontita, con buen relieve y pleocroísmo, rodeados de braunita. Nícoles paralelos, X 90

parecer, ligados a procesos de metamorfismo en conexión con el "stock" granítico de La Nava.

La mineralización se presenta en relación con rocas silíceas y jasperoides que han sido metamor-

fizadas, con aparición de granates, anfíboles, micas, epidota, etc.

Los minerales de manganeso encontrados son los siguientes:

Manganita, $MnO(OH)$, de color blanco grisáceo o pardo, con buen pleocroísmo de reflexión, reflexiones internas rojas y extinción recta en las secciones prismáticas o alargadas.



Fotomicrografía núm. 5

T-3.787. Cerro de Buesna. Formas globulares y zonadas de espessartina + grossularia. Nícoles paralelos, X 90

Pirolusita, MnO_2 , gris pardo claro a blanco con tono amarillento, anisótropo, con huecos y poros como consecuencia de proceder de manganita.

Braunita, $3(Mn, Fe)_2O_3 \cdot MnSiO_3$, de color gris pardo o pardo, débilmente anisótropo, con tendencia al idiomorfismo, reflectividad del 18 por 100 y microdureza Vickers de 644. Fotomicrografía núm. 3.

Rodonita (M, Fe, Ca) SiO_3 , incolora, con relieve alto y débil birrefringencia; con buenos cruceros (110) y (110) a 87° .

Piemontita, $Ca_2Mn Al_2Si_3O_{12}(OH)$, con vistosos colores de pleocroísmo, amarillo, rosa, violáceo, anaranjado, etc., buen relieve y alta birrefringencia. Fotomicrografía núm. 4.

Espessartina, $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$, se encuentra formando cristales con grossularia, $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$, algo anisótropos, zonados y con formas globulares (Fotomicrografía núm. 5).

De acuerdo con S. Roy (12) los silicatos de manganeso constituyentes de estos depósitos pudieran ser formados por reacción de óxido de manganeso con sílice, alúmina, etc., durante el metamorfismo.

CONSIDERACIONES FINALES

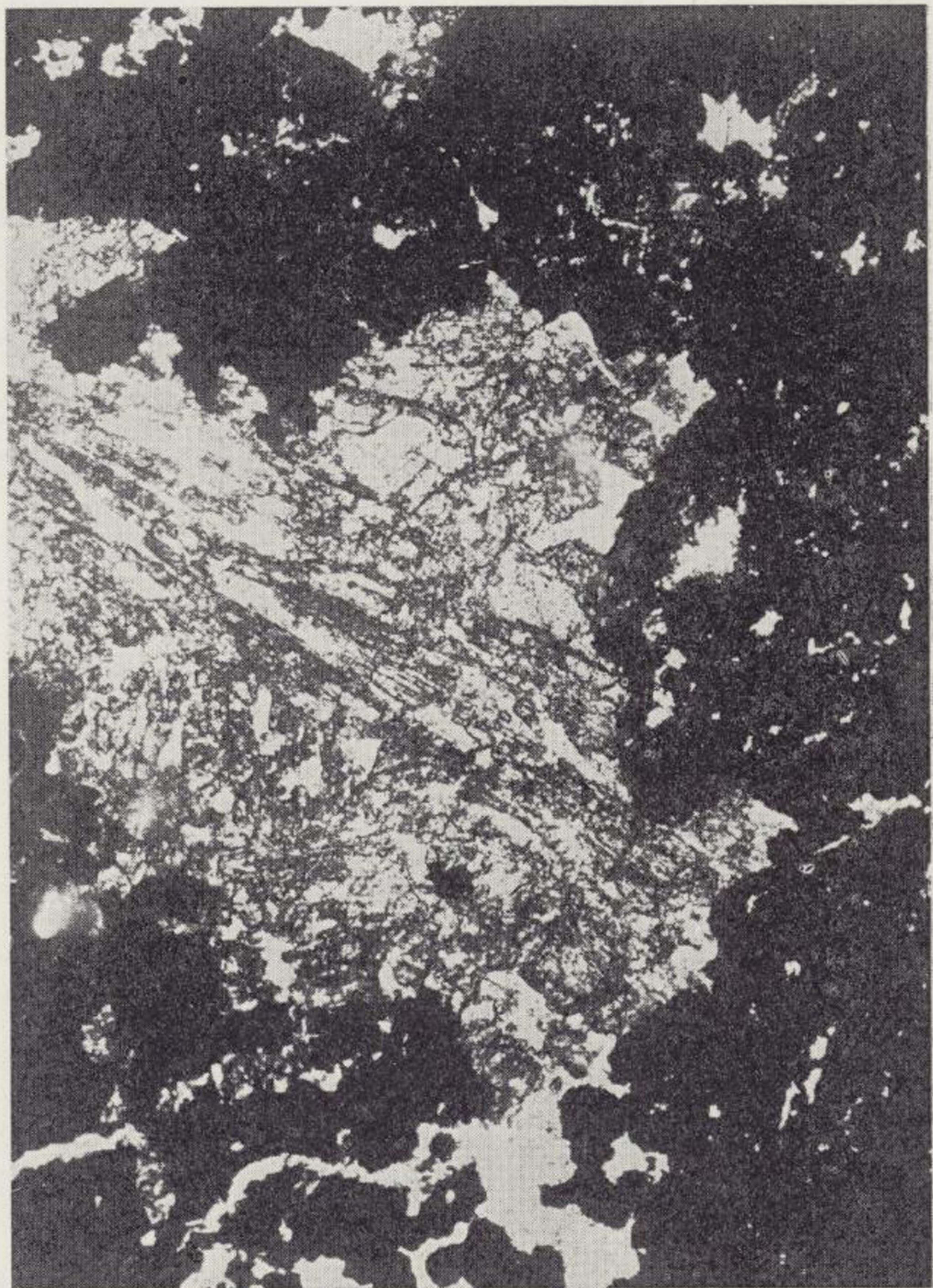
Si se considera la mineralogía de minas como "María Luisa" (La Nava, Huelva), "Teuler" y "Cala" (Huelva), "El Colmenar" (Jerez de los Caballeros, Badajoz), "Monchi" (Burguillos del Cerro, Badajoz), etc., todas ellas, con una paragénesis neumatolítica de óxidos de hierro, y otra hidrotermal, de sulfuros, se pone de manifiesto una evidente zonación de ambas paragénesis, pero de sentido inverso, en el SO de España. En efecto, mientras las paragénesis neumatolítica pierde importancia de Norte a Sur, no explotándose ya la magnetita en "María Luisa", la paragénesis de sulfuros lo hace, en sentido inverso, de Sur a Norte, beneficiándose Zn y Cu (previéndose para un futuro próximo la recuperación del Pb) en "María Luisa", recuperándose sólo ya el cobre en "Teuler" y "Cala", para casi desaparecer en "El Colmenar", "Monchi", etc., y no ser recuperable.

Otra consideración puede hacerse a la vista de las mineralizaciones estudiadas. Llama poderosamente la atención la asociación de una paragénesis de sulfuros a niveles volcánicos y de jaspes; si a ello unimos la existencia de mineralizaciones de manganeso asociadas a rocas silíceas y jasperoides, que han sido metamorfizadas, surge la sugestiva pregunta de si nos encontramos ante una asociación mineral análoga a la existente en el sur de la provincia de Huelva, donde los sulfuros complejos y el manganeso se relacionan con una génesis exhalativa-sedimentaria. Las características geológicas de esta zona Norte no son contrarias a la existencia de unas condiciones ambientales adecuadas para la deposición de las mineralizaciones citadas, que vendrían a significar un preludeo o ejemplo de lo que posteriormente llegaría a constituir la mayor provincia metalogénica de sulfuros



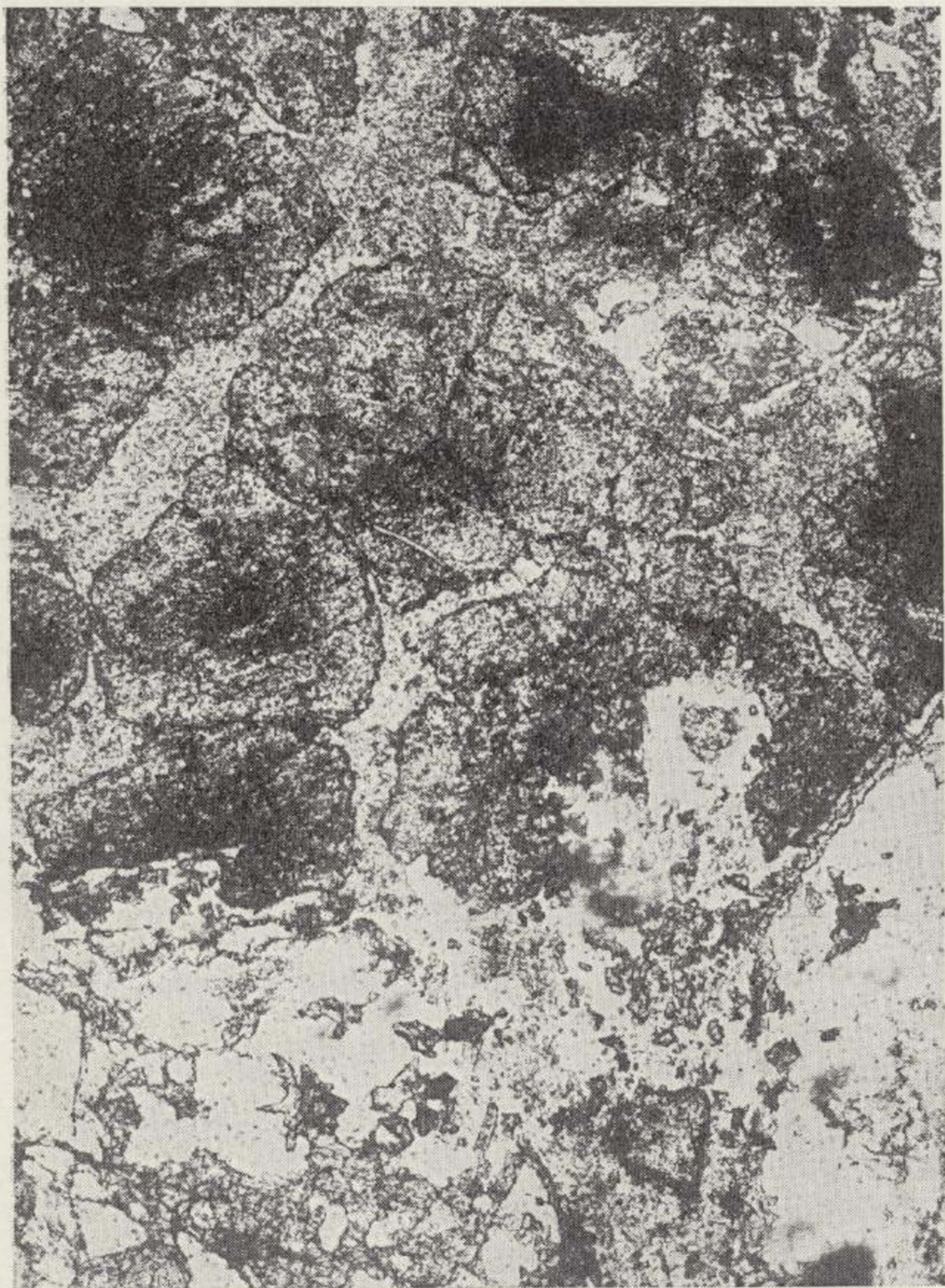
Fotomicrografía núm. 3

T-3.786. Cerro de Buesna. Braunita en una matriz de cuarzo, bordeada por cristales de piemontita. Nícoles paralelos, X 90



Fotomicrografía núm. 4

T-3.786. Cerro de Buesna. Cristales de piemontita, con buen relieve y pleocroísmo, rodeados de braunita. Nícoles paralelos, X 90



Fotocimrografía núm. 5

T-3.787. Cerro de Buesna. Formas globulares y zonadas de espessartina + glossularia. Nícoes paralelos, X 90

complejos del mundo, máxime cuando las asociaciones minerales principales de ambas zonas son prácticamente idénticas (3).

La confirmación de la presente hipótesis de trabajo escapa al objetivo primordial de la investigación del IGME, pero la pregunta queda planteada con la esperanza de promover el interés de nuevos autores que, con sus trabajos, resuelvan las incógnitas e interrogantes abiertas a los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. PINEDO VARA, J.: *Piritas de Huelva*. Ed. Summa, página 522 (1963).

2. ROY, S.: *Mineralogy of the different types of manganese deposits*. "Ec. Geol.", vol. 63, págs. 760-785 (1968).
3. STRAUSS, G. K.: *Sobre la geología de la provincia piritífera del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de piritita de Lousal (Portugal)*. Mem. Ins. Geol. Min. de España, 77, pág. 266 (1970).
4. VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: *Génesis de la mina "María Luisa", La Nava (Huelva, España). Una mineralización zonada*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII-IV, páginas 377-386 (1972).

Recibido: Mayo 1974.

Comercialización de la Bauxita

IGME. DIVISION DE MINERIA

1. INTRODUCCION

El término "bauxita" se utiliza comúnmente para referirse a una mezcla de minerales y no a una sustancia específica. La bauxita está compuesta principalmente por óxidos de aluminio-hidratados, entre los que destacan la gibbsita (la boehmita y el diásporo).

Aparte de algún otro elemento en menor proporción contiene además Fe_2O_3 , SiO_2 y TiO_2 en proporciones variables que veremos más adelante en los cuadros de análisis químico correspondientes a tipos y calidades de distintas procedencias.

Distribución de criaderos y producción.

Los yacimientos y criaderos de estos minerales se encuentran muy desigualmente distribuidos en la geografía mundial. Debido a su génesis, esta sustancia se encuentra localizada principalmente en las zonas tropical y subtropical; la primera de ellas ha sido hasta hace relativamente pocos años, la más explotada.

Sirva como referencia de la distribución mundial de bauxita los datos de producción de la tabla siguiente, en la que se refleja, además de la cantidad producida por los principales países, el porcentaje de la producción que corresponde a cada uno de ellos respecto al total. (Como referencia se incluyen los datos correspondientes a 1962 y 1972.)

Se debe destacar el rápido aumento en la producción de Australia, país que ha sobrepasado en los últimos años el nivel de producción de los hasta entonces mayores productores, Jamaica y Surinam.

Esta expansión hay que atribuirla principalmente a las directrices marcadas por los consorcios de compañías que operan en el país, que han puesto

PRODUCCION MUNDIAL DE BAUXITA

Datos comparativos y tanto por ciento entre los principales países productores

	1962	%	1972	%
Australia	51	0,17	13.310	21,48
Jamaica	7.554	14,70	12.192	20,00
Suriman	3.254	10,65	6.249	10,25
Guayana Br.	2.733	8,95	3.556	5,34
Francia	2.161	7,08	3.252	5,34
Grecia	1.001	3,28	3.150	5,16
R. de Guinea	1.370	4,48	2.642	4,34
Otros países del Mercado Libre	7.858	25,69	9.155	15,08
Países con mercalización central planificada	4.600	15,00	7.417	12,16
Total mundial	20.582	100,00	60.963	100,00

Unidad: 10³ toneladas: IT.

Fuente: U. S. Bureau of Mines.

en explotación tres grandes yacimientos en el norte y uno en el sur. Conviene añadir, además, que las reservas de bauxita estimadas para Australia se pueden considerar como las mayores del mundo, con lo que se espera que el incremento en la producción no sólo se mantenga sino que con el tiempo aumente.

Esquema de consumo.

Al igual que en gran parte de las sustancias minerales, el estudio del mercado de la bauxita está íntimamente relacionado con el análisis de su esquema de consumo, debido fundamentalmente a que son las propias industrias las que definen las

Clasificación en función del tratamiento a que se han sometido.

Hasta aquí se han estudiado los distintos tipos de bauxita tal y como se encuentran en la naturaleza, sin embargo, por razones particulares de mercado, una gran parte del mineral que va a ser consumido fuera de las fronteras del país en que se produce se somete a un tratamiento que principalmente consiste en eliminar cierta cantidad de humedad. Esta eliminación de humedad tiene por finalidad entre otras reducir los gastos de transporte que tanto encarecen el precio de los minerales.

Las cuatro clases de bauxita que poseen una comercialización a escala internacional son las siguientes: bauxita cruda, bauxita desecada, bauxita activada y bauxita calcinada.

Con el fin de concretar más qué se entiende por estas clases se incluye a continuación una descripción de cada una de ellas.

- Bauxita cruda.—Es bauxita tal y como se extrae de la mina, es decir, sin sufrir tratamiento, con un 5 a un 25 por 100 de humedad.
- Bauxita desecada.—Se prepara mediante calentamiento a 645° de la bauxita cruda, durante quince a cuarenta minutos hasta reducir el grado de humedad libre por debajo del 1 por 100.
- Bauxita activada.—El mineral seleccionado se somete a trituración y calentamiento entre 170° C y 225° C con el fin de extraer el agua libre, siendo después térmicamente activada a diferentes temperaturas en función de los distintos usos del producto.
- Bauxita calcinada.—Se trata por calentamiento de 975° C a 1.645° C durante una hora a hora y media, dependiendo de su uso final, hasta la total reducción de las materias volátiles, incluyendo el agua químicamente combinada o de composición del mineral, por debajo del 1 por 100.

Definidos de este modo los tipos de mineral existentes en la naturaleza y la forma en que se comercializan en el mercado, conviene, estudiar las calidades requeridas por los distintos sectores industriales que utilizan bauxita.

3. CALIDADES DE MERCADO

El estudio de las especificaciones y calidades ("grades" en la terminología inglesa) requeridas

por el mercado de un determinado mineral está estrechamente relacionado con el uso industrial a que va destinado.

Por lo tanto en el análisis del mercado de estas sustancias, deben tenerse en cuenta no sólo cuáles son las distintas calidades que se comercializan, sino además detallar en la medida que su interés lo exija, cuáles son las características concretas requeridas por parte de un determinado sector.

En líneas generales, los contenidos básicos que se analizan en la totalidad de las calidades de bauxita sea cual fuere el uso final que vaya a hacerse de las mismas son: tanto por ciento en alúmina y contenido de las dos impurezas más comunes: óxido de hierro y sílice.

Atendiendo a la utilización de la bauxita, las calidades más importantes que existen en el mercado son las siguientes: bauxita de calidad metalúrgica para la fabricación de alúmina; calidad para abrasivos; de calidad para refractarios y de calidad para químicos. Además de éstas existen otras de menos relieve, como es concretamente la calidad que se emplea en la fabricación de cementos.

A continuación se detallan las especificaciones requeridas por las distintas industrias, analizando para cada una de las calidades cuáles son los contenidos admisibles, y los que son objeto de discusión.

Bauxita de calidad metalúrgica o para alúmina.

Esta bauxita es la que requiere una mayor atención, habida cuenta que es el sector metalúrgico el que acapara el porcentaje mayor del consumo total de esta sustancia.

Para la producción de alúmina, el valor intrínseco de la bauxita depende, en primer lugar, del contenido en alúmina recuperable, y en segundo lugar, de la facilidad y coste de su recuperación.

En consecuencia, el mineral de bauxita puede ser comprado o vendido de dos formas:

- De acuerdo con unos contenidos fijos determinados en el contrato.
- A un precio base establecido para una calidad teórica de mineral afectada por premios o penalizaciones de acuerdo con las diferencias entre calidad real y teórica.

En el primero de los casos, el precio del mineral está determinado por una calidad fija de mineral, en la que están perfectamente establecidos los contenidos que debe poseer. Esta calidad pue-

de quedar definida de acuerdo con el contenido de recuperación de alúmina, reactividad de la sílice contenida o, alternativamente, del total de la alúmina o el total de la sílice. De acuerdo con estos contenidos se fija el precio del mineral y éste puede ser rechazado por el comprador en caso de que no cumplan con los requisitos estipulados en el contrato los contenidos.

La segunda de las formas en que se vende el mineral consiste en fijar el precio para una calidad teórica de mineral y establecer unas penalizaciones o bonificaciones que cubran las variaciones entre los contenidos del mineral teórico y los del real. Estas penalizaciones pueden ser impuestas, bien debido a impurezas que originan problemas en los procesos de beneficio, bien debido a su carácter contaminante en el producto final.

Entre las impurezas más comunes se incluyen los óxidos de hierro, fósforo, magnesio, potasio, manganeso, cromo y vanadio de forma más limitada, el titanio y las materias orgánicas.

Los límites usuales de los contenidos en alúmina e impurezas se pueden establecer de la forma siguiente:

ESPECIFICACIONES DE LA BAUXITA CALIDAD METALURGICA

	Trihidratada Mezcla de	trihidratada y monohidratada
Al ₂ O ₃	mín. 55,0	mín. 47,0
SiO ₂	máx. 5,0	máx. 4,0
FeO	máx. 3,0	máx. 3,0
P ₂ O ₅	máx. 1,0	máx. 1,0
Alcalis	máx. 1,0	máx. 1,0
MnO ₂ + Cr ₂ O ₃ + V ₂ O ₅	máx. 2,0	máx. 2,0

Finalmente, y aunque no se profundice más sobre la cuestión, pues sería salirse de los márgenes de este estudio, conviene indicar que en la bauxita destinada a la obtención de aluminio no sólo tiene importancia la composición química, sino la mineralógica para el procedimiento metalúrgico a aplicar. Sirva de ejemplo que, en el caso de que el principal componente sea la boehmita se empleará el método de Bayer, y, en cambio, cuando se trata del diásporo, el Petersen, por lo que puede ser preciso en ocasiones recurrir a un análisis mineral mucho más específico (difracción de rayos X), para reconocer dichos componentes.

Bauxita calidad para abrasivos.

Los fabricantes de productos abrasivos no hacen distinción entre minerales monohidratados y

trihidratados. Sin embargo, esta industria requiere un mineral homogéneo que permita a su vez obtener un material uniforme para el mercado.

El análisis general de los contenidos exigidos para que una bauxita pueda ser utilizada en esta industria son: bauxita calcinada con un contenido mínimo del 80 % de Al₂O₃, y máximos del 7 % de SiO₂ y 8 % de Fe₂O₃.

En esta composición, un porcentaje más alto en sílice resulta objeto de discusión, ya que, además de requerir mayor consumo de carbón para su reducción, causa dificultades en los procesos.

Este sector prefiere que la bauxita calcinada tenga cierto porcentaje de óxido de titanio comprendido entre el 2,75-3,5 %, pero resulta muy perjudicial que dicho porcentaje sobrepase el 4,5 %.

Las especificaciones establecidas por la General Services Administration para esta calidad de mineral son:

Tanto por ciento en peso, clase calcinada

Al ₂ O ₃	mín. 80,0
SiO ₂	máx. 7,0
Fe ₂ O ₃	máx. 8,0
TiO ₂	máx. 3,5
MgO	máx. 0,4
CaO	máx. 0,4
Alcalis	máx. 0,7
MnO ₂ + Cr ₂ O ₃ + V ₂ O ₅	máx. 1,0

Bauxita para refractarios.

El consumo de bauxita, por parte de la industria de los refractarios se ha venido incrementando a lo largo de los últimos años.

En general, las bauxitas cuyo contenido en sílice excede del máximo especificado para la fabricación de alúmina pueden ser empleadas en la industria de los refractarios. Los límites de contenido usuales exigidos para su utilización en la fabricación de productos refractarios son los siguientes:

Tanto por ciento en peso, clase calcinada

Al ₂ O ₃	mín. 85,00
Si ₂	máx. 7,00
Fe ₂ O ₃	máx. 3,75
TiO ₂	máx. 3,75
Pérdidas	máx. 0,50

Entre los distintos usos a que destina este sector la bauxita que consume, destaca por su inte-

rés la fabricación de ladrillos refractarios, para cuyo menester se exige al material, además de unas características similares a las ya citadas, que posea determinado peso específico medio granel.

Los límites usuales establecidos para la fabricación de ladrillos refractarios son los siguientes:

	% en clase desecada	% en clase calcinada
Al ₂ O ₃	59,4-61	mín. 87,00
SiO ₂	1,5-5,5	máx. 6,00
Fe ₂ O ₃	0,5-2	máx. 2,75
TiO ₂	1,7-2,6	máx. 3,75
Pérdidas	31-32	máx. 0,75
Peso específico	---	mín. 3,10

Bauxita calidad para industria química.

La bauxita es en la actualidad una de las principales materias primas utilizadas para la fabricación de productos químicos aluminosos. Entre estos productos, el más importante es el sulfato de aluminio, utilizado en la fabricación de papel, en la purificación de agua y en la decoloración y refinado de petróleo mineral.

El tipo de bauxita apropiado para la fabricación del sulfato debe poseer alto contenido en alúmina soluble en ácido y un bajo contenido en óxido de hierro, soluble también en ácido.

Las impurezas más perjudiciales para este propósito son la sílice y el óxido de hierro; estas impurezas en ningún caso deben exceder de un 10 % y un 25 %, respectivamente.

Bauxita para la fabricación de cemento.

Dentro del grupo "Varios" del esquema de consumo que se expuesto destaca por su interés y creciente empuje la industria del cemento.

Durante los últimos años, se ha incrementado el consumo de bauxita para la fabricación de cemento aluminoso, cuya principal característica es la de una mayor resistencia a los agentes agresivos, debido a la presencia del gel de alúmina que protege a los compuestos químicos ya hidratados. Este tipo de cemento contiene alrededor de un 30 % de alúmina.

La composición química de cementos resultantes puede variar notablemente de unos a otros; sin embargo, los contenidos medios exigidos por este sector para la bauxita son los siguientes:

Al ₂ O ₃	30-70 %
SiO ₂	máx. 6 %
FeO	5-20 %
TiO ₂	2 %
CaO	25-45 %

4. CONDICIONES DEL MERCADO

Hasta ahora se han especificado las calidades y clases más importantes de bauxita que se comercializan en el mundo. Sin embargo, aún quedan por determinar los factores que ejercen particular influencia sobre este mercado y sus repercusiones. En otras palabras, quedan por analizar las causas que conducen a modificaciones en los precios y la medida en que éstos son afectados por ellas.

Influencia de los contenidos en la comercialización.

En general, los minerales de bauxita se venden en función de contenidos de origen (geográfico), que suelen ser bastante uniformes. El precio se fija entre ambas partes de acuerdo con el análisis que el vendedor posee del mineral a negociar, y, en caso de que los contenidos reales del material entregado no coincidan con dicho análisis, el mineral es rechazado.

Sin embargo, existen momentos en los que el abastecimiento se hace muy necesario; en tales casos para la compraventa de mineral se especifica una composición teórica de éste y se fija un precio. Además, se establecen las desviaciones o modificaciones —tanto por exceso como por defecto— sobre los contenidos y precios, de forma que pueda ser cubierta una mayor gama de minerales.

Penalizaciones y bonificaciones de la General Services Administration.

Un ejemplo típico de cómo se compra mineral en función de un precio teórico es el que en 1943 estableció la G. E. A. (General Services Administration) para proveer a los EE. UU. de unos stocks adecuados.

El mineral teórico se especificó de la siguiente manera:

50 % Al₂O₃
13 % SiO₂
6 % Fe₂O₃

El precio para este mineral quedó fijado en 4 dólares/st.

Las penalizaciones y bonificaciones fueron establecidas de la siguiente forma:

0,43 \$/st por cada 1 % por encima de 13 % de SiO₂.
0,14 \$/st por cada 1 % por debajo del 50 % de Al₂O₃.

0,43 \$/st por cada 1 % por encima del 6 % de Fe₂O₃.

Bonificaciones:

0,20 \$/st por cada 1 % por debajo del 13 % de SiO₂.

0,14 \$/st por cada 1 % por encima del 50 % de Al₂O₃.

Además de estos datos, se poseen otros posteriores que corresponden a los que en 1951 fijó el Gobierno francés para la bauxita destinada a la exportación.

El mineral teórico calidad metalúrgica se fijó con unos contenidos del 55 % de Al₂O₃ y 5 % de SiO₂ y se valoró en 1.074 F. F/t en condiciones FOB-m.

Se fijaron, además, unas bonificaciones de 135 F.F./t por cada 1 % por debajo del 5 % de contenido de SiO₂ y de 45 F.F./t por cada 1 % por encima del 55 % de contenido de Al₂O₃.

\$=Dólares USA

F. F.=Franco francés

st=tonelada corta=0,907 tm

Estimación de los valores actuales.

No se poseen datos sobre las penalizaciones o bonificaciones que modifican el precio del mineral de bauxita en este momento. Ello es debido a que en las presentes condiciones de mercado la forma más usual en que se vende esta sustancia es de acuerdo con un análisis de contenidos bien definido.

Sin embargo —debido al interés que esta información posee— se ha creído interesante estimar los valores actuales de las desviaciones sobre los precios, tomando como base los datos de mercado conocidos para el año 1943.

Durante 1971, los EE. UU. importaron bauxita de calidad metalúrgica a un precio base de 14,95 \$/lt, que corresponden a 13,35 \$/st.

Si se considera que las desviaciones en los contenidos mantienen el mismo efecto porcentual sobre el valor del mineral, las modificaciones serían:

Bonificaciones:

0,67 \$/st por cada 1 % por debajo del 13 % de SiO₂.

0,47 \$/st por cada 1 % por encima del 50 % de Al₂O₃.

Penalizaciones:

1,43 \$/st por cada 1 % por encima del 13 % de SiO₂.

0,47 \$/st por cada 1 % por debajo del 50 % de Al₂O₃.

1,43 \$/st por cada 1 % por encima del 6 % de Fe₂O₃.

Estructura de la industria.

Al estudiar el mercado y la comercialización de un mineral hay que tener en cuenta, además de la distribución geográfica que presenta su estructura industrial.

La mayor parte de la bauxita que se explota en el mundo es extraída por 11 grandes compañías, las cuales, a su vez, consumen el mineral en la fabricación de alúmina.

Estas compañías y los lugares en que operan son los siguientes:

Alcan:

Jamaica.
Guayana.
Malasia.
India.

Alcoa:

Australia.
R. Dominicana.
Jamaica.
EE. UU.
Surinam.

Alusuisse:

Grecia.
Sierra Leona.
Francia.
Italia.

Bauxites Panasse Mining Co.:

Grecia.

British Aluminium Co.:

Ghana.

Compagnie des Bauxites de Guinee:

Grecia.

FRISA Cis. Internationles pour la Production d'Alumine:

Guinea.

Kaisser:

Jamaica.
Australia.

N. V. Billiton Meats-chatpij Suriname:

Surimann.

Pechiney:

Francia.

Reynolds:

Guayana.
Haití.
Jamaica.
EE. UU.

La participación en el mercado mundial de las mayores compañías del mundo queda representada de la siguiente forma, para el año 1969:

Compañía	Capacidad 10 ⁶ t	% del total capacidad países no socialistas	% acumulativo
Kaisser ...	9.000	19,72	19,72
Alcoa... ..	7.650	16,58	36,30
Reynolds .	6.950	15,06	51,36
Alcan... ..	6.600	14,31	65,67
Billiton ...	2.500	5,42	71,09
Pechiney ...	2.375	5,15	76,24
Alusuisse ..	850	1,84	78,08
Otros... ..	10.110	21,91	99,99
Total... ..	46.135		

El hecho de que la bauxita sea explotada, beneficiada y consumida por una misma compañía repercute en la compraventa de esta sustancia, y trae

PRINCIPALES PUERTOS DE CARGA

P A I S	1964	1965	1966	1967	1969	1971
Demerara (Guayana) ...	—	2,5	2,7	—	—	—
Port Rhoades (Jamaica) ...	—	—	0,9	—	0,9	1,2
Little Pedro ...	1,0	1,0	1,2	1,0	—	—
Ocho Ríos (Jamaica) ...	0,8	0,8	0,8	1,8	0,8	—
Cabo Rojo (Puerto Rico) ...	2,4	2,0	1,7	2,4	2,4	2,0
Rocky Point (Australia) ...	1,2	1,1	1,0	1,2	1,2	1,9
Trinidad (Trinidad) ...	1,1	0,9	1,4	1,4	—	—
Port Esquivel (Jamaica) ...	1,1	1,0	1,0	1,1	—	—
Conakry (Guinea) ...	2,7	1,9	1,6	1,5	—	—
Weipa (Australia) ...	1,9	1,8	2,1	1,4	1,9	2,3
Paramaribo (Surinam) ...	2,5	2,3	2,2	2,5	2,3	2,2
Sherbro (Guinea) ...	—	—	—	4,1	3,9	3,0

Unidad: Días.

Fuente: Fearnley and Egers Chatering Co. Ltd.

PRINCIPALES PUERTOS DE DESCARGA

P A I S	1965	1966	1967	1969	1971
Mobile (Estados Unidos) ...	1,8	1,6	1,6	1,8	1,9
New Orleans (Estados Unidos) ...	2,5	2,3	2,7	2,8	3,4
Port Alfred (Canadá) ...	2,1	2,8	2,5	3,0	—
Por Arkansas (Estados Unidos) ...	3,9	—	—	—	—
Shimizu (Japón) ...	3,4	3,9	3,6	5,0	8,3
Rotterdam (Holanda) ...	2,2	2,1	2,8	3,5	3,7
Point Comfort (Estados Unidos) ...	—	2,0	2,7	2,1	2,7
Yokohama (Japón) ...	3,1	3,1	3,3	4,6	5,1
Birmingham (Inglaterra) ...	3,1	—	—	—	—

Unidad: Días.

Fuente: Fearnley and Egers Chatering Co. Ltd.

Dentro del transporte marítimo merecen destacarse los puertos en los que se realiza la carga y descarga del mineral. Según la misma fuente, sólo pueden considerarse puertos de gran escala para un determinado mineral aquellos que realizan diariamente 20 o más operaciones de carga o de descarga. Por lo que a la bauxita y alúmina se refiere, estos puertos quedan reflejados en los cuadros anteriores, en los que se incluyen, además, el tiempo medio empleado en cada operación.

Al analizar la localización de los puertos de carga y descarga se deduce un hecho que ha sido mencionado anteriormente en este estudio; el diferente emplazamiento de las fuentes productoras de bauxita y alúmina —generalmente situadas en países en desarrollo, y de las industrias consumidoras establecidas en países con alto nivel de desarrollo.

5. PRECIOS Y ARANCELES.

EVOLUCION DE LOS MISMOS.

Resumen de la estructura del mercado.

El estudio de la estructura del mercado de la bauxita pone de manifiesto el interesante dato de que la mayor parte del mineral que se extrae en el mundo es producido por 11 grandes compañías para su propio y específico uso.

Sólo una pequeña parte de la producción se vende libremente a los consumidores y siempre en condiciones fijadas de antemano sobre la base de un contrato, por lo general, a largo plazo y a un precio negociado directamente por ambas partes.

Estas son, en esencia, las razones fundamentales por las que no existe en la actualidad un mercado de precios abierto para los minerales de bauxita.

Nuevas tendencias que pueden influir en el mercado.

Recientemente (marzo 74) y después de una serie de reuniones llevadas a cabo en Conakry (Guinea), seis de los principales países productores de bauxita (Jamaica, Surinam, Guayana, Guinea, Yugoslavia y Francia) se han asociado en el intento de mantener sobre las exportaciones de este mineral un control, semejante al que actualmente ejercen los países árabes sobre el petróleo.

Esta asociación no cuenta con el apoyo de Australia (país que no sólo es el mayor productor del mundo, sino que cuenta con unas reservas estimadas en un valor muy superior a los de los otros países).

Australia, que asistió a la citada reunión como observador, no prestó su conformidad a la asociación, debido a que sus intereses comerciales son diferentes a los del resto de los países del grupo.

No se esperan, por tanto, repercusiones directas sobre el comercio, ya que las medidas que adopte la citada asociación sólo pueden afectar, en cierto modo, al nivel de los precios de la bauxita, y esto sólo hasta el límite que le impongan las fuertes alternativas para la fabricación de alúmina (como es lógico, contando con la aprobación de Australia).

Las consecuencias a medio y largo plazo resultan imprevisibles por el momento.

Precios en EE. UU.

Aún no existiendo mercado abierto, el U. S.: Bureau Mines publica anualmente las cotizaciones alcanzadas por los distintos tipos y calidades de bauxita, que se producen en los EE. UU. Estos precios, que no pueden ser considerados como de mercado, son obtenidos como valor medio estimado a

partir de las cotizaciones a que se han realizado las ventas notificadas por los productores americanos a este organismo.

Si bien estos precios sólo tienen carácter interior,

PRECIOS INTERIORES EN ESTADOS UNIDOS DE LA BAUXITA, EN LITROS Y FOB-m

D O L A R E S	1952	1962	1971
Bauxita cruda	5,44	9,53	11,82
Bauxita desecada	8,54	12,26	12,46
Bauxita calcinada	19,82	—	26,41
Bauxita activada	67,06	66,24	—

PRECIOS PARA LA BAUXITA IMPORTADA EN EL MERCADO DE ESTADOS UNIDOS

Unidad: lt (*). Condiciones: FOB-At

	P R E C I O S			
	1968	1969	1970	1971
Calidad químicos 60 % Al ₂ O ₃	15,90-16,90	15,90-16,90	15,90-16,90	—
6 % SiO ₂ , 1,25 % Fe, desecada y triturada				
Calidad abrasivos:				
— Mín. 87 % Al ₂ O ₃ , máx. 7 % SiO ₂	35,80	35,80-36,30	—	—
— Mín. 87,25 % Al ₂ O ₃ , máx. SiO ₂	—	—	35,80-36,30	44
Calidad refractarios:				
— Calcinado:				
— Mín. 87,5 % Al ₂ O ₃	43,05	—	—	—
— Mín. 87,75 % Al ₂ O ₃	—	39,55	39,55	47,50
— Supercalcinado mín. 88 % Al ₂ O ₃	—	43,05	43,05	51
Calidad metalúrgica "alúmina":				
— Clase desecada	17,15	17,44	14,49	14,95

(*) lt=Tonelada larga=1,016 kg.

PRECIOS MEDIOS DE 1973, PARA LAS CALIDADES MAS IMPORTANTES DE BAUXITA

	Mercado	Unidad	Precio	
Calidad abrasivos mín. 86 % Al ₂ O ₃	L	lt	20-22 £	e-w
Calidad refractarios:	L	lt	25,90 £	e-w
— Calcinada, mín. 86 % Al ₂ O ₃	N	lt	62,50 \$	FOB-Baltimore
— Supercalcinada, importada	N	lt	62,53 \$	FOB-Mobile

L=Londres.

N=New York.

e-w=Puesto en fábrica (ex warehouse).

Aranceles.

Los aranceles de Aduanas, que condicionan el precio de los minerales de bauxita importados, han variado notablemente a lo largo del tiempo.

ARANCELES DE ADUANAS PARA LA BAUXITA, CLASE DESECADA

1930	1 \$/lt.
1950	0,50 \$/lt.
1970	0,20 \$/lt.
1971	0,10 \$/lt.
1972	Libre.

La evolución ha constituido una disminución constante del valor de estos tipos arancelarios, habiéndose llegado en la actualidad a encontrarse es-

tos minerales libres de aranceles en gran parte de los países importadores.

Sirva como ejemplo de esta evolución los distintos valores alcanzados en diferentes años por los derechos arancelarios de un país gran importador de bauxita como es EE. UU.

Por su parte, las importaciones españolas de minerales de bauxita se encuentran en la actualidad libres de derechos arancelarios, sea cual fuera el país de procedencia.

ARANCELES DE IMPORTACION ESPAÑOLES

	Régimen comercial importación	Generales %	Preferencias CCE %
26.01 Minerales de aluminio... ..	L	Libre	Libre

Fuente: Aranceles de Aduanas.

Recibido: Mayo 1974.

Vulnerabilidad a la polución de las aguas subterráneas en el polje de Zafarraya y zonas adyacentes (Granada y Málaga).

Por J. HIDALGO RUIZ (*) y R. FERNANDEZ RUBIO (*)

RESUMEN

En el polje de Zafarraya, enclavado en el ámbito de las Cordilleras Béticas, existen, entre otros, dos importantes acuíferos de características muy diferentes: El acuífero superficial es detrítico y está en general, drenado por el acuífero kárstico de mayor entidad hidrogeológica. La ausencia de un esquema de saneamiento eficaz determina graves riesgos de contaminación en ambos acuíferos. Sólo se dispone de datos bacteriológicos de las aguas del acuífero superficial que suelen estar gravemente contaminadas. Los riesgos de polución en el acuífero kárstico son muy elevados, en virtud de la cantidad de agentes contaminantes, y los escasos procesos de auto-depuración existentes en el macizo, por donde el agua subterránea circula en régimen turbulento a alta velocidad.

ABSTRACT

In the Zafarraya polje, placed in the Betic Mountain, there are, among other, two important aquifers, each of them with quite different characteristics. The superficial aquifer is developed in detrital materials, and generally drained by the karstic aquifer, which has a great deal of hydrogeological entity. In these mentioned aquifers, because of the absence of an effective draining scheme, important risks of contaminations are present in both of them. We have only bacteriological details of the waters in the superficial aquifer, which let us know they are seriously contaminated. Risks of pollution in karstic aquifer is very high according with the quantity of contaminated agents, and the few processes of depuration in the karstic massif, through which the underground water circulates at a high speed and with a turbulent regimen.

INTRODUCCION.

El constante aumento del nivel de vida, y el creciente desarrollo tecnológico e industrial, exigen de la humanidad un tributo excesivo: la degradación del medio ambiente. Muchos son los problemas planteados, y escasas las medidas correctoras o previsoras de los mismos.

Uno de los aspectos más acuciantes de esta problemática se refiere a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, en un momento en que el hombre requiere cada vez de mayores volúmenes de agua para satisfacer sus crecientes necesidades.

En el presente trabajo se aborda el estudio de la vulnerabilidad a la polución en una zona rural, no industrializada, que sin embargo plantea graves pro-

blemas de contaminación, derivados de una inadecuada infraestructura sanitaria. Es necesario, pues, conocer los riesgos para actuar en consecuencia.

RASGOS GEOLOGICOS.

El área estudiada se halla enclavada en el ámbito de las Cordilleras Béticas, en el contacto entre la Zona Bética s. str. y la Zona Subbética.

Las unidades Subbéticas pertenecen al dominio Subbético interno (García-Dueñas, 1967), y corresponden a las unidades de Sierra Gorda (Linares y Vera, 1966), y de Zafarraya (Vera, 1966). Las series estratigráficas, de ambas unidades, presentan ciertas analogías y algunas distinciones, que evidencian dominios sedimentarios diferentes.

Las unidades subbéticas, de manera esquemática, están integradas por los siguientes materiales:

Unidad de Sierra Gorda:

Lías inferior: Calizas pisolíticas y pseudoolíticas recristalizadas (800 m.).

Lías medio y superior: Ausente por laguna estratigráfica.

Dogger-Calloviense: Calizas nodulosas (20 m.).

Oxfordense-Titónico: Calizas grises y calizas nodulosas (13 m.).

Cretáceo inferior y medio: Margas y margocalizas, blancas.

Cretáceo superior: Margocalizas rojas (capas rojas de rosalinas).

Unidad de Zafarraya:

Lías inferior: Dolomías y calizas dolomíticas (800 m.).

Lías inferior y medio: Calizas blancas pisolíticas y pseudoolíticas (300 m.).

Lías superior: Calizas con sílex (200 m.).

Dogger-Malm: No se ha reconocido.

Neocomiense: Margocalizas y calizas margosas.

Senonense: Capas rojas de rosalinas.

Los términos más modernos de esta unidad están constituidos por un paquete de facies en parte flysch (calizas, conglomerados y margas), cuya microfaua ha permitido datar el Aquitaniense inferior.

Los materiales postorogénicos están representados por conglomerados, maciños, limos y margas del Tortonense, y por calizas lacustres del Pontense. Los terrenos cuaternarios rellenan las depresiones kársticas, y los valles fluviales.

Las unidades Béticas están representadas por el Complejo Alpujarride (gneis, micasquitos, calizas y dolomías), y el Manto de Málaga (micasquitos, cuarcitas, filitas, areniscas y grauwacas).

Entre los materiales subbéticos y el borde Bético (unidades Alpujarrides y de Málaga), aflora el denominado Complejo Colmenar-Periana (Vera, 1966), que incluye materiales desde el Jurásico al Aquitaniense.

Los contactos entre las diversas unidades son siempre mecánicos, cabalgantes hacia el Norte, enmascarados por fallas normales posteriores.

El predominio de los materiales carbonatados, en el borde subbético, ha favorecido el desarrollo de los procesos kársticos, una de cuyas formas (el polje de Zafarraya) adquiere singular significación hidrogeológica, en el contexto regional (foto 1).

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO.

Las características de los diversos acuíferos se resumen a continuación:

Acuífero superficial: Constituido por los materiales cuaternarios de relleno de los poljes, y valles fluviales. Es el mejor conocido y explotado, por su fácil acceso mediante pozos de varios metros. Sólo en el polje de Zafarraya existen más de 250 pozos ordinarios de escasa profundidad (7 a 15 metros) y gran diámetro (a veces 5 metros). El nivel piezométrico se halla a escasa profundidad (en ocasiones a menos de 0,5 metros). La transmisividad es del orden de $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$ a $10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$.

Maciños: Corresponden a afloramientos aislados y reducidos. El manantial más importante posee un caudal que oscila entre 1 y 3,5 l/seg. La ausencia de otros puntos de control impide un tratamiento más amplio de este acuífero.

Flysch: Posee un comportamiento hidrogeológico variable, en virtud de su diversidad litológica y disposición estructural. En conjunto constituye un acuífero pobre, donde existen pocos puntos de agua.

Travertinos: Tampoco puede efectuarse una valoración cuantitativa de este acuífero. Existen pequeños manantiales, de exiguo caudal. Parece probable que, en la actualidad, estén drenados por las calizas jurásicas a las cuales están adosados.

Calizas y dolomías alpujarrides: Constituyen un importante acuífero, escasamente explotado y mal conocido; su estudio integral queda fuera de los límites de este trabajo. La circulación subterránea se efectúa a través de discontinuidades estratigráficas o tectónicas.

Acuífero kárstico (fig. 1): Es el de mayor entidad hidrogeológica de esta zona. Corresponde a las dolomías y calizas subbéticas, de gran potencia e intensamente karstificadas. El macizo tiene forma ovalada, alargada de Norte a Sur, desde Loja a Ventas de Zafarraya. Sus dimensiones aproximadas son 25×15 kilómetros. Aunque el macizo está formado por dos unidades estratigráficas (Unidad de Sierra Gorda y Unidad de Zafarraya), hidrogeológicamente constituyen una sola unidad individualizada y sellada, en sus bordes, por materiales de baja permeabilidad. La única explotación del acuífero se reduce al aprovechamiento de sus salidas naturales.

Gracias a la colaboración del Servicio Geológico de Obras Públicas, al suministrar diversa documentación sobre los piezómetros del polje de Zafarraya,

(*) Cátedra de Hidrogeología, Departamento de Geotectónica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

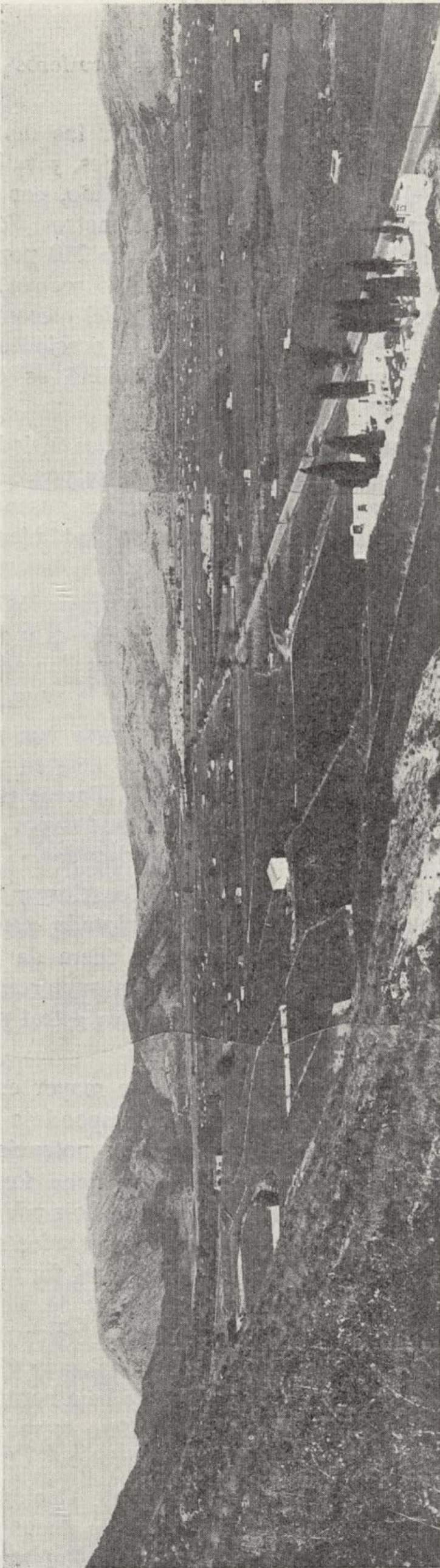


Foto 1

Vista parcial del polje de Zafarraya (sector occidental).

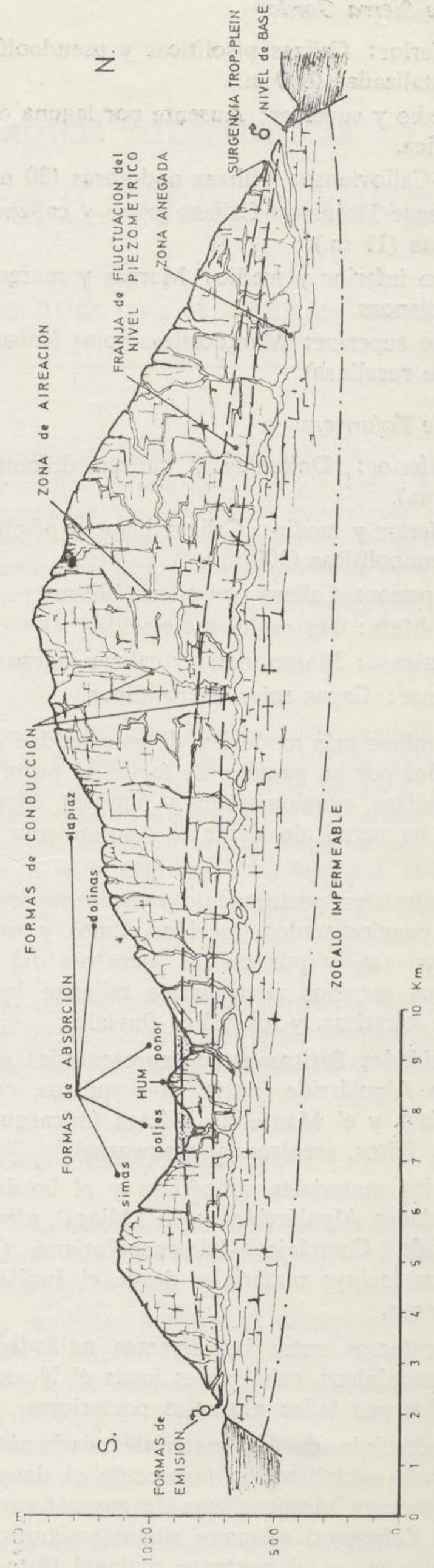


Figura 1

Esquema del acuífero kárstico de Sierra Gorda-Zafarraya.

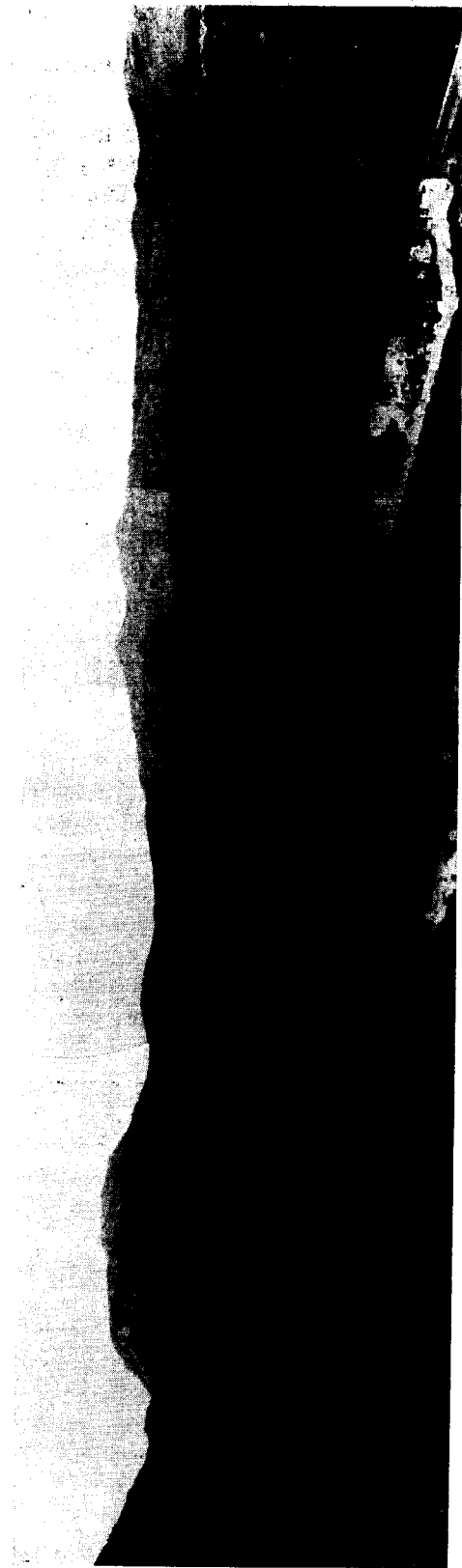


Foto 1
Vista parcial del polje de Zafarraya (sector occidental).

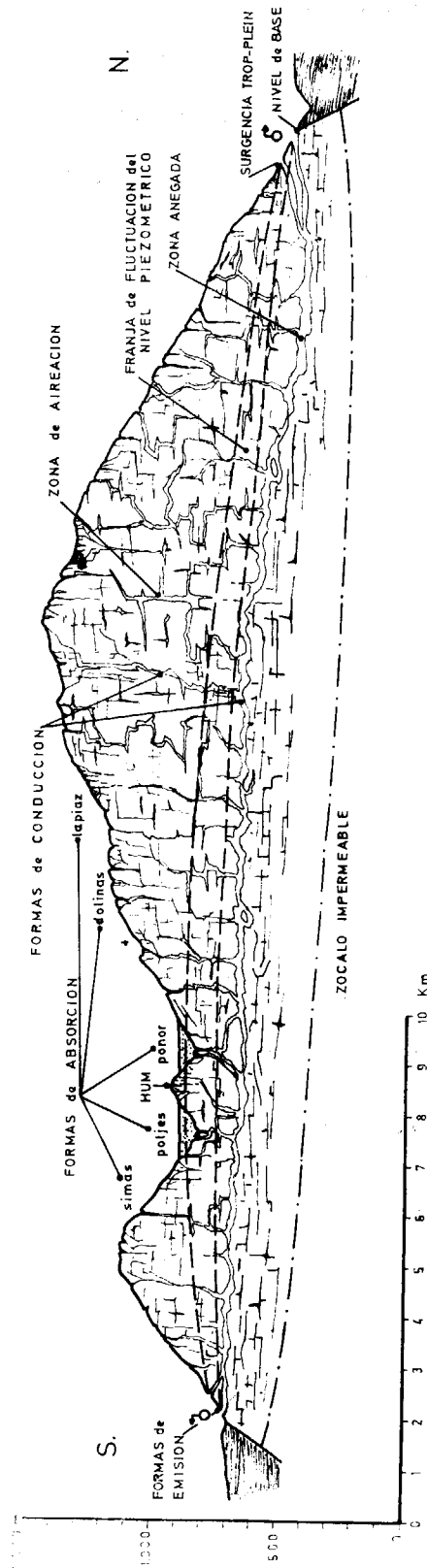


Figura 1
Esquema del acuífero kárstico de Sierra Gorda-Zafarraya.

nos ha sido posible establecer las condiciones hidrogeológicas de este importante acuífero.

La divisoria de aguas subterráneas (cuencas Atlántica-Mediterránea), se sitúa en las inmediaciones de Zafarraya, a 5 kilómetros del borde Sur y a 20 del límite septentrional del acuífero kárstico. La divisoria superficial está localizada en el tercio septentrional de la Sierra.

El drenaje se efectúa por el borde norte del macizo (cota 500) y por el borde Sur (cota 700). Las aportaciones hacia el Norte suponen más del 90 por 100 del total.

Las fluctuaciones estacionales del nivel piezométrico son de gran envergadura (100 metros a veces), y mediante su análisis se ha establecido (Hidalgo, 1973) un valor para la transmisividad ($\approx 10^{-3}$ m²/segundo).

El coeficiente de almacenamiento es del orden de 1,5 por 100, y la infiltración eficaz se ha estimado en 45-47 por 100 de la pluviometría (Delgado, Hidalgo, Fernández-Rubio y Del Valle, 1973).

Materiales impermeables: están representados por filitas y micasquistos de las unidades Béticas, margas y margocalizas cretáceas y limos y margas neógenos. En conjunto son materiales de baja permeabilidad, dispuestos en la periferia del macizo kárstico, que queda así individualizado como unidad hidro-

geológica. Hemos inventariado algunos puntos de agua que corresponden a pozos de exiguo caudal, empleados para usos domésticos.

Relación entre acuíferos:

Dados los objetivos de esta publicación, sólo se mencionará la relación entre el acuífero superficial del polje de Zafarraya y el acuífero kárstico.

En general los poljes constituyen formas idóneas para la absorción de importantes volúmenes de agua, a través de los aparatos kársticos. El nivel piezométrico en las calizas y dolomías, está situado a cota inferior a la del nivel piezométrico del acuífero superficial, y es por ello que éste alimenta al acuífero kárstico. Sólo en épocas de importantes aportes pluviométricos, este esquema es susceptible de invertirse, puesto que en tales ocasiones el nivel piezométrico de los materiales carbonatados experimenta un ascenso considerable, al ser insuficientes para su desagüe los drenajes naturales situados en su periferia, y el nivel del agua sobrepasa la superficie topográfica del polje de Zafarraya. Este queda temporalmente inundado y la circulación subterránea se efectúa de forma inversa. Estas condiciones son, sin embargo, excepcionales (Foto 2).

Es necesario señalar, para finalizar esta rápida panorámica, la existencia de un arroyo de caudal intermitente, que atraviesa longitudinalmente el pol-

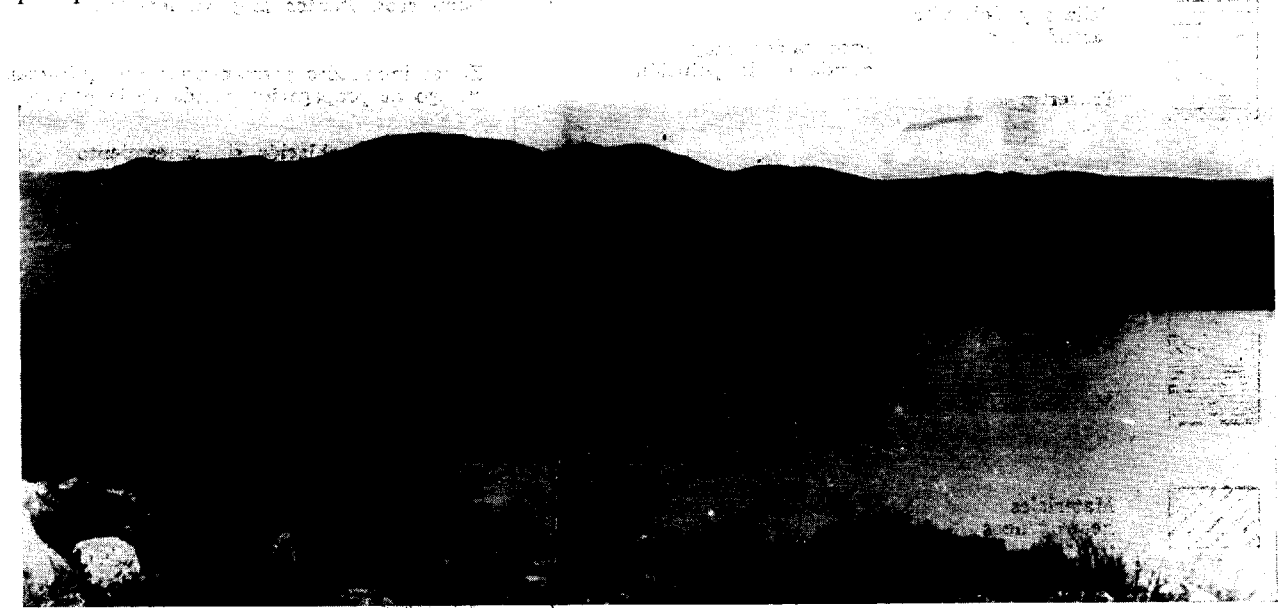


Foto 2

Inundación parcial del polje de Zafarraya (extremo occidental) en el día 09-12-63 después de un registro pluviométrico de 342 mm. en una semana. (Foto cedida amablemente por don R. Conejo Ramilo.)

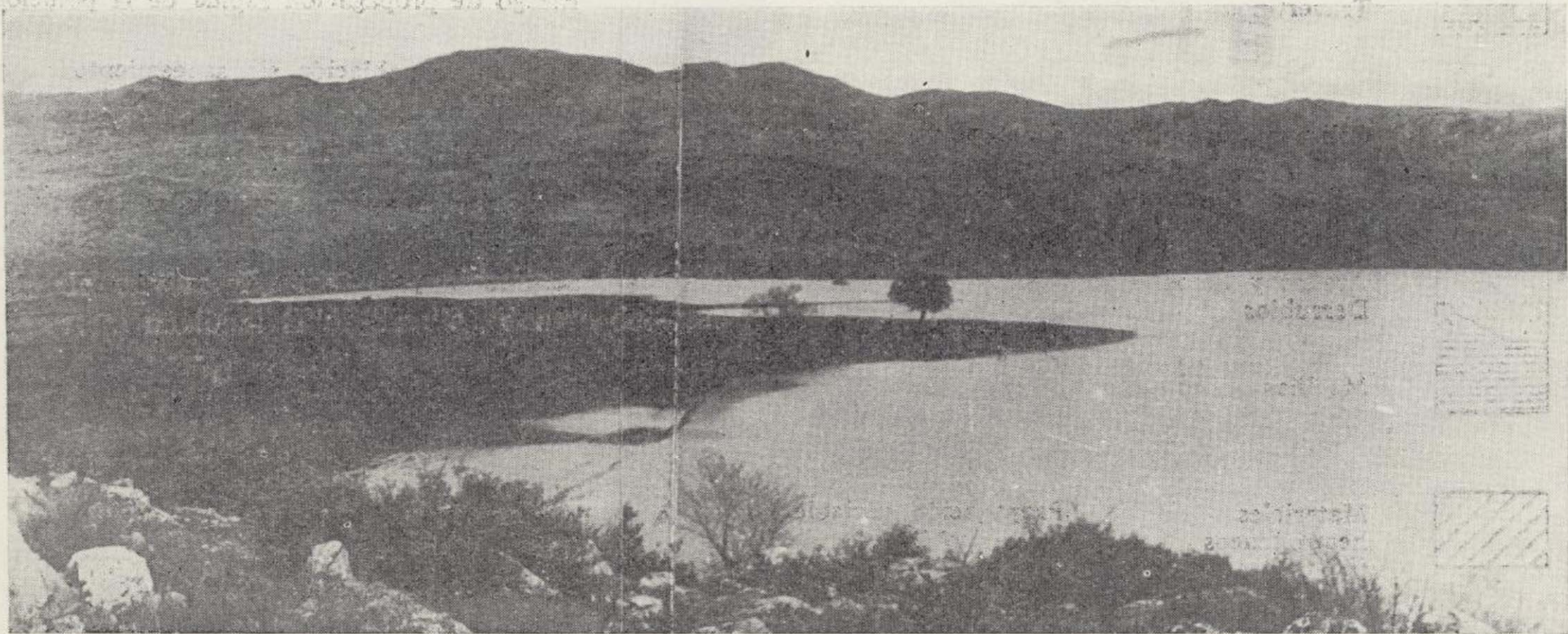


Foto 2

Inundación parcial del polje de Zafarraya (extremo occidental) en el día 09-12-63
después de un registro pluviométrico de 342 mm. en una semana.
(Foto cedida amablemente por don R. Conejo Ramilo.)

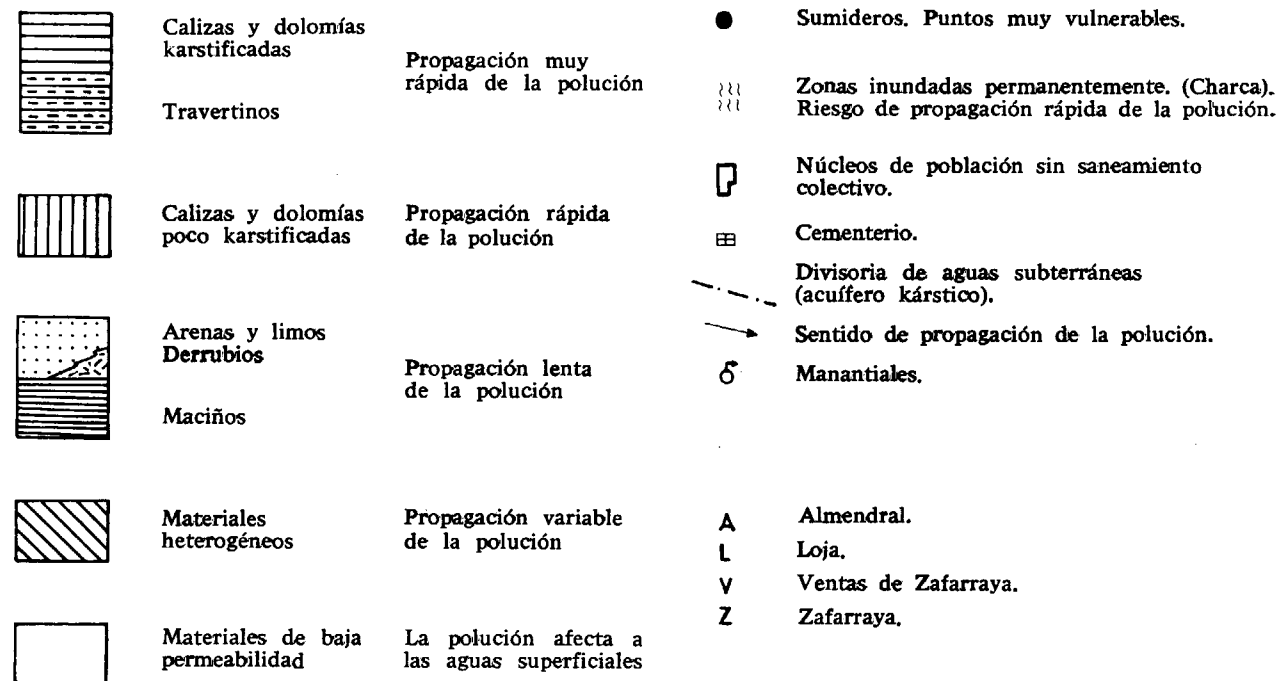
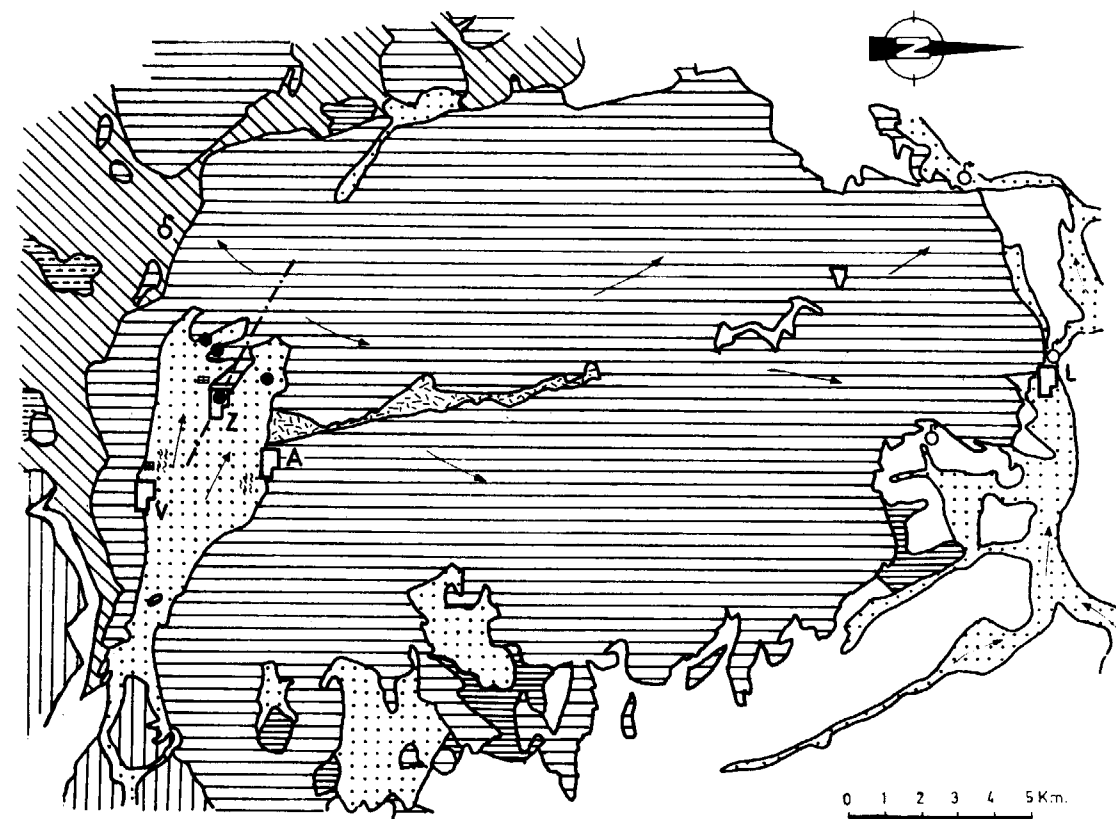


Figura 2

Plano de vulnerabilidad a la polución.

je de Zafarraya, hasta el sector occidental del mismo, donde se localizan varios grupos de sumideros, que absorben importantes volúmenes de agua en épocas lluviosas. Este arroyo tiene una longitud de 13 kilómetros y una cuenca vertiente de 141,1 Km², a pesar de lo cual, el cauce permanece seco durante la mayor parte del año, al menos en su transcurso por el polje, hecho que certifica una elevada tasa de infiltración debida al marcado carácter kárstico de la zona.

RIESGOS DE CONTAMINACION.

“El término contaminación comprende todas aquellas alteraciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del manantial de agua y terrenos circundantes, determinadas por sustancias líquidas, sólidas o gaseosas, capaces de vehicular gérmenes, parásitos, tóxicos, o de alterar la calidad del agua” (Bravo, Pumarola y Oliver, 1968). En el mismo sentido se empleará el término polución, más generalizado recientemente.

El plano adjunto (fig. 2), resume gráficamente los riesgos de contaminación de los distintos acuíferos

- Escasa protección natural del acuífero (nivel piezométrico muy próximo a la superficie) (Foto 3).
- Ausencia de saneamiento individual o colectivo.
- Vertido indiscriminado de basuras y aguas residuales, en zonas de elevada permeabilidad (cauce de los arroyos).
- Presencia de zonas permanentes o temporalmente inundadas (Fotos 2 y 3).

Los datos aportados por Arrebola (1971) son muy elocuentes:

Ventas de Zafarraya (1.383 habitantes).

Procedencia de la muestra	Fecha análisis	Clasificación
Fuente pública.	03-02-69	Excesiva contaminación.
Fuente pública.	21-04-70	Potable.
Fuente pública.	15-09-70	Excesiva contaminación.
Fuente pública.	01-12-70	Potable.
Fuente pública.	22-02-70	Gravemente peligrosa.

Muestras calificadas como agua no potable: 60 por 100.

Zafarraya (2.551 habitantes).

Procedencia de la muestra	Fecha análisis	Clasificación
Pilar Viejo.	04-09-68	Gravemente peligrosa.
Pilar Viejo.	09-12-68	Excesiva contaminación.
Pilar Nuevo.	07-01-69	Gravemente peligrosa.
Pilar Viejo.	03-03-69	Gravemente peligrosa.
Pilar Viejo.	06-04-69	Sanitariamente tolerable.
Pilar Nuevo.	05-05-69	Sanitariamente tolerable.
Pilar Nuevo.	30-06-69	Potable.
Pilar Viejo.	08-09-69	Gravemente peligrosa.
Pilar Viejo.	09-10-69	Gravemente peligrosa.
Pilar Viejo.	14-12-69	Gravemente peligrosa.
Pilar Nuevo.	13-01-70	Potable.
Pilar Viejo.	04-02-70	Excesiva contaminación.
Pilar Nuevo.	17-03-70	Potable.
Pilar Viejo.	12-04-70	Potable.
Pilar Viejo.	08-06-70	Gravemente peligrosa.
Pilar Viejo.	20-10-70	Excesiva contaminación.
Pilar Nuevo.	24-11-70	Excesiva contaminación.
Pilar Nuevo.	26-01-71	Potable.
Pilar Nuevo.	02-03-71	Excesiva contaminación.
Pilar Viejo.	20-04-71	Excesiva contaminación.



Foto 3

Sector central del polje Zafarraya. En primer término depresión inundada (charca), donde el nivel de agua responde, aproximadamente, al nivel freático del acuífero superficial.

(basado en las recomendaciones de Albinet y Margat, 1970). A continuación se mencionan algunas características.

Acuífero superficial: como agentes contaminantes se pueden citar los pesticidas, abonos y contaminantes biológicos. Las causas están en relación con distintos hechos:



Foto 3

Sector central del polje Zafarraya. En primer término depresión inundada (charca), donde el nivel de agua responde, aproximadamente, al nivel freático del acuífero superficial.

Muestras calificadas como agua no potable: 65 por 100.

A esto hay que añadir que, en el año 1970, fueron declarados en Sanidad, de estos dos municipios, 269 casos de disentería bacilar.

Afortunadamente, en la actualidad, se encuentra en avanzado estado de ejecución un proyecto de abastecimiento de agua a estos núcleos, que paliará las anteriores deficiencias en cuanto al consumo, si bien subsiste, el problema de evacuación de las aguas residuales.

Un riesgo adicional de contaminación deriva de la existencia de dos cementerios, ubicados en este acuífero, en las proximidades de los pueblos mencionados.

Acuífero kárstico: Los riesgos de contaminación son superiores puesto que, como ya se ha señalado, este acuífero drena al superficial, con todas sus consecuencias, y además ofrece puntos de máxima vulnerabilidad en los sumideros y simas a donde se



Foto 4

Detalle de un sumidero al Sur de Zafarraya. Su empleo frecuente como vertedero de basuras y animales muertos, supone un serio peligro de contaminación en los acuíferos kársticos.

arroja toda clase de vertidos y basuras. Es relativamente frecuente observar, en los sumideros, animales muertos, arrojados allí en la creencia del poder autodepurador de las aguas subterráneas (Fotografía 4).

Este problema es especialmente agudo en el pueblo de Zafarraya, construido sobre un "hum" calizo, intensamente karstificado, que emerge de la lla-

nura (fig. 3). Prácticamente cada vivienda posee un sumidero natural, que es aprovechado para evacuar basuras y aguas residuales. En algunos caseríos aislados, sucede otro tanto.

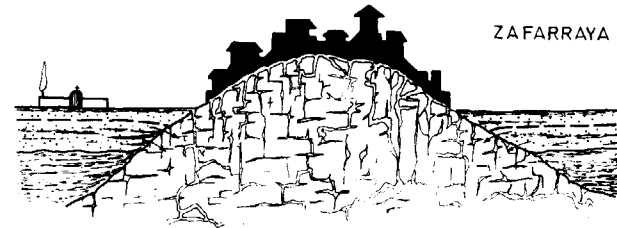


Figura 3

Corte hipotético del hum de Zafarraya. El acuífero superficial alimenta a las calizas karstificadas.

Aunque el recorrido del agua en el acuífero kárstico es grande (más de 5 kilómetros hacia el Sur y más de 20 kilómetros hacia el Norte), no puede confiarse en su poder autodepurador, debido a las posibilidades de circulación por conductos amplios, en régimen turbulento, en muchos de sus tramos. La velocidad de circulación, deducida de los ensayos de trazado con fluoresceína (Anguita y Fernández-Montero, 1969), y medida a partir de la divisoria, es la siguiente:

Hacia el Norte: 570-700 m/día.

Hacia el Sur: 240-350 m/día.

La polución puede por tanto propagarse muy rápidamente, con el riesgo de ser mínimos los procesos de depuración.

No se dispone de análisis bacteriológicos de estas aguas, pero es posible que presentes ciertos problemas de polución (químicamente son potables, al menos en las muestras analizadas en varias épocas). Y estos problemas podrían acentuarse si tenemos en cuenta que, además de las utilidades urbanas de estas aguas, una de las surgencias está declarada como agua minero-medicinal, y existen, en otras, importantes piscifactorías, con criaderos de truchas, que se distribuyen por el ámbito nacional.

B I B L I O G R A F I A

ANGUITA, F., y FERNÁNDEZ MONTERO, A.: *Estudio Hidrogeológico de Zafarraya*. "III Curso de Hidrología Subterránea", 82 págs. Barcelona (inédito) (1969).

ALBINET, M., y MARGAT, J.: *Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine*. "Bull du B.R.G.M." (2.^a serie), Section III (Hydrogéologie), núm. 4, págs. 13-22. París (1970).

ARREBOLA, J. A.: *Estudio Bacteriológico y Sanitario de las Aguas de consumo público en la provincia de Granada*. "Tesis Doctoral", Univ. de Granada (inédita) (1971).

BRAVO, F.; PUMAROLA, F., y OLIVER, B.: *Protección sanitaria de los pozos*. "Primer seminario de técnicas modernas para la construcción de pozos", págs. 245-294. Barcelona (1968).

DELGADO, S.; HIDALGO, J.; FERNÁNDEZ RUBIO, R., y DEL VALLE, M.: *Características del embalse subterráneo de Sierra Gorda*. "Comunicación al V Coloquio de Investigaciones sobre el Agua". San Sebastián (en prensa) (1973).

GARCÍA DUEÑAS, V.: *Unidades paleogeográficas en el sector central de la Zona Subbética*. "Not. y Com. Inst. Geológico y Minero de España." Tomo 101-102, páginas 73-100. Madrid (1967).

HIDALGO, J.: *Fluctuaciones del nivel piezométrico en el Polje de Zafarraya (Granada)*. "Comunicación al V Coloquio de Investigaciones sobre el Agua". San Sebastián (en prensa) (1973).

LINARES, A., y VERA, J. A.: *Precisiones estratigráficas sobre la unidad de Sierra Gorda (Cordilleras Béticas)*. "Estudios Geológicos", vol. XXII, págs. 65-99. Madrid (1966).

VERA, J. A.: *Estudio Geológico de la Zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes*. "Tesis Doctoral". Univ. de Granada (in Memorias Inst. Geol. y Min. de España. Tomo LXII, 1969) (1966).

Recibido: Diciembre 1973.



Foto 4

Detalle de un sumidero al Sur de Zafarraya. Su empleo frecuente como vertedero de basuras y animales muertos, supone un serio peligro de contaminación en los acuíferos kársticos.

GEOQUIMICA

El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura. (Estudio comparativo)(*)

Por L. C. G. DE FIGUEROLA (**), L. G. CORRETGE (**) y F. BEA (**)

RESUMEN

En este trabajo comparamos la petrografía y la geoquímica del gran dique de Alentejo-Plasencia con los haces de diques básicos localizados en el centro Oeste y Noroeste de la provincia de Cáceres.

El primero presenta homogeneidad tanto a lo largo de él, como en cortes perpendiculares, con variaciones propias de las series tholeíticas, independientemente de esta tónica general se sitúan los filones leucocráticos que aparecen dentro del dique.

Los haces de diques manifiestan una variabilidad grande con términos pertenecientes a series alcalinas y otros a tipos calcoalcalinos que originan una fuerte dispersión en las representaciones geoquímicas. Gran parte de estos haces son totalmente independientes del gran dique de Alentejo-Plasencia y genéticamente pueden haber sido originados durante los episodios póstumos de evolución de un orogeno ortotectónico.

Por el contrario el gran dique del Alentejo-Plasencia es un fenómeno unitario en zona cratógena y podría quizás representar un prorift abortado.

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the petrography and geochemistry of the great Alentejo Plasencia dyke, with a number of dyke swarms, to be found in the Western and North-Wester zone of the province of Cáceres.

The former is uniform (homogeneous) as much in its length as in its cross sections, but with variations belonging specifically to the tholeiitic series. The leucocratic seams which appear inside the dyke are independent of this general scheme.

Dyke swarms composition vary considerably with some terms belonging to alkaline series and others to calcoalcaline types which give rise to a strong dispersion in geochemical representations. A great part of these dykes are completely independent of the great Alentejo-Plasencia dyke and genetically could have originated during the last stages of evolution of an orthotectonic orogen.

In contrast, the great Alentejo-Plasencia dike is an unitary phenomenon in a cratogenous zone and could well represent an aborted prorift.

INTRODUCCIÓN.

El gran dique básico de Alentejo-Plasencia ya ha sido citado y descrito en algunos de sus segmentos (Torre de Asunção, 1949, 1951 a 1951 b) (García de Figuerola, 1963, 1965 (Corretgé y García de

Figuerola, 1971), (Corretgé, 1971) (Teixeira, Canilho y Lopes, 1971) (Ugidos Meana, 1973). Incluso, hace más de un siglo, Egozcue y Mallada citan algunos afloramientos, si bien los consideran como dioritas, y en 1960 Quesada, nos muestra ciertas características tectónicas posteriores a su emplazamiento. Sin duda se trata de un accidente petrológico único en la Península, pues su longitud, su relativamente escasa potencia, y, al parecer, su constancia petrológica, le confieren interés excepcional. El Departamento de Petrología de Salaman-

(*) Trabajo presentado en la II reunión sobre geología del SO.

(**) Departamento de Petrología de la Universidad de Salamanca.

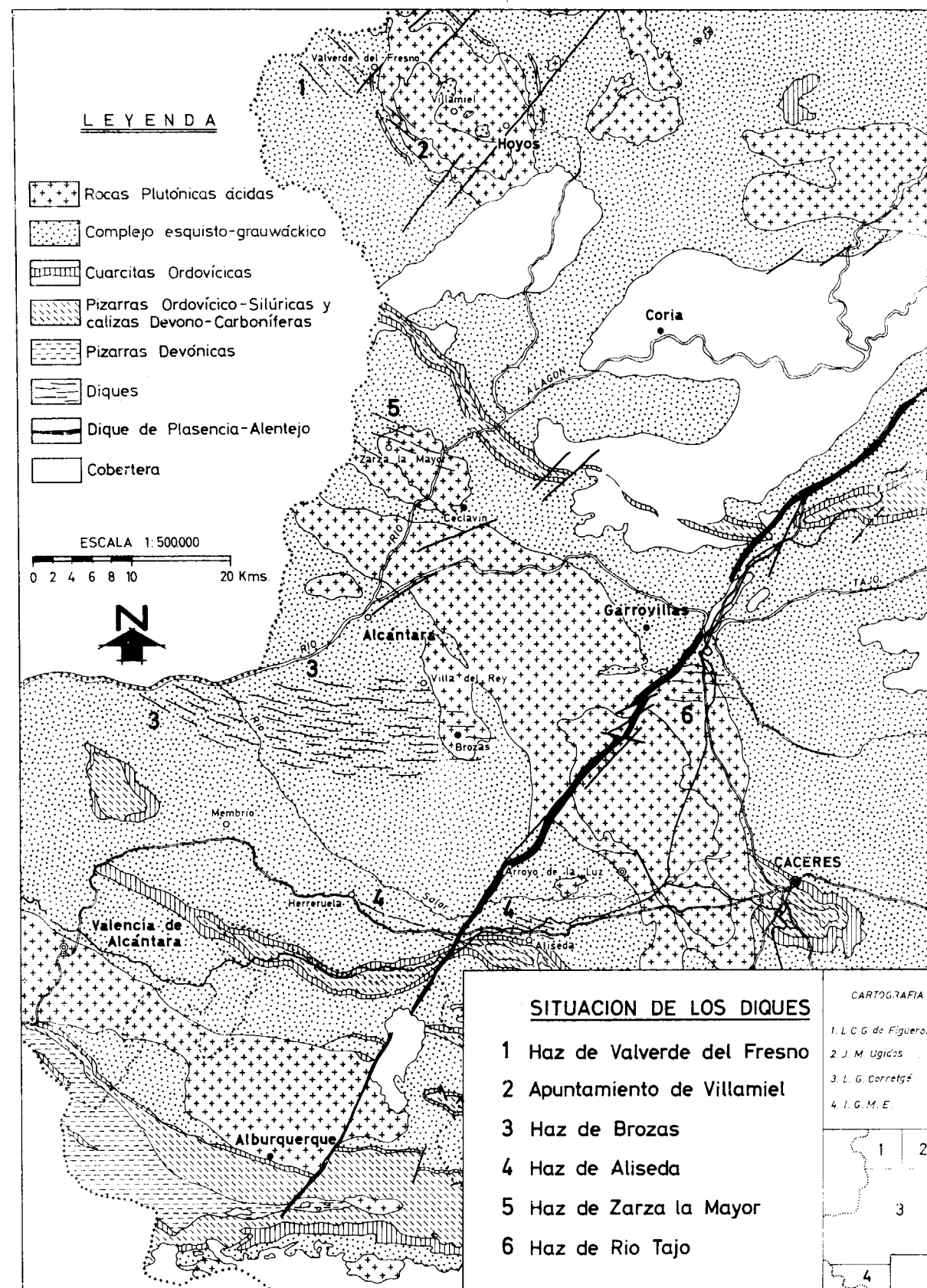


Figura 1

ca cuenta en la actualidad con nuevos datos y ha cartografiado su continuación por la provincia de Avila, hasta perderse bajo la cobertera terciaria de la cuenca del Duero.

En este trabajo no se van a abordar, sin embargo, los problemas de emplazamiento y cartografía de su extremo NE. Sólo de pasada indicaremos más adelante algunos de sus aspectos. Aquí nos interesan sus características geoquímicas y la comparación de sus quimismos con otros diques básicos que se han localizado durante los últimos años en la parte occidental de la provincia de Cáceres (figura 1).

Se han realizado un total de 43 análisis químicos, de los cuales 29 pertenecen al dique de Alentejo-Plasencia, y el resto a los diversos haces independientes de aquél. Todos han sido realizados por F. Bea, mediante espectrometría de absorción atómica y fotolorimetría; también se han realizado algunas determinaciones de rayos X. Al primer grupo de análisis añadimos los publicados por Teixeira, Canilho y Lopes (1971), relativos a la parte portuguesa.

LAS MUESTRAS DEL DIQUE DE ALENTEJO-PLASENCIA.

Como quiera que presenta diferencias textuales y mineralógicas entre el borde y la masa central, hemos pretendido, dentro de lo posible, recoger series de muestras perpendiculares al eje mayor. Frecuentemente no se observa uno de los laterales, o en gran parte está la roca triturada y los cortes son incompletos. Su situación figura en el esquema geológico (fig. 2).

El más meridional corresponde a la dehesa de Media Cacha, a la altura de la carretera de Cáceres a Valencia de Alcántara.

- (B-1) a un metro del contacto, en el borde SE.
- (B-4) a 10 metros del contacto, en el borde SE.
- (B-2) a 70 metros del contacto, en el borde SE.
- (B-3) a 75 metros del contacto, en el borde SE.

El limite NO del dique está cubierto, pero casi todo el afloramiento puede considerarse como un gabro. Únicamente se observan facies de grano muy fino en las zonas próximas a las rocas encajantes.

El segundo corte corresponde a la nueva carretera de Garrovillas, una vez pasado el puente sobre la rivera de Cuesta de Araya. Es un corte abierto

hace pocos años, y que ha puesto el descubierto la presencia de diques afaníticos y leucocráticos dentro del gran dique, que en este punto alcanza una potencia de más de 300 metros.

Estos diques leucocráticos tienen potencia variable, oscilando entre 10 centímetros y 2 metros; en general su alteración es grande (fot. 1), no obstante lo cual se ha realizado un análisis químico.

(C-2) dique leucocrático dentro del dique grande.

(C-1) dique máfico grande a menos de 1 metro del dique fino.

C-3) 50 metros del contacto NO del dique.

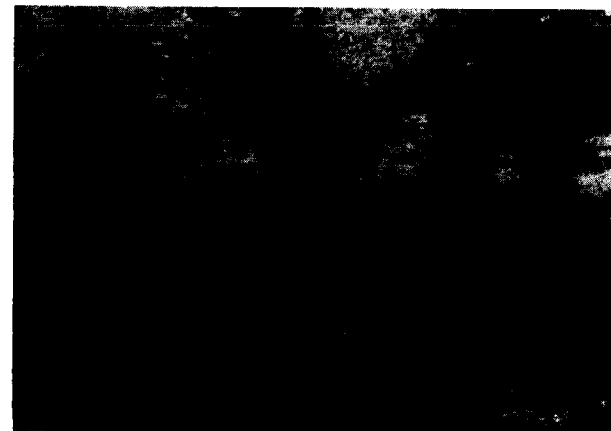


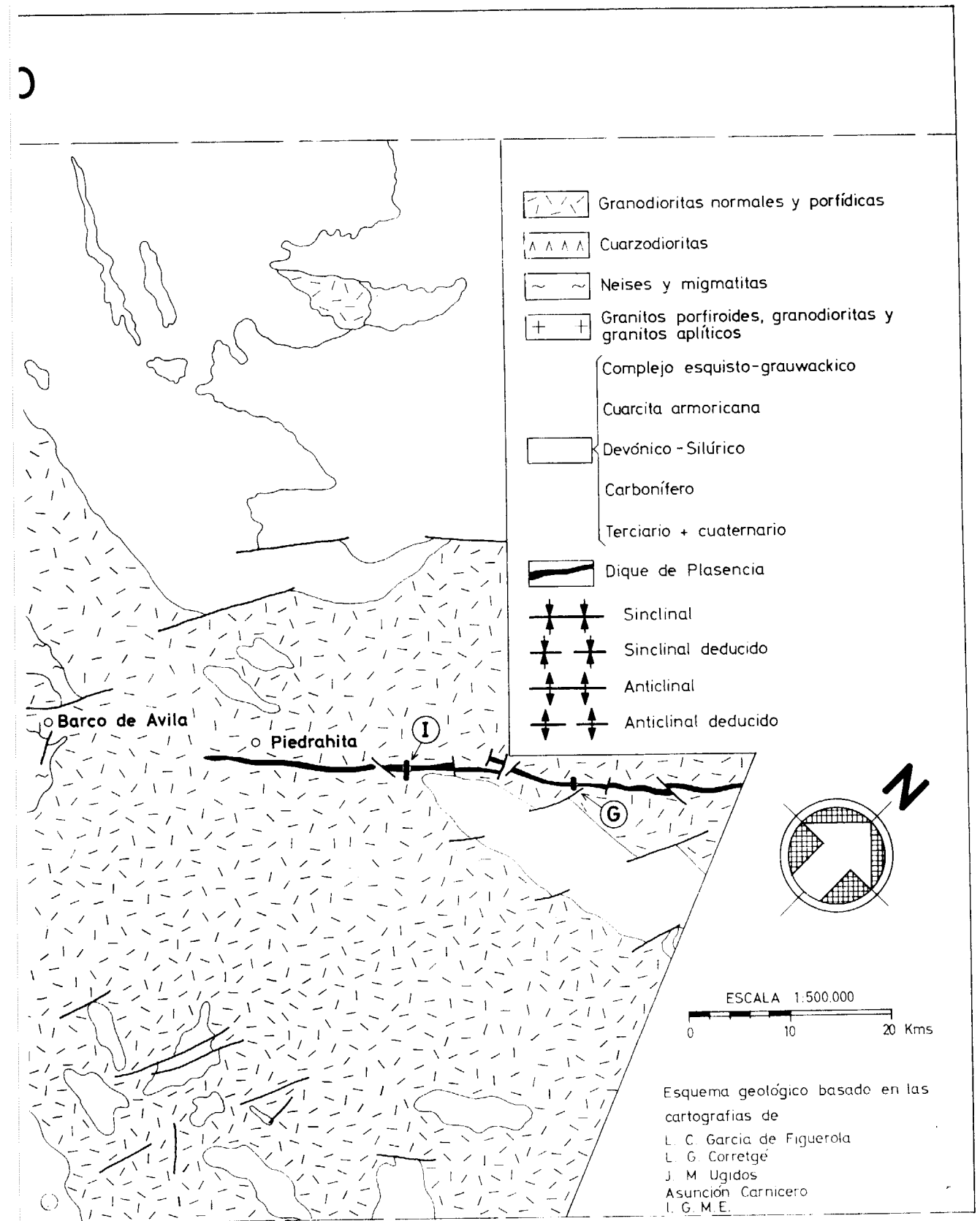
Foto 1

Diques leucocráticos dentro del dique de Alentejo-Plasencia. Inmediaciones del puente nuevo sobre el Araya (Garrovillas).

La carretera de Coria al Puerto de los Castaños proporciona un corte bastante completo, y la roca se encuentra relativamente fresca.

No tiene más de 120 metros de potencia.

- (A- 1) a metro y medio del contacto NO.
- (A- 2) a 14 metros del contacto NO.
- (A- 3) a 19 metros del contacto NO.
- (A- 4) a 29 metros del contacto NO.
- (A- 5) a 38 metros del contacto NO.
- (A- 6) a 52 metros del contacto NO.
- (A- 7) a 66 metros del contacto NO (representa aprox. el eje del dique).
- (A- 8) a 78 metros del contacto NO.
- (A- 9) a 90 metros del contacto NO.
- (A-10) a 100 metros del contacto NO.



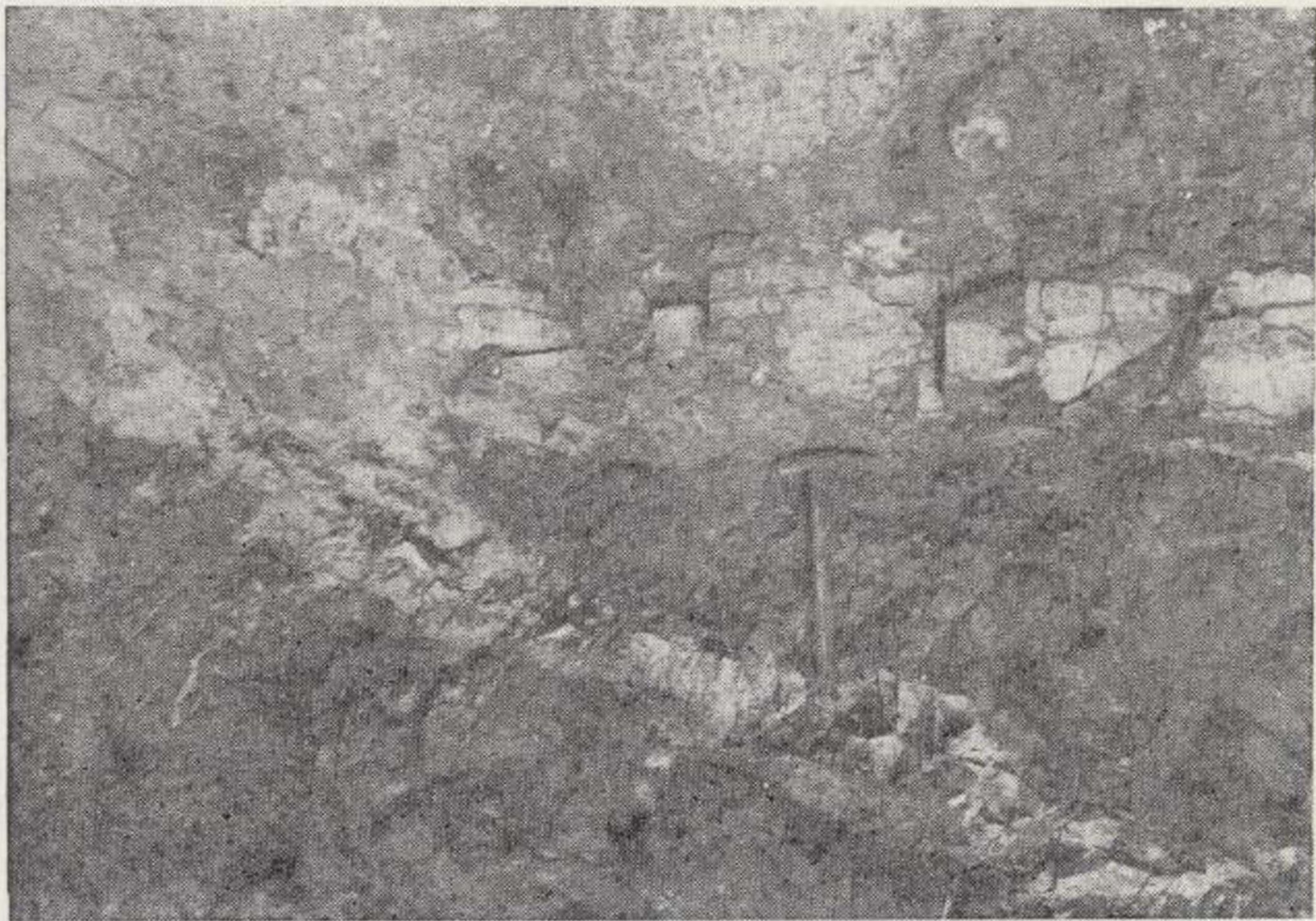


Foto 1

Diques leucocráticos dentro del dique de Alentejo-Plasencia. Inmediaciones del puente nuevo sobre el Araya (Garrovillas).

MAPA DE SITUACION DE LAS MUESTRAS EN EL DIQUE DE PLASENCIA - ALENTEJO

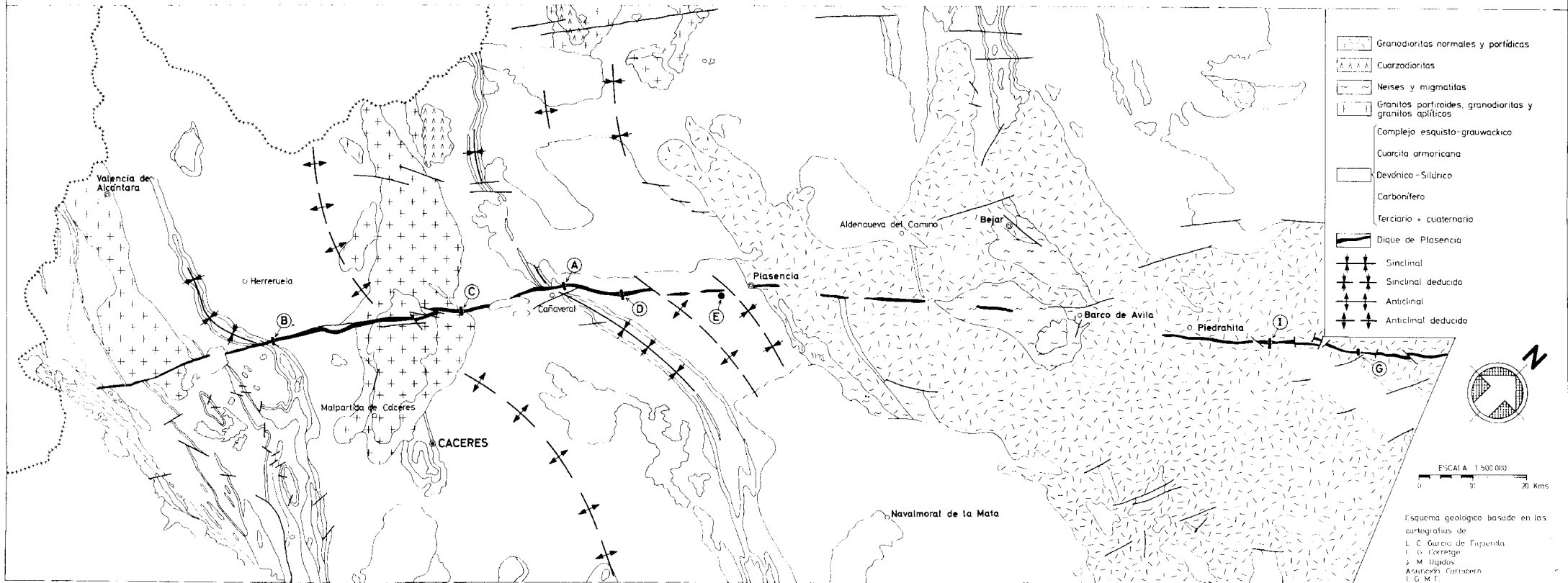


Figura 2

El contacto E no es visible en este punto.

En las inmediaciones de Grimaldo la carretera sigue sobre el dique que no debe tener una potencia superior a los 100 metros.

(D-1) a 10 metros del contacto, del E no visible.

(D-2) a 50 metros del contacto E representa aproximadamente el eje del dique.

(D-4) a 20 metros del contacto O.

(D-5) a 12 metros del contacto O.

En las rectas de la carretera a Salamanca, desde Grimaldo hasta Plasencia, se presenta bastante alterado y frecuentemente la carretera se asienta sobre él. La muestra E-1 ha sido tomada a la altura del kilómetro 150.

Al norte de Plasencia continúa con características similares en cuanto a potencia y a bordes finos. falta en algunos puntos, quizá debido al recubrimiento; y, a partir del Puerto de Tornavacas, hasta pasado Barco de Avila no ha sido localizado. En parte se debe a los depósitos detríticos recientes, pero también puede haber sido escamoteado por la tectónica posterior, o tratarse de una zona banal, sin intrusión.

Desde antes del Puerto de Villatoro se puede seguir perfectamente hasta el terciario, y adquiere una potencia que sobrepasa los 300 metros en algunos puntos.

Conviene resaltar cuatro hechos importantes en este tramo aún no descrito:

a) Que se encuentra fuertemente afectado por la tectónica que origina las depresiones del Corneja-Amblés, quedando solamente algunos islotes no deleznable, al igual que ocurre con el granito encajante. Evidentemente la configuración del macizo de Gredos-Paramera es posterior a la intrusión básica. También la misma fractura que alberga al dique, o un sistema que forme un ángulo bajo con él, ha rejugado con posterioridad como indica Ugidos (1973) para el Valle del Jerte. Este rejuego ha sido muy reciente, ya que algunos conglomerados yacen bajo el granito o las rocas metafórficas, según un plano de falla inverso. Estos conglomerados, prácticamente sin consolidar, son depósitos típicos de pie de monte que tienen gruesos bloques de granitos hercínicos y de gabros idénticos a los del dique.

b) La presencia de carbonatos en forma masiva en algunos puntos del dique. Sin duda alguna son el resultado de procesos de alteración deutérica, que a veces forma crecimientos microscópicos filiformes con el cuarzo.

c) En la cantera inmediata al Puerto de Villatoro se observa una brecha dentro del dique, cuyos cantos están formados por fragmentos alterados de la roca del dique, y se hallan engastados en una pasta de carbonatos y arcillas.

d) Al igual que en la carretera de Garrovillas se encuentra un dique leucocrático dentro del gran dique básico. Según Carnicero (com. verbal) se trata de un agregado cuarzofeldespático.

De este segmento son las siguientes muestras:

(G-1) fracción fina cerca del borde E en las proximidades de Sanchorreja.

(G-2) a unos 30 metros de la anterior en el centro del dique.

(G-3) entre Marlín y Bularros, en un afloramiento muy localizado.

(G-4) hacia el borde NO en Muñana.

(G-5) hacia el centro del dique en Muñana.

LAS MUESTRAS DE LOS HACES DEL DIQUE.

El resto de los diques son siempre de una potencia pequeña (entre 50 cm. y ocho metros), La dirección general es de EW o SE-NW, y forman haces o zonas donde su abundancia es grande. El haz más espectacular es el de Alcántara-Brozas ya citado por nosotros. (Corretgé, 1971) (Corretgé y G. de Figuerola, 1971). Como la gran mayoría de los diques finos del W, presentan una gran alteración cuando se encajan en pizarras, y aparecen más frescos si lo hacen en granitos. Las muestras 3, 5, 6, 7, corresponden a este haz (fig. 3), fueron cogidas dentro del granito de Brozas.

También las muestras 11, 12, 2, 1, 4, son de diques dentro del granito. Las dos primeras corresponden a Villamiel, en el granito de dos micas de Jálama (G. de Figuerola, 1972), con unos 20 metros de potencia, se pierde rápidamente, y presenta facies diferentes. Las dos siguientes se encajan en la cuarzodiorita de Zarza (una junto al pueblo y la

III

ca
ca
A
lago
de
m
in
pa
qu
la
guco
jo
pe
F.
ca
gu
pe
C
gu

L

y
he
se
F
o
sc
geM
atc
g
fira
la

otra en el puente nuevo sobre el Alagón). La última es de las cuestras del Tajo, en el granito cordierítico. (Corretgé, 1971.)

La 9 corresponde a un dique encajado en el complejo esquistograuwaquico, al norte de la formación de la Aliseda. Tiene una potencia de 4-5 metros y es cortado por la carretera de Cáceres a Valencia de

Alcántara. Es de 3 metros de potencia, y en unión a la 7 (citada más arriba), son las únicas que estudiamos al E del dique de Alentejo-Plasencia.

Por último, la muestra 10, que corresponde al haz del Campo Valverde (G. de Figuerola, 1966), (Corretgé y G. Figuerola, 1971) (fig. 4). Presenta al-

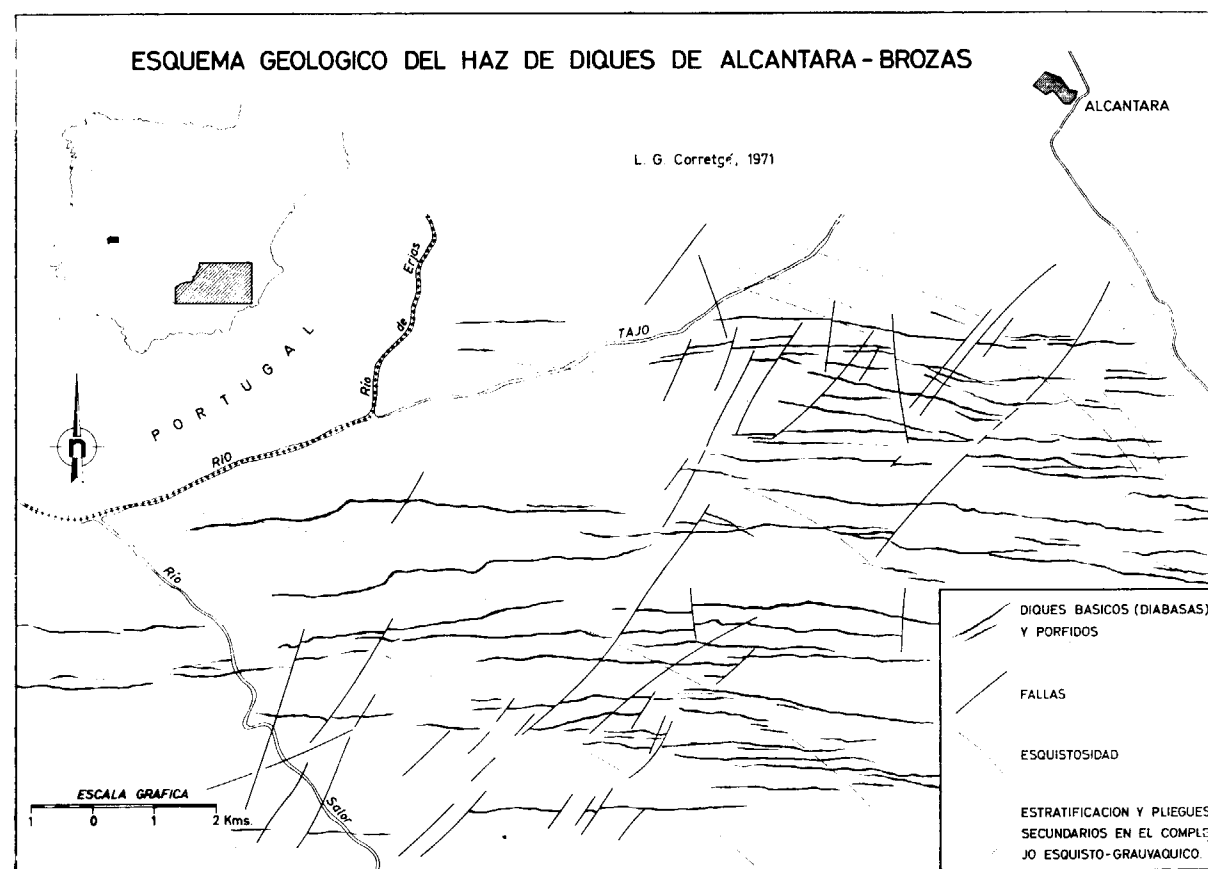


Figura 3

Esquema geológico del sector central del haz de diques de Alcántara - Brozas

Alcántara, en el kilómetro 36.800. Dicho dique pertenece a un haz, al parecer no muy abundante, con dirección general E-O.

También la 14 pertenecería a otro dique del mismo haz, que con una potencia similar aparece en las inmediaciones del kilómetro 41.700 de la misma carretera. Lo mismo puede decirse del dique al cual pertenece la 13, aflorante en el curso del Salor, jun-

gunas características propias desde el punto de vista mineralógico, con abundante anfíbol fascicular. Al parecer no entra en el granito inmediato.

PETROGRAFÍA DEL DIQUE DE ALENTEJO-PLASENCIA.

En este apartado sólo hacemos una breve consideración de los aspectos petrográficos más importan-

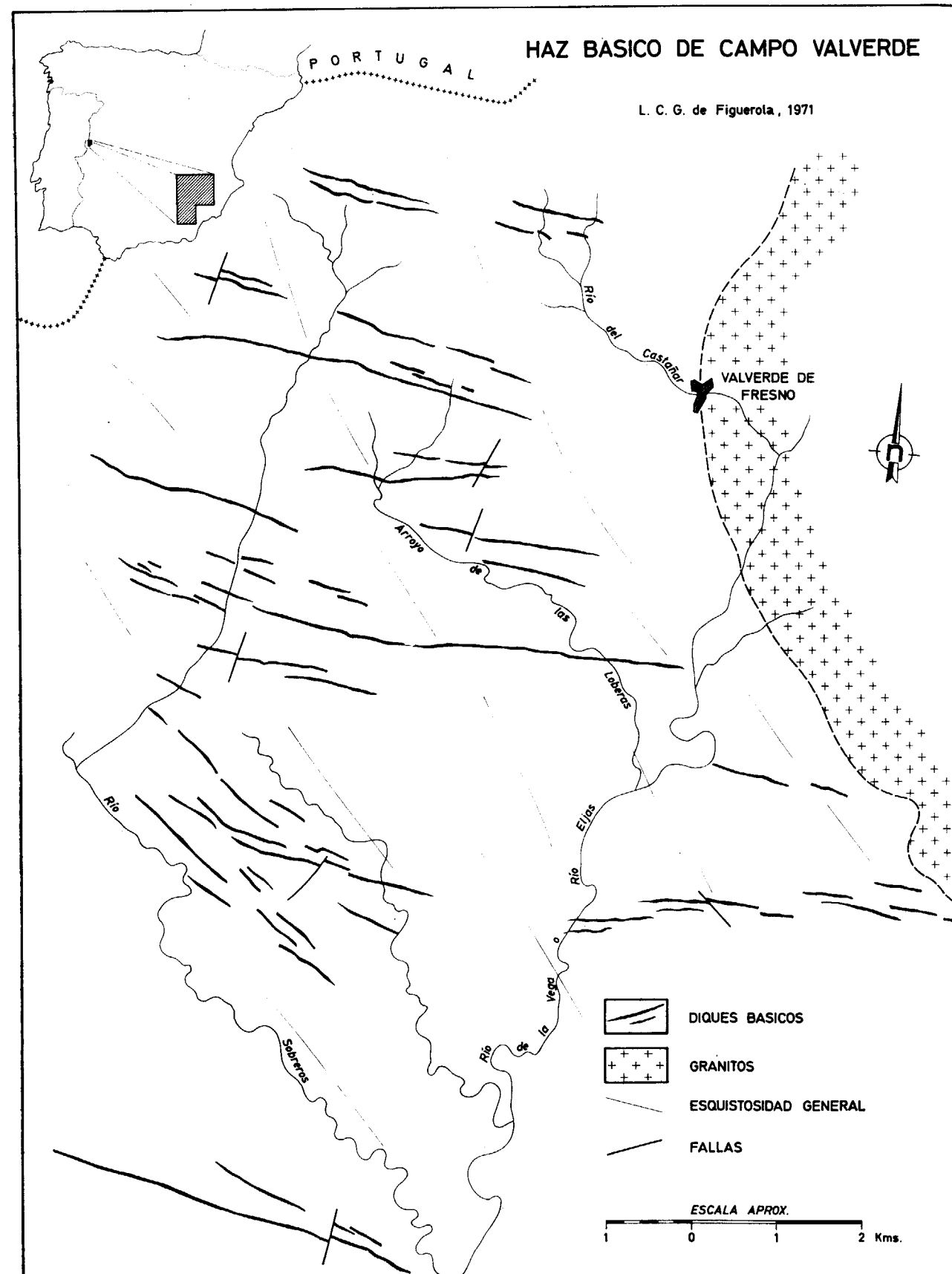


Figura 4

tes del dique. La literatura sobre este tema ha sido abundante y remitiremos al lector a estos trabajos donde se encuentra descripciones petrográficas detalladas.

Las rocas que lo constituyen son diabasas pigeoníticas, con aumento general de grano y minerales leucocráticos hacia el centro, en donde se puede considerar como un gabro, al mismo tiempo hay aumento de la cantidad de cuarzo, micropegmatitas y mirmequititas.

En las publicaciones portuguesas aparece siempre clasificado como: "dolerito pigeonítico". Nosotros preferimos emplear el sentido americano en la clasificación de estas rocas. Este concepto es bastante claro, y al menos no es arbitrario ya que los caracteres paleotípicos de las diabasas, sugeridos por otras escuelas, se manifiestan mineralógicamente por la aparición de muchos minerales secundarios; pero esto se debe muchas veces a simples procesos de alteración que no deben de tenerse en cuenta en una clasificación. Utilizaremos el término de dolerita únicamente para las rocas basálticas de granularidad visible. (Von Leonard, 1822.)

En algunos puntos pasa a una melanodiorita hornblédica, y más hacia el SW de Cáceres, cambia de textura y de composición mineralógica, transformándose en un gabro normal.

La composición mineralógica es de roca basáltico-gabroide normal, presentándose en determinadas zonas procesos de transformación de los félicos, lo que determina la aparición de paragénesis de bajas temperaturas (fot. 2).

En conjunto, como características unitarias esenciales tenemos:

— Los félicos se encuentran bastante bien conservados, con inclusiones de minerales opacos hacia los bordes, hecho que les confiere un cierto carácter zonado.

— La pigeonita engloba, en casos bastante excepcionales, restos de olivino, generalmente serpentinizado o iddingsitizado.

— Las plagioclasas tienen carácter subidiomorfo, las maças más abundantes son Ab, Ab-Pericli-

na, y Karlsbad, y la composición es bastante variable, incluso dentro de un mismo corte (ver corte A); en general nunca son inferiores a An_{40} ni superiores a An_{65} .



Foto 2

Dique del Alentejo-Plasencia. Estructura ofítica con el piroxeno uralitizado. $N+D=80$.

— El cuarzo aparece como componente subordinado importante, rellenando huecos o bien en textura micropegmatíticas (fot. 3).

— Otros elementos importantes son: Hornblenda verde o parda, que en algunos casos sustituye por completo al piroxeno; y la biotita, que es accidental.

Esta composición mineralógica concuerda con la establecida por Torres de Assunção (1949)

para el dique en su recorrido por el territorio portugués. La diferencia más notable que encontramos es la presencia en los afloramientos portugueses de bytownita junto al labrador.

Por último, en los Baldíos de Brozas las facies típicamente diabásicas aparecen en posición marginal y la proporción de Hornblenda es muy grande.

PETROGRAFÍA DE LOS HACES DE DIQUES.

En la introducción de este trabajo hemos visto que los diques en la zona extremeña tienden a presentarse agrupados en determinadas zonas o casi siempre con un marcado carácter direccional. El empleo del concepto haces o enjambres de diques queda, por tanto, perfectamente justificado.

Debido a la escasa diferencia en la composición petrográfica de los diferentes haces, hemos preferido estudiar con detenimiento las zonas de diques más representativos del conjunto, sin detenernos excesivamente en el análisis de zonas de menos importancia (apuntamientos de Villamiel, haz de Aliseda, etc. ...).

Uno de los aspectos más interesantes del complejo pizarroso anteordovícico es la presencia de una amplia zona fisural a través de la cual se ha emplazado un verdadero enjambre de diques. En el esquema adjunto, en el que solamente se ha representado el sector central del haz (fig. 3), puede observarse que este campo filoniano aflora en una superficie de 320 kilómetros cuadrados, entre las localidades de Alcántara y Brozas. La longitud del campo llega a los 40 kilómetros y su anchura, en algunos puntos a los 10 kilómetros.

El rumbo de los diques es bastante constante y salvo en pequeños sectores de la zona, llevan todos dirección E-W, con tendencia a curvarse progresivamente hacia el NW en las proximidades de la frontera. Este arqueamiento de las estructuras filonianas nos ha llamado la atención, y creemos que en Portugal se manifiesta muy claramente este fenómeno, a pesar de que la magnitud de los campos filonianos es menor.

La zona filoniana de Cebolais de Cima, y Malpica de Tejo (al sur de Castelo Branco) se caracteriza por una serie de diques paralelos de microgranito. Por su posición geográfica creemos que se trata de la prolongación portuguesa de nuestros diques, o por lo menos que dicha banda filoniana está relacionada con los mismos procesos que han condicionado o incluido la intrusión de los diques de Alcántara-Brozas. Unos 17 kilómetros, más al sur, se encuentra un gran haz de diques de micro-



Foto 3

Dique del Alentejo-Plasencia. Micropegmatitas de la parte central de la formación, Carretera de Garrovillas a la general de Salamanca-Cáceres. $N+D=80$.

En algunos puntos existen variaciones acusadas de carácter textual, estructural y mineralógico muy especialmente en los tramos en que tiene una potencia considerable. Así en el valle del Jerte se observa una clara estructura afanítica hacia el borde y micropegmatítica hacia el centro.

En Grimaldo el aumento de la proporción de félicos con respecto a la plagioclasa es muy marcada en el borde del dique.



Foto 2

Dique del Alentejo-Plasencia. Estructura ofítica con el piroxeno uralitizado. $N + D = 80$.

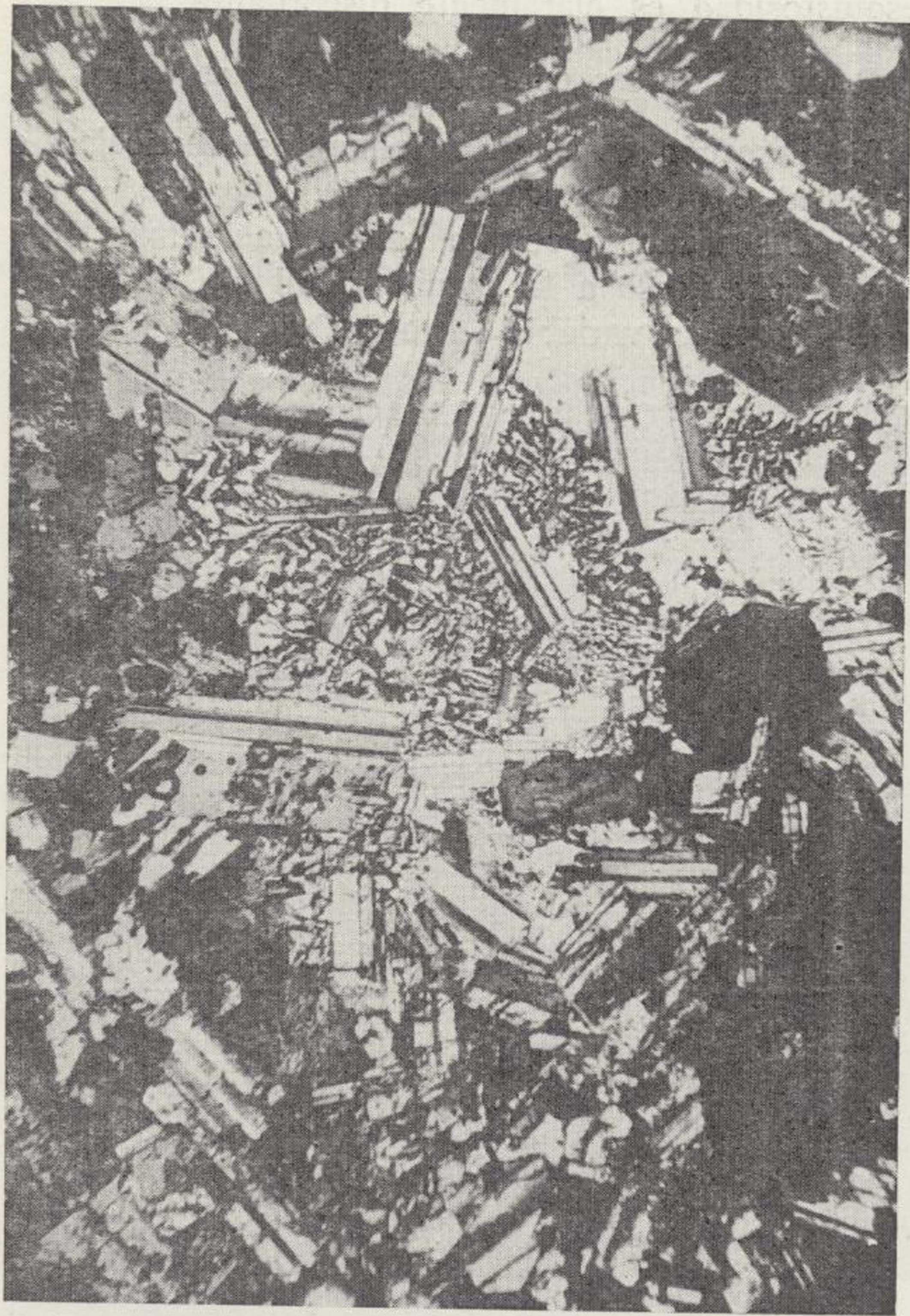


Foto 3

Dique del Alentejo-Plasencia. Micropegmatitas de la parte central de la formación. Carretera de Garrovillas a la general de Salamanca-Cáceres. $N + D = 80$.

granitos, cuarzo y diabasas, que pasa aproximadamente al sur de Montalvão y entre Villa Velha de Rodão y Fratel. La curvatura de este haz es muy clara, ya que pasa de direcciones E-O cerca de la frontera española, a rumbos N 50-60 al NO de Fratel.

Así como en las áreas filonianas de Portugal predominan los filones de tipo ácido, en el haz de Alcántara-Brozás son menos importantes que los básicos. En las zonas pizarrosas es difícilísimo recoger muestras frescas, siendo a veces imposible encontrar un sólo afloramiento. La constancia de que los diques existen en realidad, queda reflejada por aspectos morfológicos, y por la comparación



Foto 4

Dique del haz diabásico de Alcántara-Brozás afectado por un sistema tardío de fracturas. Carretera de Alcántara a Membrio.

con los diques alterados que en gran cantidad se observan en la carretera de Brozas a Membrio. Estos aspectos morfológicos son: una banda alargada, de color pardo rojizo que se observan en épocas estivales; un mayor crecimiento de cereales, y sobre todo, la mayor abundancia de una compuesta que nos ha sido clasificada como "Galactites tomentosa". La presencia de esta planta permite seguir perfectamente los diques.

Cuando se emplazan en el área granítica de Brozas, el grado de alteración es siempre menor.

Posición de los diques respecto a las rocas encajantes.—Si bien el rumbo de los filones es fácil

de establecer, la apreciación de la dirección del buzamiento presenta bastantes problemas por la escasez de cortes y trincheras donde poder observarla. En la carretera de Membrio predominan los buzamientos verticales o con pendientes fuertes hacia el sur. La posición con la estratificación y la esquistosidad es claramente discordante.

Resumen de las características macroscópicas

1. Dirección E-O y buzamientos verticales o hacia el S (muy frecuentemente).
2. Discordantes con la estratificación.
3. Posteriores a la esquistosidad S_2 .
4. Potencia variable entre 0,40 y 10 metros.

Movimientos tectónicos.—Los diques han sido afectados, en mayor o menor parte por fallas de dirección N 30-50° E, existiendo algunas al N 20° O de mucha mayor importancia. Tanto unas como otras parecen haber rejugado parcialmente, hecho que se manifiesta por la particularidad de que, en general, cortan a los diques, pero sin embargo, en algún caso, los diques cortan a las fracturas. La explicación más lógica es la de atribuir a estas fallas una edad anterior a la de las diabasas, y un rejuego posterior, emplazándose los diques en la interfase. En la provincia portuguesa de las Beiras (Teixeira y Assuão, 1958), los filones de cuarzo uraníferos son posteriores, muchas veces a los di-

que básicos, teniendo en cuenta que los grandes haces de diques de cuarzo en las Beiras, suelen llevar direcciones NE-SO idénticas a los sistemas de fractura dominantes en el área de este estudio, es muy probable que dichas fracturas hayan, efectivamente, rejugado.

En algunos puntos los diques han sido afectados además por pequeñas fracturas tardías, de dirección N 50-60° O, y buzamientos comprendidos entre 55 y 65° N (fot. 4).

Petrografía.—En este estudio distinguiremos tres tipos de rocas filonianas. Dos de ellos inte-



Foto 5

Haz de Alcántara-Brozás. Aspecto normal de un porfido granodiorítico. Carretera de Alcántara a Membrio.

N + D = 40.

gran totalmente el haz de Alcántara Brozas, y el tercero es independiente. No obstante por ser representantes básicos emplazados en áreas graníticas del batolito de Cabeza de Araya, hemos preferido estudiarlos aquí para establecer comparaciones.

1. Diques de Alcántara-Brozás.

- a) Pórfidos.
- b) Diabasas.

2. Diques basalto-lamprofídicos de Cabeza de Araya (haz de Río Tajo).

a) *Pórfidos.*—En las cercanías del kilómetro 12 de la carretera de Membrio a Alcántara se cortan algunos diques y masas de rocas porfídicas y microporfídicas. Petrográficamente pueden considerarse en su conjunto como microgranitos s. l.

Mediante estudios petrográficos hemos podido constatar la presencia de varios tipos de rocas porfídicas. Unas con textura típicamente porfídicas, y otras con textura porfídicas pegmatofídicas.

El primero (fig. 5) está formado por fenocristales de cuarzo y plagioclasa incluido en una pasta fina de cuarzo, microlitos de plagioclasa, feldespato potásico, sericita, clorita y biotita cloritizada. Como accesorios se encuentran cantidades menores de apatito, óxidos de hierro y limonita.

Los mayores fenocristales son de plagioclasa, perfectamente idiomorfos, maclados según Albita y Albita-Karlsbad, con $An_{22}-An_{38}$ y sin zonación. No obstante algunos fenocristales subhedrales contienen en su interior núcleos de plagioclasa perfectamente definidos, con bordes muy netos y diferente orientación óptica.

Los cuarzos son subhedrales o euhedrales, pobres en inclusiones y con extraordinaria extinción ondulante.

Un rasgo textual sumamente interesante es la presencia de unas finas líneas de tectonización, algo limonitizadas en todas las plagioclasas. Su carácter tectónico es evidente por varias razones:

a₁ Todos los fenocristales de plagioclasas, diferentemente orientados en la mesostasis, poseen estas líneas que llevan dirección constante.

a₂ Las maclas de Albita de algunas plagioclasas están flexionadas (microcrenuladas), según planos paralelos deslizantes con escaso desplazamiento y una dirección única; se trata por tanto, de una deformación afín por deslizamiento de una serie de planos, en la que todas las rectas contenidas en el plano de deformación (Formungsebene), exceptuando las rectas paralelas al vector desplazamiento, sufren un giro por rotación interna.

Estas líneas de fractura anteriormente consideradas, desaparecen totalmente en la pasta, donde posiblemente se prolonguen con otra morfología, mediante un proceso de deformación continua. Por último otros de los rasgos particularísimos de estas superficies es el proceso de refracción que su-



Foto 4

Dique del haz diabásico de Alcántara-Brozas afectado por un sistema tardío de fracturas. Carretera de Alcántara a Membrio.

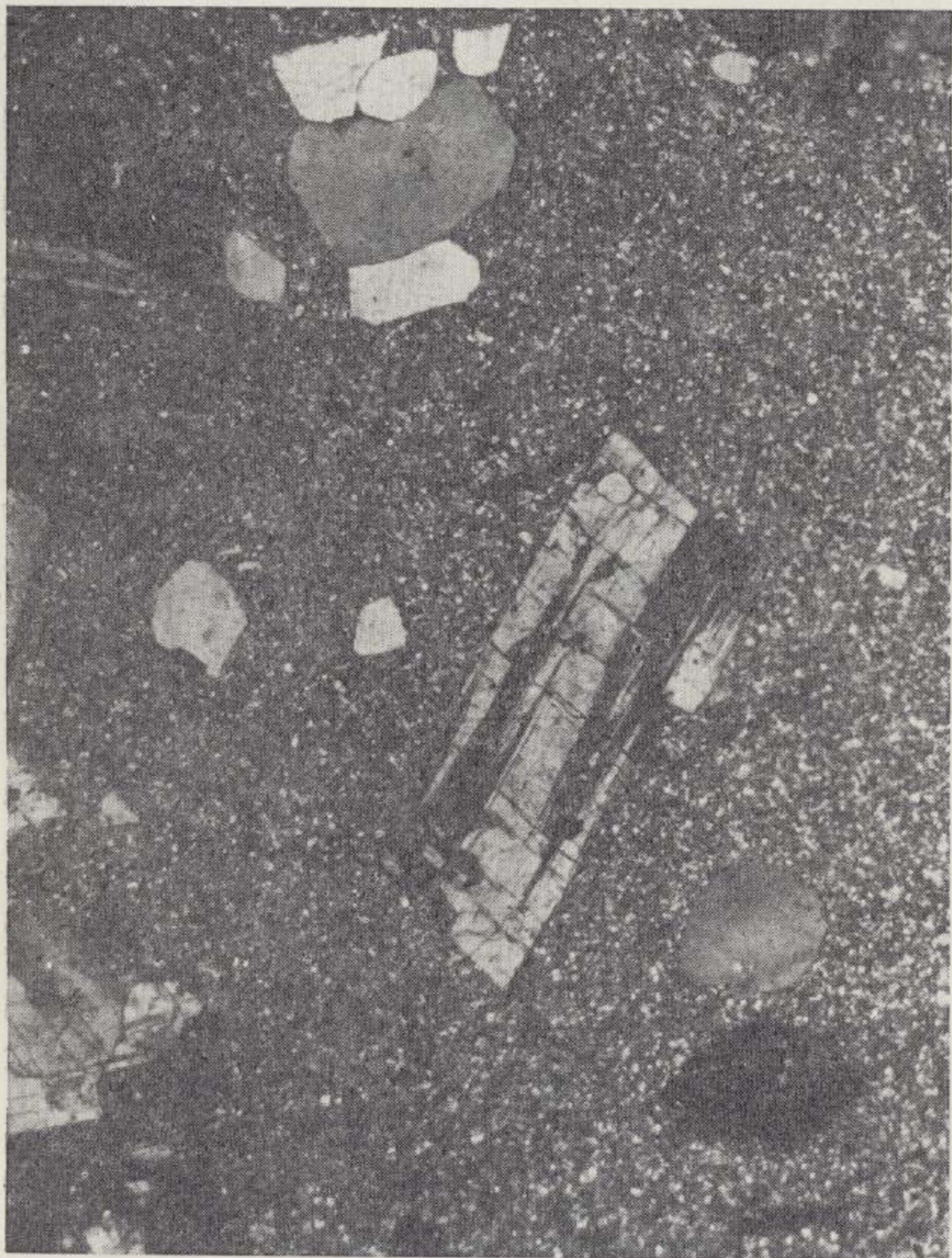


Foto 5

Haz de Alcántara-Brozas. Aspecto normal de un porfido granodiorítico. Carretera de Alcántara a Membrio.

$N + D = 40.$

fren al afectar a núcleos antiguos de plagioclasa incluidos dentro de los fenocristales del mismo mineral.

Todas estas características parecen demostrar que estos pórfidos micrograníticos han sido afectados por una esquistosidad hercínica. En Portugal parece ser que se han encontrado casos similares, muchos más claros en el alto Alentejo, donde los diques de microgranito, encajados en el complejo de las Beiras, nunca penetran en las cuarcitas ordovícicas que los fosilizan; serían, por tanto, diques pre-ordovícicos (Navais Conde, comp. pers. a L. G. Corretgé, 1971).

En cuanto a los rasgos mineralógicos podemos destacar que la plagioclasa, rica en inclusiones de apatito anhedral o subhedral, ha comenzado a cristalizar un poco más tarde que el cuarzo I. La sucesión paragenética de estas rocas con carácter cuarcífero y plagioclásico es como sigue:

Apatito	—
Cuarzo I	—————
Plagioclasa I	—————
Plagioclasa II	—————
Cuarzo II	—————
Biotita	—————
Ortosa	—————

Las líneas de trazos significan etapas de cristalizaciones de mayor lentitud o menos importantes.

Las rocas porfídicas con textura pegmatofídicas, que se encuentran en las proximidades del kilómetro 12 de la carretera de Alcántara a Membrio, son microgranodioritas hololeucocráticas o leucocráticas, porfídicas, con fenocristales de plagioclasa zonados y maclados, y una pasta holocristalina de grano muy fino, caracterizada por la presencia de gran cantidad de plagioclasas euhedrales, con intercrecimientos marginales mirmequíticos y micropegmáticos, y algunas láminas de biotita poco mayores que el resto de los constituyentes de la pasta. Dichas láminas presentan señales claras de tectonización y están parcial y totalmente transformadas en agregados de clorita esfena o clorita-limonita. Todos los fenocristales de plagioclasa tienen la superficie anubarrada, debido a los productos de alteración caoliníticos. Otras veces, sin embargo, sufren procesos de damouritización.

En otros tipos de pórfidos s. l. las plagioclasas no están zonadas, son totalmente euhedrales y su ma-

clado es bastante simple (Albita-Karlsbad) contiene abundantes inclusiones de epidota anhedral, muchas veces con disposición radiada. Este fenómeno es llamativo porque en estos casos las plagioclasas conservan una extraordinaria frescura.

En conjunto en el haz de Alcántara-Brozas y restantes haces de diques pueden distinguirse petrográficamente los siguientes tipos de diabasas:

- b₁) Diabasas con paragénesis de alta temperatura, equivalentes a doleritas s. l.
- b₂) Diabasas cloritizadas.
- b₃) Diabasas olivínicas:

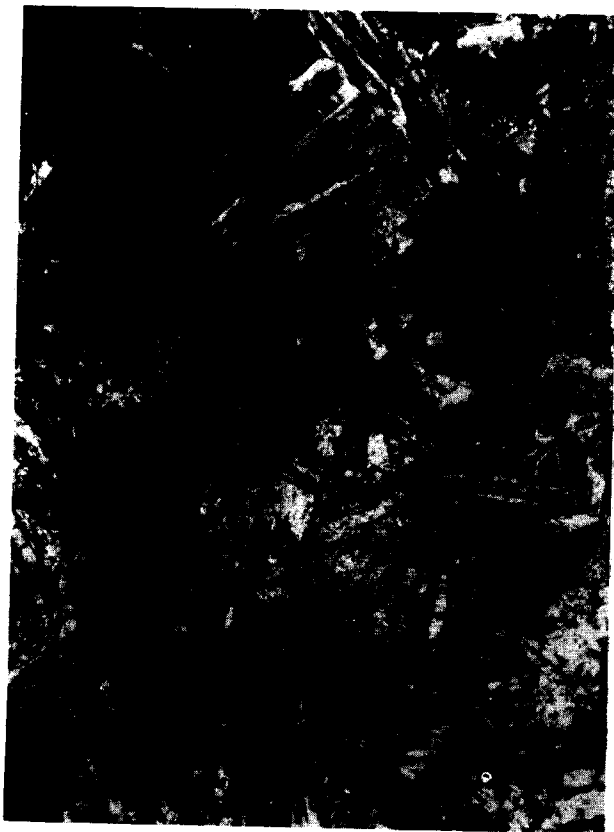


Foto 6
Haz de Alcántara-Brozas. Diabasa halocristalina fanerítica. Pueblo de Brozas. N+D=35.

b₁) *Diabasa*.—Es muy difícil encontrar diabasas completamente frescas o sin transformar. El tipo más representativo es el de las rocas básicas de las minas de Salor (zona occidental del haz de Brozas).

Son rocas halocristalinas faneríticas, de grano fino, con texturas subofíticas a diabásicas. Sus minerales esenciales son: plagioclasas clinopiroxeno

e ilmenita. Aparecen como accesorios: biotita, esfena y pirita; y como minerales de alteración: sericita, leucoxeno, carbonatos, clorita y epidota (figura 6).

Los clinopiroxenos son siempre anhedral, o a lo sumo subhedral, engloban parcialmente a los cristales de plagioclasa y casi todos están surcados por líneas discontinuas irregulares, independientes de las líneas de exfoliación. En cuanto a sus características ópticas, destaca su débil tinte rosáceo púrpura, con pleocroismo, poco marcado, en contados casos. Tiene $2V_x=64^\circ$ y $Z\Delta C=41^\circ$, propie-



Foto 7
Haz de Alcántara-Brozas. Diabasa uralitizada microporfídica. Pueblo de Brozas. N+D=35.

dades que concuerdan en conjunto con las de las augitas algo titaníferas.

Las plagioclasas son prismáticas, muy alargadas y euhedrales; se encuentran algo alteradas, por lo que su aspecto, es muchas veces, anubarrado. Junto con los piroxenos forman la trama principal de la roca. Abundan las maclas de Albita, Albita-Karlsbad y Periclina; su composición es la de andesinas básicas con un $46 \pm 2\%$ de An.

Los espacios dejados por las plagioclasas y piroxenos, están ocupados por una masa clorítica, entre la que se puede distinguir, a veces, láminas de biotita, cristalitas de epidota y más frecuentemente carbonatos. Como minerales metálicos se encuentran cristalitas de ilmenita, muy abundantes, y alterados a leucoxenos; otras veces, sin embargo, la ilmenita está rodeada de cristales anhedral de esfena. La pirita es muy escasa; se encuentra siempre formando masas irregulares, nunca cristales idiomorfos.

b₂) *Diabasas cloritizadas*.—Son rocas muy similares a las diabasas que han sufrido uralitización; sin embargo, poseen ciertas diferencias que conviene resaltar:

1. Poseen grandes fenocristales de plagioclasa totalmente seritizados.
2. El único fémico que aparece en la preparación, con una neta importancia es la clorita.
3. La ilmenita está totalmente transformada en leucoxeno.
4. Poseen estructuras algo vacuolar. En las preparaciones aparecen cavidades redondeadas, totalmente rellenas de pennina.

b₃) *Diabasas uralitizadas*.—Se trata de rocas básicas con abundantes anfíboles secundarios. Entre ellas y las diabasas cloríticas puras hay un tránsito insensible. En realidad las diabasas uralitizadas son siempre anfibólicas cloríticas (fig. 7).

Textualmente son rocas subofíticas o diabásicas, con plagioclasa, clinopiroxenos (o pseudomorfos de este mineral) e ilmenita como constituyentes principales, y cantidades muy variables, pero siempre abundantes, de carbonatos, biotita-pennina, sericita, epidota-clinozoisita, actinolita y leucoxeno que salvo, la biotita, siempre son constituyentes deutericos en estas rocas.

Las plagioclasas corresponden a dos generaciones. La primera formada por cristales euhedrales maclados y la segunda por plagioclasas anhedral, ácida muy limpia y sin maclar. Este segundo tipo está ligado a varios productos secundarios de la mesostasis (clorita, actinolitas, etc...). Se trata evidentemente de una plagioclasa ácida (albita-oligoclasa) de segunda generación. En algunas preparaciones llama la atención la frescura relativa de las plagioclasas, que contrasta con el grado tan elevado de alteración o transformación de sus clinopiroxenos.

Los clinopiroxenos tienen hábitos diferentes según su grado de transformación. Normalmente se transforman en un pseudomorfo actinolítico fibro-



Foto 6

Haz de Alcántara-Brozas. Diabasa halocristalina fanerítica.
Pueblo de Brozas. $N + D = 35$.

b) Diabasa fanerítica de Alcántara-Brozas.



Foto 7

Haz de Alcántara-Brozas. Diabasa uralitizada microporfídica. Pueblo de Brozas. N + D = 35.

so, afieltrato, con pequeño ángulo de extinción y débil pleocroismo. En las rocas muy alteradas el piroxeno normal o el uralitizado se encuentra alterado completamente, sustituido por clorita, óxidos diseminados y carbonatos.



Foto 8

Haz de Alcántara-Brozás. Nódulo de carbonatos en agregado irregular en las diabasas uralitizadas. N+D=35.

Gran parte de las diabasas estudiadas contienen nódulos de carbonatos observables a simple vista. La forma de los nódulos no es esférica, sino un poco irregular o elipsoidal (fig. 8). Están totalmente ocupados por carbonato muy recristalizado, que ha sido sometido a tensiones. Algunas veces dentro del carbonato aparecen cristalitas anhedrales de cuarzo.

Por último, en las diabasas que penetran en el granito de Brozas, hemos observado algunos pequeños pseudomorfos euhedrales de olivino.

Dentro del grupo de las diabasas uralitizadas caben destacar dos tipos de textura un poco diferentes a la de la diabasa uralitizada banal que acabamos de estudiar:

— Entre las rocas básicas del haz de Zarza la Mayor son frecuentes los diques con textura microporfídica fluida y matriz diabásica (fig. 9). Se trata de verdaderas "diabasporphyrit" con mineralogía similar a la de las diabasas uralitizadas normales.

— En la zona Nor-occidental de la provincia de Cáceres (Campo Valverde), aparecen rocas diabásicas con paragénesis de baja temperatura (oligoclasa-actinolita) y textura fascicular producida por la especial disposición de las fibras de actinolita (figura 10). Este tipo de textura es inexistente en los restantes haces de diques y se ha originado posi-

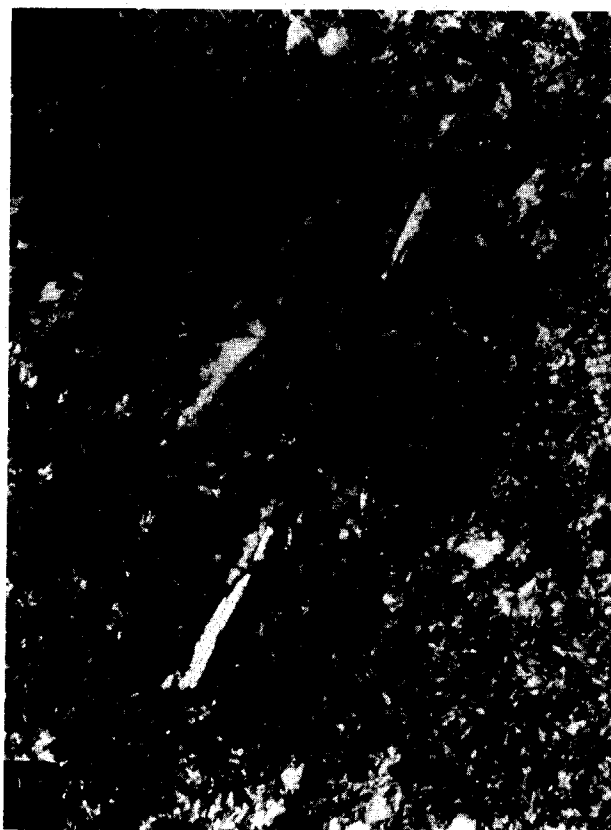


Foto 9

Haz de Zarza la Mayor. Diabasa microporfirítica. N+D=35.

blemente por procesos de "anchimetamorfismo" anterior a la intrusión de los granitos variscos. En este caso las rocas de Valverde del Fresno pertenecen a un episodio geológico anterior al emplazamiento de los restantes haces de diques básicos

de edad indudablemente tarde-hercínica y post-hercínica.

Diabasas olivínicas. — En el haz de Alcántara a Brozas no se encuentran verdaderas diabasas olivínicas, aunque, como hemos visto anteriormente, en las diabasas uralitizadas se ven a veces crista-



Foto 10

Haz de campo Valverde. Diabasa uralitizada de las Zabagayas. LN+D=35.

les de olivino. En las proximidades del Río Tajo (carretera nacional Gijón-Sevilla), dentro del granito de megacristales cordierítico, se encuentran varios diques de diabasa con características diferentes. Tienen texturas diabásico-subofíticas glomeroporfídicas (fig. 11), formadas por, Clinopiroxenos (augita), plagioclasas y olivino, como minerales esenciales; y clorita, carbonatos, serpentina, talco, limonita, magnetita y pirita como productos de alteración y minerales accesorios.

Aunque la textura general es diabásica, se observa una cierta estructura microporfídica debida a la presencia de sineusis glomeroporfídicas de cristales de olivino y piroxenos aislados, subhedrales

y anhedrales, incoloros y sin alteración. También se aprecia otra generación de piroxenos de menor tamaño, localizados en lo que podríamos llamar, un poco impropiamente mesostasis de la roca. Es débilmente pleocroico y tiene un color pardo débil.

Las estructuras vesiculares que esporádicamente aparecen en la roca son diferentes de la observada en el haz de diques. Aquí las vesículas o glándulas están ocupadas por agregados esteferoidales o radiados de clorita. En la parte central de esta vesícula se observan carbonatos secundarios anhedrales.



Foto 11

Haz de Río Tajo. Diabasa olivínica glomero-porfídica. N+D=40.

En resumen, los rasgos característicos de estas diabasas olivínicas son las siguientes:

1. Dos generaciones de clinopiroxenos.
2. Olivino pseudomorfosoado por serpentina-clorita-talco.
3. Versículas clorítico-carbonatadas.



Foto 8

Haz de Alcántara-Brozas. Nódulo de carbonatos en agregado irregular en las diabasas uralitizadas.

$N + D = 35.$



Foto 9

Haz de Zarza la Mayor. Diabasa microporfirítica.

$N+D=35.$



Foto 10

Haz de campo Valverde. Diabasa uralitizada de las
Zabagayas. LN + D = 35.



Foto 11

Haz de Río Tajo. Diabasa olivínica glomero-porfídica.

$N + D = 40.$

2. *Rocas basáltico-lamprolíficas.*— Se encuentran como las diabasas olivínicas estudiadas anteriormente, asociadas a los granitos cordieríticos de Cabeza de Araya (en el haz del río Tajo), los diques son bastante estrechos, no tienen disyunción en bolas como las diabasas y su color es negro grisáceo (fig. 12). En los contactos con las rocas graníticas encajantes, suelen tener una banda más fémica y de grano fino, que corresponde a bordes de enfriamiento ("chilled margins").

Estas rocas diferentes a las diabasas, se han agru-



Foto 12

Dique de lamprofido alcalino en el granito cordierítico de megacristales feldspáticos de Cabeza de Araya. (Fot. M. E. S.-Miyares)

pado bajo la denominación, poco ortodoxa, de rocas basáltico-lamprolíficas, a causa de que muchas de ellas tienen un aspecto de campo similar al de lamprófidos, pero petrográficamente no pueden integrarse plenamente dentro de ninguno de los ti-

pos plagioclásicos (kersantita, spessartita, camptonita).

Textualmente son rocas microporfídicas, afáníticas o faneríticas de grano muy fino (fot. 13). Los fenocristales son de augita y olivino y la mesostasis



Foto 13

Haz de Río Tajo. Lamprofido alcalino (Monchiquita) con fenocristales de olivino convertido en pseudomorfos de carbonatos más talco.

está formada por: augita acicular, olivino, microlitos de plagioclasa (?), carbonatos, pirita, biotita, hornblenda parda (no siempre), analcima y melilita (?). Por último como minerales secundarios, se encuentran cantidades variables de serpentina, limonita, calcita, cuarzo.

Augita.—Cristalizada con formas muy variables, subhedrales, anhedrales y euhedrales. Muchas veces se observan verdaderas sineusis de cristales, que se agrupan formando agregados de mayor tamaño (fot. 14) y llegan a constituir en casos muy extremos nódulos de hasta 6 ó 7 centímetros de diámetro. Como norma general presenta zonado muy difu-

so, claramente visible en la periferia, donde el piroxeno adquiere un tinte algo rosado, a veces algo pleocroico. Algunos diques presentan grandes cristales de piroxeno, desarrollados alrededor de núcleos piroxénicos anteriores zonados. La morfología



Foto 14

Haz de Río Tajo. Nódulo de ortoacumulado augítico en los basaltos-lamprolíficos. LN + D = 35.

gía de estos cristales es singularísima, ya que entre el núcleo piroxénico y la corona exterior, con diferente orientación óptica, se produce una zona de reacción con morfología similar a la de las mirmequitas (fot. 15).

Los cristales de piroxeno en la pasta suelen tener un hábito más prismático, con maclas en reloj de arena muy claras. El color es algo más rosado que el de los fenocristales.

Olivino.—Es abundantísimo. Cristaliza en formas euhedrales o subhedrales y, parcial o totalmente, está subsituado por productos secundarios. Su 2Vz, varía entre 84° y 96°. Se trata por tanto de

olivinos muy magnésicos. (Forsterita - Crisolita). Cuando se incrementa el contenido en Fe²⁺ suele estar rodeado de una tenue aureola de boulingita.

La alteración de los olivinos es bastante compleja. Generalmente el primer producto de transformación es serpentina, que más tarde se sustituye, total o parcialmente, por talco. Otras veces los olivinos frescos se transforman en talcos sin serpentinizarse previamente. Este tipo de transformación es muy común entre las rocas ultrabásicas:

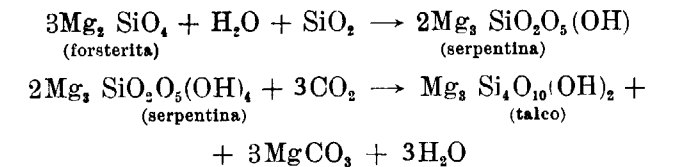


Foto 15

Haz de Río Tajo. Estructura coronítica en los clinopiroxenos de los basaltos-lamprolíficos. LN + D = 35.

Por último, en algunos casos se producen procesos parciales de cloritización.

Plagioclasas.—No aparecen en todas las rocas



Foto 12

Dique de lamprofido alcalino en el granito cordierítico de megacristales feldspáticos de Cabeza de Araya.
(Fot. M. E. S.-Miyares)



Foto 13

Haz de Río Tajo. Lamprofido alcalino (Monchiquita) con fenocristales de olivino convertido en pseudomorfos de carbonatos más talco.



Foto 14

Haz de Río Tajo. Nódulo de ortoacumulado augítico en los basaltos-lamprofídicos. $LN + D = 35$.



Foto 15

Haz de Río Tajo. Estructura coronítica en los clinopi-
roxenos de los basaltos-lamprofídicos. LN + D = 35.

Analista F. Bea. Lab. Geoquím. Dep. Pet. y Geoquím. Un. Salamanca.

Corte A.—Carretera de Coria al Puerto de los Castaños.

Corte B.—Dehesa de Media Cacha (carretera de Cáceres a Valencia del Alcántara).

Corte C.—Carretera nueva de Garrovillas (Rivera de Araya).

Corte D.—Inmediaciones de Grimaldo.

Muestra E.—Kilómetro 150,00 (carretera de Salamanca a Cáceres).

Corte I.—Kilómetro 52,00 (carretera Piedrahita a Villatoro).

Corte G.—Ultimo segmento N del dique.

Con el fin de establecer algunas comparaciones con el quimismo del dique en un segmento más meridional, hemos realizado cálculos petroquímicos sobre los análisis aparecidos en el trabajo de Teixeira Canilho y Lopes (1971) correspondientes al "dolerito pigeonítico" del bajo Alentejo.

Los porcentajes de óxidos vienen tabulados a continuación:

TABLA II
Análisis químico en por 100

	1	2	3	4	5
SiO ₂	50,49	50,44	53,37	51,70	50,86
TiO ₂	1,44	1,44	1,24	1,18	0,91
Al ₂ O ₃	14,12	14,57	14,14	14,96	18,22
Fe ₂ O ₃	2,48	2,09	2,04	1,62	2,39
FeO	7,55	7,74	8,82	8,32	5,54
MgO	7,88	8,16	5,85	6,27	5,58
MnO	0,14	0,15	0,15	0,22	0,13
CaO	11,78	11,54	8,94	10,26	12,38
Na ₂ O	2,25	2,20	3,43	2,83	2,96
K ₂ O	0,50	0,50	0,95	1,14	0,78
P ₂ O ₅	0,17	0,19	—	0,09	0,07
M. V.	1,43	1,69	1,35	1,30	0,54
Total	100,23	100,29	100,25	99,89	100,36

Representaciones gráficas.

Con los diagramas utilizados en este trabajo podemos resaltar tres tipos de características esenciales:

a) Indicación gráfica sobre la posible composición mineral correspondiente a un quimismo dado. (Triángulo de orientación QLM, diagrama de De la Roche & Leterrier (1973). Triángulos de Opletal (1971).

b) Tendencias evolutivas generales. (Diagrama de De la Roche y Leterrier (1973).

c) Tipos de quimismo en relación con las series basálticas (Diagramas de Kuno (1968); De la Roche & Leterrier (1973); y de Middlemost (1972).

En primer lugar podemos observar en el triángulo de orientación QLM las características generales del quimismo y mineralogía teórica de las rocas del gran dique de Alentejo-Plasencia (fig. 5). Resalta, el carácter próximo a la línea de saturación PF, que separa las rocas sin cuarzo normativo de las que lo tienen. Las rocas del gran dique evolucionan, por lo tanto, desde subsaturadas o saturadas, hasta sobresaturadas. Naturalmente los puntos dentro del área PFR corresponden a dos tipos de asociaciones mineralógicas posibles: Piroxeno-feldespato-olivino, o Piroxeno-feldespato-feldespa-

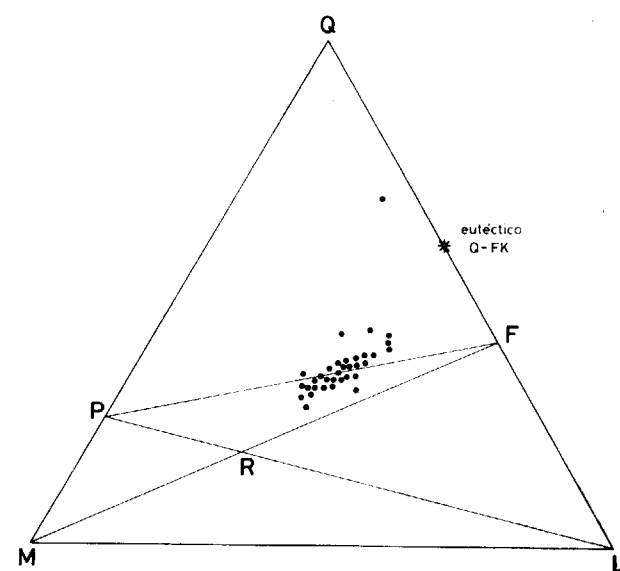


Figura 5

Triángulo de orientación QLM para las rocas del dique del Alentejo-Plasencia.

toide. A la vista de los estudios petrográficos que hemos realizado, podemos ver que el primer tipo de asociación es el más adecuado a nuestras rocas, ya que nunca hemos encontrado feldespatoideos. Desde el punto de vista evolutivo, débilmente marcado hay una ligera tendencia general de evolución hacia el eutéctico cuarzo-feldespato alcalino. En efecto, la abundancia de diabasas micropegmatíticas en la parte central del dique parece aseverar este aserto. Esta tendencia suele ser muy marcada

en algunos tipos de provincias petrográficas (p. ej., lavas de Lassen Peak, California).

La muestra C-2, constituye un caso aparte dentro del diagrama de orientación; se trata de filones felsíficos, muy sobresaturados, que atraviesan las diabasas.

DIAGRAMA DE OPLETAL.

El método de representación gráfica de M. Opletal (1971), está basado en los cálculos petroquímicos propuestos por Köhler-F. Raaz (1951). El cálculo es sumamente elemental, y presenta una serie de ventajas interesantes, en tanto que permite apreciar las pequeñas variaciones de quimismo y su reflejo en la composición mineralógica.

Por medio de dos diagramas triangulares podemos saber el grado de saturación y la cantidad de sílice libre en la roca, la proporción de feldespatos (F) y la cantidad de minerales fémcicos (fm), la re-

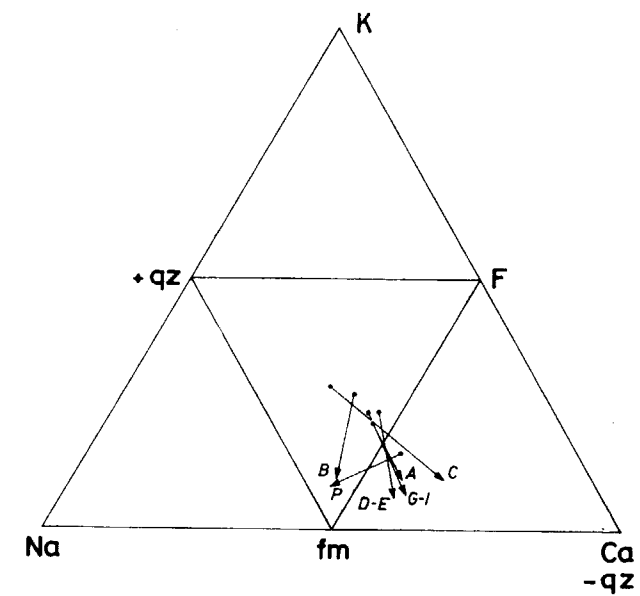


Figura 6

Diagramas de Opletal con los valores medios de los cortes del dique del Alentejo-Plasencia.

lación entre los componentes feldespáticos Na-K-Ca (lo que nos permite averiguar gráficamente la basicidad de la plagioclasa) y finalmente la relación gráfica Fe, Mg, Ca-Al, que nos da la relación entre el quimismo de los componentes fémcicos.

Toda esta información se refleja muy cómodamente en dos únicos diagramas, constando cada

uno de ellos de un triángulo exterior y otro interior. Cada análisis se representa por dos puntos unidos por un vector. El origen del vector corresponde siempre a los datos del triángulo interior.

Considerando las medias de los análisis de los diferentes cortes a lo largo del dique, podemos observar (fig. 6) que la proporción Feldespatos-Fémcicos es bastante constante a todo lo largo del dique,

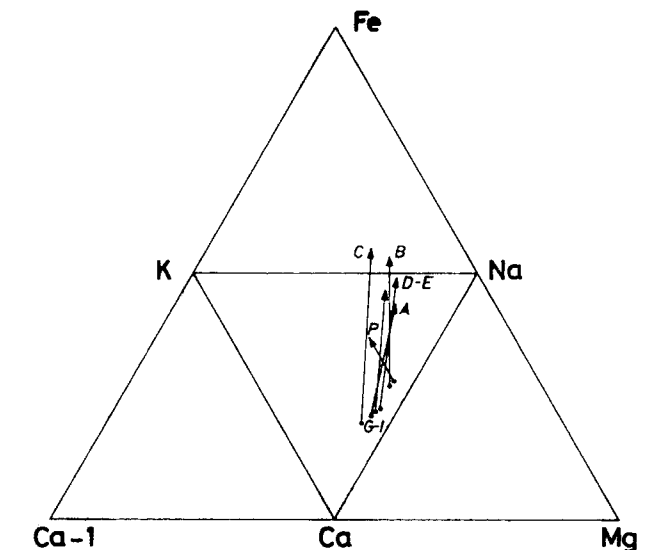


Figura 7

Diagramas de Apletal con las relaciones de los componentes feldespáticos y fémcicos de los cortes del dique del Alentejo-Plasencia.

que las rocas más deficitarias en sílice están situadas en el sector meridional (Alentejo, muestra P) y las más sobresaturadas en el centro de Extremadura (Corte de dehesa Media Cacha, muestras B), ya que, como dijimos antes, la muestra C-2 debe de considerarse como un caso aparte.

La basicidad media teórica de la plagioclasa (1) oscila a lo largo del dique entre An₇₅ y An₅₀. El corte B es a la vez el más rico en cuarzo y el de plagioclasa más ácida.

En la figura 7 observamos también una tendencia interesante desde las rocas del corte A (carretera de Coria al Puerto de los Castaños) que contiene las plagioclasas más cálcicas y los ferromagnesianos más ricos en magnesio, a las rocas del

(1) Se obtienen gráficamente trazado a partir del vértice K una recta que pase por la flecha del vector y que intersecte la arista del triángulo Na-Ca, que representa los extremos de composición plagioclásica (An₀ y An₁₀₀).

corte B con plagioclasas más ácidas y ferromagnesamos más ferríferos. Es de notar que, tanto en este diagrama como en el anterior, los vectores representativos de las muestras portuguesas no parecen llevar el mismo comportamiento general. Esta evolución hacia rocas cada vez más ferríferas es mucho más característica de las series calcoalcalinas que las estrictamente tholeiíticas, sin embargo, como veremos más adelante, en los diferentes cortes transversales, la tendencia tholeiítica es cada vez más marcada.

Considerando aisladamente los análisis efectuados en cada corte, podemos observar con bastante exactitud las variaciones existentes en el quimismo y la mineralogía del dique. A título de ejemplo tenemos los diagramas de Opletal realizados sobre muestras de corte más completo (corte A, carretera de Coria al Puerto de los Castaños). Las enseñanzas que podemos sacar de este diagrama guardan un notable grado de concordancia con los

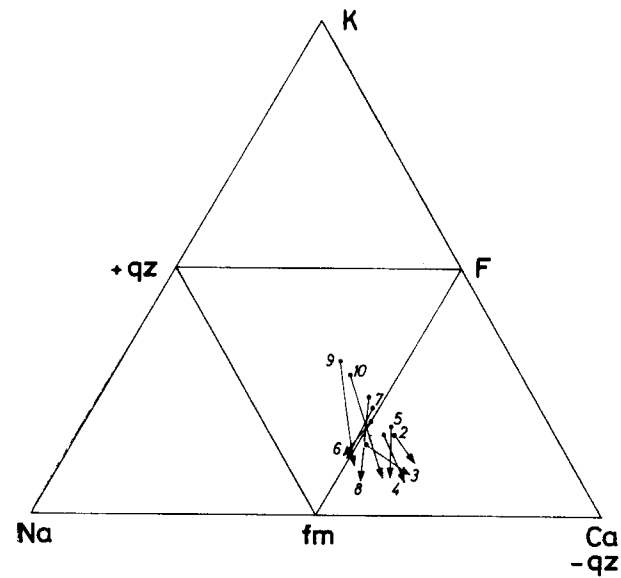


Figura 8

Diagramas de Opletal del corte A (carretera de Coria a la general de Salamanca-Cáceres) del dique del Alentejo-Plasencia.

datos petrográficos. En conjunto se ve que (figuras 8 y 9):

a) Desde el contacto NOO al SEE hay un progresivo aumento de saturación. Como el corte no está completo podemos admitir que la muestra A-9, representa el centro geoquímico del dique. A par-

tir de este punto y hasta el otro contacto, el grado de silificación disminuye.

b) La basicidad de la plagioclasa a lo largo del corte oscila entre, An_{75} y An_{55} , siendo la zona central del dique la que presenta plagioclasas más ácidas.

c) El comportamiento del calcio, hierro y mag-

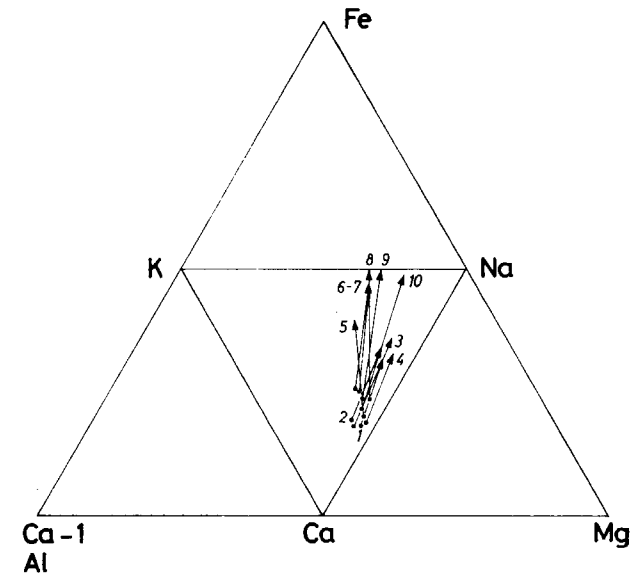


Figura 9

Diagrama de Opletal con las relaciones de los componentes feldespáticos y féricos del Corte A (Carretera de Coria a la general de Salamanca-Cáceres, del dique del Alentejo-Plasencia.

nesio ligados a los componentes féricos (triángulo Ca-1, Mg, Fe), es el de una serie típicamente tholeiítica. En efecto, en las muestras próximas al contacto NWO (1-2-3) los ferromagnesianos son bastante ricos en Mg. Hacia el centro (eje del dique), va aumentando el contenido en Fe (5, 6, 7, 8), y luego, paulatinamente, empiezan a enriquecerse en Mg de nuevo (muestra 10). Esta elevación del Fe en los estadios intermedios es marcadísimo, y característico en todas las series tholeiíticas.

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LOS HACES DE DIQUES BÁSICOS.

Hemos realizado 14 análisis correspondientes a los haces de Aliseda, Valverde, Villamiel, Zarza la Mayor, Brozas y Río Tajo (ver la introducción de este trabajo).

TABLA III
Análisis químicos

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	44,79	42,29	45,19	41,76	47,31	43,70	51,69
TiO ₂	4,56	5,23	3,73	5,23	2,84	2,90	3,91
Al ₂ O ₃	14,58	16,55	15,95	19,05	16,13	14,92	13,54
Fe ₂ O ₃	3,62	4,13	7,00	6,01	4,27	4,32	5,19
FeO	9,31	9,09	5,89	8,00	8,13	7,90	7,86
MgO	8,71	6,93	8,09	6,95	7,31	8,43	7,38
MnO	0,172	0,177	0,190	0,201	0,191	0,184	0,156
CaO	8,40	7,75	8,45	7,75	8,45	9,95	9,75
Na ₂ O	2,73	5,26	2,35	2,54	2,65	2,63	2,17
K ₂ O	0,81	1,37	1,08	0,92	1,06	0,92	0,83
P ₂ O ₅	0,23	0,16	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14
M. V.	1,89	1,85	1,64	1,19	1,69	4,82	2,67
Total	99,94	100,89	99,89	99,92	100,07	100,00	100,08
	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	44,21	42,01	47,86	41,63	48,13	44,36	47,33
TiO ₂	4,09	2,06	2,57	2,07	4,69	5,23	4,63
Al ₂ O ₃	15,00	19,91	17,68	17,48	12,73	13,40	15,44
Fe ₂ O ₃	7,01	6,00	6,71	10,26	5,17	5,55	4,21
FeO	6,13	4,21	5,30	2,00	6,98	6,83	8,32
MgO	6,31	6,87	3,16	5,32	5,19	10,45	6,95
MnO	0,286	0,185	0,204	0,182	0,205	0,188	0,210
CaO	8,43	11,57	4,59	6,95	9,15	8,04	6,96
Na ₂ O	3,80	3,83	3,15	7,06	4,58	2,98	2,72
K ₂ O	1,47	1,01	5,82	4,34	0,84	0,88	0,61
P ₂ O ₅	0,17	0,10	0,29	0,05	0,15	0,20	0,14
M. V.	3,21	1,79	2,30	2,08	1,01	1,93	2,32
Total	100,48	99,54	99,87	99,76	100,04	100,03	99,90

(Analista F. Bea, Lab. Geoquím. Dep. Pet. y Geoquím. Un. Salamanca.)

Muestras 1 y 2: Haz de Zarza la Mayor.

Muestras 3, 4, 5, 6, 7: Haz de Brozas.

Muestra 8: Río Tajo, Garrovillas.

Muestras 9, 13, 14: Haz de Aliseda.

Muestras 10, 11: El Salto, Villamiel.

Muestra 12: Valverde del Fresno.

Representaciones gráficas.

Las rocas de los haces de diques proyectadas en el triángulo de orientación QLM (fig. 10) presentan una notable dispersión, así como diferencias marcadas con respecto al comportamiento de las rocas del dique de Alentejo-Plasencia. La proyección de los puntos representativos de los análisis caen en dos campos PFR cuya significación ha sido aclarada en el apartado anterior, y en el FRL, que corresponde a paragénesis normativas de piroxeno-feldespato-feldespatoide, o bien feldespato-feldespatoide-olivino.

La dispersión de los análisis, y el hecho de trabajar con rocas heterogéneas, hace que no poda-

mos hablar con precisión de tendencias de diferenciación, pero sí es evidente que no se observa el mismo comportamiento que en las rocas del gran dique: la abundancia de puntos en el campo FRL, nos obliga a pensar más bien en un comportamiento más propio de las series Atlánticas, pobres en sílice.

En cuanto a los diagramas de Opletal, presentamos tan sólo los correspondientes a la población homogénea—haz de diques de Alcántara-Brozas—. En ellos podemos apreciar (fig. 11) el notable déficit en sílice junto con plagioclasas teóricas de basicidad comprendida entre An_{68} y An_{70} , y unas relaciones entre los constituyentes feldespáticos y máficos (fig. 12) similares a las del gran dique

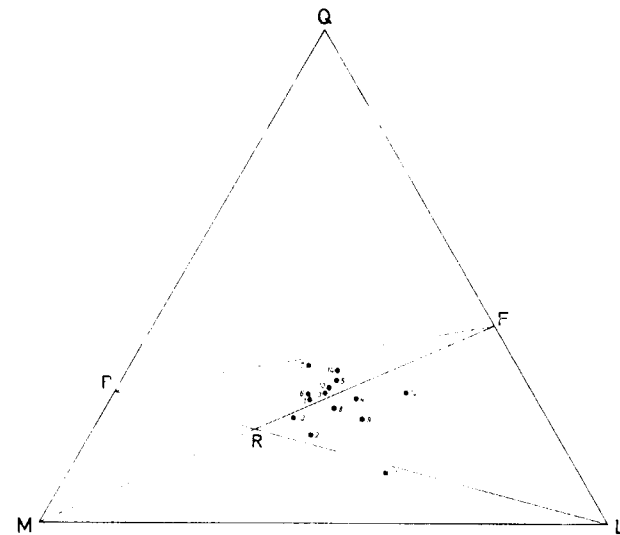


Figura 10

Triángulo de orientación QLM para los haces de diques.

básico, pero casi siempre con una menor proporción de Fe en los componentes máficos.

Posición de los diques con respecto a las series basálticas.

Con el fin de establecer comparaciones entre los diabasas pigeoníticas del gran dique de Alentejo-Plasencia y estos haces, hemos utilizado fundamentalmente tres tipos de diagramas: Kuno (1960-1966), H. De laRoche y Leterrier (1973) y Middelmost (1972).

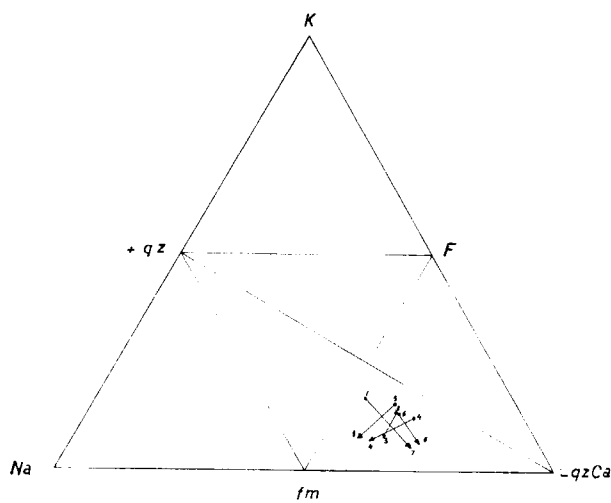


Figura 11

Diagrama de Opletal del haz de Alcántara-Brozas.

La posición de las rocas del gran dique de Alentejo-Plasencia con respecto a los tres tipos fundamentales de Kuno (1960-1966-1968) es intermedia entre basaltos tholeiíticos y basaltos ricos en alúmina (fig. 13). Los análisis de los haces tienen mucha mayor dispersión y todas las rocas, excepto una correspondiente al de Brozas, caen en el campo de los basaltos olivínicos alcalinos. No queremos hacer hincapié en este tipo de diagramas, ya que la consideración de basaltos ricos en alúmina de Kuno (1960), como clase basáltica perfectamente diferenciada de la clase tholeiítica y la basáltica alcalina, no es universalmente aceptada (Yoder y Tilley, 1962) (Wilkinson, 1968). Por ello preferimos utilizar, para la proyección global de las rocas del gran dique de diabasas pigeoníticas y de las rocas

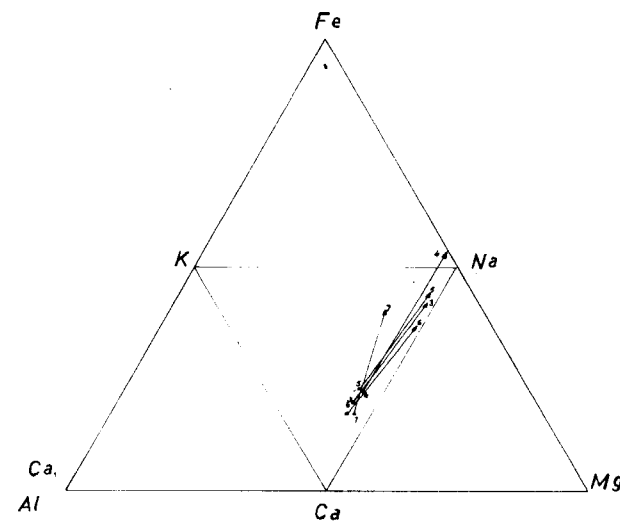


Figura 12

Diagrama de Opletal con las relaciones de los componentes feldespáticos y férmicos del haz de Alcántara-Brozas.

básicas de los haces, otros tipos de proyecciones que no consideren los basaltos ricos en alúmina como clase especial, sino como clase transicional, ya que nuestros puntos de vista están plenamente de acuerdo con las ideas de Yoder y Tilley (op. cit.) que considera a los "high alúmina basalts" como variantes de los magmas tholeiíticos o de los basaltos olivínicos alcalinos. La simple proyección de las rocas del dique de Alentejo-Plasencia según los diagramas de Kuno (fig. 13) nos demuestra que no hay razón para admitir en este caso un magma primario llamado "high alúmina basalt", junto con otro típicamente tholeiítico.

En los diagramas empleados en geoquímica de rocas basálticas, el presentado por H. De la Roche y J. Leterrier (1973), es el que presenta soluciones más satisfactorias, ya que permite coordinar una gran información mineralógica en el marco de una de las clasificaciones generalizadas de rocas basálticas más conocidas e interesantes desde el punto de vista petrogenético.

Estos diagramas, se basan en una transposición habilísima del tetraedro de Yoder y Tilley (1962) que representa el sistema básico (Q-Ne-Ol-Cpx) de las rocas basálticas, tetraedro que se subdivide a su vez en otros cuadros por medio de dos planos muy importantes desde el punto de vista petroge-

4. Basaltos olivínicos (plano de saturación), con olivino normativo.

5. Basaltos alcalinos; con olivino y nefelina normativos.

Todos estos tipos basálticos pertenecen a una de las tres clases basálticas reconocidas hasta el presente (Kennedy, 1933; Tilley, 1950):

- a) Basaltos olivínicos alcalinos.
- b) Basaltos tholeiíticos.
- c) Basaltos calcoalcalinos.

Las dos últimas clases convergen claramente hacia los términos finales de la diferenciación (dacitas-riolitas), pero quedan netamente separadas de

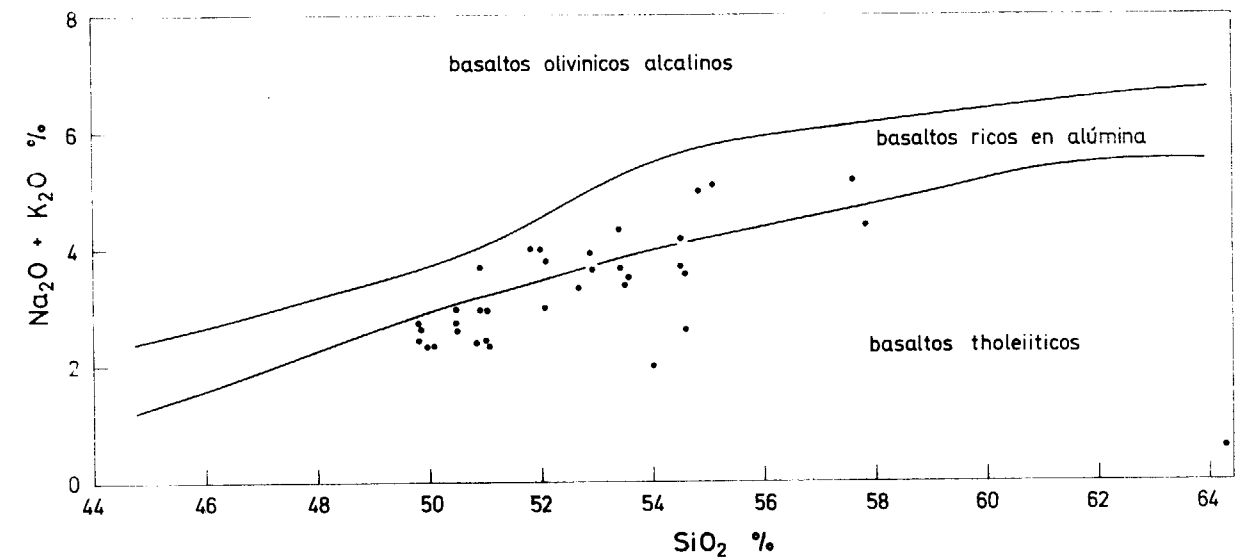


Figura 13

Diagrama de Kuno con los análisis del dique del Alentejo-Plasencia. Círculos: rocas de los haces de diques.

nético: El plano Di-Ab-En (opx) que representa el plano de saturación en sílice, y el plano crítico de subsaturación Di-Ab-Fo (fig. 14). Estos planos permiten reconocer cinco tipos de basaltos.

1. Tholeiitas (sobresaturadas). El punto representativo del análisis dentro del tetraedro principal ha de caer por fuera en el campo Di-Ab-En-Qz. Normativamente aparecerá Q e hyperstena.

2. Tholeiitas (saturadas). Únicamente con hyperstena normativa.

3. Tholeiitas olivínicas (sobresaturadas). Con hyperstena normativa y olivino.

los basaltos olivínico-alcalino por el plano crítico de subsaturación (Di-Ab-Fo), que constituye una verdadera barrera petrogenética para cada una de las series anteriores aludidas, al menos en los procesos de diferenciación normales.

Es evidente que el empleo de un plano crítico de esta índole, es, en principio, sumamente objetivo, mientras que otros criterios tradicionalmente empleados, tales como los de Peacock (1931) y Mc Donald y Katsura (1964), tienen un carácter más restringido, a pesar de su aplicación universal.

El procedimiento de De la Roche y Leterrier

consiste en proyectar sobre un plano el tetraedro de Yoder & Tilley de tal forma que todas las fases que están situadas en el plano crítico de subsaturación queden proyectados en una recta, que será la que separe el campo de las rocas subsaturadas de las saturadas y sobresaturadas. Esta recta crítica se define por el valor de la función F, que tiene como característica de ser nula para cada una de las fases minerales contenidas en el plano crítico: V. g. (forsterita, fayalita) diópsido, hedenbergita), anortita, albita, ortosa. El valor de esta función discriminante deducible de las fórmulas de las fases

perseguida, la expresión de la función F tomará la forma

$$F = x + y$$

Como las fases contenidas en la recta crítica tienen $F=0$, dicha recta en representación cartesiana rectangular será bisetriz del diagrama (fig. 15) De la Roche & Leterrier han preferido agrupar los minerales, magnesianos con la anortita, y los minerales ferríferos con los feldespatos alcalinos, con lo que:

$$x = 4 \text{ Si} - 11 (\text{Na} + \text{K}) - 2 \text{ Fe} + \text{Ti}$$

$$y = 6 \text{ Ca} + 2 \text{ Mg} + \text{Al}$$

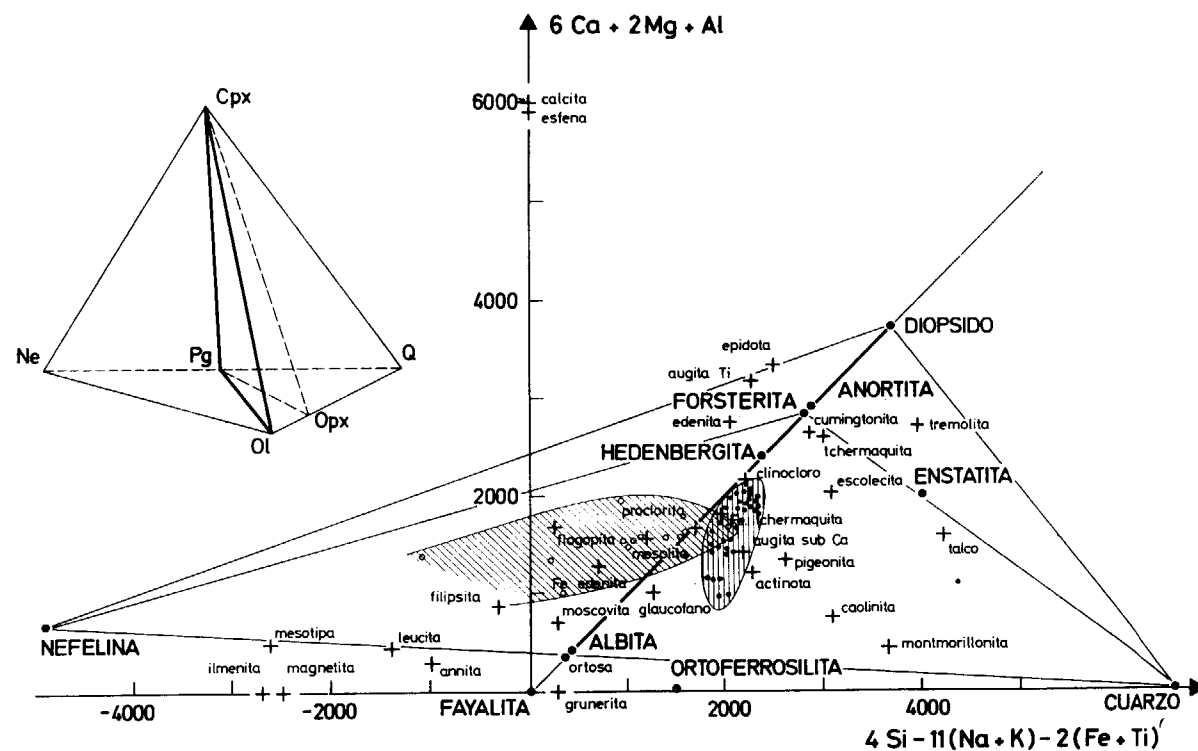


Figura 14

Diagrama de De la Roche et Leterrier con la proyección de todas las rocas analizadas. Rayado vertical, campo de los puntos representativos del dique del Alentejo-Plasencia. Rayado inclinado, campo de los puntos representativos de los hacer de diques.

anteriormente citadas es, expresado en miliátomos: :

$$F = 4 \text{ Si} - \text{Al} - 2 (\text{Mg}, \text{Fe}) - 6 \text{ Ca} - 11 (\text{Na}, \text{K})$$

Si se agrupan por una parte las cinco variables, más el titanio como fase adicional de menor importancia cuantitativa en muchos casos, pero de interés considerable en rocas basálticas, en dos grandes grupos que se escogerán según la finalidad

en la figura 14, sacada del trabajo de los aludidos autores, se ve la distribución de las principales fases minerales, y proyectando el valor de la función F, según las parámetros $x-y$ que se toman como ejes de coordenadas.

El poder dispersivo de estos parámetros es bueno, y las fases minerales banales de rocas basálticas quedan netamente separadas, con lo que una variación en la mineralogía de la roca se traduci-

rá en un desplazamiento más o menos representativo del grupo característico del quimismo global dentro del diagrama.

Entre las pequeñas pegas que se pueden achacar al diagrama de De la Roche y Leterrier es que los óxidos y carbonatos tienen siempre valores negativos de la función discriminante, con lo que basaltos ricos en magnetita, y muy especialmente las rocas hipoabiales de quimismo basáltico, ricas en ortoacumulados primarios de magnetita (1) y las

que aparecen en rocas basálticas ligados a procesos de alteración, metasomatismo, autometasomatismo, o metamorfismo regional, merece una atención especial por nuestra parte ya que las rocas objeto de este estudio, pertenecientes en general a los episodios volcánicos o hipovolcánicos hercínicos y posthercínicos, presentan, como hemos visto en las descripciones petrográficas, fuertes procesos de transformación correspondientes a uno o varios de los fenómenos citados.

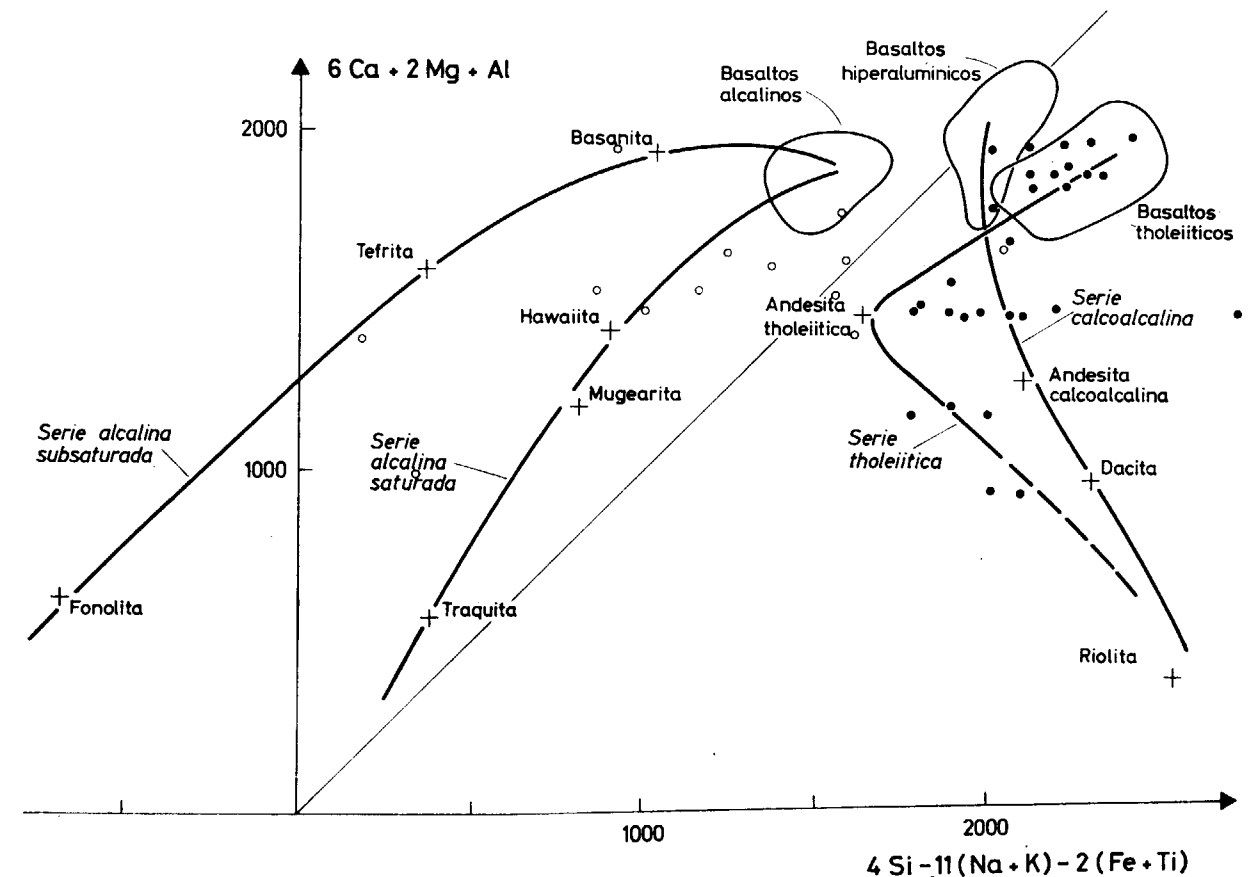


Figura 15

Diagrama de De la Roche & Leterrier con las tendencias evolutivas. Puntos negros: muestras del dique del Alentejo-Plasencia. Círculos: muestras de los haces de diques.

doleritas ricas en ilmenita, tienen cierta tendencia a derivar hacia el campo de los basaltos olivínicos alcalinos, a pesar de tratarse, en muchos casos, de rocas típicamente calcoalcalinas o bien tholeiíticas. El caso de los carbonatos y de otros minerales

(1) Por ejemplo, los acumulados primarios en la parte superior de la zona de gabros olivínicos-hypersténicos de Skaergaard.

La posición de la calcita, esfena y epidota de los diagramas por encima de la línea crítica, podrían hacer franquear dicha línea, como reconoce De la Roche y Leterrier. Por lo tanto, en las rocas transformadas hay que tener en cuenta que lo que se está proyectando es el quimismo "final" no el estrictamente original de la roca antes de sufrir los procesos de transformación.

Los quimismos alcalinos, han de considerarse, por lo tanto, con muchísima precaución a no ser que se hagan correcciones para el CO_2 , H_2O , Fe_2O_3 que en la mayor parte de los casos no son muy objetivas (1).

De todas formas es un hecho claro que cualquier roca básica que ha sufrido procesos de epidioritización s.l. tiende a tener quimismos alcalinos. Prescindiendo de implicaciones tectónicas y granulométricas y atendiendo tan sólo a la mineralogía, una parte de las rocas básicas estudiadas en este trabajo son epidioritas en el sentido dado por Gumbel (1874): "ungeschiferter globkörniger Uralit-Diabas" que con una composición típica por 50 Pg+45 uralita+palinseptos de augita+5 óxidos+(apatito, clorita, leucoxeno, epidota, etc.), presenta quimismos graboides exesfítico, es decir, más alcalino que el magma gabroide normal. De manera análoga una parte de las rocas de los haces que estamos estudiando quedan por encima del plano de saturación en virtud de los procesos de transformación secundaria sumamente variados que hemos podido ver en la petrografía.

El resultado final de la proyección de todas las rocas básicas estudiadas en este trabajo (fig. 15) nos demuestra que la serie del dique de Alentejo-Plasencia queda netamente en el campo sobresaturado, y que la serie sigue una tendencia evolutiva tholeítica, quizás poco marcada en los quimismos intermedios. Las rocas de los haces de diques quedan, sin embargo, por encima de la línea crítica, y aunque no se observa un comportamiento uniforme, podemos afirmar que gran parte de los haces pertenecen a la series alcalina, y que existen en ellos diabasas típicamente tholeíticas. Estos sería, según nuestro parecer, causa de la fuerte dispersión en los quimismos observados.

El quimismo intermedio de gran parte de las rocas de los haces está motivado por dos factores que conviene tener en cuenta:

a) Tienden a tener quimismos próximos a la línea de saturación; es decir, son rocas, posiblemente alcalinas con un quimismo transicional entre series tholeíticas y series alcalinas, tal como ocurre, por ejemplo, en las "transitional rocks" de Hawai o en las lavas del "Coppermine river".

(1) En lo referente a la preparación de datos químicos antes de una clasificación ver el interesante trabajo de Irvine y Barragar (1971).

b) El carácter alcalino puede acentuarse en los procesos de autometasomatismo y carbonatación, así como de epidioritización en general, ya que la aparición de esfena, calcita y epidota como subproductos, desplazará los puntos representativos de los análisis según un vector que tiene origen en dicho punto y que está dirigido hacia la línea de Unión (calcita-esfena)-epidota.

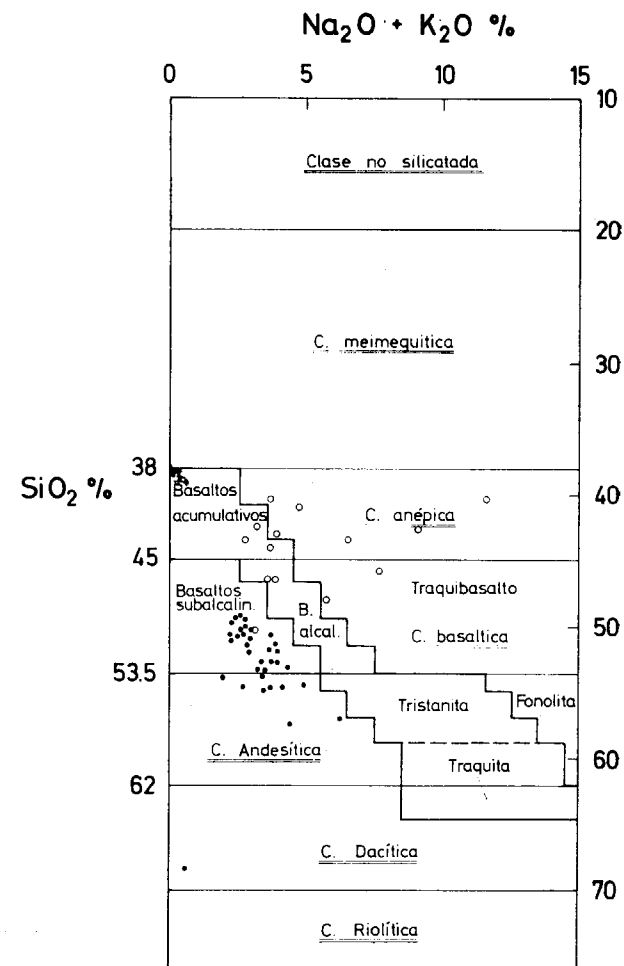


Figura 16

Clasificación de Middlemost.

Puntos negros: rocas del dique de Alentejo-Plasencia. Círculos: rocas de los haces de diques.

Hechas estas salvedades, podemos llegar a la conclusión de que existen diferencias evidentes entre las rocas de los haces de diques básicos, y las del gran dique de diabasa de Alentejo - Plasencia; y aunque en algunos casos se nos presenten dudas de filiación, es indudable que el quimismo y la

petrografía de las rocas más subsaturadas (haz de Río Tajo especialmente) es muy diferente a las del gran dique.

Hasta tal punto alcanza esta diferencia que si utilizamos la clasificación de Middelmost (1972), parte de los diques no pertenecen ni tan siquiera a la clase basáltica, sino a la anépica (siglas de ankaramita, nefelinita picrita) (fig. 16), hecho lógico si se tienen en cuenta que muchos son extraordinariamente ricos en ortoacumulados de piroxeno y olivino. En esta figura puede observarse igualmente de forma muy clara la diferencia existente entre las rocas básicas de los haces (rocas alcalinas) y diabasas pigeonítica de Alentejo-Plasencia, que pueden considerarse como pertenecientes a la clase basáltica *subalcalina* (empleando la denominación general de Wilkinson (1968), el término subalcalino engloba a las series tholeíticas y a las calcoalcalinas).

PETROGÉNESIS Y SIGNIFICADO GEOLÓGICO.

No conocemos las relaciones existentes entre el gran dique básico de Alentejo-Plasencia y los haces de diques; es, por tanto, muy difícil encontrar un significado geológico claro a estas formaciones de edades, con toda posibilidad, diferentes.

Hay varios aspectos que podemos afirmar sin embargo:

a) El dique de Alentejo-Plasencia corta a los granitos carboníferos "Nisa-Alburquerque, Cabeza de Araya, etc. ...") y a las formaciones sedimentarias devono-carboníferas de la Sierra de S. Pedro; y, en Portugal, según los datos aportados por Teixeira, Canilho y J. C. Lopes (1971), el filón es claramente post-moscoviense (con probabilidad de fines del Jurásico) (1).

b) Los diques de los haces del N de Extremadura, fuertemente uralitizados, parecen no penetrar nunca en los granitos carboníferos.

c) Respecto a los haces filonianos del centro de la provincia de Cáceres y, concreto los pertenecientes al haz de Alcántara-Brozas, podemos afirmar que coexisten filones y masas de microgranitos, pórfidos cuarzdioríticos y granófidios pre esquistosos, junto con diques básicos post-esquistosos

(1) Según comunicación personal del Dr. L. J. G. Schermerhorn, las dataciones k-Ar realizadas recientemente por el prof. H. N. A. Priem y su equipo (Z. W. O. Laboratorium voor Isotopen-Geologie, Amsterdam) sobre tres muestras del dique en la región de Aljustrel (Portugal), han dado una edad de 168 ± 5 m.a. Es decir, Jurásico medio.

que cortan a los granitos de Brozas (Corretgé, 1971).

Existe, por tanto, una secuencia de acontecimientos todavía mal precisados que no nos permite hablar de un único proceso en la génesis de los haces de diques y del gran filón de Alentejo-Plasencia.

Haciendo una observación de todas las zonas de la meseta Ibérica con diques básicos post-orogénicos, puede probarse que casi todos se encuentran en los cinturones orogénicos hercínicos en direcciones predominantes NNE-SSO, E-O y NNO-SEO. Muchos de ellos ligados probablemente a sistemas conjugados del sistema principal tardihercínico (N $35^{\circ}45'$ E) cuyo representante principal es la falla de Alentejo-Plasencia. El sistema NO-SE podría ser perfectamente, si aplicamos el esquema de Moody y Hill (1956) sobre fallas de desgarre, el conjugado del sistema principal.

Ahora bien, en el sector de Cáceres (haz de Brozas), los sistemas NNE-SSO que tienen débil desplazamiento horizontal, y son sistemas conjugados, desplazan clarísimamente a los diques básicos del haz. Este sistema es, pues, tardihercínico-posthercínico, y ha podido ser causado por efecto de los juegos levógiros del sistema principal NE-SO (J. P. Parga, 1969). Todas estas observaciones, junto con la apreciación de que el sistema E-W no aparece en el batolito de Cabeza de Araya, sino en otros stocks de posible edad anterior (Zarza la Mayor), Corretgé, 1971) nos hace pensar en la posible existencia de un sistema de fractura precoz (pre-westfaliense), que, en fase de distensión posterior fuese la vía de acceso de gran parte de las haces de diques de dirección E-O y tendencia alcalina; tal vez el haz principal (haz de Brozas) con su extraordinaria densidad de diques, pudiese ser una especie de equivalentes filonianos del "Exeter Trapp"

de edad pérmica que incluye basaltos alcalinos y una suite lamprofídica rica en potasio (Knull, 1969) e igualmente de las rocas básicas intrusivas en los granitos hercínicos de las Beiras, muy similares a de los basaltos (basanitoides), doleritas, teschenitas, luscladitas y mafraitas del borde occidental post-paleozoico del macizo Hespérico (Assunção 1958), pertenecientes al quimismo atlántico, si bien es cierto que Teixeira y Assunção (1958) opinan que la edad de las rocas básicas de las Beiras puede ser de finales del Mesozoico, basándose en similitudes con las rocas eruptivas post-turonenses de la región de Lisboa-Mafra.

La posición paleogeográfica de los haces de di-

ques en la relación con el problema de su génesis, es un dato de vital importancia que no poseemos, pues no se han hecho estudios pormenorizados sobre diques básicos en otros sectores de la meseta. Esto nos impide ver, en caso de existir, la evolución del quimismo en relación con un posible orógeno orthotectónico, siguiendo un modelo de Bard (1970) para la península Ibérica, o Floyd (1972) para el hercínico inglés.

Si esta polaridad existe, los enjambres de diques pudieron representar los productos magmáticos más internos y de génesis más profunda en las últimas etapas de evolución del orógeno orthotectónico, con la zona de subducción situada en el sur de la península.

El gran dique subalcalino (tholeítico) de Alentejo-Plasencia, que ocupa un accidente de 500 kilómetros de longitud, sería, por el contrario, el representante de actividad ígnea posthercínica en un área de plataforma no orogénica.

Admitiendo las ideas de (Green y Ringwood, 1967) (O'Hara y Yoder, 1967), el magma tholeítico se originaría por fusión parcial del manto a menor presión de los basaltos alcalinos. La importancia del gran dique en el hercínico europeo es considerable, y en el estado actual del conocimiento no podemos más que aventurar la hipótesis de que se tratara realmente de una zona de "protorift" abortada.

BIBLIOGRAFIA

- BARD, J. P.: "Su alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sud-ibérique; comparasion de la variabilité des caractères Géotectoniques de ces zones avec les orogènes "orthotectonique". Bol. Geol. y Min., T. LXXXII-III-IV, 1324-345 (1970).
- CORRETGE, L. G.: Estudio petrológico del batolito de Cabeza de Araya. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca (1971).
- y GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: "Rasgos geológicos de la región comprendida entre el sinclinal de Cañaveras y la Sierra de S. Pedro (Cáceres)", I. Cong. Hisp. Luso, Ame. Geol. Econ., T. I. J. I.; págs. 183-211 (1971).
- DE LA ROCHE, H., y LETERRIER, J.: "Transposition du tétraèdre minéralogique de Yoder y Tilley dans un diagramme chimique de clasificación des roches basáltiques." C. R. Acad. Sc. París, t. 276 (1973).
- DREVER, H. I., y JOHNSON, R.: "The protology of picritic rocks in minor intrusion-a Hebridan group". Roy. Soc. Edimburgh. Trns., 63, pp. 459-499.

EGOZCUE, D. J., y MALLADA, D. L.: "Memoria Geológica-Minera de la provincia de Cáceres". Mem. de la Com. del Map. Geol. de España (1876).

FLOYD, P. A.: "Geochemistry, Origin and Tectonic environment of the Basic and Acidic Rocks of Cornubia, England". Proc. of the Geol. Ass., V. 83, Part. 4, págs. 385-404 (1972).

GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: "El dique diabásico del Norte de Extremadura". Notas y Com. Inst. Geol. y Minero, núm. 69 (págs. 43-78) (1963).

— "La continuación hacia el SO del dique básico de Plasencia (Cáceres)". Not. y Com. Inst. Geol. y Min., número 77 (1965).

— "Datos petrográficos de la Sierra de Gata (Cáceres)". Rev. Fac. Ciencias (Oviedo), v. VII, núm. 1 (1966).

— "Memoria explicativa de la hoja 7 Gata". Inst. Geol. y Min (1972).

— y CARNICERO, A.: "El extremo NW del gran dique de Alentejo-Plasencia". Estudia Geología, V. II (in Litt).

GARCÍA QUESADA, A.: "Falla de desgarre en el SW de la Península Ibérica". Notas y Comunicaciones, V. 58, páginas 163-82. Madrid (1960).

GONÇALVES, F. A.: "Subsidios para o conhecimento Geológico do NE-Alentejo". Tesis Doctoral (Lisboa) (1971).

GREEN, D. H., y RINGWOOD, A. E.: "The genesis of basaltic magmas". Cont. Miner. & Petr., 15, núm. 2 (1967).

GÜMBEL, C. W.: "Die Palaolithischen eruptivgesteine des Fechtelgebirges München, 43-48 (1874).

IRVINE, T. M., y BARAGAR, R. A.: "A guide to the Chemical clasificación of the Common Volcanic Rocks". Cand. Jour. of Earth Sc., v. 8, pp. 523 (1971).

KENNEDY, W. Q.: "Trends of differentiation in basaltic magmas". Am. J. Sc., 25, págs. 239-256 (1933).

KNILL, D. C.: "The Permian Igneous Rocks of Devon". Bull. Geol. Surv. Gt., 29, págs. 115-38 (1969).

KÖHLER, A., y RAAZ, F.: "Über eine neue Berechnung und graphische Darstellung von Gesteinanalysen". N. J. Min. Mh., págs. 247-263, Stuttgart (1951).

KUNO, H.: "High alumina basalt". Journal of Petrology, V. 1, part. 2, págs. 121-45 (1960).

— "Lateral Variation in Basalt Magma Type across Continental Margins and Islands Arcs". Can. Geol. Surv. Paper 66-15, págs. 317-46 (1966).

— "Differentiation of Basalt Magmas", In. "Basalts". The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic composition", vol. 2, Interscience (1968).

KUPLETSKIY, B. M.: "Classification Quantitative Minerale logique et genèse des lamprophyres". Bull. Ac. Sc. Urss. Ser-Geol., núm. 5.

MACDONALD, G. A., y KATSURA, T.: "Chemical composition of Hawaiian Lavas". J. of Pet., V. 5, part. 1, págs. 82-133 (1964).

MIDDLEMOST, E. A. K.: "A simple clasificación of volcanic Rocks". Bull. volc. vol. 36, núm. 2, págs. 382-85 (1972).

MOODY, J. D., y HILL, J. M.: "Wrench Faults Tectonics". Bull. of the Geol. Soc. of Amer., V. 67 (1956).

O'HARA, M. J., y YODER: "Formation and Fractionation of Basic magmas at high Pressures". Scot. J. Geol.: 3, 67-117 (1967).

OPLETAL, M.: "A modified calculation and new graphical representation of the rocks analyses". Acta Un. Car.-Geol. Tejtamen; Vol. núm. 1, 2, págs. 109-122 (1971).

PARGA, J. R.: "Spätvariszische Bruchsysteme in Hesperischen Massiv". Geol. Rundschau, 59, 1, 323-336 (1969).

PEACOCK, M. A.: "Clasificación of igneous series". J. Geol., 39, págs. 54-67 (1931).

TILLEY, C. E.: "Some aspects of the magmatic evolution". Q. J. G. S., V. CVI, part. 1, núm. 421, págs. 37-63 (1950).

TEIXEIRA, C., y TORRES DE ASUNÇÃO, C.: "Rochas básicas de facies gabroica e dolerítica intrusivas nos granitos da Beira". Rev. Fac. Cien. Lisboa, 2.ª ser. C, volumen VI, págs. 81-123 (1958).

— CANILHO, M. H., et LOPES, J. C.: "Le gran Dike doleritique de l'Alentejo". Geol. y Min. Bol., t. LXXXII-III, IV, págs. 346-350 (1971).

TORRE DE ASSUNÇÃO, C. F.: "Sobre una intrusão dolerítica no antracolitico do Baixo Alentejo". Bol. Soc. Por. de Cienc. Nat., Vol. II (1949).

— a) "Os doleritos pigeoníticos de quimismo pacífico do sul de Portugal". Bol. Mus. L. Ob. Min. Geol. Fac. Cienc. Nni. Lisboa, núm. 19 (1951).

— b) "Doleritos da região de Ajustrel". Bol. Mus. Lob. Min. Geol. Cin. Un. Lisboa, núm. 19 (1951).

UGIDOS, MEANA, J. M.: "Estudio Petrológico del área Béjar-Plasencia". Tesis Doctoral Universidad de Salamanca (1973).

WILKINSON, J. F. G.: "The magmatic affinity of some volcanic rocks from the Tweed Shiedls Volcano, SE Qwensland, N. E. Couth Wales". Geological Magazine, volumen 3, págs. 275-289.

— "The Petrography of Basaltic Rocks". In Basalts. The Poldervaart Treatise on Rocks of Composition. volumen I, Interscience (1967).

YODER, H. S., y TILLEY, C. E.: "Origen of the basalt magmas: An experimental study of Natural and Synthetic Rocks Systems". J. Petr., 3, págs. 342-532 (1962).

Recibido: Noviembre 1972

Facies conglomeráticas del Paleozoico de la provincia de Salamanca(*)

Por S. ORDOÑEZ (**) y V. SANCHEZ CELA (**)

RESUMEN

Se analiza estadísticamente la petrografía de algunas formaciones conglomeráticas de la Provincia de Salamanca, discutiendo su posible génesis y proponiendo un modelo genético petro-tectónico.

ABSTRACT

The petrography of some conglomeratic formations from Salamanca is statistically analyzed, their possible petrogenesis is discussed and a petrotectonic genetic model is proposed.

1. INTRODUCCION.

A medida que se profundiza en el estudio de los paleozoicos de la Provincia de Salamanca van observándose nuevos niveles conglomeráticos sin relación aparente con la estratigrafía de las pizarras, además de presentar unas tendencias a dar lineaciones muy marcadas coincidentes con las directrices de la fase de las estructuras mayores.

Un nivel conglomerático tan definido, con unas estructuras tan claras, de ser realmente sedimentario, sería un nivel litoestratigráfico de indudable interés que hubiera resuelto problemas interpretativos estructurales-estratigráficos del paleozoico de esta zona.

Los criterios utilizados para definir el origen de estas facies conglomeráticas, hasta el momento actual, no siempre han pertenecido a los comúnmen-

(*) Trabajo presentado en la II Reunión sobre Geología del SO.

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

te utilizados en sedimentología y paleogeografía, sino que, por el contrario, se había hecho de ellos una especie de tático nivel guía sin justificar debidamente este extremo.

En nuestro estudio hemos abordado el problema basándonos en una serie de datos petrográficos de los que se ha hecho un análisis estadístico, así como en supuestos comúnmente utilizados en sedimentología. Como resultado de este estudio hemos establecido un modelo petro-tectónico, utilizando conceptos clásicos de la Mecánica de Rocas.

2. ESTUDIO PETROGRAFICO.

Se ha realizado estudiando independientemente esqueletos y pasta, diferencia que hemos establecido utilizando como criterio el tamaño, ya que, en la generalidad de las muestras estudiadas, existe una gran tendencia hacia la bimodalidad. Una moda se ha considerado como esqueleto y la otra como pasta.

Hemos hecho gran hincapié en la fábrica de los cantos metacuarcíticos del esqueleto, así como en

la fábrica de la pasta, utilizando el criterio expuesto en la figura 1.

	a	b	c	d
1				
2				

Figura 1

Criterio textural de clasificación de granoblastos, mono y policristalinos.

Los minerales índices se han establecido a partir de la composición de los filosilicatos de la pasta, utilizando como términos: M (micas sericíticas), Cl (cloritas), Cl-Bi (clorita en tránsito a biotita) y Bi (biotitas).



Figura 2

Aspecto general de un "conglomerado de esqueleto denso". (Nicole X. x 7).

2.1. ESQUELETO.

2.1.a. Tipos de esqueleto.

Se han diferenciado cuatro categorías:

M.D.: muy denso, con interpenetración de "cantos".

D.: Denso, con contacto puntual entre "cantos" (figura 2)..

Q.: Quebrantado, sin contacto físico entre los "cantos" (fig. 3).



Figura 3

Aspecto general de un "conglomerado de esqueleto quebrantado" (N X. x 7).

D.Q.: Denso-quebrantado, intermedio entre los anteriores.

Los porcentajes de estos tipos se reparten de la siguiente manera: tipo Q: 27,27 por 100; tipo D.Q.: 6,06 por 100; tipo D.: 54,54 por 100 y tipo M.D.: 12,12 por 100.

Se ha visto que estos tipos de esqueleto aparecen simultáneamente en una misma alineación.



Figura 2

Aspecto general de un "conglomerado de esqueleto denso".
(Nicoles X. $\times 7$).



Figura 3

Aspecto general de un "conglomerado de esqueleto quebrantado" (N X. $\times 7$).

2.1.b. Naturaleza de los cantos y su relación con los minerales índices.

En cada muestra se ha distinguido una naturaleza dominante (>70 por 100) y una naturaleza secundaria. En el 55,6 por 100 de las muestras estudiadas la naturaleza dominante era metacuarcítica y en un 44,4 por 100 cuarzo.

La naturaleza secundaria se reparte: Metacuarc.

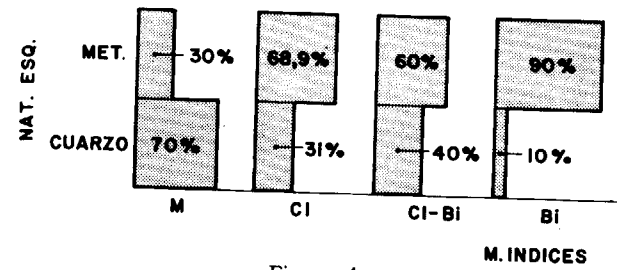


Figura 4

Relación entre los "minerales metamórficos y la naturaleza de los "cantos".

ta=22,2 por 100; Mixtos (Metacuarc. Cuarzo)=11,1 por 100; Cuarzo=33,3 por 100; Feldspatos (Ab, Fk)=27,0 por 100 y resto de pizarra-esquistos=4,7 por 100.

Existe una relación entre la naturaleza de los

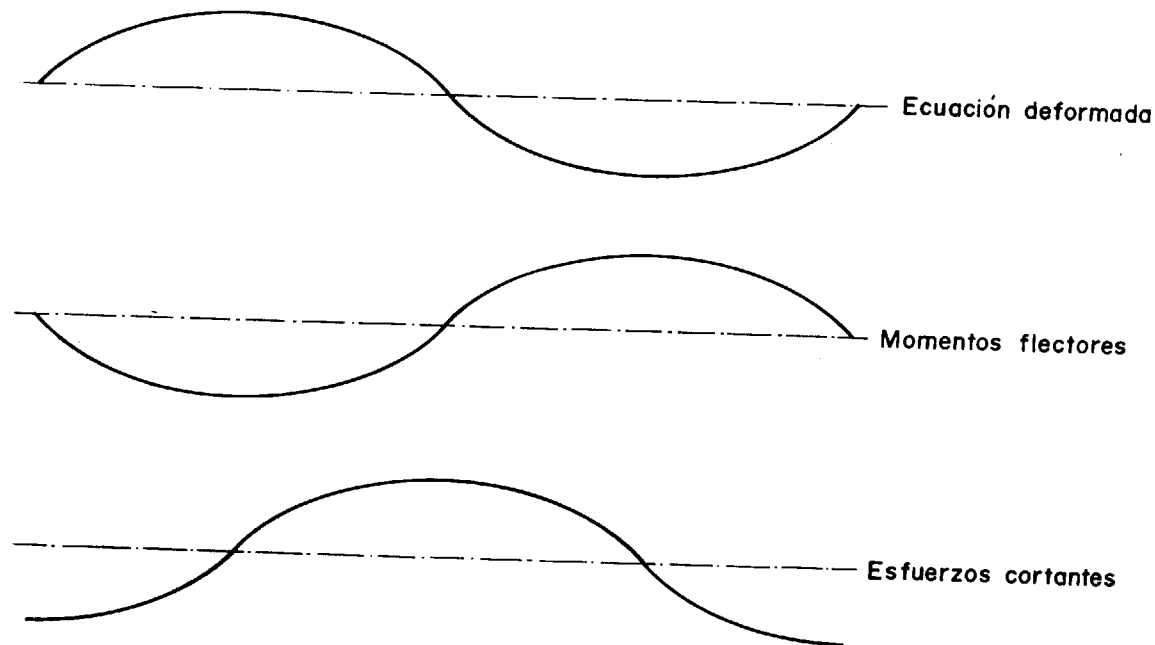


Figura 5

"cantos" y los minerales índices (fig. 4), tendiendo, en general, a ser metacuarcíticos a medida que aparecen minerales de más alta energía.

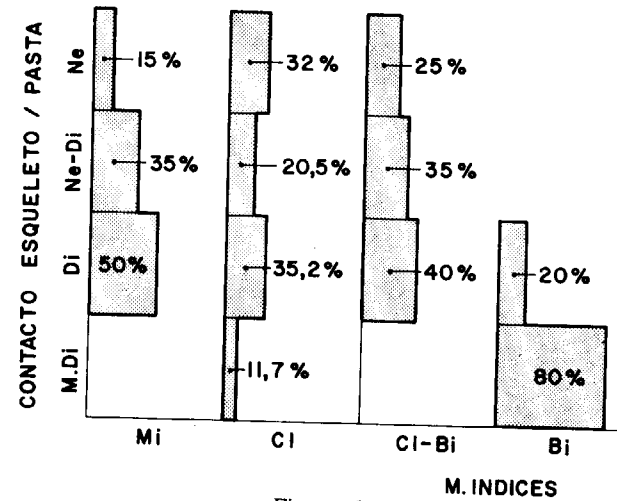


Figura 6

Relación entre el contacto "cantos-pasta" y los "minerales índices metamórficos".

Los feldspatos son mucho más abundantes a medida que vamos pasando hacia estadios metamórficos más elevados.

2.1.c. Contacto de los cantos con la pasta.

Aunque se observa generalmente que los "cantos" metacuarcíticos tienen un contacto mucho más difuso que los cantos de cuarzo, el conjunto de los materiales estudiados presenta una relación clara entre el tipo de contacto y los minerales índices (figura 6).

2.1.d. Relaciones entre la fábrica de los "cantos" metacuarcíticos y los minerales índices.

De la figura 7 se deduce la existencia de una relación entre el tipo de fábrica más común y los minerales índices. El proceso de poligonalización es más intenso en los estadios metamórficos más energéticos.

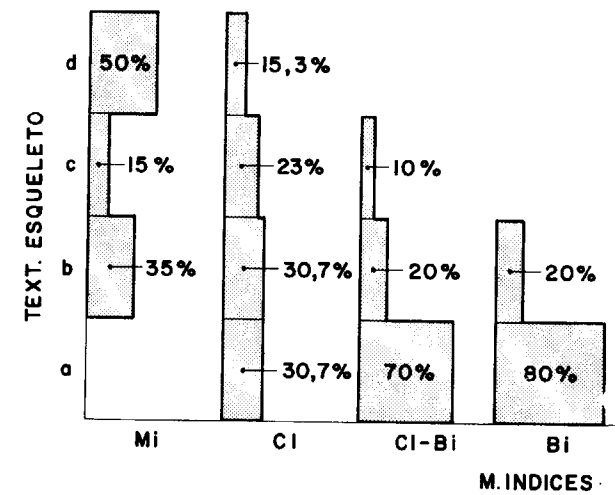


Figura 7

Relación entre la fábrica de los "cantos metacuarcíticos" y los "minerales índices metamórficos".

2.1.e. Texturas poiquilíticas de los cantos.

Son frecuentes las inclusiones de minerales micáceos en cuarzos y "metacuarcitas", así como de opacos idiomorfos en "metacuarcitas". En algunos casos se han encontrado restos de matriz en el interior de cantos metacuarcíticos.

2.1.f. Formas de los cantos.

Oscilan entre fusiformes y redondeados. Sin embargo, como se ve en la figura 8, el carácter fusiforme

no es simétrico respecto de un plano paralelo a la dirección de máximo alargamiento, como sería de esperar en un caso de compresión simple, sino

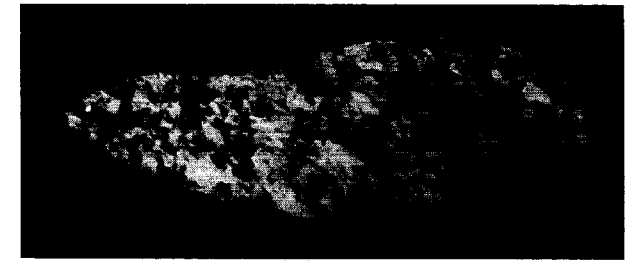


Figura 8

Aspecto en sección de un "canto metacuarcítico".

que por el contrario tiene caracteres totalmente asimétricos.

Se han encontrado algunos casos (fig. 9), en los que, mientras en una orientación, en sección, aparecen redondeados, en la dirección perpendicular presentan formas alargadas, siendo el valor de la relación anchura/longitud del orden de hasta 1/10.



Figura 9

Aspecto de las facies conglomeráticas de La Tala.

Respecto a los redondeados debemos señalar que coexisten a veces con los fusiformes.

Los restos de pizarras presentan formas alargadas, normalmente con dos esquistosidades que se cortan bajo un ángulo agudo.

2.1.g. Estructuras de deformación.

En las muestras estudiadas son frecuentes las sombras de presión, lamelas de deformación y micas flexionadas. En algunos "cantos" de metacuarcita y feldespato se han observado texturas subhelicíticas.

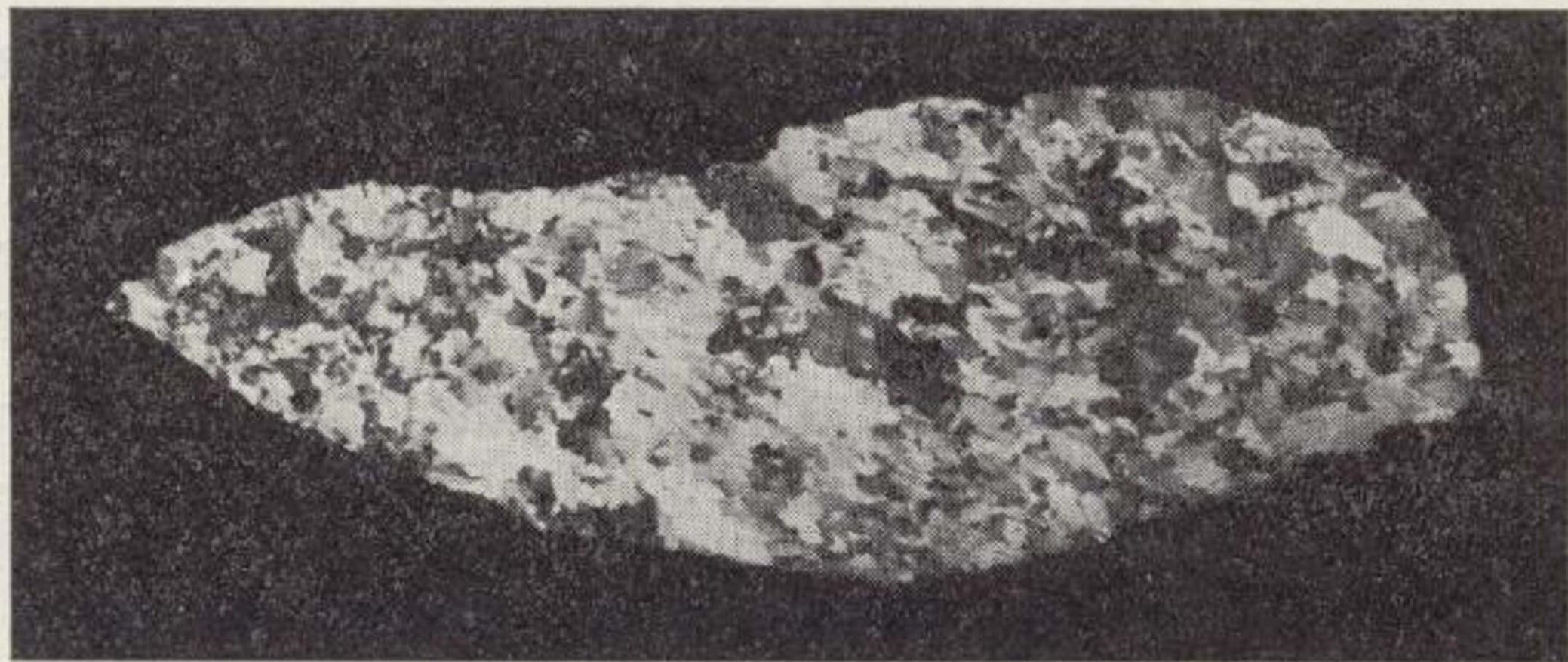


Figura 8

Aspecto en sección de un "canto metacuarcítico".

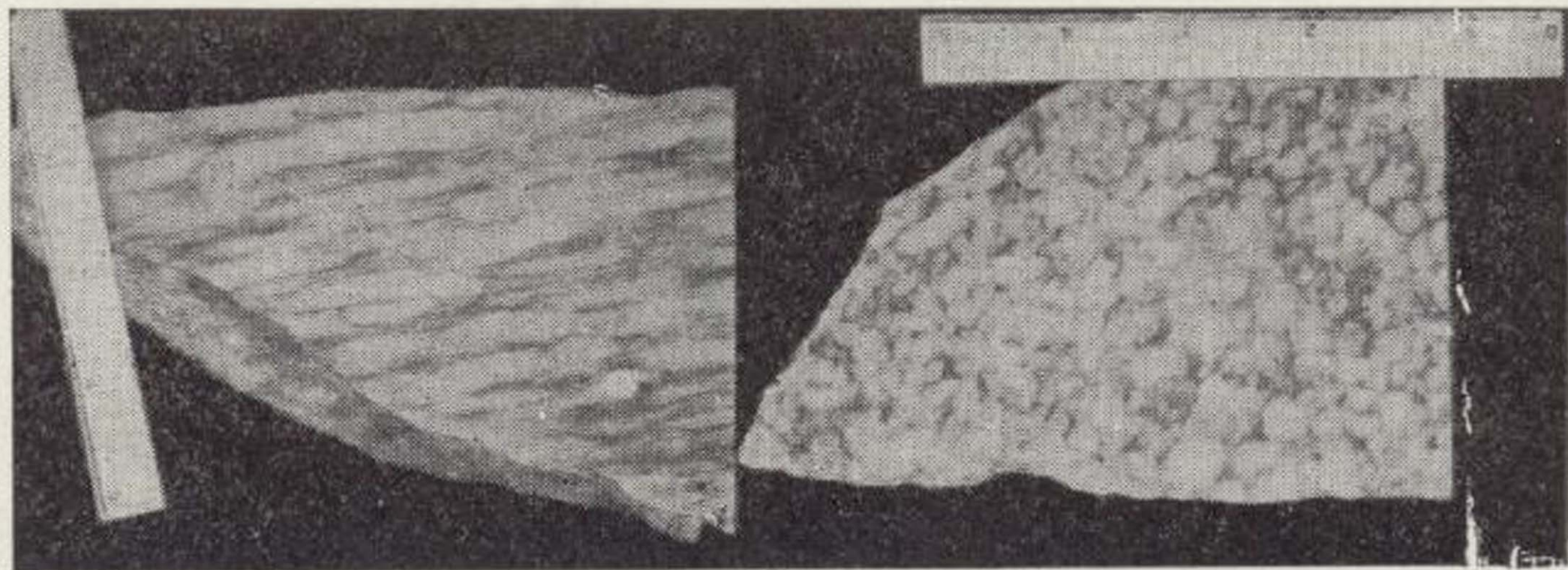


Figura 9

Aspecto de las facies conglomeráticas de La Tala.

2.2. PASTA.

Tiene una composición muy variable, en conjunto, aparece como detalle fundamental el hecho de que la fábrica de los "cantos" de metacuarcita sea del mismo tipo que la de la pasta.

Los filosilicatos que aparecen en ella son análogos a los de las pizarras regionales, con un mayor grado de silicificación en general, existiendo un auténtico fieltro silíceo en el cual se disponen los minerales micáceos.

Son también frecuentes en la pasta opacos y cir-

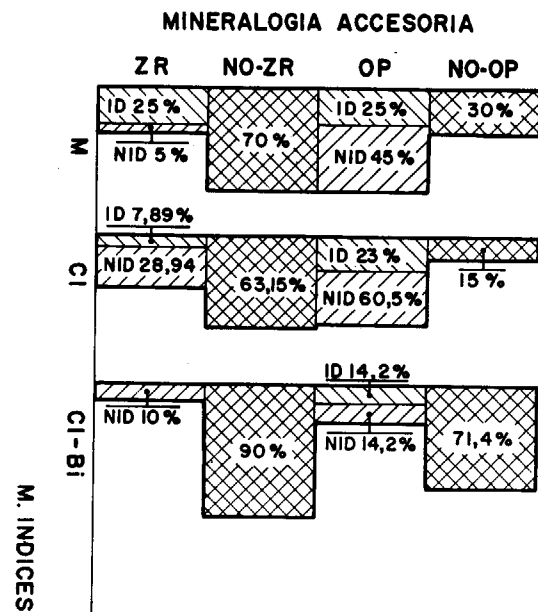


Figura 10

Relación entre los minerales índices metamórficos y la presencia e idiomorfismo de circones y turmalinas.

cones, siendo común el que sean idiomorfos. La relación entre el contenido de opacos y circones, su grado de idiomorfismo y la relación de ambos con los minerales índices vienen reflejadas en la figura 10.

3. DATOS DE CAMPO.

Con espesores variables, sin seguir ninguna ley clara de evolución sedimentológica, aparecen estas

facies conglomeráticas, que a veces se alentejonan, como unas grandes lineaciones de dirección NW-SE (fig. 11).

El aspecto que presentan es inconfundible, con caracteres tales como: cantos de algunos centímetros sueltos, colores rojizos de alteración, asociación con facies pizarrosas de colores pardo-rojizos, a menudo rotas y sueltas, pequeños diquecillos de cuarzo y en general un aspecto caótico.

A veces los cantos parecen soldarse entre sí para dar un diquecillo de pequeño espesor. Otras veces parecen auténticos diques de cuarzo que hubieran sufrido un proceso de glandularización.

Estas alineaciones parecen guardar una cierta relación con el estadio evolutivo metamórfico de los materiales con los que se relacionan. Así el anticlinorio de Martinamor-San Pedro de Rozados (Ordóñez y Mingarro, 1972) está flanqueado al N y el S por sendas corridas de conglomerados; lo mismo se puede decir del anticlinorio de Narros de Matayegüa.

Los contactos lineales, que a veces son fallas claras, con las rocas encajantes, acaban de configurar el aspecto con el que aparecen estos materiales en el campo. Es de notar también que no siguen las estructuras regionales como las deformaciones de las calizas, ni se ha encontrado en ellos cierre periclinal alguno.

Aparecen en total concordancia con unos materiales silíceos, de dirección NW-SE que atraviesan las Hojas 502 y 503 atribuidos a zonas de silicificación por Ordóñez y Mingarro (1972).

El saber si cortan a la S_0 de las pizarras es un problema difícil de determinar dada la naturaleza de los materiales pizarrosos y la dificultad existente para establecer los planos de estratificación. Sin embargo está clara la concordancia de los conglomerados con la esquistosidad dominante de las pizarras, hecho que puede observarse en casi todos los afloramientos.

4. DISCUSION DE LOS DATOS.

Si atendemos a los apartados 2.1.b. y 2.1.c. se ve que la naturaleza de los cantos cambia con los minerales índices del metamorfismo, lo cual nos lleva a considerar que si los "cantos" fueran primarios (sedimentarios) serían todos de cuarzo, y el proceso de poligonalización sería posterior y función del ámbito metamórfico en que se insertan estas series.

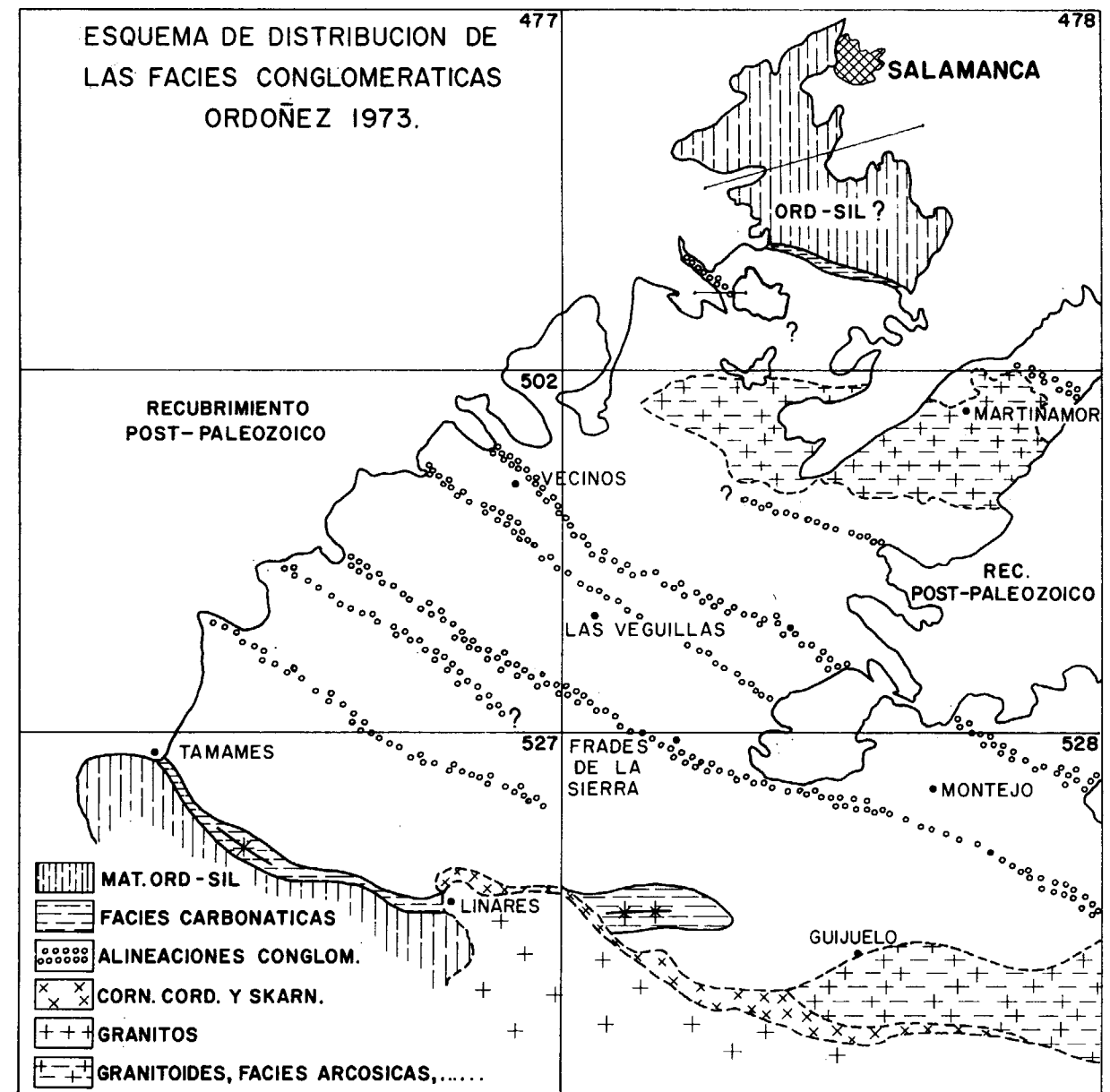


Figura 11

Esquema de situación de las "facies conglomeráticas".

En el apartado 2.1.c. hemos señalado el carácter difuso del contacto "canto metacuarcítico-pasta" y el carácter neto del contacto "canto de cuarzo-pasta", que puede ser explicado por el carácter secundario de la génesis de los "cantos metacuarcíticos".

La presencia de cantos con carácter mixto entre cuarcita y cuarzo, o sea cantos con poligonalización incipiente constituye otro argumento a favor de lo

que podríamos denominar "metacuarcitización" secundaria.

Por otra parte la presencia de cantos de albita, en general sin maclas, habitualmente bien redondeados, que se relacionan con el ambiente metamórfico, nos lleva a suponer que los "cantos feldespáticos" son secundarios. Si pensamos además, que desde el proceso de la sedimentación hasta los

procesos metamórficos existen una serie de procesos diagenéticos en los cuales, según Müller (1967) y otros autores, hubieran desaparecido los feldespatos, debido a la agresividad del medio en los estadios superiores de la diagénesis. Este hecho

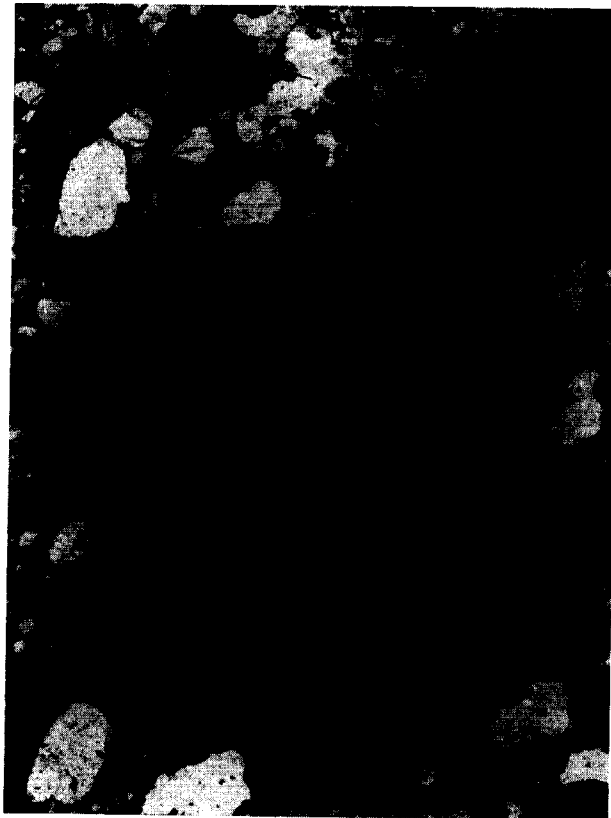


Figura 12

"Canto pizarroso" desflechado en uno de sus bordes.

contribuye a confirmarnos más en nuestra hipótesis del origen secundario de estos feldespatos

En cuanto a la presencia de restos de pizarras, la figura 12 que nos muestra la forma de dichos restos habla por sí sola y creemos no merece la pena insistir más sobre el tema. Los estudios de rayos X han demostrado la identidad entre estos "cantos" pizarrosos y las pizarras regionales asociadas a las "facies conglomeráticas".

La forma asimétrica de los cantos deformados indica claramente que el estado tensional donde se encuentran estos cantos es lo suficientemente complejo como para diferir de una compresión simple.

Las formas extremadamente alargadas de la figura 9 (a y b) resultan difíciles de explicar por deformación de cantos más o menos redondeados preexistentes.

Incluso el carácter redondeado que podría ser un dato importante a la hora de establecer una génesis sedimentaria, tiene muchas probabilidades de ser un carácter secundario.

En la figura 13 se muestra un "conglomerado tectónico" dentro de las facies calcáreas del Paleozoico de la zona de Arapiles. La roca original es una rítmica margo-dolomítica con ritmos de 0,5

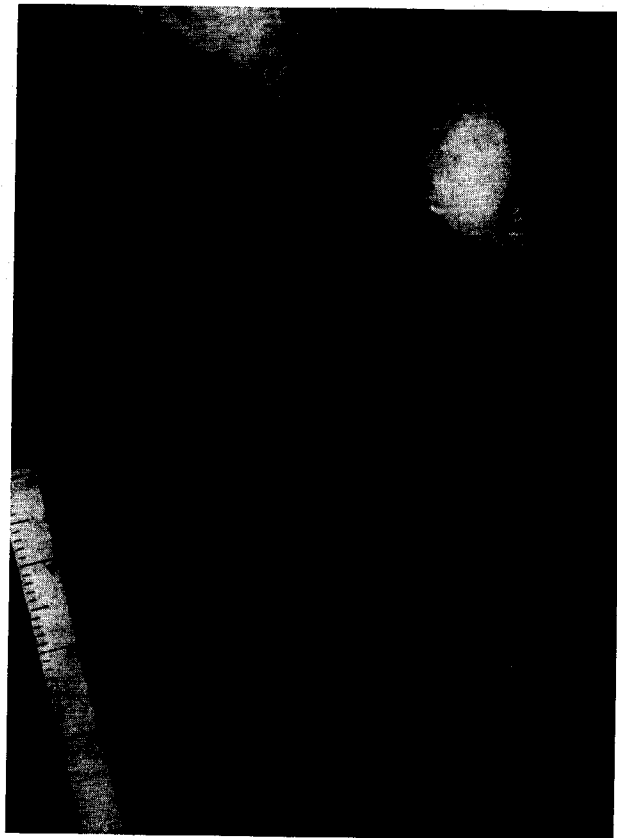


Figura 13

Roca brechoidea de origen tectónico, los "cantos" más oscuros son dolomíticos.

a 1 cm, localmente sufre un proceso deformante que da lugar a un conglomerado tectónico con cantos en "cola de golondrina" típicos.

En este conglomerado aparecen cantos redon-

deados metacuarcíticos. Estos cantos por razones sedimentológicas no pueden ser primarios (sedimentarios), ya que el ambiente de deposición de una rítmica margodolomítica es incompatible energéticamente con la presencia de cantos. Pues bien, estos cantos, debidos a un proceso de silicificación, detectable en el resto de las rocas carbonáticas asociadas, están redondeados. Este fenómeno podría explicarse porque el crecimiento de cristales en un ámbito de agresividad química lleva consigo el que lejos de presentarse con caracteres de idio-

giros, ahora bien en un mineral como es el cuarzo con una energía de blastesis tan baja este fenómeno sería difícil de demostrar por no poder observarse fácilmente texturas helicíticas.

El hecho de haberse observado muchísimos restos de pasta, opacos, minerales micáceos, en cantos tanto de cuarzo como de metacuarcita, pueden considerarse como argumento favorable a la génesis de cantos redondeados por giro.

Hemos visto como existen, asociados a estos conglomerados, gran número de opacos, generalmente con caracteres idiomorfos, así como circones idiomorfos, ambos se encuentran en cantidades muy superiores a las que aparecen en las pizarras donde encajan las facies conglomeráticas. A estos minerales no puede dárseles un origen primario sino que por el contrario tienen que estar relacionados con los procesos genéticos que dan origen a los conglomerados.

Las pizarras asociadas con estas facies están muy alteradas dando colores rojizos característicos, siendo frecuentes los diques de cuarzo más o menos continuos, concordantes con las lineaciones conglomeráticas a la macroescala, aunque a la microescala pueden ser discordantes.

De lo anteriormente expuesto se desprenden una serie de consideraciones:

a) Que resulta difícil imaginar una cuenca sedimentaria con sedimentación detrítica grosera donde no existan tendencias evolutivas respecto al tamaño, disminuyendo éste o aumentando a medida que se va hacia el área madre.

b) Que resulta paradójico también el hecho de que la mayoría de los aportes sean cuarzos monominerales.

c) La presencia de restos de pizarras, que no pueden aceptarse como de origen primario por la forma y el aspecto, intercalados con estos conglomerados, resulta también difícil de explicar mediante consideraciones de tipo sedimentario.

d) Las inclusiones de opacos, pasta, etc., en el seno de los cantos es demasiado abundante y difundida como para considerarla un carácter heredado de un área madre.

e) La gran variabilidad de la pasta micácea, a veces silicea, no es admisible en ambientes sedimentarios dentro de un mismo ciclo.

f) La manera de aparecer siempre concordante con las estructuras mayores nos sugiere que su

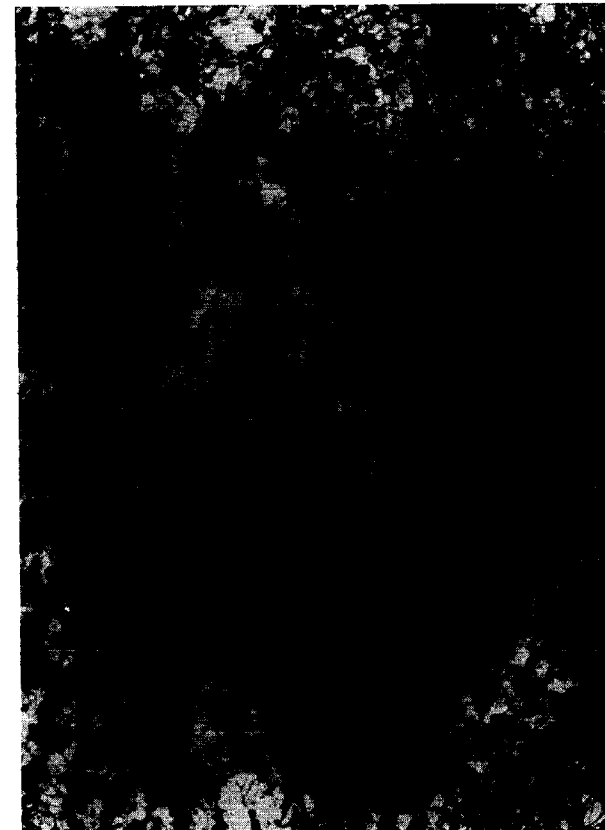


Figura 14

Textura subhelicítica en "canto metacuarcítico" (N. X. ×7).

blastos tienda a disminuir la superficie de contacto con el medio externo y por lo tanto a redondearse.

En algunos cantos se han encontrado formas que pudieran explicarse como subhelicíticas (figura 14), consideración que nos llevaría a pensar que muchos cantos redondeados puedan ser debidos a

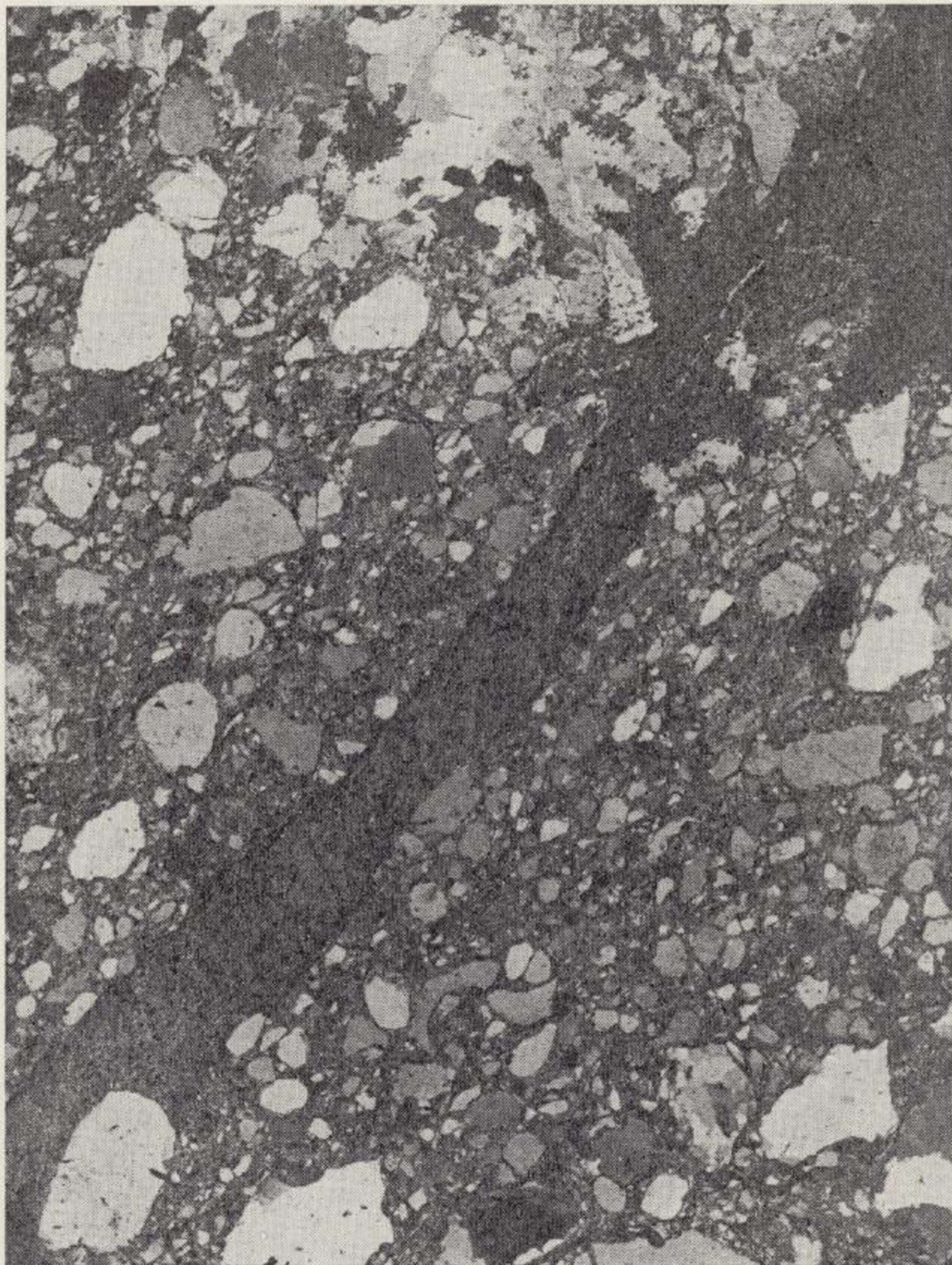


Figura 12

“Canto pizarroso” desflecado en uno de sus bordes.

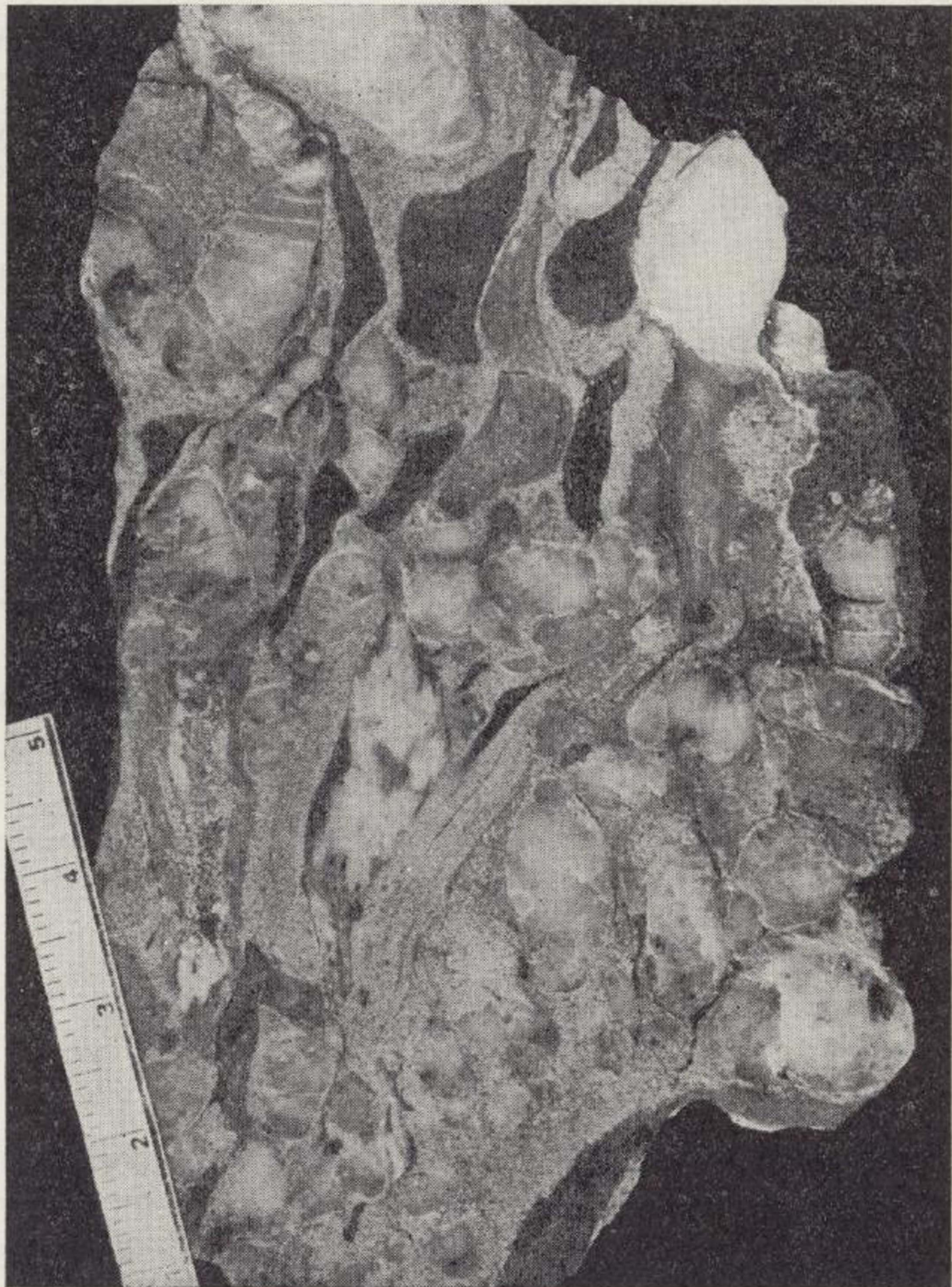


Figura 13

Roca brechoidea de origen tectónico, los "cantos" más oscuros son dolomíticos.



Figura 14

Textura subhelicítica en "canto metacuarcítico"
(N. X. $\times 7$).

génesis debe de estar asociada a la formación de dichas estructuras.

g) El carácter redondeado que pudiera invocarse para demostrar el origen sedimentario es fácilmente explicable por otros muchos procesos.

h) El presentarse en zonas de fractura, mineralizadas, con contactos lineales, así como sin control estratigráfico claro y con las características microscópicas ya señaladas, nos podrían llevar a decir que se trata de un material resultante de un dinamometamorfismo (pseudoconglomerado milonítico o cataclástico en el sentido de Spry, 1969), ahora bien, esta hipótesis dejaría sin explicar la concordancia entre la esquistosidad de las pizarras y las facies conglomeráticas, la relación entre los conglomerados y los estadios metamórficos de las rocas asociadas (definición S. 1 de anticlinorio y sinclinorio petrológico) (*) y la asociación con mineralizaciones.

5. MODELO PETRO-TECTONICO PROPUESTO.

Ante la imposibilidad de encajar los hechos observados y expuestos en los modelos genéticos clásicos para este tipo de facies, nos vemos en la necesidad de establecer un modelo que pueda explicar la génesis de estos materiales.

Un modelo en una ciencia no experimental como es la Geología es un ente contingente y por lo tanto sujeto a los avatares del progreso de las ciencias experimentales, a parte de la evolución lógica en el tratamiento de los datos y las nuevas interpretaciones de la propia geología.

Queremos dejar claro que es muy posible que este modelo teórico adolezca de muchos defectos y no sea sino un intento de explicar una serie de procesos poco claros, mediante la aplicación de conocimientos razonados y lógicos de las ciencias experimentales.

No se puede decir que se haya dado demasiada importancia, hasta el presente, a los factores petrogenéticos derivados de la situación tectónica de las rocas, sobre todo en ambientes epizonales. En un análisis de estos factores es en el que se basa fundamentalmente nuestro modelo.

(*) Proponemos este término para señalar el caso en que entre anticlinorio y sinclinorio no existe una diferencia estratigráfica marcada, sino una diferencia petrográfica derivada del ámbito metamórfico diferencial de los materiales que ocupan las mencionadas estructuras.

5.1. Consideraciones teóricas.

Analizando una deformación cualquiera y refiriéndola a un plano paralelo a la dirección de máxima deformación se puede expresar:

$$y = K_T \text{sen}(z) \quad [1]$$

siendo *y* un valor direccional y *z* un valor que expresa la amplitud del proceso deformante. *K_T* es una constante que expresa las características de la estructura deformada, consecuencia de las características mecánicas del material deformado y de los esfuerzos que provocan la deformación, fig. 5.

Por resistencia de materiales, conocida la ecuación de la deformada resulta sencillo calcular el estado tensional (momentos flectores y esfuerzos cortantes a lo largo de toda la estructura) independientemente de cual sea el origen de la deformación.

Aplicando los teoremas de Mohr (1.º y 2.º) se tienen las siguientes relaciones:

$$y = \frac{1}{EI} \int_A^B \left(\int_A^B M_f dz \right) \cdot dz \quad [2]$$

$$M_{fA}^B = \int_A^B \tau \cdot dz \quad [3]$$

Siendo *M_f* la ecuación de los momentos flectores y *τ* la ecuación de los esfuerzos cortantes; *E* es el módulo de elasticidad e *I* el momento de inercia de sección.

A la vista de las ecuaciones antes expuestas se puede deducir que:

$$M_{fA}^B = \frac{d^2 y}{dz^2} \cdot EI = -K_T \cdot \text{sen } z \quad [4]$$

$$\tau_A^B = \frac{d^3 y}{dz^3} \cdot EI = -K_T \cdot \text{cos } z \quad [5]$$

De donde se deduce inmediatamente que a lo largo de un ciclo completo de deformación (ant.-sincl.):

Deformada	M _f	τ
0	0	máx (—)
máx (+)	máx (—)	0
0	0	máx (+)
máx (—)	máx (+)	0
0	0	máx (—)

5.2. Consecuencias.

Si se considera una sección cualquiera de la deformación, se ve inmediatamente que al actuar sobre ella un momento flector negativo (fig. 15 a), típico de una situación anticlinal se crea una diferencia bórica entre la parte inferior y superior que sumada con las diferencias debidas a las propias cargas da como balance:

$$\text{grad } P_A = (\sigma_L + d\sigma_L) + (P + \alpha P) - [(\sigma_L) + (P)] > 0$$

y por lo tanto existe un gradiente bórico que crea un flujo de cargas volumétricas (principio de Onsager). Estos flujos volumétricos pueden producirse en cualquier estado de la materia incluso el sólido, fluyendo plásticamente, aunque en principio es lógico pensar en que los fluidos, en el más amplio sentido de la palabra, sean los que tienden a efectuar esta compensación de cargas volumétricas.

Sin embargo, en las zonas de situación sinclinal el balance bórico sería (fig. 15 b):

$$\text{grad } P_S = (\sigma_L + d\sigma_L) + (P) - [(\sigma_L) + (P + dP)] \leq 0$$

pero siempre tal que grad P_A » grad. P_S.

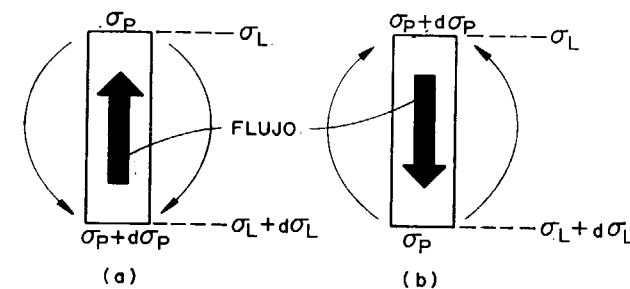


Fig. 15

Figura 15

Esquema teórico de los gradientes que condicionan el flujo: a) situación anticlinal, b) situación sinclinal.

Con los razonamientos expuestos puede verse como una misma formación estratigráfica puede, a niveles epizonales y mesozonales, aparecer con diversos aspectos petrográficos, dependiendo de su situación estructural. Este aspecto explica perfectamente el hecho de que las zonas anticlinoriales presenten estados metamórficos más energéticos que las zonas sinclinoriales.

En zonas catazonales e incluso mesozonales, de-

bido a la enorme desproporción entre las *σ_z* y *dP* carecen de validez estas argumentaciones.

Si analizamos los fluidos que se pueden movilizar más fácilmente en ambientes poco energéticos, el más móvil es el agua. Este agua puede cargarse de una serie de aniones y cationes muy importantes, la capacidad de movilización de la sílice, los feldespatos, etc., creemos que es una cuestión indiscutible en el momento actual, cuando se ha demostrado que las aguas termales naturales se encuentran cargadas de sílice (formas múltiples), feldespatos (potásico y sódico), aparte de gran cantidad de mineralizaciones, incluso de interés económico.

En las condiciones energéticas mínimas de un suelo existen, al menos, unas movilizaciones de elementos químicos, formaciones de nuevos minerales, cuyo balance energético es muy alto, pero fácilmente explicable por la actividad química de los cationes.

¿Qué ocurrirá en los procesos dinámicos y metamórficos de grandes series, con una composición química variada, con unas características físicas de permeabilidad diferenciales, con posibilidad de existencia de numerosos fenómenos de nucleación y epitaxia?: las posibilidades de movilización, neoformación, blastesis serán infinitamente mayores y como consecuencia de estos procesos de circulación de fluidos tendrán una gran importancia como factor petrogenético de indudable interés.

5.3. Análisis del estado tensional y direcciones de rotura preferente en toda la estructura.

En la figura 16 se muestra el análisis del estado tensional en una hemisección anticlinal mediante los círculos de Mohr y se compara con la ecuación de Mohr-Coulomb que da la relación entre *σ* y *τ* para rotura en función del ángulo de cohesión interna (*Φ*) y de la coherencia (*c*), siendo ambas magnitudes dependientes exclusivamente de la naturaleza de los materiales que se deforman.

Se observa que el punto I (fig. 16) de deformada 0 y de esfuerzos cortantes máximos, es el lugar donde existe la máxima probabilidad de rotura según un plano cuya dirección teórica vendría dada por una paralela a la línea que une el polo (*p*) y el punto de tangencia del círculo de Mohr, que refleja el estado tensional del punto, con la curva de Coulomb-Mohr.

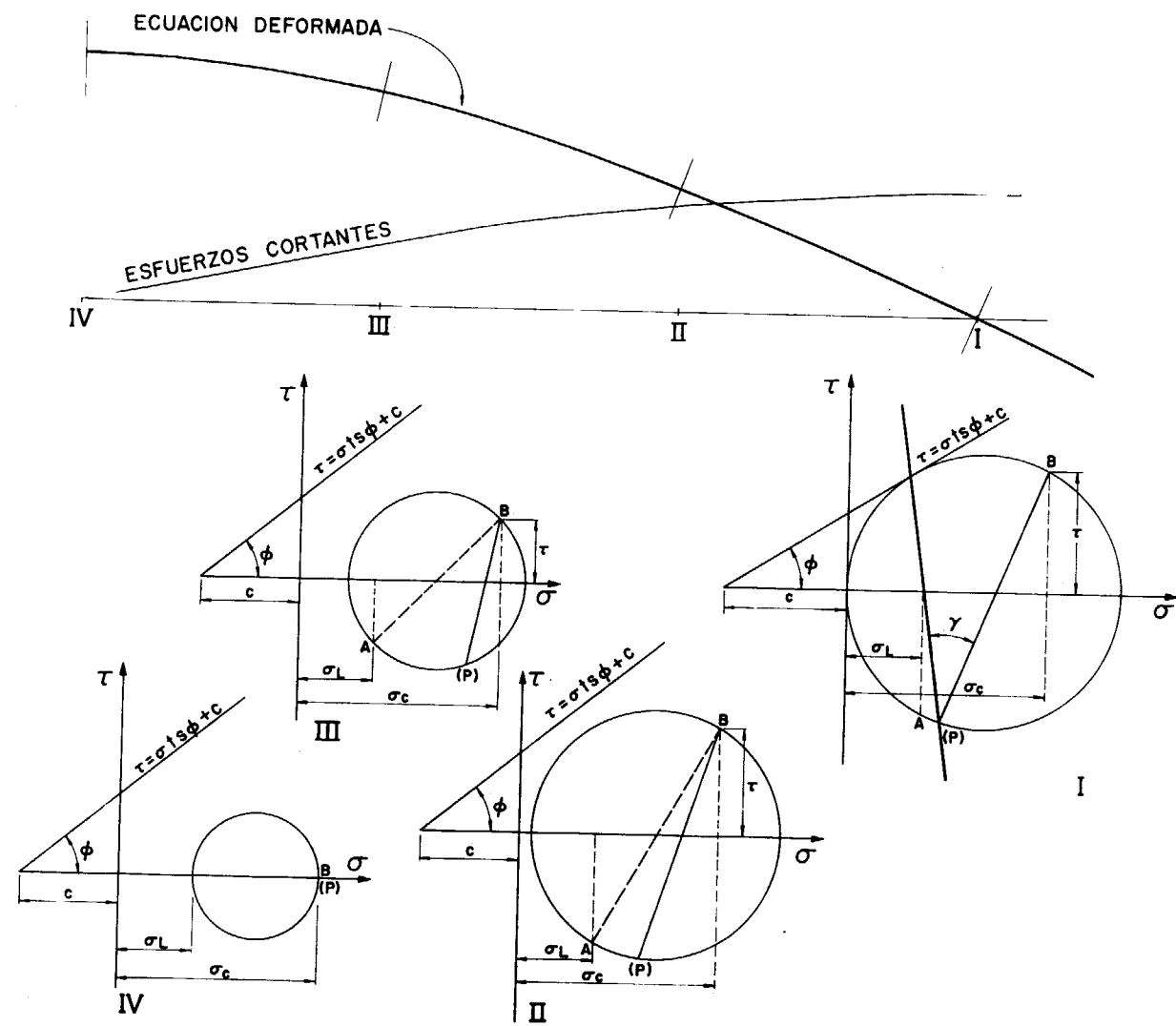


Figura 16

Análisis teórico de la zona máxima posibilidad de rotura, según el criterio de Mohr-Coulomb.

Como se ha visto en el apartado anterior existe una movilización de elementos químicos que responde a un hecho estructural. Estas zonas de rotura serán zonas preferentes de circulación de fluidos; en este ambiente tensional, las blastesis de cuarzo y feldspatos serían de tipo glandular e incluso con estructuras helicíticas, ya que el continuo cambio de direcciones de rotura a todas las escalas y los desplazamientos que cortarían a la esquistosidad podrían dar una explicación sencilla de las mencionadas estructuras (fig. 17).

6. CONCLUSIONES.

El modelo propuesto por nosotros da una solución aproximada a los siguientes problemas:

- Ubicación de los conglomerados a lo largo de zonas de fractura.
- Texturas de inclusión de matriz y opacos en los cantos.
- Relación con las rocas encajantes (definición de anticlinal y sinclinal petrológico).

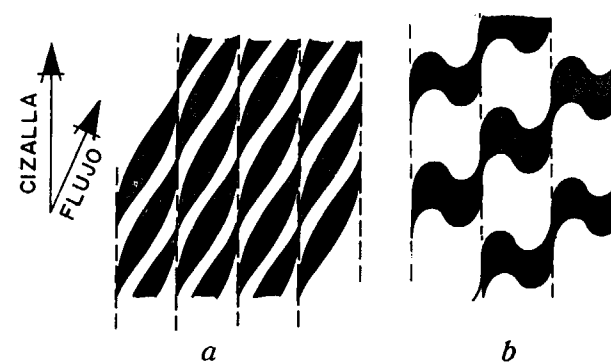


Figura 17

Modelo interpretativo de génesis de "cantos" por acción combinada de inyección y cizalla.

- Asociación con mineralizaciones.
- Forma de los cantos y texturas subhelicíticas.
- Relación entre la naturaleza de los "cantos" y el ambiente metamórfico.

En consecuencia podemos atribuir el origen de estas facies conglomeráticas a procesos de movilización ascendente de fluidos fundamentalmente síliceos en ambientes metamórficos dinámicos.

BIBLIOGRAFIA

LÓPEZ DE AZCONA, J. M.; MINGARRO MARTÍN, F., y LÓPEZ DE AZCONA, M. C.: *Mapa geológico de la Provincia de Salamanca*. Escala 1:200.000. Inst. Geol. Min. España. 1968.

MINGARRO MARTÍN, F., y LÓPEZ DE AZCONA, M. C.: *Mapa Geológico de España*. Escala 1:50.000. Hoja 502 Matilla de los Caños del Río. I.G.M.E. 1969). *Mapa Geológico de España*: Escala 1:50.000. Hoja 503. Las Veguillas. I.G.M.E. 1969.

MÜLLER, G.: *Diagenesis in arcillaceous sediments*. Developments in Sedimentology, 8, pp. 127-177. 1967.

ORDÓÑEZ, S., y MINGARRO, F.: *Estudio geológico de la zona Vecinos-Martinamor*. Estudios Geológicos, volumen XXVIII., pp. 297-314. 1972.

RAMSAY, J.: *Folding and fracturing of Rocks*. Mc Graw-Hill Book Company. 568 pp. 1967.

SPRY, A.: *Metamorphic Textures*. Pergamon Press. 350 pp. 1969.

Recibido: Septiembre 1973.

INFORMACION

Seminario internacional sobre inyección de aguas residuales en el subsuelo y prevención contra la contaminación de acuíferos subterráneos

El VII Curso de Hidrogeología Aplicada que organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y la Empresa Nacional Adaro, de Investigaciones Mineras, se ha desarrollado en Madrid, entre los meses de enero y abril de este año, organizó entre los días 25 y 29 de marzo un Seminario Internacional sobre inyección de aguas residuales en el subsuelo y prevención contra la contaminación de acuíferos subterráneos.

El Seminario ha estado dirigido por el Dr. García-Bengochea, especialista en técnicas de inyección de residuos industriales y urbanos y miembro de la Sociedad Black Crow and Eidsness, Engineers, de Gainesville (Florida) y el Dr. Ehrlich, del US Geological Survey, especialista en Biogeología. Estos especialistas extranjeros desarrollaron, a lo largo de los días que duró el Seminario, cuatro lecciones magistrales sobre los objetivos y las bases en que debe apoyarse la inyección de aguas residuales, los ejemplos prácticos de construcción de pozos para estas inyecciones, las características físico-químicas y microbiológicas de los líquidos residuales y las interrelaciones entre los residuos inyectados y el subsuelo.

Diversos especialistas españoles del Instituto Geológico y Minero de España, Servicio Geológico de Obras Públicas, Universidad, Sociedades privadas y de la propia Administración expusieron en brillantes conferencias las experiencias del país en esta materia.

El Seminario fue seguido con gran interés por un grupo de 120 selectos especialistas españoles de muy di-

versos Organismos y Sociedades relacionados con los temas de la hidrología y de lucha contra la contaminación estableciéndose, a lo largo de todas las sesiones, unas animadas discusiones sobre los temas tratados, que pusieron de manifiesto el interés que despierta esta materia hasta ahora tan poco conocida.

En la sesión de clausura, que tuvo lugar el día 29, se resumieron las cuestiones tratadas y se obtuvieron unas conclusiones que fueron discutidas por todos los asistentes y que son las siguientes:

— La eliminación de residuos líquidos industriales y las aguas negras de los núcleos urbanos por inyección en el subsuelo, es un método que cuenta ya con suficiente experiencia para poder ser aceptado.

— Ante el riesgo de contaminación de recursos que entraña toda operación de inyección, debe ir precedida de un estudio minucioso de las características locales, geográficas y especialmente geológicas e hidrogeológicas.

— Cualquier operación de inyección de residuos debe ser previamente autorizada por la Administración. Esta autorización podrá ser revocada en cualquier momento en que se comprueben defectos en las instalaciones o de contaminación.

— La Administración deberá ejercer un control efectivo y periódico del funcionamiento de las instalaciones.

— Solicitar de la Administración promueva en el plazo más breve posible las bases legales indispensables para la ejecución, vigilancia y control de este tipo de obras.

Las sesiones diarias fueron presididas por diversas per-

sonalidades especialmente invitadas y en la sección de clausura, que tuvo lugar el día 29, el Subdirector General de Estudios y de la Contaminación Industrial del Ministerio de Industria, Ilmo. Sr. D. Alfonso Enseñat de Villalonga, pronunció una interesante conferencia so-

bre los problemas que plantea la contaminación industrial.

Existe el propósito de publicar todas las conferencias desarrolladas en el Seminario en un número especial del Boletín del Instituto Geológico y Minero de España.

Conferencia de clausura del Seminario Internacional sobre inyección de aguas residuales en el subsuelo y prevención contra la contaminación de acuíferos subterráneos, pronunciada por el Ilustrísimo Señor Don Alfonso Enseñat de Villalonga, Subdirector General de Estudios y de la Contaminación Industrial

Me he sentido sumamente halagado por la invitación que el Presidente de la Comisión Docente del VII Curso de Hidrogeología Aplicada, señor Izaguirre, me ha dirigido para que pronuncie una breve conferencia de clausura. Me siento halagado por haber depositado en mí una confianza que no merezco, y me siento satisfecho por poder aportar mi modesta contribución a esta importante manifestación técnica; importante, no tanto por el número de participantes cuanto por su calidad. Han acudido a este Seminario técnicos muy cualificados con vocación de penetrar en un tema de actualidad y de futuro; un tema que si dejara de ser actual condicionaría muy seriamente nuestro futuro.

En esta breve conferencia no voy a hablarles sobre la temática que ha sido el punto central de este seminario ya que el pudor profesional me impide tan siquiera intentar añadir nuevas aportaciones a las magistrales lecciones de los expertos que me han precedido en el uso de la palabra en el curso de estas apretadas jornadas de trabajo que, si fueron bien programadas, han sido más brillantemente ejecutadas.

Vaya, pues, mi felicitación a los organizadores de las mismas.

Como broche de este ciclo de conferencias, quisiera hablarles sobre el tema del medio ambiente contemplado desde un punto de vista muy general. Pocas novedades se pueden decir, sin embargo, sobre esta cuestión ya que la tinta ha corrido abundante en los últimos cinco años en revistas especializadas y periódicos nacionales y extranjeros.

Contaminación es la alteración de las condiciones naturales de nuestro medio ambiente; es falta de oxígeno; es introducción de productos tóxicos o molestos en la atmósfera y en las aguas; es destrucción del paisaje por aportación de elementos extraños a la micronaturaleza o destrucción de los inherentes a la misma; es la modificación radical de los ecosistemas, cuya integración configura el mundo en que vivimos.

La industrialización es fuente de bienestar pero es origen de contaminación y causa de preocupaciones ambientales.

Los residuos industriales, en efecto, llevan componentes que no son fácilmente degradables o son nocivos y tóxicos. Estos materiales necesitan un tratamiento especial y cuidadoso control. Los problemas son particularmente graves en la industria química.

El proceso de la contaminación industrial sigue un ritmo vertiginoso. En Japón, por ejemplo, la emisión de contaminantes de las aguas antes del tratamiento, medida en DBO, era de 3.300.000 toneladas en 1955, y de 6.400.000 toneladas en 1970; estimándose que alcance 21.100.000 toneladas en 1985. Es decir, que en los últimos quince años se ha doblado y en los próximos tres lustros se triplicará.

Los perjuicios producidos por la industria amenazan su propia existencia y su ulterior desarrollo. Existen en todo el mundo ejemplos de regiones que rechazan la implantación de industrias consideradas tradicionalmente como contaminadoras aun a costa de deteriorar el índice de paro de la zona. A ello contribuye el robustecimiento de las presiones de la opinión pública, así como de otros intereses predominantes en cada área geográfica.

La contaminación industrial tiene una doble vertiente: contaminan las industrias y contamina el uso de los productos industriales. Puede decirse que el efecto pernicioso de las industrias se prolonga en sus frutos. La tara de la contaminación se hereda; es como una enfermedad congénita. Sin embargo, las industrias contaminadoras no son precisamente las que transmiten la epidemia. La fabricación de vehículos automóviles, en efecto, contamina poco, pero la circulación de los mismos es una importante fuente de contaminación de la atmósfera; por el contrario, la fabricación de aluminio es fuertemente contaminante, pero su empleo es inofensivo, salvo si se considera que los hierros retorcidos de las chatarrerías contaminan el paisaje.

En los primeros pasos del desarrollo industrial de un país no existen apenas problemas ambientales o si existen, están muy localizados o son disciplinadamente aceptados por una sociedad ansiosa de desarrollo.

El problema ambiental del desarrollo es su masificación o la concentración excesiva de actividades industriales o urbanas, más que la aparición de nuevas sustancias contaminantes. Una industria causa generalmente pocos problemas ya que el medio ambiente es capaz de absorber, purificar, diluir, dispersar los contaminantes que la misma emite; una aglomeración industrial presiona, en cambio, fuertemente sobre el medio ambiente, consume vorazmente los recursos ambientales que le rodean y, a la postre, es objeto de críticas y general repulsa.

Una comunidad uniformemente pobre pide industrias y una comunidad rica pide mano de obra para industrializarse más. La contaminación para ellas es un problema de segundo orden. El problema surge cuando en una comunidad pobre prevalecen algunos intereses determinados. Entonces aparecen enfrentamientos entre turismo e industria, inmovilismo y dinamismo, intereses individuales e intereses colectivos.

El objetivo de una política ambiental realista es conseguir el óptimo beneficio para la comunidad que vive y trabaja dentro de un área determinada. La solución correcta será aquella que reduzca la contaminación a niveles mínimos tolerables, sin que ello represente una reducción paralela del nivel de vida de la comunidad.

La disyuntiva entre mayor empleo o ambiente limpio no tiene sentido. La comunidad necesita ambas cosas. Los industriales y los tecnólogos tienen la responsabilidad de encontrar la solución al problema.

El desarrollo es condición necesaria—aunque no suficiente— del progreso y estabilidad sociales. Este desarrollo, sin embargo, sólo puede realizarse mediante el pago de un tributo: la contaminación o, lo que es lo mismo, mediante el consumo de recursos ambientales. La ralentización del desarrollo pudiera ser una solución para salvaguardar el acervo ecológico mundial, pero no es la única. La tecnología puede proporcionar una solución racional y justa al problema, por lo menos a corto plazo, y en función del nivel económico alcanzado por cada país.

En otras palabras, la respuesta a los problemas ambientales no se limita simplemente a reducir la producción y consumo de bienes y servicios, sino a racionalizar los mismos para minimizar en cada caso el impacto ecológico.

El desarrollo tiene un precio que es la contaminación; y la contaminación tiene un coste que es el coste social del desarrollo.

La desviación entre el coste privado y el coste social constituye una deseconomía externa, que sólo puede equilibrarse "internalizando" en el ciclo económico los recursos ambientales consumidos, es decir haciendo entrar

en la esfera económica dichos recursos. Ahora bien, para dar un valor económico a recursos considerados hasta ahora como gratuitos se hace preciso la intervención del Estado.

El menosprecio de los valores ecológicos ha sido tal, en lo que va de siglo, que si se valorara la depreciación de nuestro capital ecológico, el aumento del Producto Nacional Bruto en dicho período bien pudiera resultar una ficción o un espejismo.

La tecnología es uno de los elementos clave del desarrollo económico y del bienestar colectivo, pero también es uno de los elementos fundamentales de perturbación del medio ambiente. Una de las razones de aceptación de la tecnología es la constante cosecha del crecimiento económico.

Los futurólogos llegan a conclusiones pesimistas sobre el porvenir de la humanidad, ya que lo ven como una simple extrapolación del presente. Olvidan que la tecnología deberá buscar desde ahora nuevos objetivos. Preferentemente tendrá que devolver a la humanidad la calidad de vida de la preindustrialización—al estilo del siglo XVIII—con el nivel de vida de la post-industrialización—al estilo del siglo XX.

Es difícil predecir con seguridad si una determinada innovación tecnológica producirá efectos importantes sobre el medio ambiente, es decir si el tributo que debe pagar por su ejercicio será demasiado elevado. Sólo después de muchos años se ha descubierto, por ejemplo, el efecto nocivo de los plaguicidas persistentes, pese a su importante contribución a la desaparición del hombre en el mundo. Sin embargo, es en la propia tecnología donde precisamente el hombre encontrará las respuestas a los problemas ambientales. La tecnología es, pues, un arma de doble filo. En cualquier caso, el esfuerzo investigador debe orientarse hacia procesos y productos basados primordialmente en bases ecológicas.

Toda política ambiental debe evitar o reducir en lo posible los efectos perjudiciales de la contaminación sobre el medio ambiente; debe asegurar la sólida administración de los recursos naturales, el equilibrio de los sistemas ecológicos y la protección de la biosfera; debe guiar el desarrollo de acuerdo con las exigencias de la calidad de la vida; debe planificar la distribución geográfica de actividades.

La mejor protección del medio ambiente consiste en evitar la emisión de contaminantes en la propia fuente más que tratar de corregir sus efectos "a posteriori". La filosofía vigente en la mayor parte de los países industrializados para corregir las emisiones en el foco, es exigir la aplicación de los mejores medios prácticos disponibles. La aplicación de este principio establece ya de por sí una diferente consideración a las industrias nuevas y a las antiguas.

En una industria moderna diseñada adecuadamente es posible reducir al mínimo el impacto ambiental a un costo relativamente bajo. Las nuevas plantas se diseñan

de acuerdo con tecnologías en las que el consumo específico de agua por unidad de producto sea reducido, se utilice al máximo el sistema del reciclado y se recuperen las sustancias químicas incorporadas a las aguas residuales.

Muchas veces se aduce que el control de la contaminación puede resultar incluso rentable como consecuencia del ahorro de materias primas. Este optimismo es generalmente infundado en el caso de industrias antiguas.

Las inversiones necesarias para combatir la contaminación son realmente elevadas. Según un reciente estudio de la OCDE, publicado en 1973, dichas inversiones pueden representar un desembolso adicional para las industrias, del orden del 8,5 por 100. Existe, sin embargo, una notable variación de este porcentaje según el tipo de industria. Mientras la industria alimentaria debiera invertir en instalaciones depuradoras un 6 por 100 adicional sobre las inversiones totales productivas, la industria de fabricación de pastas papeleras llegaría a un 17 por 100. Las industrias siderúrgica, extractiva, de refinado de petróleo y química debieran destinar entre un 9 a un 11 por 100 de sus inversiones para fines ambientales. Las centrales térmicas debieran dedicar un 13 por 100 y la industria metalúrgica no férrea un 15 por 100. Si se tiene en cuenta que la inversión industrial en España en 1973 fue de 234.000 millones de pesetas, la aplicación de las medidas ambientales impuestas por otros países a sus industrias nos hubiera costado en dicho año unos 20.000 millones de pesetas, de los que aproximadamente la mitad corresponderían al capítulo de protección de las aguas. Todo ello sin contar las inversiones necesarias para limpiar los vertidos industriales de las plantas antiguas.

No todos los países pueden hacer un esfuerzo similar en materia de protección del medio ambiente. El esfuerzo debe ser acorde con el grado de desarrollo del país.

Un retraso de la puesta en marcha de una adecuada política ambiental resulta, sin embargo, peligroso, ya que su recuperación resulta siempre difícil si se atiende al gran esfuerzo financiero que representa la acumulación de las inversiones no realizadas a su debido tiempo.

El problema de contaminación de las aguas por las industrias en funcionamiento no puede resolverse por la simple aplicación de medidas coactivas (multas o indemnizaciones). Es más conveniente seguir la vía del estímulo económico. Los métodos utilizados pueden conducir a la elevación de los costes para el usuario (por ejemplo, establecimiento de un canon) o a la disminución de los mismos (mediante concesión de subvenciones, desgravaciones fiscales, préstamos a bajo tipo de interés, etc.).

La utilización de métodos diferentes en distintos países de un nivel económico similar puede llegar a producir serias distorsiones en el comercio internacional de los productos implicados en estos procesos contaminadores.

La planificación territorial debe basarse hoy día en consideraciones no sólo económicas y sociales, sino fundamentalmente ecológicas. La planificación territorial debe tener en cuenta el rendimiento ecológico de cada área geográfica.

El aire, el agua, el suelo, el paisaje, el silencio son recursos ambientales a los que se empieza a dar un valor económico. Así pues, la mayor o menor abundancia de estos recursos condicionará los asentamientos humanos y la localización de las actividades económicas. El des-entrevimiento de éstas, pues, estará sujeto a una explotación racional de dichos recursos ambientales para evitar su degradación por encima de unos límites intolerables y evitar situaciones conflictivas entre el nivel y la calidad de vida.

La planificación económica en el futuro estará, pues, sometida a restricciones de naturaleza ecológica. En consecuencia, habrá que enjuiciar globalmente la demanda actual y futura de recursos ambientales por parte de los diversos sectores económicos.

Es preciso inventariar los activos ecológicos y, sobre la base de estos inventarios, desarrollar las futuras alternativas ambientales, al objeto de seleccionar la que puede considerarse óptima.

Incluso los países con abundancia de ríos, lagos y costas tropiezan en los últimos años con dificultades para encontrar localizaciones adecuadas para las industrias. Ello se debe a la doble necesidad de disponer de un abastecimiento de agua de buena calidad y de un punto adecuado de evacuación de aguas residuales. Este último condicionante es el más perentorio, especialmente para las fábricas de pastas de papel, industrias químicas y refinerías de petróleo.

Las fábricas de pastas de papel constituyen grandes focos de contaminación al descargar sobre los recursos hídricos fibras, sustancias químicas tóxicas y sustancias nutritivas que pueden coadyuvar al fenómeno de la eutrofización. El tratamiento de las aguas residuales de estas industrias es, en muchos casos, prácticamente imposible desde el punto de vista económico. Para las nuevas plantas, sin embargo, parece que la tecnología reciente ha resuelto satisfactoriamente el problema.

La inyección de aguas de desecho en pozos absorbentes profundos es una de las varias soluciones que se ofrecen al problema de evacuación de las aguas residuales de origen industrial. El objetivo de la introducción de vertidos en el subsuelo es, en ocasiones, conseguir su depuración y en otras, su almacenamiento. En el primer supuesto, se utiliza la capacidad de depuración que posee el suelo con vistas a mineralizar la materia orgánica biodegradable. En los casos en que los vertidos son de un carácter difícilmente depurable en el estado actual de la tecnología o de un coste excesivo de depuración, se acude a la inyección en acuíferos profundos.

Las especificaciones técnicas de la inyección han sido ampliamente tratadas en este Seminario; sin embargo,

es preciso no perder nunca de vista que esta solución deberá ser instrumentada con gran cautela para evitar la contaminación de los mantos acuíferos, que constituyen una de las menas de agua más pura. Dichos recursos, en efecto, están normalmente mejor protegidos que las aguas superficiales y, por consiguiente, constituyen la fuente más idónea para el abastecimiento urbano. Nunca se podrá estar seguro de que los desechos cautivos no contaminarán las capas de agua subterráneas, ya que la posibilidad de fisuración de las capas de terreno por asentamientos geológicos será siempre un riesgo permanente.

Mientras la contaminación de las aguas superficiales puede ser pasajera debido a su arrastre por aguas limpias aportadas agua arriba de los puntos de vertido y a la simple dilución; por el contrario, la renovación de aguas subterráneas contaminadas puede ser un proceso largo y lento que puede extenderse a muchos años. La contaminación, pues, de un acuífero subterráneo suele tener consecuencias más graves que la contaminación de las aguas de superficie.

El almacenamiento de aguas no autodepurables en sumideros totalmente estancos puede preservar, en zonas localizadas, la calidad de las aguas de los cauces fluviales y salvar de la destrucción momentánea, la fauna y flora acuáticas. Dichas aguas podrán permanecer almacenadas durante siglos—como en hibernación—en espera de que nuevas técnicas de depuración las hagan servibles cuando la humanidad empiece a padecer sed. Serán como fósiles-testigos de una época despiadada para el medio ambiente e impotente de salvaguardar nuestro patrimonio natural.

Como conclusión, cabe decir que la inyección de aguas

Nota sobre la terminación del curso de Hidrogeología Aplicada

Con la entrega de títulos a los 29 participantes tuvo lugar, el pasado día 5 de abril, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, el final del VII Curso de Hidrogeología Aplicada, que se había iniciado en el mes de enero, organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y la Empresa Nacional Adaro, con la colaboración económica y técnica de un número considerable de Empresas privadas cuyas actividades se relacionan con la hidrogeología.

Han asistido al curso 29 titulados superiores de muy diversas procedencias: ingenieros de minas, ingenieros agrónomos, ingenieros de caminos, geólogos, etc., que han seguido con gran interés tanto las clases teóricas, que se han desarrollado diariamente en un aula de la Escuela de Minas, como los viajes de prácticas, donde

residuales en el subsuelo constituye una solución más al problema de la eliminación de los vertidos industriales. Sin embargo—dada la incertidumbre en muchos casos respecto a los regímenes de circulación de aguas subterráneas—una aplicación indiscriminada de esta técnica, sin un estudio previo y profundo de cada caso particular, puede suponer un grave peligro para nuestra riqueza hídrica.

Consciente de esta situación, el Ministerio de Industria se propone ejercer el necesario control sobre este tipo de instalaciones actuando a través de sus Delegaciones Provinciales y contando con el respaldo técnico del Instituto Geológico y Minero, cuya competencia en estos temas es bien conocida.

Sólo me resta reiterar mi felicitación a los Organismos patrocinadores de este Curso de Hidrogeología Aplicada por su acertada iniciativa en la elección del tema de este Seminario Internacional, así como por la brillantez de su organización; y desear, al propio tiempo a todos los participantes que hayan podido sacar el máximo provecho de estas jornadas, no sólo en su propio beneficio, sino en el del país, el cual demanda, cada vez con más insistencia, expertos en materia de contaminación con especialización en las múltiples facetas que la misma presenta.

Señoras y señores, declaro clausurado el Seminario Internacional sobre inyección de aguas residuales en el subsuelo y prevención contra la contaminación de los acuíferos subterráneos.

han podido comprobar sobre el terreno la aplicación de estas enseñanzas.

El curso ha tenido un desarrollo brillante y en él han intervenido como profesores veinte técnicos, especialistas en las diversas materias de la hidrogeología, del Instituto Geológico, de la Empresa Nacional Adaro, de la Universidad, de las empresas privadas, etc.

Entre los asistentes al curso hay que destacar la presencia por primera vez de varios países americanos (Ecuador, Méjico y Canadá) y, entre los españoles, figuraban técnicos de la Administración, las Empresas Nacionales y las Empresas privadas.

Dentro de este curso y con una breve duración, se ha organizado un Seminario especial sobre el interesante tema de la Inyección de Aguas Residuales en el Subsuelo

y prevención contra la Contaminación de Acuíferos Subterráneos, dirigido por dos especialistas norteamericanos. Ha sido seguido con gran atención no solamente por los alumnos del curso, sino por un nutrido número de especialistas españoles.

El Instituto Geológico, apoyado en diversas empresas privadas colaboradoras, está llevando a cabo actualmente en España el Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas—PIAS—, que cubre hasta el momento un 80 por 100 del territorio nacional con el

estudio sobre los recursos y su racional utilización. Este trabajo constituye, sin duda, el máximo esfuerzo investigador realizado nunca en nuestro país y estos cursos se apoyan, precisamente, en la enorme experiencia práctica que se está adquiriendo al desarrollar esta gran labor y tratan de contribuir a la mejor formación de los cuadros técnicos necesarios para llevarla a cabo y poder garantizar, en el futuro, un aprovechamiento completo de las importantes reservas de aguas subterráneas explotables de nuestro país.

Noticias

GEOLOGIA

CENTENARIO DEL MUSEO DE GEOLOGIA DEL DR. ALMERA

Durante el próximo curso académico 1974-1975 se conmemorará el primer centenario de la creación del Museo de Geología en el seno del Seminario Conciliar de Barcelona, centro de una escuela de renombrada personalidad científica, justamente reconocida, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, bajo el nombre de "escuela de geología del Seminario de Barcelona".

El museo de "geognosia y paleontología" fue iniciado durante el curso escolar 1874-1875 por el Rvdo. Jaime Almera Comas, recién nombrado profesor de Historia Natural y Geología, en el seminario enclavado en el hoy desaparecido antiguo colegio de jesuitas de la Rambla de los Estudios, junto a la actual iglesia de Belén. La incansable labor de recogida de materiales por parte del Dr. Almera hizo que se dispusiera pronto de un extraordinario Gabinete de Historia Natural, complemento de las clases teóricas de dicha asignatura. Lo que inicialmente fue instrumento pedagógico para los alumnos de bachillerato, en pocos años fue adquiriendo un valor científico universitario, de notables repercusiones en el conocimiento de la región y sus recursos geológicos.

El apoyo más eficaz lo encontró el Dr. Almera en sus propios alumnos y en el entonces vicerrector del Seminario, el Dr. Salvador Casañas, luego rector, más adelante obispo de Urgel y, durante los años 1901-1908, cardenal-obispo de Barcelona. En aquel entonces el museo era la primera institución científica barcelonesa en su especialidad. En una circular del Dr. Casañas, ya rector del Seminario, publicada en el "Boletín Oficial del Obispado" de febrero de 1879, al referirse a la Paleontología, se dice que "ocupa ella su debido rango en el museo, cabiendo hoy por hoy al Seminario la gloria de ser el único establecimiento científico de Barcelona que tiene esta importantísima rama de la Historia Natural". En 1882, al

pasar el Seminario al actual edificio de la calle Diputación, el museo fue instalado en una de sus amplias dependencias, donde el Dr. Almera continuó su labor. Los estudios de los terrenos de la región barcelonesa dirigidos personalmente por él enriquecían las colecciones y simultáneamente se iniciaba una valiosa biblioteca de ciencias geológicas.

En el año 1883 el Dr. Almera fue relevado de la cátedra por el Dr. Palou, dedicándose únicamente a la organización del museo en su nuevo emplazamiento. A partir de entonces su actividad científica, especialmente sus trabajos de campo iniciados en 1876 bajo la guía de J. Landerer en la región del Maestrazgo, se intensificaron de día en día, así como los viajes al extranjero y la relación con los más destacados geólogos mundiales.

El prestigio personal del Dr. Almera, sus numerosos artículos publicados en revistas científicas y las frecuentes notas aparecidas en la prensa local, referentes a sus notables hallazgos paleontológicos, contribuyeron a crear un clima propicio para que la Diputación Provincial organizase un servicio destinado a confeccionar el mapa geológico de la provincia. Este servicio fue confiado al Dr. Almera, en colaboración con el naturalista Dr. Arturo Bofill y con el topógrafo Eduardo Brossa. Esta labor comprende los años 1886 a 1915, durante los cuales fueron elaborados cinco mapas geológicos a escala 1:40.000, que corresponden a la región meridional o costera de la provincia, que totaliza una extensión de 2.400 kilómetros cuadrados. La mayor importancia del Museo del Seminario radica precisamente en haber servido de laboratorio en el que se estudiaban los riquísimos materiales reunidos por el Dr. Almera y que fueron utilizados en sus trabajos de levantamiento de dicho mapa. Complemento muy importante de estos materiales del país era la nutridísima colección de fósiles extranjeros, procedentes de los niveles y yacimientos típicos, y en su mayoría recogidos por el Dr. Almera y el señor Bofill en sus frecuentes exploraciones científicas realizadas con

ocasión de su participación en Congresos y reuniones internacionales.

Además del material geológico, en el museo se iba acumulando, desde el principio, una importante colección zoológica, así como también una importante biblioteca de Ciencias Naturales. Podemos citar la rica colección malacológica y un lote de obras de dicha materia del benedictino P. Cervelló; libros y trabajos sobre diatomeas actuales y fósiles de F. de Delás; una parte del herbario y la biblioteca del prestigioso botánico J. Monserrat y Archs y un selecto lote de rocas traídas del extranjero por el célebre médico-naturalista Dr. Carlos de Gimbernat (1765-1834).

Cabe aclarar, en orden a enjuiciar exactamente las enormes pérdidas sufridas por el museo durante la devastación de 1936, que una notable parte (más de 7.000 especies de fósiles) de la colección paleontológica, reunida durante los trabajos del levantamiento del mapa a cuenta de la Diputación Provincial, quedó ya inicialmente traspasada al Museo de Ciencias Naturales de Barcelona en vida del Dr. Almera, encontrándose intacta en el actual Museo de Geología (Museo Martorell) del Parque de la Ciudadela. Junto con dichos fósiles fueron entregados también a la Diputación algunas obras de consulta fundamentales (Sacco-Bellardi, Barrande...), costeadas por dicho organismo y actualmente incorporadas a la biblioteca de Cataluña.

Desde la muerte del Dr. Almera, ocurrida a principios de 1919 hasta 1926, da la impresión de que el Museo Geológico del Seminario experimente una grave crisis. La antedicha cesión de materiales y libros, el traspaso a la Mancomunidad de Cataluña del Servicio del Mapa Geológico de la provincia, prácticamente radicado en el Museo del Seminario durante más de treinta años, la misma muerte del Dr. Almera, precedida un año antes por la del Dr. Palou, son circunstancias que influyeron considerablemente en crear una situación un tanto delicada.

Afortunadamente, el Dr. Almera, además del malogrado Dr. Norberto Font i Sagué, su discípulo predilecto, muerto a los treinta y seis años en 1910, contaba por lo menos con otros dos discípulos competentes y bien preparados para continuar su obra: el Dr. Faura y Sans y el Dr. Bataller. Es evidente que por su mayor antigüedad y por su gran prestigio el sucesor obligado del maestro en la dirección del Museo del Seminario era el Dr. Faura. Con todo, éste estaba muy vinculado, desde 1913, a las cátedras de Geología de la Universidad y de la Escuela Superior de Agricultura, y desde 1915 había sucedido al Dr. Almera en la dirección del servicio del mapa geológico, que en adelante abarcaría toda Cataluña y que radicaba en el Museo Martorell. Por otra parte, el Dr. Bataller, recién licenciado y designado profesor de la Escuela Superior de Agricultura, discípulo también del Dr. Almera, pero mucho más vinculado personalmente con el Dr. Faura, estaba iniciando su forma-

ción de campo en el servicio del mapa geológico de Cataluña, en completa independencia del Museo Geológico del Seminario. Todo lo cual inducía a pensar que el Museo del Seminario, en su calidad de centro de alta investigación, dejaba de obtener un objetivo concreto, siendo este tal vez el mayor motivo de pesimismo en relación con su futuro.

En coincidencia con aquellas fechas la diócesis pasa por una situación difícil. El obispo don Ramon Guillaumet (1920-1926) se encuentra en precaria salud, produciéndose cierta apatía general en los asuntos diocesanos. En 1925 es nombrado el Dr. don José Miralles Sbert coadjutor del Dr. Guillaumet con derecho a sucesión. Su temperamento dinámico y sensible a toda manifestación cultural hizo que inmediatamente el Dr. Miralles manifestara su vivísimo interés por elevar el nivel espiritual y científico del Seminario.

El Dr. Bataller—ordenado sacerdote en 1917—era en 1926, nombrado catedrático de Ciencias Naturales y director del Museo del Seminario de Barcelona.

El Dr. Ramón Bataller Calatayud, nacido en 1890 en la localidad valenciana de la Pobla de Duc, termina su carrera sacerdotal en 1917.

Una vez sacerdote continuó y terminó en Madrid la carrera de Ciencias Naturales, que comenzara años atrás en Barcelona, licenciándose en 1919 y graduándose de Doctor en Ciencias, con la calificación de sobresaliente, en junio de 1920. A su regreso a Barcelona fue llamado por don Luis M.^a Vidal, a quien ayudó en los dos últimos años de su vida—entre 1920 y 1922—en la ordenación de la riquísima colección paleontológica que dicho eminente geólogo había reunido en su domicilio particular.

El contacto a nivel personal con don Luis Vidal, el conocimiento detallado de dicha colección y el libre acceso a su biblioteca contribuyeron, seguramente, a reforzar la vocación paleontológica del Dr. Bataller. Con tal contacto coincidían en una misma persona la positiva influencia de Vidal y Almera, figuras señeras de la ciencia geológica y universal. Nadie mejor preparado que el Dr. Bataller para coordinar y valorizar los riquísimos materiales de las dos colecciones del Dr. Almera y de don Luis M.^a Vidal que, a la muerte de ambos maestros, pasaron a disposición de la "Junta de Ciències Naturals", de Barcelona, y quedaron depositadas en el ya mencionado Museo Martorell.

Los años que discurrieron entre 1920 y 1926 constituyeron para el Dr. Bataller una importante etapa en su preparación científica, sólidamente fundamentada en sus estudios universitarios cursados en Barcelona y en Madrid y complementada con su iniciación práctica en las escuelas geológicas españolas de Almará, Hernández-Pacheco (Madrid) y Vidal. Durante este tiempo continuó con creciente intensidad sus trabajos de campo en la provincia de Tarragona, junto con Faura, Fallot y Vilaseca. Sus excursiones con Mr. Fallot rebasaron pronto

los límites de dicha provincia para extenderse hacia la comarca del Maestrazgo en Castellón, el Bajo Aragón, en Teruel, y más adelante hacia la región andaluza.

Pensionado varias veces por el Gobierno español, en París se relaciona personalmente con Mr. J. Lambert, Mr. H. Douvillé, Mme. Lemoine, Mr. M. Boule y el P. Teilhard de Chardin, con quienes departió sobre materiales españoles de las respectivas especialidades. Con el P. Teilhard, concretamente, consultó sobre la mandíbula pontiense de Sant Miquel del Taulell, determinada como *Hyaenictis graeca*.

Tuvo una destacada labor en la realización del Congreso Geológico Internacional celebrado en España en 1926, en el que presentó sus notas geológicas sobre el Secundario y el Terciario de la región pirenaica.

También como antaño y contrastando con la apatía general que se observaba en los medios científicos barceloneses, motivada en gran parte por la supresión por la Dictadura del "Servei del Mapa Geològic de Catalunya", durante el decenio 1926-1936 fueron elaborados por el Dr. Bataller, en nuestro museo, cinco hojas del incipiente mapa geológico nacional a escala de 1:50.000, correspondientes a la provincia de Tarragona (Tortosa, Alcanar, Hospitalet de l'Infant, Tarragona y Valls).

Después de la desaparición total—entre 1936-1939—de las valiosas colecciones del museo, el Dr. Bataller reaccionó vivamente, y en el 1939, antes de reanudarse la vida normal en el Seminario, se lanza a la ímproba labor de recuperación de los pocos materiales que escaparon a la destrucción y que además se encontraban dispersos.

Con los materiales recuperados y con la biblioteca del Dr. Almera, salvada de la destrucción general, se emprende con gran entusiasmo una nueva etapa de la historia del museo. El Dr. Bataller sabe conjugar su investigación personal y renovar la escuela científica iniciada por el Dr. Almera rodeándose de colaboradores, siendo sus propios alumnos del seminario quienes contribuyen eficazmente a la labor de recuperación y de renovación emprendida.

Entre 1943 y 1956 son 10 las nuevas hojas del Mapa Geológico nacional cuya parte paleontológica y estratigráfica fueron elaboradas por el Dr. Bataller en el Museo del Seminario. Son las hojas correspondientes a Tárrega, Cervera, Mataró, Igualada, Puigreig, Guisona, Reus, Isona, Tabuenca y Tarazona.

Un excelente índice de la actividad científica desarrollada en el museo, bajo la dirección del Dr. Bataller en la etapa de postguerra, lo constituyen los 11 volúmenes de *Trabajos del Laboratorio de Geología del Seminario*, iniciados en el año 1940, el noveno de los cuales apareció en 1964, fecha en la que fue tributado al insigne maestro un merecido homenaje por sus antiguos alumnos seminaristas.

Aparte del enriquecimiento en colecciones, en libros y en instrumental de laboratorio la aportación sustancial

del Museo del Seminario al desarrollo de la Geología y Paleontología patrias durante los treinta y seis años de dirección del Dr. Bataller (1926-1962) puede sintetizarse en una doble línea de actuación. En primer lugar debe destacarse la elaboración, entre los años 1926 y 1956, de la parte paleontológica y estratigráfica de 16 hojas del mapa geológico nacional al 1:50.000, de las cuales 14 corresponden a Cataluña, con 8.400 kilómetros cuadrados de superficie, o sea más de tres veces la superficie cartografiada, si bien a escala más detallada, por el Dr. Almera. A pesar de la nueva reestructuración en el plano nacional se trata, ni más ni menos, de una continuación de la labor proyectada por el "Servei del Mapa Geològic de Catalunya" y frustrada por la supresión de dicho servicio, anteriormente mencionada.

El otro aspecto de la aportación del Dr. Bataller se concreta en el nombramiento como encargado de curso y luego como titular, previa oposición, en 1949, de la cátedra de Paleontología y Geología Histórica de la Universidad de Barcelona. Esta designación fue unánimemente aplaudida en los medios científicos, considerándola como fruto maduro de la labor paleontológica iniciada por el Dr. Almera en 1874. Con la particularidad de que se trataba de una cátedra de nueva creación y sólo para dos universidades, las de Madrid y Barcelona, por lo cual implicaba, aparte de la docencia que el Dr. Bataller ejerció penosamente en sus últimos años, el montaje y la organización de un nuevo Laboratorio de Paleontología, con sus colecciones de base, su instrumental y su biblioteca especializada. Todo ello se hizo, en los comienzos, con materiales y publicaciones procedentes del Museo del Seminario, colaborando en todo ello el Dr. Luis Vía Boada, profesor adjunto de dicha cátedra y sucesor del Dr. Bataller en la dirección del Museo del Seminario. Añádese a ello, aunque en otro plano, la fundación por el Dr. Bataller, en 1951, de la sección de Paleontología de la delegación barcelonesa del entonces Instituto Lucas Mallada, del C.S.I.C., cuya jefatura ha quedado involucrada desde entonces en la Cátedra de Paleontología de la Universidad, pero cuya actuación en vida del Dr. Bataller (1951-1962) tuvo como sede y laboratorio el Museo Geológico del Seminario.

Nada tiene de extraño que en la reorganización del C.S.I.C. efectuada en 1965, al integrar todos los centros de investigación geológica de Cataluña, hasta entonces dependientes del Instituto Lucas Mallada, en un nuevo organismo de carácter regional, fuese éste designado espontáneamente como "Instituto Jaime Almera".

Al crearse y dotarse la Cátedra de Paleontología en 1949 sólo existían en España dos secciones universitarias de Ciencias Geológicas, la de Madrid y Barcelona, y dicha disciplina oficialmente sólo podía profesarse en las mencionadas universidades. En 1959 eran ya cuatro y actualmente existen seis Facultades universitarias de Ciencias Geológicas con sendas cátedras de Paleontología, lo cual implica que el número de licenciados en Cien-

cias Geológicas en la actualidad es mucho más considerable que treinta años atrás; ello implica también que la labor subsidiaria que el Museo del Seminario y sus hombres han venido desarrollando tan eficazmente desde su fundación actualmente no tiene razón de ser, por lo menos en los campos de la docencia y de la cartografía geológica.

A pesar de ello la vida del Museo en la nueva etapa, condicionada por la muerte del Dr. Bataller a fines de 1962, no solamente ha continuado hasta alcanzar su centenario, sino que se muestra próspera y pujante. Se explica en parte por la previsión de los responsables del Arzobispado, regido por el Dr. Modrego, quienes destacaron a tiempo al Dr. Luis Vía, uno de los discípulos predilectos del Dr. Bataller, para que se capacitase científicamente y pudiese colaborar asiduamente (1946-1962) con su maestro en la doble labor docente e investigadora. Gracias a tal providencia no ha habido crisis de continuidad y la inevitable crisis de reorganización y el cambio de rumbo impuestos por las nuevas circunstancias han podido ser superados satisfactoriamente.

Dentro de un amplio fondo de continuidad la nueva orientación ha consistido en acentuar la simbiosis del Museo y Laboratorio del Seminario con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas ya iniciada y desarrollada por el Dr. Bataller desde 1951, al adoptar el museo como sede de la Sección de Paleontología del entonces Instituto Lucas Mallada. Cabe destacar y agradecer en este punto las decisivas gestiones llevadas a cabo por el Dr. Solé Sabarís y por el malogrado Dr. Llopis Lladó (presidente y vicepresidente, a la sazón, del Instituto Lucas Mallada) en favor de la continuidad y estabilización de la relación Museo-Consejo, gestiones que cristalizaron con la creación, en 1966, de la actual sección de Bioestratigrafía adscrita al Patronato Alfonso el Sabio y de la que es jefe-fundador el actual director del Museo y profesor de Investigación del C.S.I.C., Dr. Luis Vía Boada.

La simple enumeración de las mejoras conseguidas en los diez últimos años, gracias a la colaboración Museo-Consejo, llenaría bastantes páginas. Se trataría del ingreso de nuevos materiales paleontológicos, fruto de numerosas exploraciones y de la incorporación de importantes colecciones particulares (Llopis, Lladó, Uthoff, Guerin, Almirall...); de nuevas adquisiciones, por compra y por intercambio, de importantes fondos para la biblioteca; de un abundante y variado instrumental óptico, fotográfico y mecánico destinado al laboratorio, de la elaboración de numerosos trabajos que han dado lugar a más de 40 publicaciones que se suman a las casi 600, aparecidas desde la fundación del museo. Es preferible subrayar lo que constituye el objetivo apropiado al momento presente y que consiste en la preparación de monografías completas (hasta ahora casi totalmente desconocidas en España) sobre diversos grupos de fósiles con miras a la correlación estratigráfica de los estratos que los con-

tienen (Bioestratigrafía). Objetivo ampliamente logrado, en cuanto a los decápodos del Eoceno Español, con la tesis del Dr. Vía publicada en 1969. En esta misma línea trabajan en sus respectivas tesis o tesinas los licenciados Sebastián Calzada (braquiópodos del cretáceo) y José M.ª Medrano (equínidos del eoceno), actuales becarios de la sección. Esto no es óbice para que paralelamente el Centro, al que en toda su complejidad se ha ido dando el carácter de eficaz instrumento de trabajo, cumpla con otros objetivos de gran interés científico, según se indica en el organigrama.

Se trata, en pocas palabras, de no desaprovechar, para la investigación y para la divulgación científica, la feliz confluencia de un museo de tanta solera, con tanta riqueza de materiales, de un laboratorio bien dotado de instrumental y de una biblioteca con fondos de inapreciable valor y altamente especializada. Todo ello bajo la orientación de un profesor de investigación, a su vez jefe de la Sección de Bioestratigrafía y director del museo, secundado por un equipo de personal competente, entusiasta y desinteresado.

MINERIA

ASOCIACION DE PAISES PRODUCTORES DE BAUXITA

En Conakry (Guinea) se ha celebrado una conferencia de países productores de bauxita, que han creado la World Governmental Bauxite Association. Los órganos de la nueva asociación son el Consejo de Ministros, de rango superior; el Comité Ejecutivo y el Secretariado, cuya sede probablemente radicará en Jamaica. En un principio, sus actividades se limitarán al intercambio de información, a la investigación, a la comercialización y a la prospección, pero, en una fase posterior, se pretende la instalación de industrias del aluminio.

Los países participantes en la conferencia fueron Australia—el primer productor mundial, con 12,3 millones de toneladas en 1972—, Jamaica, Guinea, Guayana, Surinam, Yugoslavia y Sierra Leona; la producción total de estos países en 1972 fue de 42 millones de toneladas, sobre una producción mundial de 65 millones. En calidad de observadores, asistieron Argelia, Camerún, Ghana y Malí.

MINERALURGIA

PRODUCCION DE ACERO EN MAYO DE 1974

UNESID (Unión de Empresas Siderúrgicas) acaba de suministrar la estimación de la producción de acero en el mes de mayo, que asciende a 1.011.000 toneladas, so-

brepasando por segunda vez en lo que va de año la cota del millón de toneladas/mes. La producción acumulada en el período enero-mayo supera los 4,7 millones de toneladas.

EVOLUCION SIDERURGICA EN EL PRIMER TRIMESTRE DE 1974

Informa UNESID (Unión de Empresas Siderúrgicas) que la producción de acero en el primer trimestre ha sido de 2,74 millones de toneladas, con un aumento medio mensual del 1,3 por 100 sobre 1973. Este escaso aumento se debe a que las producciones de enero y febrero se vieron influidas desfavorablemente por la avería ocurrida en una acería integral. En el mes de marzo se ha alcanzado ya una cota de producción que supera en cerca de un 10 por 100 a la media mensual de 1973.

La estimación del consumo aparente de acero para el trimestre ha sobrepasado los 2,9 millones de toneladas, con una media mensual de un 6,1 por 100 mayor que la de 1973.

En cuanto al comercio exterior, las corrientes comerciales han descendido en ambos sentidos como consecuencia de la falta de oferta exterior y de la fuerte demanda interior. Las importaciones se redujeron en un 20,5 por 100 y las exportaciones en un 30,4 por 100, con respecto a la media de 1973.

HIDROCARBUROS

PRODUCCION DE PETROLEO EN EL MAR DEL NORTE

En una conferencia sobre geología celebrada en Bergen (Noruega), Mr. Ward W. Dunn, de la Philips Petroleum, ha declarado que la producción de petróleo de los yacimientos de Ekofisk, en el sector noruego del Mar del Norte, es actualmente de unas 6.000 toneladas diarias, y que será desde finales de marzo/principios de abril de 1974, de unas 12.000 toneladas diarias. El consumo diario de petróleo en Noruega es de unas 23.000 toneladas.

ENERGIA

INVESTIGACIONES EN EL CAMPO GEOTERMAL DE LANDAU

En la "ciudad Jardín" de Landau, en el Palatinado, se encuentra el "campo geotermal" más prometedor hasta ahora de Alemania Occidental.

Las anomalías de calor terrestre en Alemania Occidental son muy modestas, en los campos geotermales de

Landau como en la región de Urach, son de esperar temperaturas de 500 °C a profundidades de 8.000 metros y más. A profundidades de 1.000 metros son de esperar temperaturas de 100 grados. Esto limita las posibilidades de aprovechamiento del calor terrestre y reduce su rentabilidad.

En los grandes experimentos que se desarrollan actualmente en Landau, los científicos han pensado obtener agua caliente, a unos 180 grados, mediante perforaciones a más de 2.000 metros de profundidad. Este agua será dirigida a presión a los recuperadores térmicos, y una vez que se haya enfriado se la hace descender nuevamente para reciclarla.

La segunda anomalía ya experimentada, cerca de Urach, no resulta indicada para tal experiencia en este primer estadio, ya que en las profundidades a que se debe perforar—también aquí a unos 2.000 metros—no son de esperar formaciones rocosas con agua suficiente. A profundidades de 800 metros se encuentran ya rocas macizas de una gran dureza e impenetrabilidad, que requieren elevados costes para su perforación y que apenas si tienen agua.

Por este motivo, es seguro que primeramente se empezará con el aprovechamiento del calor terrestre de los campos geotermales de Landau. En el caso de que los estudios que se realizan aquí actualmente concluyan satisfactoriamente, el primer intento se iniciaría en el curso de un año, con la primera perforación cuyos costes se estiman serán superiores a un millón de marcos.

REUNIONES CIENTIFICAS

XVI ASAMBLEA GENERAL DE UNION INTERNACIONAL DE GEODESIA Y GEOFISICA

Del 25 de agosto al 6 de septiembre, se celebrará en Grenoble (Francia), la XVI Asamblea General de la U.G.G.I.

Con tal motivo se celebrarán sesiones plenarias de las siguientes asociaciones internacionales integradas en la U.G.G.I.: Geodesia, Sismología y Física del Interior de la Tierra, Meteorología y Física atmosférica, Geomagnetismo y aeronomía, Ciencias físicas del océano, Vulcanología y química del interior de la tierra, Ciencias hidrológicas.

Los simposios celebrados con tal motivo serán: 1. Papel de la geofísica química y petrología experimental en la división de los modelos terrestres. 2. Teoría y experimentos referentes a procesos geodinámicos. 3. Flujo de calor y geodinámica. 4. Fenómenos geodinámicos precursores, simultáneos y posteriores de los terremotos. 5. Movimientos recientes de la corteza. 6. Propiedades magnéticas de los basaltos y su relación con las anomalías magnéticas. 7. Cambios seculares de anomalías magnéticas. 8. Evolución de la atmósfera planetaria. 9. Análisis,

proceso e interpretación de datos geofísicos. 10. Las oceánicas y geodinámicas. 11. Antiguas plataformas marginales. 12. Volcanismo submarino. 13. Sondeos profundos marinos: la historia del océano. 14. Estructura profunda de los volcanes. 15. Modificaciones a escala grande de los sistemas de aguas recientes y sus efectos en el medio oceánico. 16. Aspectos meteorológico e hidrológico de las sequías continentales. 17. Isótopos e impurezas en nieve y hielo. 18. GARP. Primer objetivo. Predicción de las lluvias. 19. GARP. Segundo objetivo. Cambios climáticos. 20. Contaminación marina. 21. Contaminación atmosférica. 22. Relaciones mesoesfera estratosfera. 23. Sensibilidad óptica de la atmósfera. 24. Interacciones Tidal. 25. Efectos globales en el medio interplanetario, magnetosfera, interacciones atmósfera baja. 26. Química física y química inorgánica del mar. 27. Geoquímica del mar. 28. Variación de la estructura de los océanos con el tiempo. 29. Geodesia marina. 30. Óptica oceánica. 31. Atmósfera alta y problemas de electricidad atmosférica. 32. Problemas termal y químico de las aguas termales.

BASES DEL PREMIO DE PRENSA "RAMON SALANOVA" DEL I.º SALON MONOGRAFICO DEL AGUA

1.ª El Salón Monográfico del Agua, convoca el premio periodístico Ramón Salanova, como homenaje perdurable a la memoria del que fue excelente profesional en la prensa y radio zaragoñas, y que se distinguió por su constante afecto ininterrumpido hacia los certámenes comerciales zaragozanos, desde de inauguración del primero de los mismos en 1941.

2.ª Podrán concurrir los autores de trabajos publicados en Prensa o Emitidos por Radio nacionales, durante el período comprendido entre el 1.º de junio al 31 de octubre inclusive, del presente año de 1974, sobre el tema: "Agua, vida y sociedad moderna."

(Primer Salón Monográfico del Agua-13-17, noviembre 1974. ZARAGOZA.)

Se establecen dos premios: uno de VEINTICINCO MIL y otro de DOCE MIL pesetas.

La extensión de los trabajos no excederá de tres páginas tamaño folio, mecanografiados por una sola cara a doble espacio.

También se concederá un diploma de mérito a los medios de difusión que hayan divulgado los trabajos premiados.

3.ª Para poder optar a este premio deberán enviarse tres ejemplares de cada una de las publicaciones en que hayan aparecido los artículos.

Cuando se trate de trabajos radiados, los concursantes habrán de presentar una certificación del Director de la Emisora por la que haya sido radiado el trabajo presen-

tado a concurso, haciendo constar por separado la dirección postal completa del autor.

4.ª La recepción de los artículos se cerrará el día 7 de noviembre de 1974.

5.ª Cada concursante podrá presentar cuantos trabajos crea conveniente, sin limitación alguna.

6.ª El Jurado encargado de discernir los premios será designado por el Comité Ejecutivo de la Feria y su fallo será inapelable.

7.ª El fallo se hará público a través de los medios habituales de difusión y el autor premiado recogerá personalmente el premio en acto oficial, que se anunciará oportunamente, y siempre ANTES del 15 de diciembre de 1974.

CLAUSURA DEL VIII CURSO DE HIDROGEOLOGIA "NOEL LLOPIS"

El pasado 19 de junio, a las siete y media de la tarde, tuvo lugar, en el salón de actos de la Facultad de Ciencias (Pabellón de Geológicas), el acto de clausura del VIII Curso de Hidrogeología "Noel Llopis", que para graduados organiza el Departamento de Geología Económica (C.S.I.C.). La Dirección General de Obras Hidráulicas (M.O.P.) y los Departamentos de Estratigrafía y Geomorfología y Geotectónica (Facultad de Ciencias), así como la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

La conferencia de clausura versó sobre el tema "La evolución del concepto de planificación hidráulica", que estuvo a cargo del Ilmo. Dr. Ingeniero D. Manuel Gómez de Pablos, Director del Servicio Geológico de Obras Públicas.

ASOCIACION INTERNACIONAL DE CIENCIAS HIDROLOGICAS

Esta Asociación, cuyo cincuentenario se celebró recientemente (creada 1922), está dividida en seis comisiones: Comisión internacional de aguas superficiales. Comisión internacional de aguas subterráneas. Comisión internacional de erosión y sedimentación. Comisión internacional de neveros y glaciares. Comisión internacional de calidad de las aguas. Comisión internacional de sistemas y relaciones referentes a las reservas de agua.

NOTA DE LA ASOCIACION NACIONAL DE FISICOS

La Asociación Nacional de Físicos de España está intentando recoger todos los datos precisos para la edición por vez primera de un Anuario de Físicos Españoles.

Con este motivo ruega a cuantos licenciados y Doctores en Ciencias Físicas estén interesados en participar y colaborador, envíen nombre, dirección y domicilio profesional, a la secretaría de la Asociación: ANFE, Bolivia, 36, bajo A, Madrid 16.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

SEPARADOR MAGNETICO PARA BENEFICIO DE MINERAL

En el "Massachusetts Institute of Technology" (MIT) de EE. UU., se ha diseñado un nuevo separador magnético para el beneficio de mineral de hierro de magnetismo débil. Según se informa, con este aparato puede someterse a tratamiento para extracción de hierro entre 3 y 5 toneladas por hora de mineral de traconita débilmente magnético.

OBTENCION DE ALUMINA DE LA BAUXITA

La firma norteamericana "Aluminium Co. of America" (ALCOA), ha puesto a punto una técnica nueva para la obtención de alúmina a partir de bauxita con un consumo de energía un 40 por 100 inferior. Esta técnica consiste en sustituir los hornos rotatorios tradicionales utilizados para el proceso de calcinación de la bauxita por calcinadores fijos de caldeo instantáneo. Con ello se facilita notablemente el proceso de recuperación del calor residual y se reducen simultáneamente las pérdidas de calor por radiación debido al mejor aislamiento de los nuevos calcinadores. ALCOA está instalando los primeros hornos de este tipo en Mobile.

RECUPERACION DE ANHIDRIDO MALEICO

Según un método desarrollado por la firma belga UCB, puede recuperarse el anhídrido maleico obtenido como subproducto de las operaciones de fabricación del ácido ftálico. Después de separar el ácido ftálico, el efluente líquido, que contiene una serie de subproductos formados durante la reacción, se concentra y deshidrata térmicamente y el anhídrido maleico es recuperado por destilación con un rendimiento del 95 por 100. La empresa UCB indica que se pueden recuperar por esta técnica hasta 4.500 toneladas anuales de anhídrido maleico como subproducto de una producción de ácido ftálico de 80.000 toneladas anuales.

LA OBTENCION DE COMBUSTIBLES A PARTIR DE MATERIALES DE DESECHO

En Japón se ha iniciado una campaña de investigaciones para obtener combustibles líquidos o gaseosos a par-

tir del reciclado de materiales de desecho: los plásticos de desecho, los neumáticos usados y la basura.

En el campo de los plásticos residuales, la empresa "Kawasaki Heavy Industries" ha montado una planta piloto para la pirólisis de plásticos fundidos, con una capacidad de tratamiento de 5 toneladas diarias. Por su parte, el Instituto de Utilización de Plásticos de Desecho, en colaboración con las empresas "Sanyo Electric", "Mitsubishi Heavy Industries" y "Sumitomo Ship Building and Machinery", ha puesto a punto tres técnicas diferentes para el reciclado de plásticos. La primera basada en la fusión de los plásticos por medio de microondas y en su descomposición térmica con ayuda de un dispositivo helicoidal. La primera planta piloto en la que se emplea esta técnica ha sido instalada en la ciudad de Kusatsu, para una producción diaria de 4,9 toneladas.

Otra técnica propuesta consiste en un proceso de destilación en seco, habiéndose iniciado las primeras experiencias en septiembre último en una planta piloto con una capacidad de tratamiento de 100 kg/hora. El otro proceso se basa en la pirólisis de los plásticos en lecho fluidizado, habiéndose realizado los ensayos correspondientes en una planta piloto con una capacidad de tres toneladas por día.

Otros dos procesos de reciclado de plásticos han sido puestos a punto por las firmas "Shin-Meiwa Industry" y "Mitsui Petrochemicals", en colaboración con la "Mitsui Ship Building". Uno consiste en la pirólisis catalítica de los plásticos, a cuyo fin han construido una planta piloto para el tratamiento diario de 250 kilos, y actualmente tiene en construcción una nueva planta con una capacidad de tratamiento de una tonelada diaria de plásticos. La técnica desarrollada por la "Mitsui Petrochemicals" se basa asimismo en un proceso de pirólisis que se lleva a cabo en dos etapas, para lo que dicha empresa ha montado una planta piloto, con una capacidad de tratamiento de 35 toneladas diarias.

El reciclado de neumáticos de desecho ha sido objeto de estudio por la empresa "Kode Steel", que tiene en ensayo una técnica basada en el empleo de un horno giratorio con calefacción externa, encontrándose en período de construcción la primera planta piloto para el tratamiento de 20 a 30 toneladas diarias de neumáticos según este procedimiento. El sistema puesto a punto por las firmas "Japan Gasoline" y "Japanese Gern", constituye una técnica de lecho fluidizado, realizándose actualmente los planos para la construcción de una instalación con una capacidad de tratamiento de 5.000 toneladas anuales.

Respecto al reciclado de basura se está desarrollando un proyecto basado en la pirólisis de cenizas, y otro en el reciclado de basura por medio de técnicas de fluidizado. Para ambos procesos se encuentran en vías de construcción sendas plantas piloto, que se espera entren en funcionamiento antes de finalizar el presente año 1974.

ECONOMIA

LAS INDUSTRIAS QUIMICA
Y PETROQUIMICA EN LA URSS

Las industrias química y petroquímica de la Unión Soviética han experimentado en 1973 un incremento del 11 por 100 frente al incremento medio del 7,4 por 100 del resto de la industria soviética considerada en conjunto. La producción de petróleo, por ejemplo, aumentó en 28 millones de toneladas, la de fertilizantes en 6,3 millones de toneladas, la de gas natural en 15.000 millones de metros cúbicos, la de productos plásticos y resinas en 278.000 toneladas y la de fibras sintéticas en 84.000 toneladas. El consumo de fertilizantes minerales ascendió a 58 millones de toneladas, con un aumento de 4,5 millones de toneladas respecto a 1972, y el de abonos fosfatados a 1,51 millones de toneladas, con un aumento de 652.000 toneladas.

CONVENIO INDUSTRIAL
ITALIA-BULGARIA

En enero del año en curso, los gobiernos de Italia y Bulgaria han firmado un convenio industrial por un período de diez años. La colaboración se extenderá a los sectores químico, petroquímico, farmacéutico, textil y

electrónico. En las reuniones mantenidas con este país, la delegación búlgara ha señalado los proyectos prioritarios para su país y que son: una instalación para la producción de 80.000 toneladas/año de etileno; otra para la fabricación de polietileno, con una capacidad de 50.000 toneladas/año; otra de polipropileno, de 80 a 100.000 toneladas/año; otra de acetaldehído, de 70 a 90.000 toneladas/año, y otra de benceno, de 240.000 toneladas/año. El país búlgaro requiere ayuda también para la fabricación de pesticidas, herbicidas, pinturas, tintes y productos auxiliares para la industria textil. La firma italiana "Montedison" cubrirá la colaboración entre ambos países en el campo de la electrónica, particularmente en el de los ordenadores.

COMPLEJO PETROQUIMICO

En Australia, un consorcio formado por las empresas "ALCOA", "Imperial Chemical Industries", "Mitsubishi Corp.", "Ampol Petroleum Ltd." y "Colonial Sugar Refining" (estas dos últimas de capital exclusivamente nacional), en unión de un organismo oficial australiano encargado de la promoción de inversiones (la "Australian Industries Development Corp."), se disponen a construir una planta para la producción, a escala mundial, de cloro y sosa cáustica, así como un gran complejo petroquímico.

Necrológicas

J. GARCIA SIÑERIZ

Nació José García-Siñeriz en Valladolid en el año 1886, terminando brillantemente la carrera de Ingeniero de Minas en 1908. A lo largo de su vida fue dejando una estela de hombre de ciencia no fácil de olvidar. Sus virtudes fueron muchas, pero como nadie carece de algún defecto, el suyo fue una sordera progresiva que le acompañó a lo largo de los años más importantes de su vida.

Cuando a principios del año 1929 empecé a trabajar con él, ya era bastante duro de oído y esto fue un importante lastre a lo largo de sus actividades profesionales. Sin duda le hizo cambiar mucho de carácter y personalidad, porque el entender mal, no adolece de grandes inconvenientes en las conversaciones de grupo. Raro es el coloquio donde no surja la contestación inadecuada, siempre en perjuicio suyo. Esto le situaba en una posición de inferioridad, aunque fuese muy superior a los que le rodeaban. Mejoró en las relaciones humanas cuando se decidió al uso de la anticuada trompetilla, que al obligar a dirigirse a él, le permitió mejorar las relaciones con el prójimo y además escuchaba lo que quería y con ventaja para él.

Cuando empezó a emplear aparatos electrónicos auditivos mejoró más aún, pero nació en él la lucha contra los ruidos.

Es curioso que antes le gustaban los cafés y lugares de reunión ruidosos, pues a él no le llegaban a molestar los ruidos. En cambio los conversantes suelen gritar sin darse cuenta y nuestro hombre lo entendía todo. Pero en la era del aparato amplificador, tenía que tener cuidado con la graduación del volumen. Se hizo frecuente su frase: "Por Dios, no me grite, que me atruena la cabeza", y bajaba el volumen.

La parte más importante de la obra de Siñeriz fue la realización de cerca de 80 investigaciones geofísicas de gran extensión.

El primer trabajo geofísico que se hacía en la Península por españoles, lo realizó Siñeriz en Cantillana (Sevilla). Era el estreno del método sísmico de refracción y la creación de los equipos de campo que se formaron con Carlos Ortí, Manuel Pastor, Juan Targhetta y yo. Pocos meses después hizo con nosotros el primer trabajo gravimétrico que se hacía en España para prospección de petróleo. La zona era Garrucha (Almería). En

todos los aspectos de la geofísica aplicada fue Siñeriz el primero de la Península. Pero si nos referimos al Mundo, también publicó el primer libro, referente a esta nueva ciencia.

Inició en nuestro país la prospección de agua subterránea por métodos geofísicos. Primero con gravimetría en Totana (Murcia), descubriendo una cuenca artesiana de interés económico. Más tarde en los llanos de León con los métodos gravimétrico y sísmico de refracción, con la misma finalidad.

Gran desarrollo de la investigación de aguas subterráneas se produjo al idear y construir en los laboratorios del IGME su aparato "Siñeriz" de corriente continua, que resultó durante muchos años de gran eficacia.

Fueron muy importantes los trabajos gravimétricos y sísmicos en la cuenca potásica de Cataluña, extendiéndose luego hacia Navarra y marcando con el método sísmico el primer sondeo positivo de sales potásicas en Monreal.

En las cuencas carboníferas realizó una importante labor también con el método sísmico, resolviendo problemas que se tradujeron en la puesta en marcha de las Minas de la Camocha.

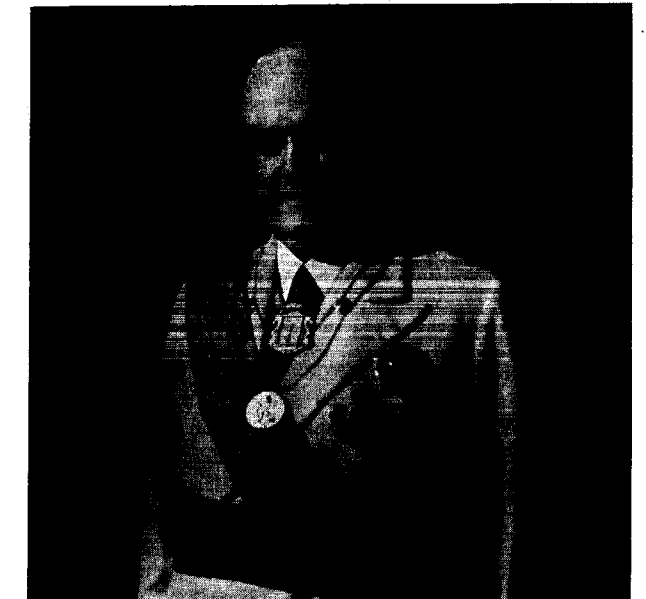
Creo que vale la pena contar algunas anécdotas más o menos graciosas, como recuerdo de lo que fue. En una investigación sísmica en 1942, le había llegado el turno a una explosión de 125 kilos de dinamita, introducida en un pocito de dos metros de profundidad. Trabajábamos en un casi desierto, sin peligro aparente para nadie. A pesar de ello cumplimos la ley dando los toques reglamentarios de corneta y vigilando las sendas próximas, pues no había otros accesos que cuidar en aquel sitio.

Pero a veces el Diablo gasta también sus bromas, y la desgracia hizo que un hombre de edad, montado en un burro, se metiese en la zona peligrosa, quedando a unos 40 metros en el momento de producirse la gran explosión. El hombre y el burro rodaron por el suelo arrastrados por la onda, y al darnos cuenta, corrimos aterrados hacia él para juzgar los daños humanos de nuestra investigación. Al llegar al anciano comprobamos en seguida que por suerte no le había tocado ninguna piedra y que estaba bien. Gritando, como teníamos costumbre con Siñeriz, le preguntamos qué le había pasado: "Nada", nos dijo, "pero he oído un tiro y no sé por qué me he caído del burro". "Está mucho más sordo que yo", observó Siñeriz como encantado de no ser el único.

En 1940 hizo un equipo del IGME una investigación geológica-geofísica del Estrecho de Gibraltar. A la cabeza Siñeriz, porque no fallaba nunca en el campo. El estudio era sísmico como base y embarcamos con nuestros equipos en Algeciras en un pequeño remolcador del Ejército. Nos tenían que desembarcar en una playa desierta, cerca de Alcazarseguer (Marruecos). Como le encantaba mandar y tenía gran espíritu militar, no dudó en dar la orden de salida sin escuchar que el Es-

trecho estaba cerrado al tráfico por un impresionante temporal.

A veces es tan difícil hacer comprender a un sordo que no discutimos y allá fue nuestro equipo que solo por un milagro volvió. Las olas pasaban por encima de la cubierta y nosotros nos movíamos atados con cuerdas para no ser arrastrados por el mar. Casi perdimos una caja de aparatos, menos mal que eran de repuesto y alguna caja de dinamita. Después de muchas horas de lucha y porque cerca de la costa africana calmó mucho el mar, conseguimos desembarcar en un lugar resguardado de la costa con nuestra difícil carga. Al fin pasó la tormenta y el mareo que llevábamos dentro. Salió el sol radiante en la playa, lejos de Alcazarseguer y nos disponíamos a hacer una comida de naufragos a base de latas. Entonces Siñeriz dijo entusiasmado: "Qué maravilla, sólo por poder contar todo esto, se podía dar dinero en lugar de cobrar". El comentario gracioso es



que se quería ahorrar nuestras dietas aprovechando el naciente optimismo, en aquella playa con mucho sol y una comida que con hambre y buen vino que llevábamos, nos supo a gloria.

Una vez montadas nuestras tiendas de campaña, que eran varias y habían de durar unos veinte días en el lugar, preparamos la tienda comedor a base de un mobiliario, no estético, pero bastante cómodo; la alfombra era una capa de paja, que no sé de donde salió. Las sillas y mesa, cajas de 25 kilos de dinamita, que resultaban de un tamaño muy adecuado. Como era de noche alumbramos la sala con muchas velas bien repartidas. Los efectos de luz eran realmente bonitos. El comedor era un éxito. De pronto entró uno de los mecánicos que tropezó torpemente y lanzó dos velas encendidas por el



aire. Le reprendí para que tuviera más cuidado y Siñeriz se puso su trompetilla y quiso enterarse de mi enfado. "No le mporte", me dijo, "tenemos de sobra velas de re-puesto". No había ligado muy bien las velas con la dinamita y la alfombra de paja. El Divino Sordo como le llamábamos cariñosamente algunos compañeros de trabajo había hecho una de sus deliciosas observaciones de sabio distraído.

Durante muchos años realizamos una expedición mensual de quince o veinte días de duración y nuestro hombre jamás faltaba ni se ponía enfermo. Era puntual como nadie. El primero en llegar a cualquier reunión, y el sentido del deber tenía para él un carácter casi religioso.

Con ese ritmo de trabajo pasamos los años junto a él y cuando se jubiló, había realizado una inmensa labor con los cinco métodos principales: gravimétrico, magnético, sísmico, eléctrico y radiométrico e inició la testificación geofísica en el interior de los sondeos.

Un año antes de empezar las prospecciones de campo, coincidiendo con mi entrada en el IGME, en marzo de 1929, ya había escrito un libro basado en trabajos realizados en España por unos equipos contratados extranjeros y complementado con estudios suyos. El libro llamado "Los Métodos Geofísicos de Prospección", fue presentado al Congreso Geofísico Internacional, que se celebró en Pretoria (Africa), en 1928 y tuvo tal éxito, que por unanimidad fue nombrado Presidente de la Comisión Internacional de Geofísica. Era el primer libro de Geofísica Aplicada que se publicaba en el Mundo.

Se puede decir que su vida científica empezó a raíz del Real Decreto de abril de 1927, con el que se promulgó el nuevo Reglamento del IGME. Magnífico Reglamento para un Centro que cumple hoy ciento veinticinco años de existencia, aún vigente en la mayoría de sus artículos. Don Luis de la Peña, bajo el mando del gran Ministro Guadalorce, fue el artífice del mismo. Al crear en él la Sección de Geofísica, la dio tal importancia en varios artículos que hizo que se destacase sobre las demás Secciones del Centro. Gran visión tuvieron Peña y Guadalorce hace cuarenta y siete años, pues hoy sin la prospección geofísica, dispondríamos de poco petróleo y uranio en el mundo, o lo tendríamos a muy alto precio.

En la redacción referente a los artículos sobre la Geofísica, sin duda sabemos que influyó que habían encontrado al hombre y este hombre era Siñeriz, como lo demostró, a partir de entonces, a lo largo de su vida en el Instituto.

Durante tantos años de investigación, tuvimos oportunidad de asomarnos varias veces al exterior. Fueron de interés dos expediciones a Portugal en busca de sales minerales cerca de Caldas de Rainha, con descubrimiento de grandes masas que localizamos con buen éxito para nuestra Sección. También hicimos varias expediciones a Marruecos en busca de agua y de hidrocarburos, para el reconocimiento eléctrico del vaso para un embalse y para

el citado estudio sísmico en Alcazarseguer, como primera investigación para conocer las posibilidades de realización del túnel del Estrecho de Gibraltar.

Tampoco abandonamos nuestra provincia del Sahara donde fuimos para petróleo, agua y minerales magnéticos. Siñeriz estuvo siempre en su sitio de Jefe activo de nuestra Sección acompañándonos en casi todos los trabajos, hasta que pasó a Director del IGME y me cedió el mando.

La vida de nuestra Sección siempre fue muy dura, técnica, científica y materialmente, sobre todo por la necesidad de una plena dedicación. Eso hizo que fueran muchos los que trabajaran con Siñeriz, pero pocos los que duraron. Diré unos cuantos nombres a modo de recuerdo: Peñaflorida, Gorostizaga, Ortí, Pastor, Zaloña, López de Azcona, Borrego, Esteban, y Santisteban; estos últimos continúan.

Creo que fui el único que duró desde la iniciación de las investigaciones de campo en marzo de 1929, hasta su jubilación en 1954. Después seguí su obra hasta mi ascenso a la Subdirección del IGME, pero aún me cabe la satisfacción de no haber abandonado a la Geofísica, como tampoco dejé nunca a Siñeriz, mientras estuvo en el Instituto.

Sus dotes de mando eran muy buenas porque nunca ha sido fácil dirigir una Sección tan compleja como la Geofísica y hay que reconocer que tal como lo hizo cumplió perfectamente su misión.

Durante su mandato como Director del IGME, por un tiempo demasiado corto para realizar una destacada labor, también demostró sus buenas condiciones para dirigir un Centro como el nuestro.

Desde 1934 hasta su muerte ha sido Académico Numerario de la Real Academia de Ciencias. En 1943 fue nombrado miembro de la Academia Pontificia de Ciencias, con lo que se extendió más su renombre mundial.

Fue una de las primeras Grandes Cruces de Alfonso X el Sabio, honor que recibió en 1942.

Los cuatro tomos de "Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas", que suman más de 2.000 páginas y en los que tuve la satisfacción de intervenir, han sido obras de gran valor para el desarrollo de esta Ciencia. Fueron publicados por el IGME.

El Ministro de Industria, don Juan Antonio Suances, le nombró y dio posesión en 1947 de la Dirección del IGME, puesto con el que terminó por jubilación su carrera activa en 1954.

Fue además Presidente del Consejo de Minería. Vicepresidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y primer Director del Instituto Nacional de Geofísica del CSIC.

Descanse en paz como se merece José García-Siñeriz, ya que nadie podrá decir de él que no cumplió una gran misión durante su vida.

J. CANTOS-FIGUEROLA

J. B. TARGHETTA

Juan Bautista Targhetta y Junquera (1879-1974).

En momentos de máximo impulso de la industria asturiana derivada del carbón y hierro, por iniciativa de Adaro y de la Comisión del Mapa Geológico por la de Fernández de Castro, nace en Serín (Asturias), nuestro biografiado. Circunstancia unida a la vinculación de su madre a la cuenca asturiana, le indujeron a una extraordinaria afición a la minería y geología, duradera hasta su fallecimiento.

Realiza sus estudios en la Escuela de Minas de Mieres, de la que siempre recordaba sus años de alumno con gran afectividad y cariño, finalizándolo en un momento de esplendor de la Sociedad "Minas de Plata de Hiendelaencina". Entró a formar parte de su personal titulado en 1902, con cuyo distrito minero se compenetró y defendió incansablemente durante toda su vida, incluso arriesgando con hechos demostrativos de su entusiasmo sus propios intereses, y especialmente a lo largo de los años críticos de la primera guerra mundial e inmediatamente posteriores.

Este entusiasmo de "paladín de Hiendelaencina" se reflejó tanto en publicaciones monográficas como en contactos e informaciones personales, que fueron y son la fuente de casi todos los estudios y trabajos de investigación y planes mineros en la actualidad, trabajos que están culminando en el renacer de la minería de plata de Hiendelaencina, que tanto deseaba presenciar.

Participa en las oposiciones al Cuerpo de Ayudantes de Minas de 1926, donde actúa brillantemente, y es destinado al Distrito Minero de Palencia. Por concurso de méritos en 1928 pasa al Instituto Geológico y Minero de España, en cuya Sección de Geofísica inició, en 1929, su principal actuación de la vida activa.

Muchas son las anécdotas que podíamos contar de las expediciones realizadas durante nuestra permanencia, en dicha Sección, a las órdenes de José García Siñeriz, fallecido unos días antes (28-1-1974), introductor en España de la Geofísica Aplicada a la Prospección, labor de la que fueron sus principales colaboradores Targhetta y Cantos.

Desde 1929 eran frecuentes las salidas con el método sísmico de refracción, principalmente durante los años anteriores al Movimiento Nacional. Estábamos trabajando en Puente la Reina, en una zona muy fértil denominada "Campo Llano". Pastaba una borriquilla en el momento de la explosión, con la mala fortuna de caerle un pedrusco y matarla. El animal era propiedad de una pobre viuda, la cual decía que era su único recurso, motivo de indemnizárselo con 500 pesetas, en una época en que valían del orden de los 100. Al día siguiente no se pudo trabajar con el sísmico, habían llevado a Campo Llano todos los borriquillos del pueblo.

Muchas fueron las prospecciones en que participó durante sus veinte años de vida activa, e incluso algunas

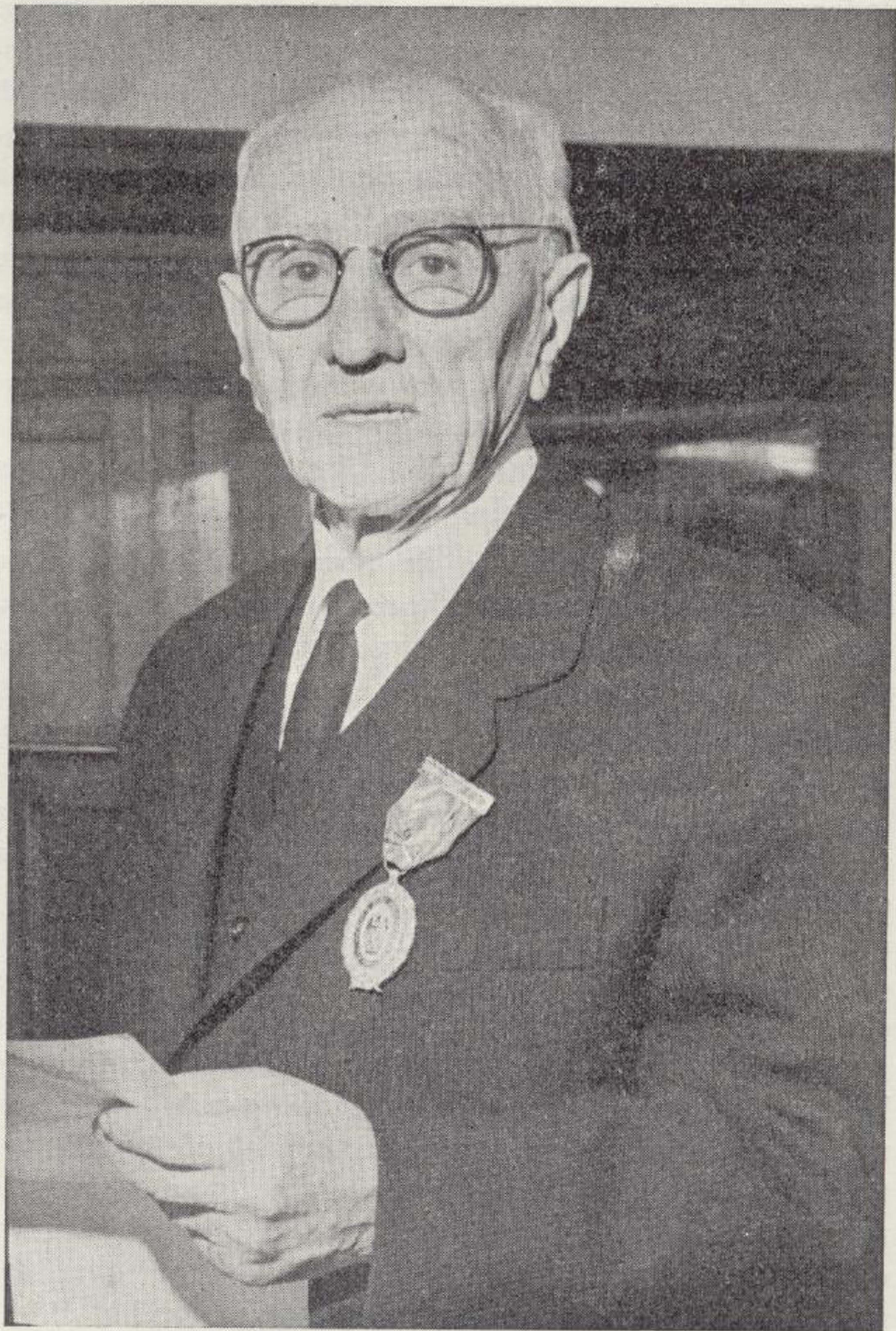
después de su jubilación, tanto en España como en Portugal y norte de Marruecos.

En Portugal participamos en una exploración sísmica para determinar los mantos salinos de las zonas de Ovidos y Caldas de Rainha, en plena guerra mundial. La ciudad de Caldas, como balnearia, disponía de una buena organización hotelera, y todos los judíos que salían de Europa con destino el Clipper de New York, esperan en dicha localidad plaza para su viaje. Era norma del gobierno portugués que estos judíos pasasen todos los sábados por la Jefatura de Policía. El equipo del Instituto Geológico y Minero, formado por cuatro in-



genieros y tres ayudantes llegó un viernes. Como el sábado no pasamos por la Jefatura de Policía se presentó el domingo en el hotel un miembro de la Policía internacional, desconocedor de que éramos invitados del gobierno portugués, con motivo del trabajo que realizábamos, que, por cierto, fue un éxito desde el punto de vista del descubrimiento de importantes mantos salinos.

El primer ayudante con quien tuve el gusto de salir al campo fue con Targhetta, quien me inspiraba mucho respeto en aquella época, ya olvidada, de suma con-



...miembros de la junta de administradores. Hay que recordar que el

sideración a la edad y a los que precedían en el escalafón, dada la diferencia de veintiocho años. Por su espíritu trabajador, me gustaba mucho ir en su compañía; entre las actividades de la posguerra, hubo una investigación de cobre en "Cantos Blancos", en Alcaracejos. Las campañas fueron gravimétricas y eléctricas, y teníamos como norma efectuar los cálculos antes de acostarnos, con el fin de planear el programa del día siguiente, con el conocimiento de los últimos resultados. Coincidió la campaña gravimétrica con un invierno muy frío, en aquella zona donde sólo disponíamos para comer pan, bellotas y jamón; nos compadecimos de que se le hubiesen helado las bellotas, y los explotadores de los encinares nos contestaron que era el único negocio bueno, por pagarse mejor las heladas destinadas a Valencia para preparar un sucedáneo de café. La campaña gravimétrica la realizábamos con tres balanzas Eöteos, en las cuales cada estación duraba de tres a cuatro horas. Dada la circunstancia de que a las horas del centro del día, siempre se notaba una desviación de los péndulos de unas de ellas hacia el Sur. Estas balanzas se cubrían con una tienda doble de lona, para aislarlas térmicamente. Después de varios días de trabajo, comprobamos que la anomalía era debida a que el vigilante de las balanzas se sentaba al sol, resguardado del Norte, en las inmediaciones del instrumento.

Entre las investigaciones de recuerdo más grato fue la determinación sísmica de la roca de caja de la galena, en el distrito Linares-La Carolina, promovida por las autoridades de Jaén y movida, en parte, por el ingeniero de Minas Francisco Robles, con dos años de duración. Iniciado el trabajo y hospedados en el Hotel Cervantes, de Linares, pronto nos dimos cuenta de la mala calidad de la alimentación y, como dada la avanzada edad de su propietario, estaba a la venta, decidimos adquirirlo. Nuestra comida mejoró, por utilizar el comedor reservado a la propiedad, pero pronto nos dimos cuenta de que los negocios hoteleros no son para los geofísicos, vendiéndolo finalizada la campaña. Durante las investigaciones sísmicas, realizadas con antiguos sismógrafos, debido al aislamiento comercial de España durante y después de la guerra mundial, con estaciones de radio, análogas a las utilizadas por el ejército alemán en la primera guerra mundial, debido a la pesadez del material se dejaban montadas durante la noche. Pronto apreciamos, cuando operábamos en las inmediaciones de Guarromán, que por las noches tocaban los registradores de los sismógramos. Dimos cuenta a la Guardia Civil, y localizó como autor de estas perturbaciones a uno de los muchachos que teníamos contratados para las faenas de traslado de las estaciones sismológicas, quien deseaba aprender geofísica práctica.

Muchas veces hemos recordado juntos campañas en las que sólo participábamos los dos, la de una investigación magnética para cromitas en Teixido, cuando todavía no había carretera desde Chimparra y se tenía que ir andando entre tojales, a veces de más de dos

metros de alto. Nos hospedamos en la casa rectoral, gracias a la amabilidad del párroco, D. Manuel Miragalla, bonachón y corpulento, pesaba más de 150 kilogramos, y lo tuvieron que llevar la primera vez en una carreta de bueyes, por uno de aquellos agrestes rueiros. Las perturbaciones magnéticas en estas inmediaciones del Cabo Ortegal son importantes, y causa de muchos naufragios, principalmente durante la primera guerra europea. La ascensión a los cerros antes de la prospección nos obligaba a más de dos horas de penosa subida, salvada hoy con los cómodos autos de todo terreno, enemigos de la tradicional geología gallega de Schulz.

Otras de las prospecciones magnéticas que nos quedó recuerdo fue la de hierro de Cazalla de la Sierra. Estuvimos en una gran época de gran calor y plena granazón de los garbanzales. Por estas razones, hacíamos media campaña, de seis a once de la mañana, y la otra media, de seis de la tarde a diez de la noche. Era tal la impregnación de salitre procedente de los garbanzos que teníamos que mudar la ropa después de cada media jornada.

Momentos aquellos de pleno florecimiento de nuestra Sección de Geofísica, de todas partes la llamaban y todos quedaban contentos. La compenetración de todos era grande, las estancias en el campo de tres semanas seguidas y los fines de semana se dedicaba a la ciudad más cercana. Cuando investigábamos los mantos salinos de Caldas, íbamos a Estoril a ganar unos escudos por medio del afortunado jugador Melián o cuando determinábamos la supuesta estructura petrolífera de Oliana a Andorra a que comprase Borrego unos magníficos perfumes franceses hechos en Badalona.

En los últimos años de su actuación en la Sección dejó un poco el aspecto geofísico y se dedicó principalmente a los recorridos geológicos indispensables para una buena interpretación de las mediciones geofísicas. Si se repasa la labor de equipo realizada por esta Sección desde su creación hasta el pase de García Siñeriz a la dirección del Instituto Geológico en 1947, es verdaderamente extraordinaria; esto está recogido en el tomo titulado "Los métodos geofísicos de prospección", primera obra de su título, editado en el mundo, y en los cinco tomos de "La interpretación geológica de las mediciones geofísicas", en el último de Cantos, sucesor suyo al frente de la Sección.

Estas notas las debemos considerar como un recuerdo cariñoso a quien, debido a su abstracción, pudo autoformarse y ser posteriormente nuestro maestro en el campo de la Geofísica Aplicada, José García Siñeriz. Siempre nos acompañaba, planeaba las investigaciones, así como las interpretaciones de las observaciones, existiendo una gran compenetración en toda la Sección. Cuando salíamos en trabajos particulares, nos abonaban las dietas reglamentarias, de 45 pesetas diarias. Muchas veces le decíamos: "Don José, como hacemos muchas horas extras sin percibir cantidad alguna, nos debía dar dieta doble". Siempre nos contestaba que todos

estábamos muy contentos y sanos, lo que debía interpretarse como un signo de lo bien que se pasaba en la Sección y lo sano que era nuestro trabajo, con lo cual debíamos darnos por satisfechos.

Cuando, por encargo de Ibáñez Marín, preparé el Decreto de creación del Instituto de Geofísica, el cual siguió posteriormente unas directrices diferentes a las que habíamos pensado de autofinanciación, pensé que sus puestos claves fuesen ocupados por personas destacadas en la Geofísica Pura y en la Aplicada, como García Siñeriz, en la Dirección, e Inglada, en la Subdirección, y Castillo, como secretario. Consecuencia de esto fue la incorporación del personal de la Sección de Geofísica del Geólogo a la denominada Geofísica Aplicada del nuevo Instituto Nacional de Geofísica. En esta ocasión también ingresó Targhetta, con el objetivo de que todos nuestros técnicos formasen una promoción de geofísicos jóvenes. El resultado fue poco eficaz por la dificultad dentro del Ministerio de Educación de garantizar la situación de los geofísicos jóvenes y la libertad de contratación para posibles trabajos a las empresas.

Cooperó también con gran eficacia con Cantos, en las primeras investigaciones geológicas sistemáticas realizadas en España para petróleos, por encargo de la CAMPSA con el I.G.M.E. durante el decenio 1940-50.

Durante su estancia en las minas Hiendelaencina conoció a la que había de ser su esposa, Milagros Arriola

Dulce, quien había estudiado varias carreras, en aquella época donde la mujer se retraía de acudir a los centros de enseñanza. Era hermana de Emilio, Ingeniero de Minas, asesinado en la Carolina, tema recordado frecuentemente con tristeza. Con ella constituyó un hogar cristiano con tres hijos Ingenieros de Minas y cinco hijas licenciadas.

Muchas horas hemos pasado hablando en los descansos después de varias horas diarias de trabajo intenso, de sus satisfacciones familiares y de sus deseos de ver hecho realidad un Plan Nacional de Investigación Minera, que sacase adelante tanta riqueza minera oculta en nuestro subsuelo, por falta de estudio suficiente del mismo.

Sus compañeros conservamos gratos recuerdos de su bondad natural e inteligencia y del espíritu de conformidad y adaptación a tantas incomodidades, compatible sin embargo con un energía y fuerza de voluntad que fueron las características más acusadas de su carácter.

Cuando se jubiló, promovimos con García Siñeriz la concesión de la Encomienda con Placa de la Orden del Mérito Civil y sus compañeros de estudios pidieron la del Mérito en el Trabajo, medalla impuesta solamente hace diez años en el Instituto Geológico, remate a una vida oficial de gran labor y entusiasmo profesional ejemplo de constancia en el desarrollo y de eficacia en los resultados alcanzados.—J. M. L. DE A.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de abril
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	322
Bolsa de Engelhard	N	g	323
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	9,41
Bolsa de Nueva York	N	g	9,41
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	419-432
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	318-424
Mercado libre	L	g	324-334

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 abril
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	696
Old range	N	t	704
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % máx 0,180 %, máx 8,32 % SiO ₂ , máx 9,7 % humedad	N	t	707
Old range	N	t	695
Gruesos para horno Siemens	N	t	742
Sinterizados de taconita	N	t	735
Nódulos de taconita	N	t	758
Pellets de hierro natural	N	t	16,81
El mineral en trozos tiene un premio	N	t. u. Fe	48,03
Los finos tienen una penalización	N	t	25,73

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	419
Precio productor	L	kg	397
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	436
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	429
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	423
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	692
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	689
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	448
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	—
En el mercado libre	L	kg	363-378
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	76,87
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	89,68
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	102
CROMO			
Metal:			
En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	kg	178
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	196
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	196
Fundido al vacío	N	kg	205
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	2.789-3.021
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.092-2.382
Turco, cocentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	1.975-2.266
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	3.079-3.370
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	2.859
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	2.116-2.459
MANGANESO			
Metal:			
Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	51.571-55.752
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	4.668-4.932
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	—

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	66,82-69,72
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n)
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	57,55-65,76
46 % Mn	N	t. u. Mn	—
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	6.551-7.387
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	9.060-10.453
MOLIBDENO			
Metal:			
Polvo	L	kg	571-592
Polvo de reducción hidrógena, 99,95 % Mo	N	kg	512
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	240
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	237-250
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	205-231
NIQUEL			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 4 t	L	t	220.360
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	207.676
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	203.077
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	208.373
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	208
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	191
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	196
Refinado, en el mercado libre	L	kg	250-269
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	n. a.
Francés refinado	F	kg	213
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	260
Japonés	J	kg	253
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	201-203
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	224
Grado técnico, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	283
Pentóxido, por medio de agente (exportación USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	—

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	842
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	576
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	637-863
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO ₃			
	L	t. u. WO ₃	4.669-4.878
Wolframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	4.042
Vendedor	L	t. u. WO ₃	3.610
Wolframita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	—
Vendedor	L	t. u. WO ₃	3.345
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	4.070
Vendedor	L	t. u. WO ₃	3.373
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	3.359
Vendedor	L	t. u. WO ₃	3.289
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	641-697
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	906-955
ALUMINIO			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	70.666
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	40,36
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	54.755
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	46,93
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	44.114
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	47.306
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	42,28
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	62.024-64.812
Mín 99,7 % Al	L	t	64.812-66.205
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al ₂ O ₃ empuquetada, en lotes de 20 t	L	t	9.234
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	11.250

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel.	L	t	3.293-3.567
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel	L	t	5.488
CINC			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn ...	L	t	101.389
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	45.995
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 4,5 £/t)	L	t	102.016
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	102.504
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	44.58
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	45,61
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	45,86
Alemán del oeste:			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	51.726-103.452
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	52.192-104.850
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	45,34
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	46,67
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	47,72
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	43,14
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	43,41
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	11.372
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	13.799
COBRE			
Metal:			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	176.734
Cátodos (L.M.E.)	L	t	170.601
Productores USA	N	kg	173
Alemán del oeste:			
electrolítico	G	t	169.857-186.400
Cátodo	G	t	179.410-180.575
Menas y concentrados:			
Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.			
Menas del 15 % Cu	L	t	21.768
Menas del 20 % Cu	L	t	30.372
Menas del 25 % Cu	L	t	41.461

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de abril
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	536.195
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	539
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn	L	kg	489
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	89.120
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	14.830
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	198.094
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	336.059
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	366.490
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	393.300
PLOMO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	40.908
Producido en USA	N	kg	27,54
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	19.533
Concentrados de 80 % Pb	L	t	24.000
Metales secundarios			
ANTIMONIO			
Metal:			
Regulos inglés, 99,5 % Sb, lotes 5 t	L	t	144.258
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	147.743
Importado 99,6 % Sb	L	t	327.543-341.481
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	229
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	266
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	179
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	330
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	224
Japonés	J	t	252.600
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.278-1.394
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.511-1.598
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	147.743
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	154-712
BERILIO			
Metal:			
Polvos 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	13.067
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	6.477

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.794-1.986
Importado, 10/12 % BeO (n) ...	N	t. u. BeO	1.922
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	L	kg	1.153
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.153
Francés, mín 99,95 % Bi ...	F	kg	1.175
Mercado internacional, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	2.370-2.498
Menas y concentrados:			
Oxido, mín 60 % Bi ...	L	kg Bi cont	(n)
CADMIO			
Metal:			
Barras mín 99,95 % Cd., en lotes de tonelada ...	N	kg	480
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	634-705
Barras en el mercado libre ...	L	kg	634-705
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	516
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:			
Esponja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	897-1.794
Calidad comercial ...	N	kg	641-1.281
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO ₂ ...	L	t	11.550-13.200
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂ ...	L	t	12.375-14.850
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín 99,9 % Li, en lotes de 1000 lb ...	N	kg	1.093
Menas y concentrados:			
Ambligonita 6/8 % Li ₂ O, en base al 8 % ...	L	t. u. Li ₂ O	925-1.063
Lepidolita 3/3,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	960-994
Petalita 3,5/4,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	627-767
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li ₂ O	789-822
MAGNESIO			
Metal:			
Lingotes de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg en lotes mínimos de 10 t ...	L	t	76.380

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	84.464
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	80.980
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	137.972
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	81.119
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	80.840-82.234
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	65.34
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	60,21
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	15.455-15.805
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	16.558-16.791
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	1.409-2.818
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.050-3.459
Menas y concentrados:			
Columbina mín 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 ...	L	t. u. Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅	1.646-1.783
Pirocloro, mín 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cont	172-187
Columbina 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 (n) ...	N	kg	173-186
TANTALIO			
Metal:			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	3.843-4.869
Láminas dependiendo de la pureza ...	N	kg	5.381-7.687
Varillas dependiendo de la pureza ...	N	kg	6.199-9.993
Menas y concentrados:			
Tantalita:			
Mín 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.281-1.537
Mín 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.153-1.409
Columbina: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de abril
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	161
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	357-505
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	228
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	14.437-16.500
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO ₂ ...	L	t	1.303-1.578
Rutilo, mín 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	21.140
Ilmenita, mín 54 % TiO ₂ ...	N	t	2.173
Escorias canadienses, mín 70 % TiO ₂ ...	N	t	3.431
Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de abril
ARSENICO			
Metal:			
Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada	L	t	209.070-278.760
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 ...			
lotes de 1-9 lb ...	N	g	81,34-209
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	32.027-35.230
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	25.622-28.825
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	19.216-22.419
Mín 99,9 % : lotes de 1-277 g ...			
lotes de 1-9 lb ...	N	g	105-232
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	38.433-41.636
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	32.027-35.230
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	24.341-28.184
Menas y concentrados:			
Polucita, mín 24 % Cs ₂ O ...	L	t. u. Cs ₂ O	665
GALIO			
Metal:			
Mín 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	58,10
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	46,48
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	46,67
lotes de más de 25 kg ...	N	g	37,65
Mín 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	46,48
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 abril
GERMANIO			
Metal:			
Calidad refinada 30 ohm/cm conductividad:			
En el mercado europeo ...	L	kg	16.865
En el mercado americano ...	N	kg	17.023
Menas y concentrados.			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
HAFNIO			
Metal:			
Esponja ...	N	kg	9.608
En barras y placas laminadas ...	N	kg	15.373
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	g	7,24
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	5,61
Menas y concentrados.			
El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.			
RENIO			
Metal:			
Polvo, mín 99,99 % Re ...	L	g	97,566
Polvo en el mercado USA ...	N	g	105,691
Menas y concentrados.			
La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recobrado a partir de las menas de molibdeno y de los porfidos cupriferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.			
RUBIDIO			
Metal:			
Mín. 99,5 % : lotes de 1-227 g ...	N	g	81,34-209
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	35.230-38.433
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.622-28.825
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	19.216-22.419
lotes de 1.000 o más lg ...	N	kg	12.811
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	2.114
De alta pureza, mín 99,9 % Se ...	N	kg	2.306

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb ...	L	kg	1.922
Otras procedencias ...	L	kg	3.651-3.779
Metal, Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te ...	L	kg	897
Barras, mín 99,5 % Te ...	L	kg	897
Polvo, en lotes de 100 lb ...	N	kg	897-1.153
Placas, en lotes de 150 lb ...	N	kg	897-1.153

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	961
------------------------------	---	----	-----

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 abril
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	769-1.025
Hexafluoruros ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	769-1.025
TORIO			
Metal:			
Polvo y pellets (*) ...	N	kg	1.922
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	3.688
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	2.690
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	384.330
Calodinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	21.779
Itorio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	17.935
Lantana, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	4.484
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	12.811
Samarium, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	16.014

Menas y concentrados:

Monacita:

Mín 60 %, óxido TR torita ...	L	t	11.550-12.375
Mín 55 %, óxido TR ...	L	t	12.992-13.830

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Zenotima:			
Mín 25 % Y ₂ O ₃ ...	L	kg	384-641
Mín 60 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	1.729
Mín 90 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	4.471
Basnasita:			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	29,46-32,03
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	38,43
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	44,84

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de abril
------------------------	---------	--------	-----------------

AZUFRE

USA para la exportación, mín 99 % S ...	N	t	2.058-2.116
Brillante ...	L	t	1.897-2.173
Brillante sólido ...	L	t	1.897-2.058
Brillante líquido ...	N	t	2.001-2.058
Oscuro ...	N	t	2.058-2.173
Resto del mundo, líquido ...	L	t	2.001-2.287
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	

BARITA

En bruto:

Calidad químicos y para vidrio:

Escogido a mano, mín 95 % BaSO ₄ , máx 1 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	1.890-2.037
Magnéticas o de flotación, mín 96 % BaSO ₄ , máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.210
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.089-1.345
Importadas en fragmentos, 90/98 % BaSO ₄ , a granel ...	L	t	1.394-1.673

Molidas:

En húmedo, mín 95 % BaSO ₄ , a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.844-5.125
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	2.562-3.011
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.986
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín 99 % a 240 mesh, en lotes de 10 t ...	L	t	6.272-6.969
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	2.509-3.066

Micronizadas:

Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	7.666-7.945
-------------------------------	---	---	-------------

BORATOS

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	7.387
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	9.060

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de abril
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	10.453
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	10.732
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	3.812
Deshidrato, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	7.015
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B ₂ O ₃	N	t	4.068
65 % B ₂ O ₃	N	t	5.829
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B ₂ O ₃	L	t	1.685-1.801
CELESTITA			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % SrSO ₄ , a granel, molido 240 mesh	L	t	3.066
ESPATO FLUOR			
Metalúrgico, mín 70 % CaF ₂			
Reino Unido	L	t	2.058-2.744
USA en pellets	N	t CaF ₂ cont	3.806
Mejicano	N	t CaF ₂ cont	3.203
Cerámico, mín 85 % CaF ₂ :			
Reino Unido, molido 93/95 %	L	t	3.704-4.253
USA, 88/90 %	N	t CaF ₂ cont	4.403
95/96 %	N	t CaF ₂ cont	4.374-4.689
97 %	N	t CaF ₂ cont	4.975
Acido, material seco, mín 97 % CaF ₂ :			
Reino Unido, embolsado	L	t	4.390-5.213
USA, en bruto	N	t CaF ₂ cont	4.489-4.975
en pellets, 88 % cont. efectivo	N	t CaF ₂ cont	4.374
concentrados ácidos secos	N	t CaF ₂ cont	6.246
importado en Europa	N	t CaF ₂ cont	6.086-6.214
Mejicano a granel	N	t CaF ₂ cont	3.844-3.972
FOSFATOS			
USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL	N	t	1.281
68/70 % BPL	N	t	1.409
70/72 % BPL	N	t	1.537
74/75 % BPL	N	t	1.762
76/77 % BPL	N	t	1.922
Argelino y Turco, 65/68 % BPL	L	t	2.033-2.092
Australiano, 83 % BPL	L	t	1.066-1.173
Marroquí, 73 % BPL	L	t	2.440
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 febrero
GRAFITO			
Alemán	N	t	13.072-75.530
Madagascar	N	t	10.167-30.525
Noruego	N	t	6.972-11.620
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	11.620-20.335
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	17.149
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	14.405
90/92 % C	L	t	10.564
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	17.149
90/92 % C	L	t	10.564
80/83 % C	L	t	10.564
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.564
80/83 % C	L	t	8.231
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.802
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.743
Mejicano, a granel	N	t	1.394
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	6.997
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	256-320
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n)
Portuguesas, mín 48 % C (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n)
Resto de los países productores	L	t	697-871
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	2.607-3.155
USA, standard	N	t. u. K ₂ O	41
Coarse	N	t. u. K ₂ O	44.84
Cloruro de potasio, 62 % K ₂ O:			
Canadiense:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	29,47-30,11
Coarse	N	t. u. K ₂ O	32,03
Granular	N	t. u. K ₂ O	33,31
USA:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	37,79
Standard	N	t. u. K ₂ O	33,11
Finos standard	N	t. u. K ₂ O	39,08
Coarse	N	t. u. K ₂ O	40,36
Coarse	N	t. u. K ₂ O	32,03
Granular	N	t. u. K ₂ O	33,31
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K ₂ O	32,03
USA, soluble	N	t. u. K ₂ O	32,03
Sulfato de potasio, 48/50 % K ₂ O, a granel	N	t. u. K ₂ O	(n)
SAL COMUN			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	446
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	689
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.111
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar.	L	t	860

Minerales no metalicos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
VERMICULITA			
USA	N	t	1.601-2.434
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	3.523-4.484
En crudo, embolsada	L	t	(n)
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P1, 99,7 % menor 325 mesh	L y N	t	5.282
P4, 99,95 % menor 325 mesh	L y N	t	5.762
Para cerámica:			
C1, 96,5 % menor 325 mesh	L y N	t	5.213
C6, 79,2 % menor 325 mesh	L y N	t	5.145
C101, 2 % menor 200 mesh	L y N	t	5.076
Para masticque:			
F1, 78 % menor 325 mesh	L y N	t	5.556

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
94	8036	19-IV-74	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Oviedo.
98	8443	24-IV-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de La Coruña.
100	8626	26-IV-74	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación y permiso de investigación que se citan, Delegación Provincial de Palencia.
100	8626	26-IV-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Salamanca.
101	8733	27-IV-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Valencia.
108	9297	6-V-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Teruel.
109	9385	7-V-74	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
109	9384	7-V-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, de la Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción.
109	9390	7-V-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Logroño.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
111	9567	9-V-74	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación que se cita, Delegación Provincial de Granada.
112	9670	10-V-74	Ind.	CANCELACION del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Santander.
114	9857	13-V-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Lérida.
120	10364	20-V-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
121	10426	21-V-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Granada.
125	10734	25-V-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Cádiz.
125	10734	25-V-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Sevilla.
126	10853	27-V-74	Ind.	OTORGAMIENTO de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Badajoz.

HIDROCARBUROS

97	8334	23-IV-74	Ind.	DECRETO por el que se otorga una concesión de explotación de hidrocarburos solicitada por "Shell", "CAMPSA", "INI" y "Comparex".
97	8335	23-IV-74	Ind.	DECRETO de otorgamiento a "CAMPSA" de tres permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I.

RESERVAS

96	8221	22-IV-74	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 Teruel y Castellón de la Plana.
111	9565	9-V-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción de la petición presentada por el Instituto Geológico y Minero de España para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de lignitos en el área que se indica, comprendida en la provincia de Burgos.
111	9565	9-V-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción de la petición presentada por el Instituto Geológico y Minero de España para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de lignitos en el área que se indica, comprendida en las provincias de Alava y Burgos.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
111	9565	9-V-74	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 la exploración e investigación de minerales radiactivos en el área que se indica, comprendida en la provincia de Lérida.
111	9566	9-V-74	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 la exploración e investigación de minerales radiactivos en el área que se indica, comprendida en las provincias de Huesca, Lérida,, Zaragoza, Tarragona y Teruel.
112	9670	10-V-74	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 la exploración e investigación de minerales radiactivos en el área que se indica, comprendida en las provincias de Barcelona, Lérida y Tarragona.
112	9670	10-V-74	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 Huesca y Lérida.
VARIOS				
119	10226	18-V-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a don Honorio Monterrey Acosta para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en el subsuelo del monte de propios del Ayuntamiento de El Paso (isla de La Palma, Tenerife).
126	10845	27-V-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización al Ayuntamiento de Vacarissas (Barcelona), para aprovechar aguas subálveas y superficiales del torrente Creu de la Masiana, en su término municipal, con destino a abastecimientos.

Notas bibliográficas

CRISTALOGRAFIA

JULIO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ: *Dinamismo cristalino y cristalizaciones orientadas*. Real Academia de Farmacia, Madrid, 1974. 62 págs. y varias láminas.

La obra comentada, corresponde al Discurso de ingreso del autor como Académico Numerario de la Real Academia de Farmacia.

Situa la materia cristalina, dentro del campo de las ciencias naturales y en ella destaca la periodicidad, se adentra en consideraciones del estado sólido y de los factores determinantes de la estructura de un cristal.

Habla de los "fonones" o cuantos del campo vibracional de la red cristalina, consecuencia de la aplicación de la mecánica cuántica, dedicando especial atención a las interacciones fonon-fonon y electrón-fonon.

En el atrayente campo de la cristalofísica, considera; sensibilidad de la malla cristalina, relación entre propiedades térmicas eléctricas y mecánicas, respuesta del cristal frente a las radiaciones electromagnéticas, luz coherente, simetría y actividad.

El último capítulo lo dedica al cristal real, y defectos reticulares. En el habla de las propiedades físicas y químicas relacionadas con los defectos, obtención de defectos, centros de color, cálculo de concentración de defectos, finalizando con las estructuras incompletas.

El tema es sumamente atrayente, principalmente para nosotros, por sostener que la explicación de nuestros trabajos sobre influencia de la estructura cristalina sobre la emisión espectral, se basa en una variación las organizaciones reticulares y sus defectos.—L. DE A.

AGUAS SUBTERRANEAS

TORCUATO HEVIA ALVAREZ: *Las aguas subterráneas*. Instituto Estudios Asturianos. Oviedo, 1973, 60 págs.

Comienza con una serie de consideraciones históricas sobre el valor extraordinario del agua, imprescindible para la vida de los seres. Estudia las diversas clases de agua por su origen y se detiene en las subterráneas.

Trata del agua fósil, la renta y el capital, balance de un manto, la realimentación artificial, la intoxicación atómica, las nubes y su espesor, la lluvia artificial, el astro vivo, el relieve de nuestra Península, el fenómeno de la transpiración, el problema del agua en Asturias.

Este último capítulo contiene todas las posibilidades para la resolución de los problemas de caudal y calidad de agua en el Principado.

Completan este libro interesantes ilustraciones en negro y en color.—L. DE A.

GEOFISICA

JOSÉ CANTOS FIGUEROLA: *Tratado de geofísica aplicada*. Madrid, 1974, 520 págs.

Los que nos habíamos formado en el campo de la Geofísica Aplicada, con la obra de García Siñeriz, de fama mundial cuando se distribuyó por todo el mundo, apreciábamos la necesidad de una obra actualizada, como la del Profesor Cantos, que ahora comentamos.

Su experiencia de casi medio siglo, en la Sección de Geofísica del Instituto Geológico y Minero, le acreditan en conocimientos para escribir un libro fundamentalmente práctico y útil para la cátedra.

Dedica el capítulo primero a la introducción general, la significación de los métodos geofísicos, así como a una panorámica de su utilización por el mundo.

Los capítulos siguientes tratan de los métodos: II. Los gravimétricos. III. Los magnetéticos. IV. Los sísmicos. V. Los eléctricos. VI. Los radiométricos. Dedica a la testificación geofísica el capítulo VII, a los métodos geoquímicos el VIII y el IX a los sensores remotos.

Completa la obra una información bibliográfica.

Este libro fue presentado en el XXVI Congreso Internacional de la E.A.E.G. celebrado en Madrid, donde los participantes lo calificaron de muy práctico para quienes trabajan en la prospección geofísica.—L. DE A.

GEOMAGNETISMO

MANUEL CATALÁN: *Utilización de las resonancias nucleares y atómicas en el diseño y construcción de un nuevo concepto de observatorio geomagnético*. Instituto y Observatorio de Marina San Fernando, 1974, 300 páginas y varios anexos.

Este trabajo fue presentado por su autor como tesis para la colación del Grado de Dr. en Ciencias Físicas.

Basado en la recomendación de la IAGA, programó el estudio y diseño de un concepto moderno de obser-

vatorio geomagnético, reducido en sus dimensiones, portátil, con sensibilidad elevada, con registro de las tres componentes del campo en forma digital o analógica, con capacidad para observar los valores absolutos de sus líneas de referencia.

Los diversos capítulos tratan de: I. Evolución de las medidas del valor geomagnético. II. Magnetómetro de protones. III. Magnetómetro de bombeo óptico. IV. Diseño de bobinas auxiliares con uniformidad alta con geometría circular. V. Bobinas auxiliares con uniformidad alta y geometría rectangular. VI. Medidas absolutas del campo magnético. VII. Registro automático del campo magnético con salida digital.

Refiriéndose al observatorio programado, dice el autor, "sustituirá en un próximo futuro las estaciones clásicas"... "cabe pensar quedarán marginados aquellos centros que por razones ahorrativas, no ofrezcan al investigador sus datos en forma directamente procesable por ordenador".

L. DE A.

HISTORIA

JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA y JUAN HERNÁNDEZ SAMPELAYO: *La Geología y Minería Españolas*. Notas Históricas. Prólogo de Carlos Martínez de Campos. Madrid, 1974. 120 págs., con varias láminas en color.

Esta obra, editada con motivo del 125 Aniversario de su creación, recoge de una manera amena las diversas vicisitudes seguidas en el desarrollo, en nuestro país, de estas actividades fundamentales para el descubrimiento y explotación de los recursos naturales no renovables.

Creado el Instituto con la denominación de COMISION DE LA CARTA GEOLOGICA, trata la obra, en su primera parte, de la situación de la Geología en el momento de su creación, la labor realizada en España y en sus Virreinos y Provincias Ultramarinas, así como del primer mapa de zonas grandes como fue el de Schulz,

de Galicia, publicado en 1834. La creación de la Comisión por Isabel II, en 11 de julio de 1849, fue un paso fundamental en el desarrollo de la geología nacional. Se ultima el Mapa Geológico de la Provincia de Madrid (1852) y el de España Peninsular (1861).

El libro, presentado en forma amena, con profusión de ilustraciones en color, comprende seis capítulos, que resaltan la labor realizada por el Instituto, sus cambios de nombre a través de los ciento veinticinco años de existencia del mismo y las personas más distinguidas que han formado parte de él.

Los títulos de los capítulos en que se divide y que coinciden con los períodos fundamentales en la historia del Instituto, son:

1. Comisión de la Carta Geológica de Madrid y General del Reino, 1849-1859.
2. Brigada Geológica de la Junta General de Estadística, 1858-1870.
3. Comisión del Mapa Geológico, 1870-1873.
4. Comisión del Mapa Geológico de España, 1873-1910.
5. Instituto Geológico de España, 1910-1927.
6. Instituto Geológico y Minero de España, 1927 hasta el momento actual.

El Instituto Geológico y Minero de España, como se dice en el último capítulo, al llegar a su 125 Aniversario, lo hace pleno de actividad y de ilusiones. El desarrollo de su trabajo ha adquirido un auge extraordinario con la realización dentro del III Plan de Desarrollo Económico y Social, del Programa Nacional de Investigación Minera—PNIM—, cuyos fines primordiales son la renovación de la cartografía geológica del país, el inventario de las primeras materias minerales y de sus aguas subterráneas y el apoyo de la planificación del desarrollo regional de España.

La historia de estos ciento veinticinco años del IGME es la historia de la geología y minería del país, de los que el Instituto ha sido el principal protagonista en su siglo y cuarto de existencia.

APARICIO

PREMIO DE PERIODISMO

“SANTA BARBARA”

CONVOCATORIA PARA 1974

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio «SANTA BARBARA» para 1974, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española «LA IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MINERALES ESPAÑOLES FRENTE A LA CRISIS DE MATERIAS PRIMAS».

El premio estará dotado con **100.000** pesetas.

Al mismo tiempo, con motivo del **125 aniversario del Instituto Geológico y Minero de España**, se convoca un premio especial de **50.000** pesetas para premiar el mejor trabajo que se publique durante el presente año, con o sin firma, en las mismas condiciones que el anterior, sobre la actividad desarrollada por el IGME.

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

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

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España antes del día 31 de enero de 1975.

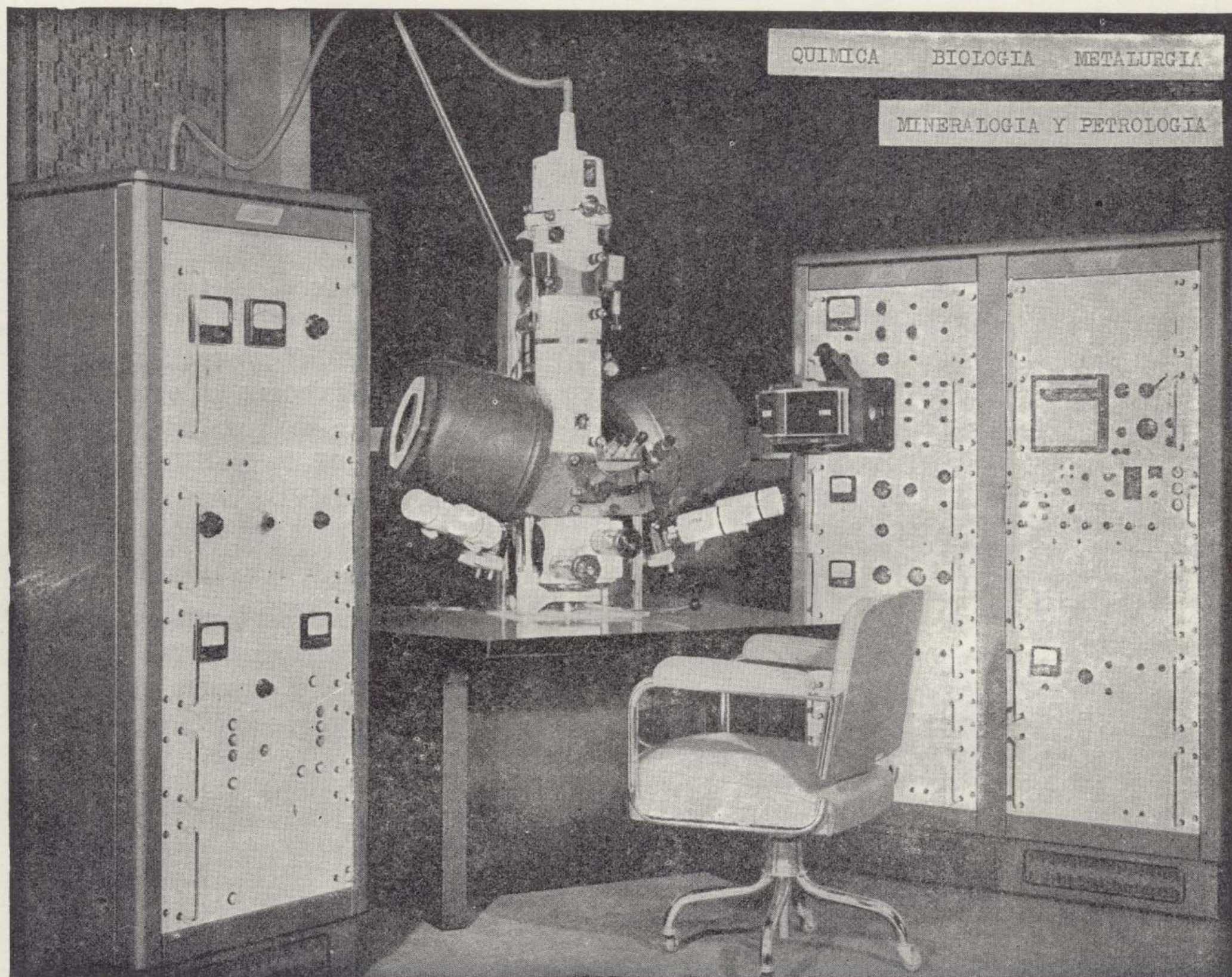
La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar en los primeros meses del año 1975.

Ríos Rosas, 23

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

IBERICA DE SONDEOS, S. A.

SONDEOS PARA:

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

INVESTIGACION MINERA

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES

López de Hoyos, 13, 3.º dcha.

Teléfono 261 08 07

M A D R I D - 6

**nos
urge
mas
agua**



KRONSA

la captará allí donde
se encuentre

Nuestro Departamento Técnico estudiará sin compromiso su problema y le propondrá la solución más adecuada, ya que nuestros actuales equipos de perforación nos permiten realizar pozos de hasta dos metros de diámetro