

II/2-4-4

En este número:

- Consideraciones sobre la posición geoestructural de la Península Ibérica.
- Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica.
- Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al sur de Despeñaperros, provincia de Jaén.
- Estudio geológico y metalogénico de la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W.
- Sobre el caudal de un nozo de bombeo. Metodología práctica para el cálculo de su valor óptimo.
- Sobre la petrogénesis de algunas litofacies españolas con fases urano-orgánicas.
- Contribuição para o conhecimento petrográfico dos granitos da serra do Gerês.
- Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español.
- Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXV, Quinto Fascículo. Septiembre - Octubre 1974

# boletín

# geológico

# y minero

7801753

7801754

7801755

~~7801756~~

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





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



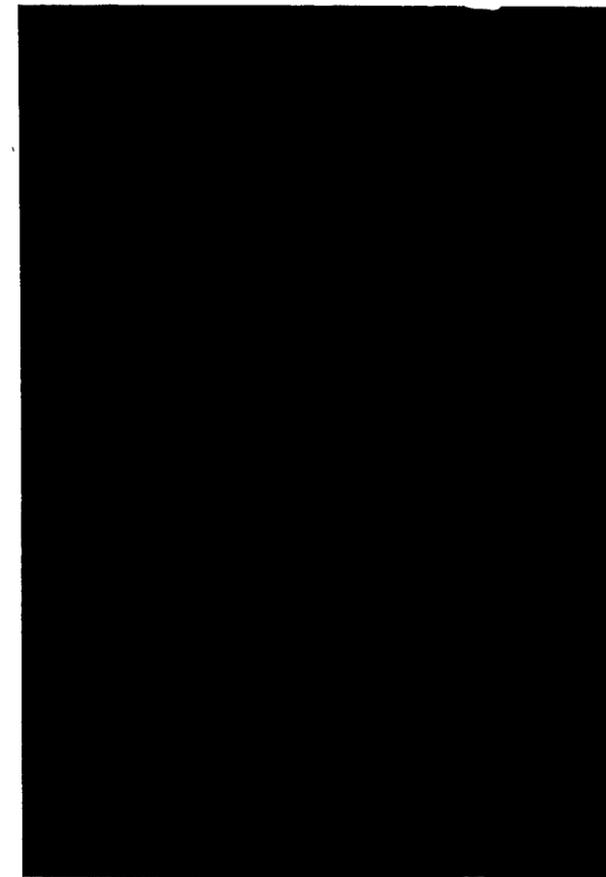
**geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos**

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

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

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

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



**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**

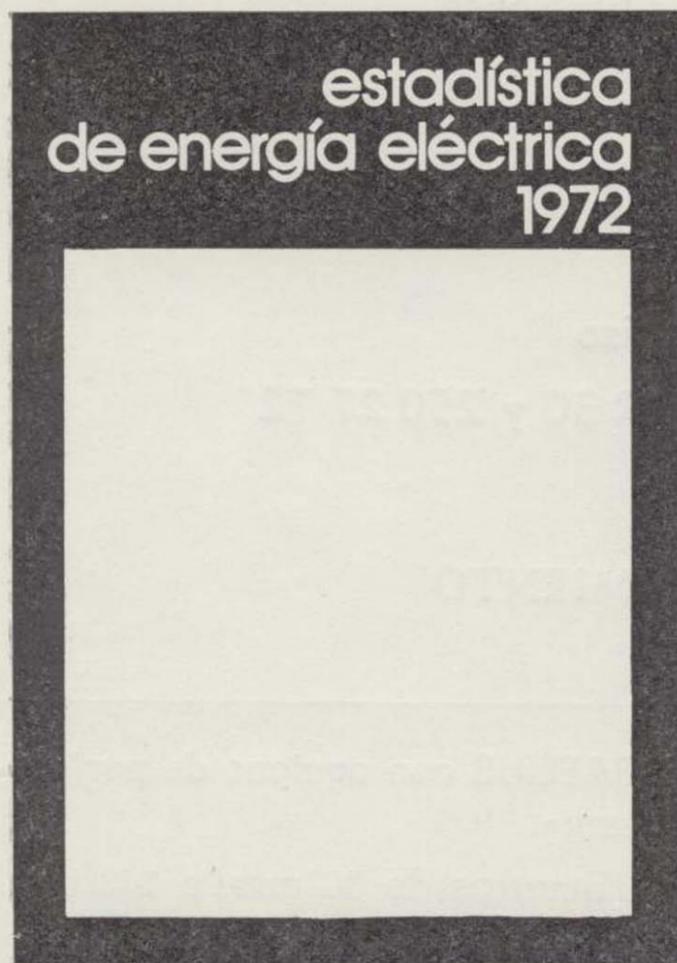
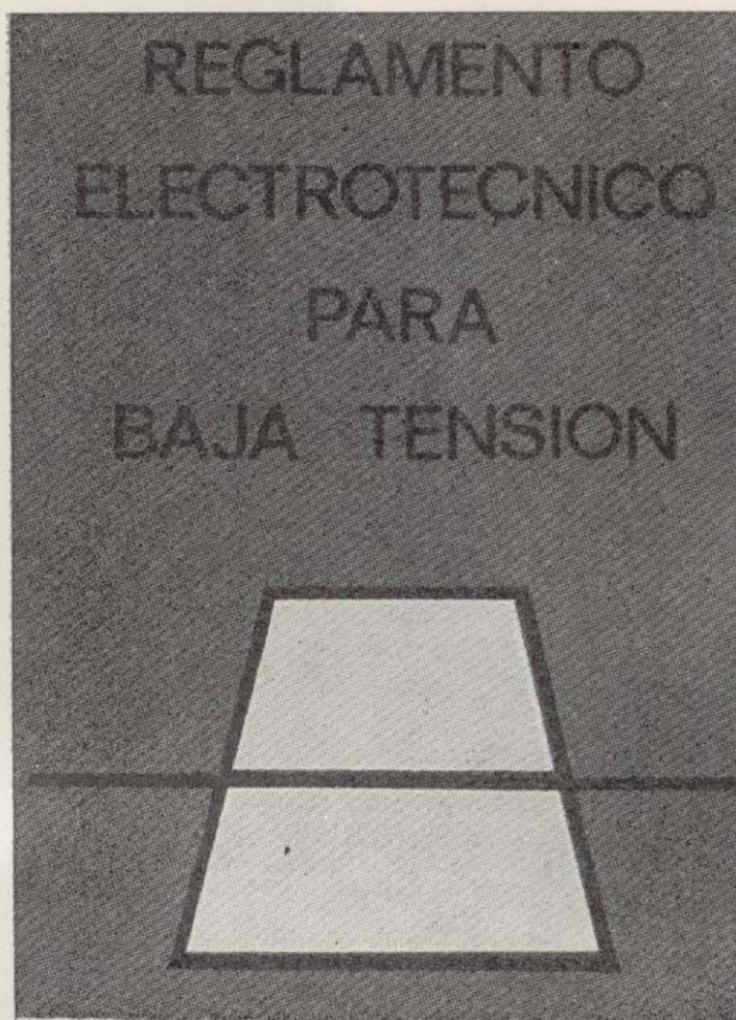
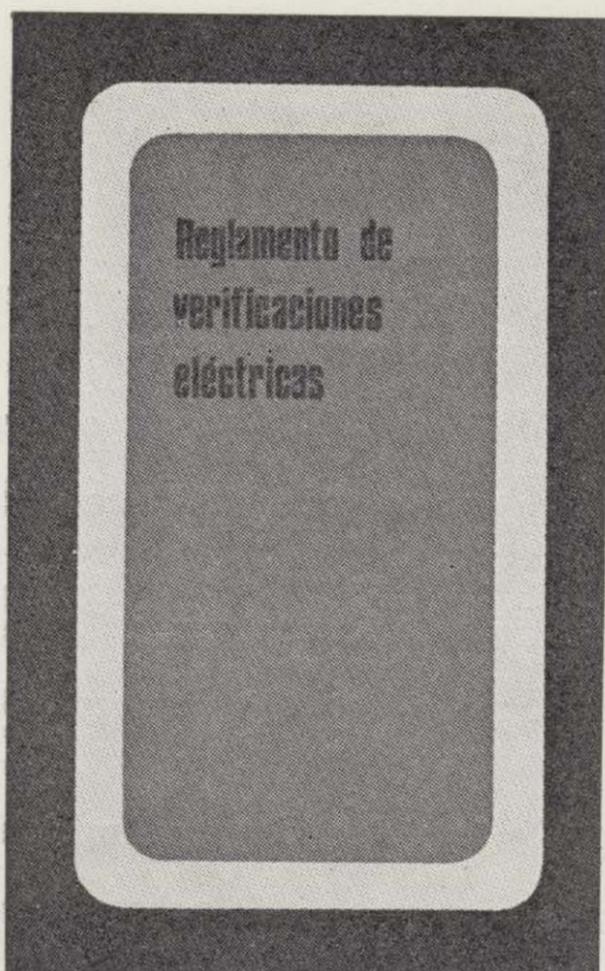
## **SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

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.

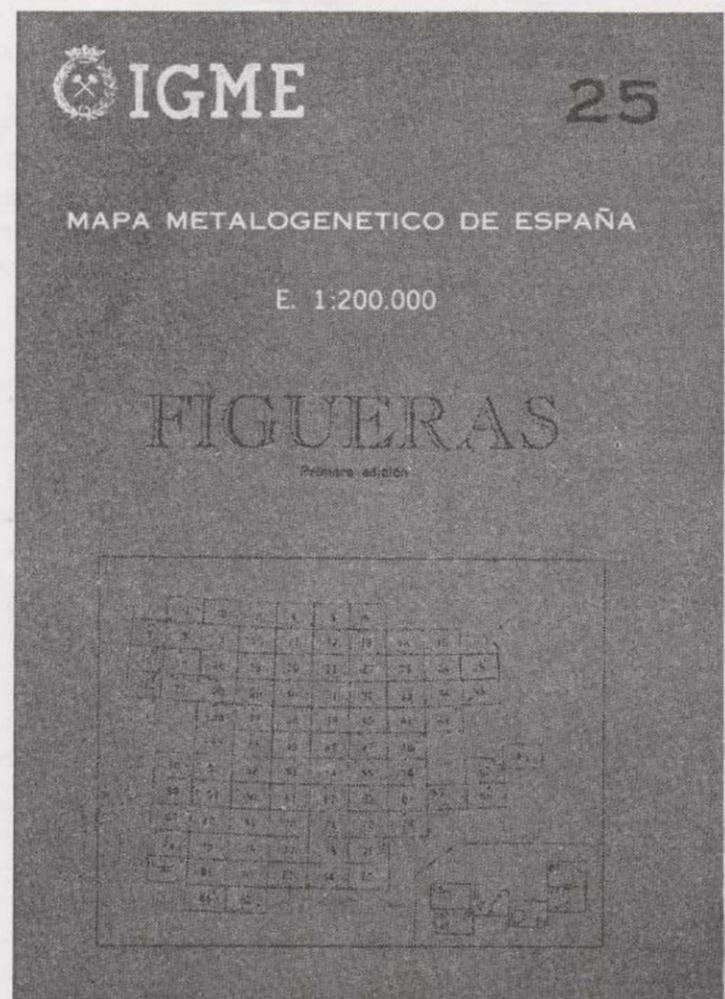
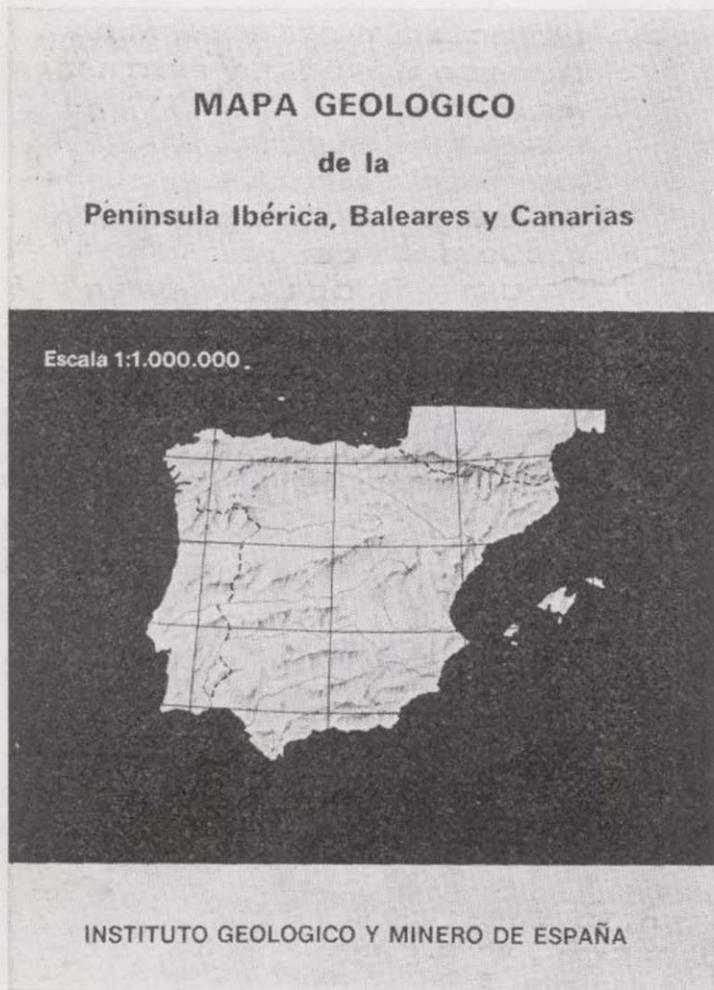
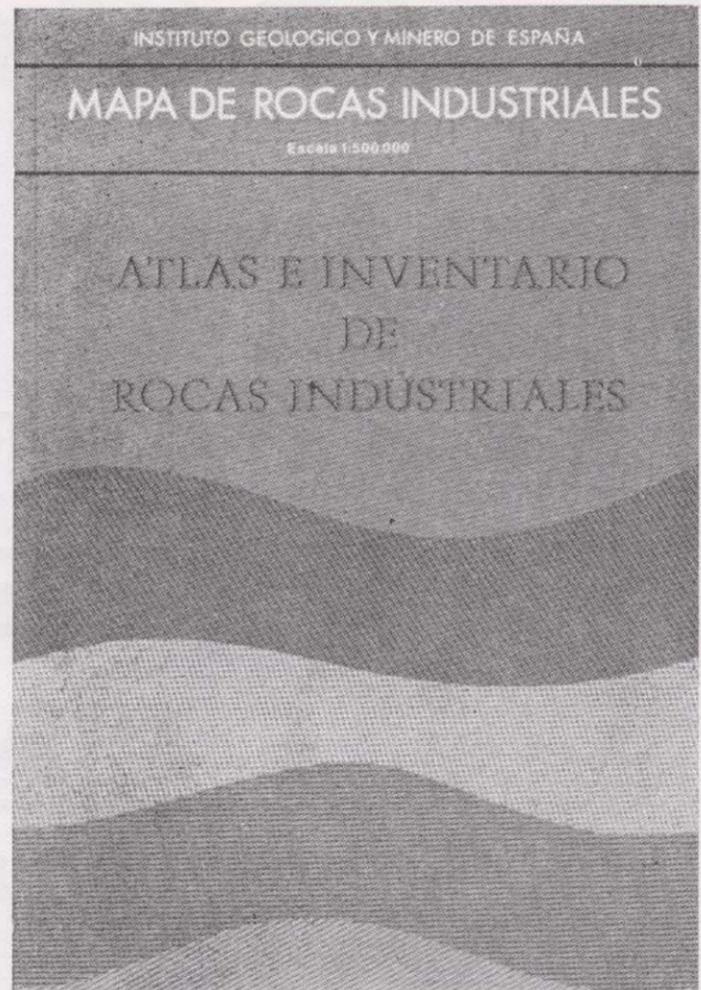
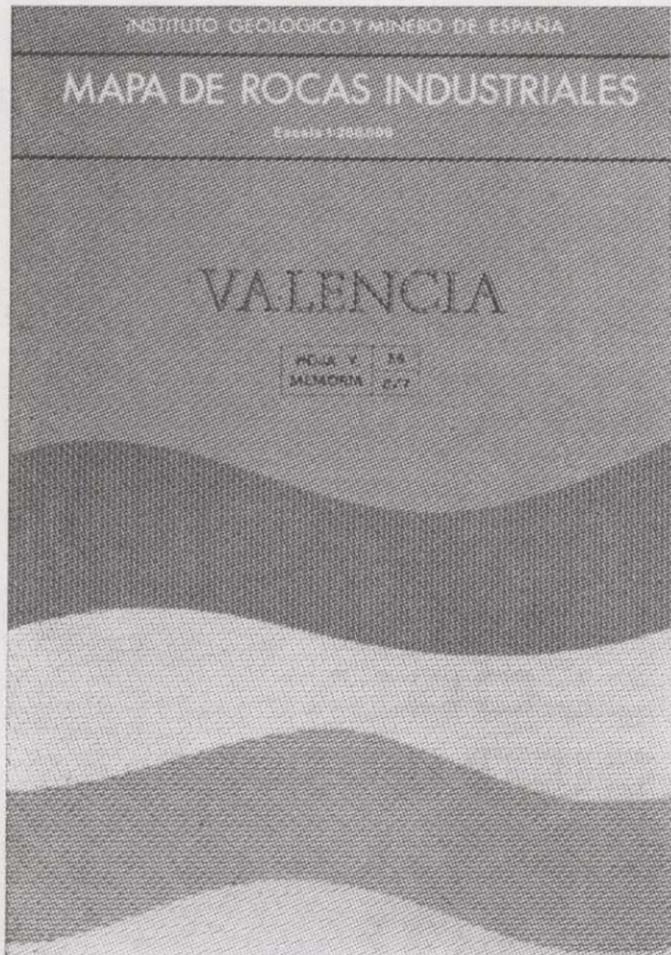
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

# NUEVAS PUBLICACIONES



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

# 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  
télex: 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

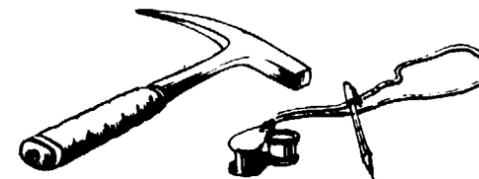


## FINA IBERICA S.A

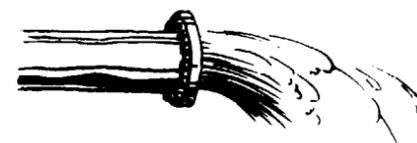
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

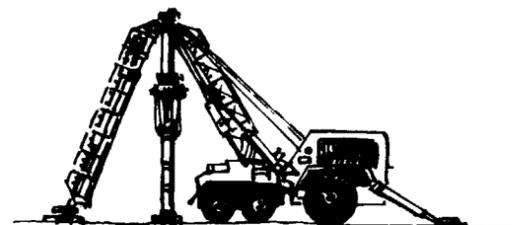
Tno. 2 59 78 04



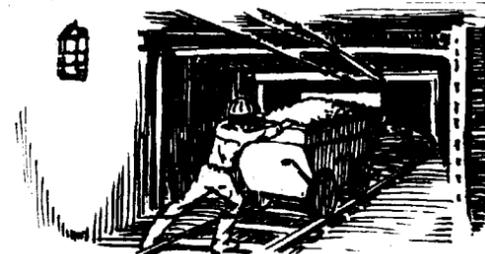
### Investigacion Geologica



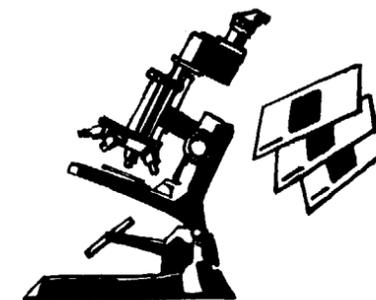
### Hidrogeologia



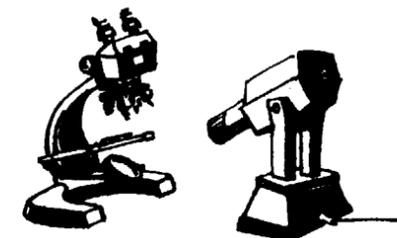
### Perforacion



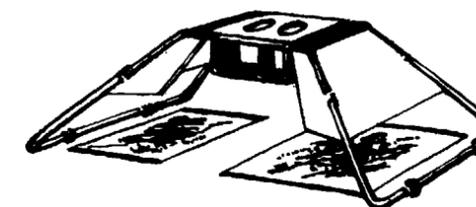
### Mineria



### 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.
- Útiles 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 ALCOGER, 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

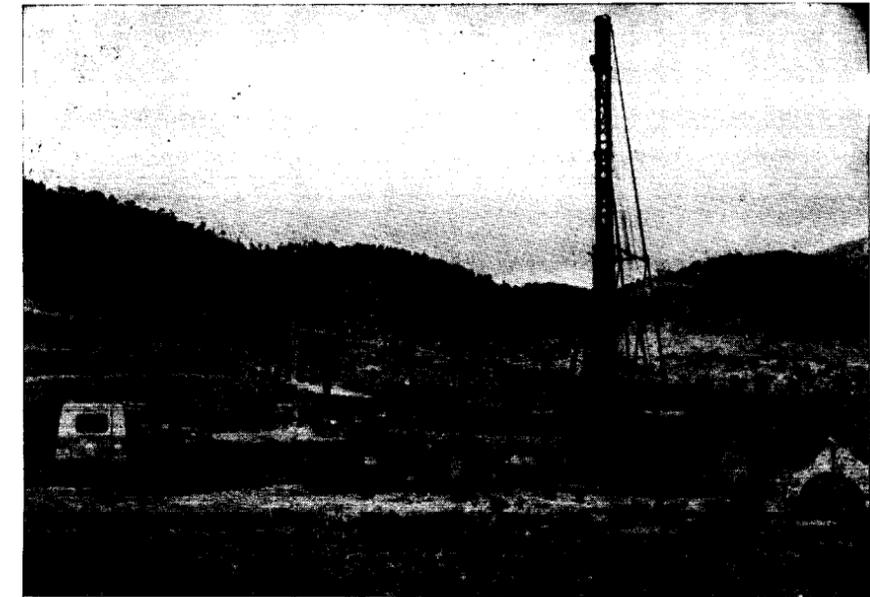
## VOLUMENES PUBLICADOS

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

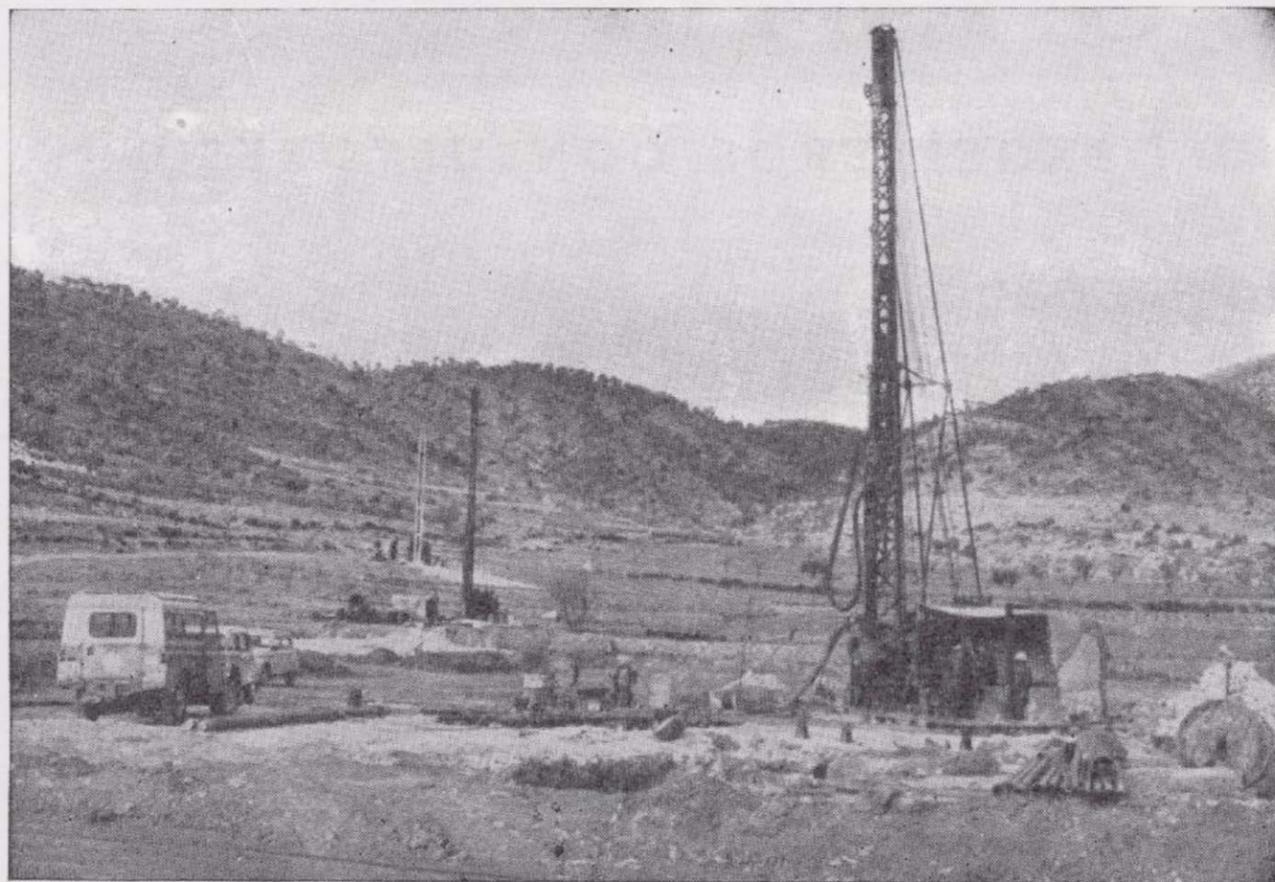
★ ★ ★

**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:

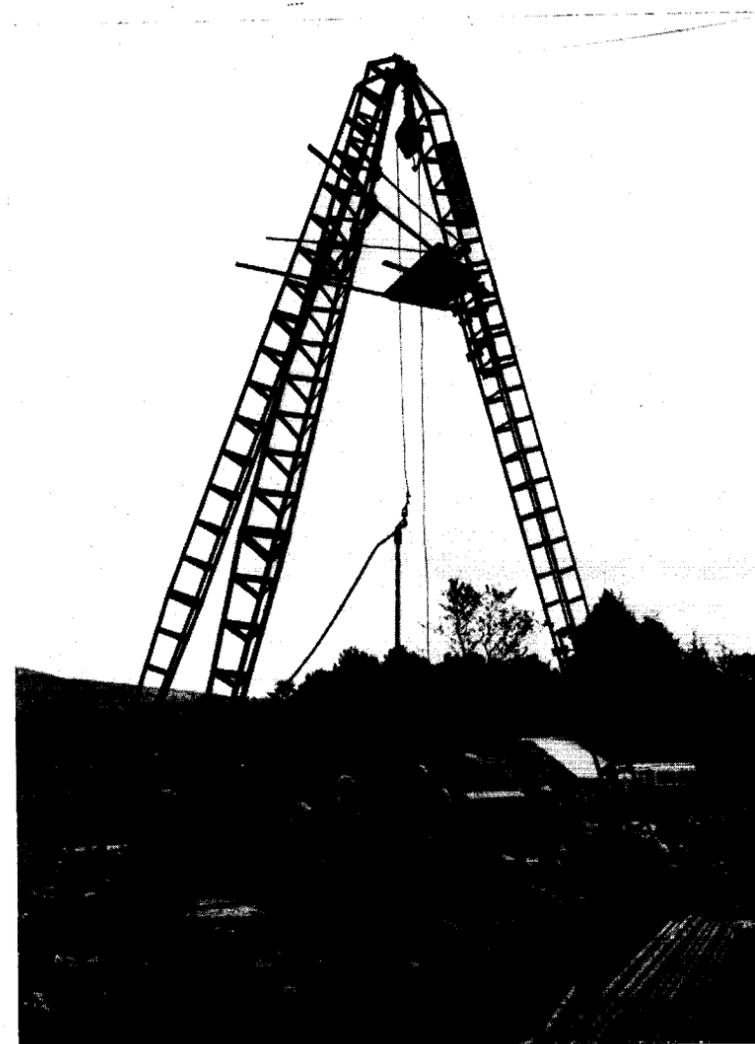
- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA - METALOGENIA
- PROYECTOS MINEROS
- CONTROL DE COSTOS.

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

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

# RODIO



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

**SONDEOS MINEROS  
HIDROGEOLOGIA  
INYECCIONES  
BULONAJES Y ANCLAJES**

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

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

Dellegados

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

**BILBAO 11**  
Gran Vía, 70  
Telef. 41 21 79

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

**VALENCIA 9**  
Avda. Tirso de Molina, 14  
Telefs. 65 65 15 y 65 64 88

**SAN SEBASTIAN 11**  
Paseo de la Libertad, 11  
Telef. 75 20 40

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

Oficina Central MADRID-16

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

**CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.**

**PROCEDIMIENTOS**

**RODIO**



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

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

**SONDEOS MINEROS  
HIDROGEOLOGIA  
INYECCIONES  
BULONAJES Y ANCLAJES**

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

Oficina Central: **MADRID-16**

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

Delegaciones:

**BARCELONA - 11**

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

**BILBAO - 11**

Gran Vía, 70  
Teléf. 41 21 79

**SEVILLA**

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

**VALENCIA - 9**

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

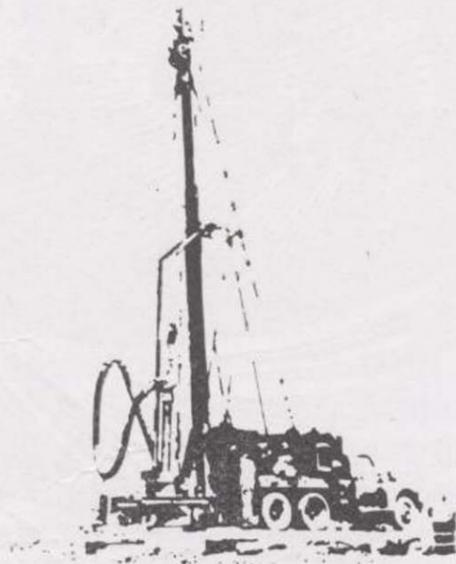
**STA. CRUZ DE TENERIFE**

Pasaje de Peligros, 1  
Teléf. 24 25 98

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



# VEGARADA UN CAUDAL DE EXPERIENCIA

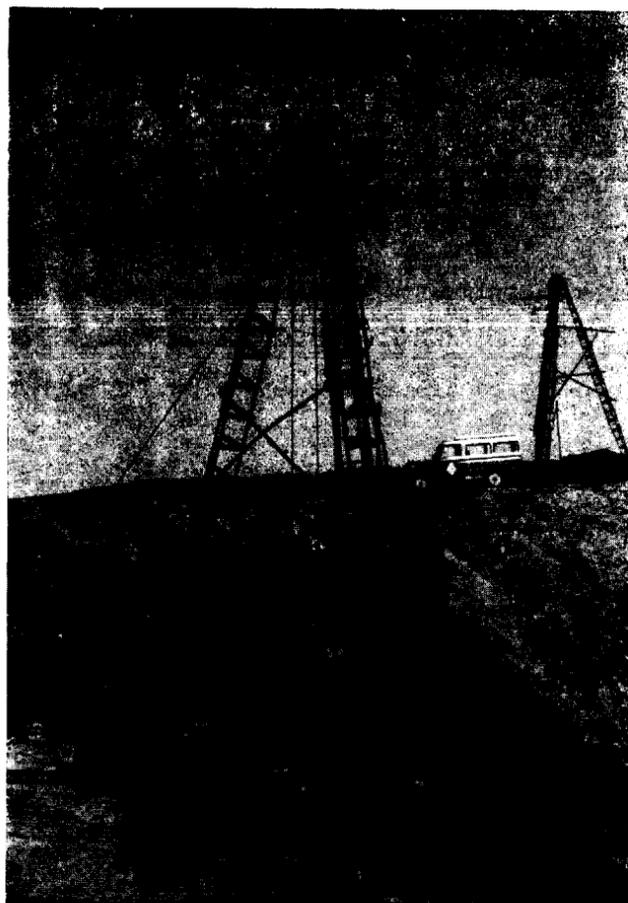


A través de más de 25 años de actividad  
centrada en estudios y trabajos de:  
Alumbramiento de aguas subterráneas,  
Abastecimiento a poblaciones e industrias,  
Riego por aspersión, y  
Transformación de secanos;  
**VEGARADA** ha conseguido una sólida experiencia y  
prestigio en el terreno del **agua** cuyo ciclo  
cubre hoy totalmente

## **Vegarada**

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

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.

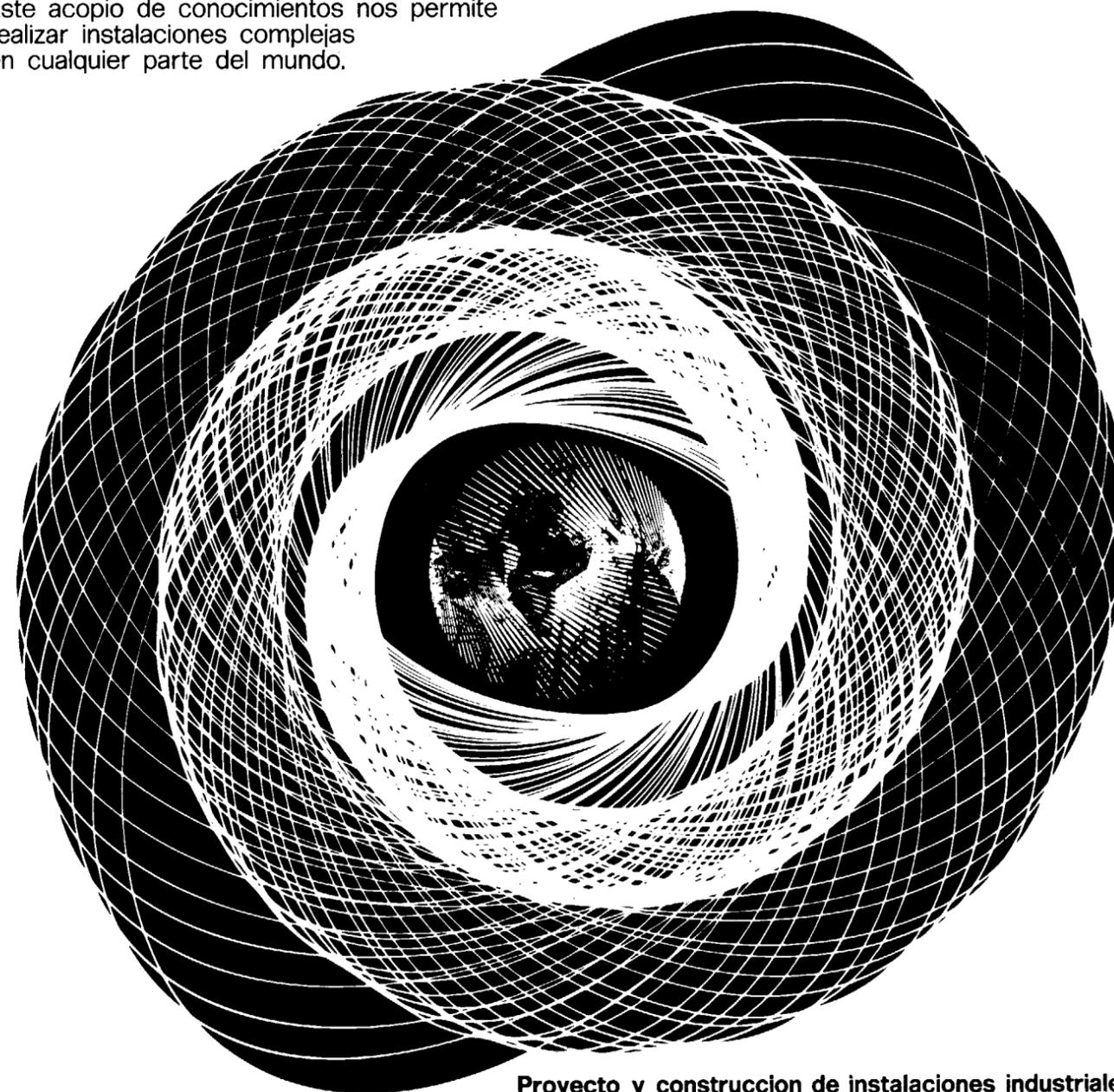
**TERRATEST, S. A.** Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

# 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.



F. 1 cart



**Proyecto y construcción de instalaciones industriales**

**McKee-CTIP INGENIEROS SA**

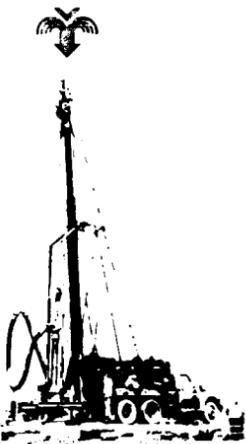
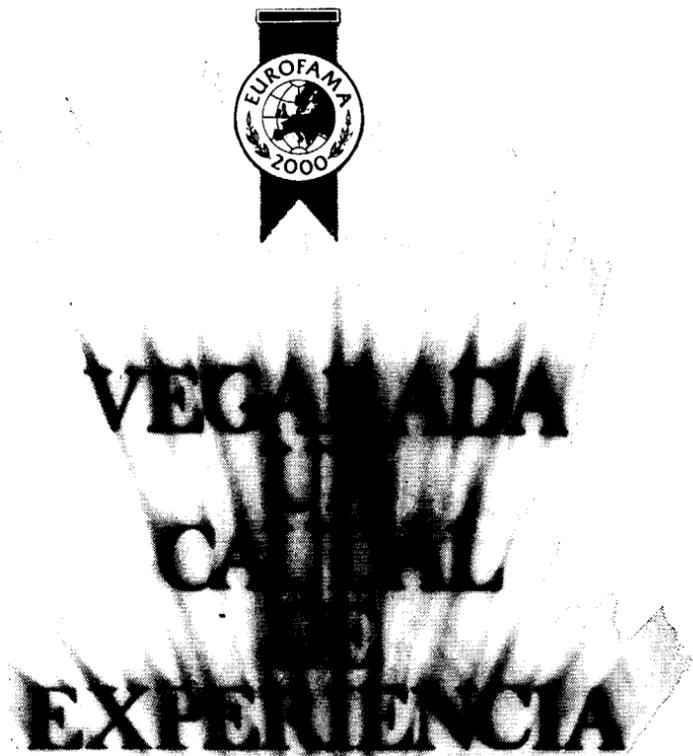
Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Makibermad

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



A través de más de 25 años de actividad centrada en estudios y trabajos de:  
 Alumbramiento de aguas subterráneas,  
 Abastecimiento a poblaciones e industrias,  
 Riego por aspersión, y  
 Transformación de secanos.  
**VEGARADA** ha conseguido una sólida experiencia y prestigio en el terreno del **agua** cuyo ciclo cubre hoy totalmente

**Vegarada**

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

S-14-P

**Tomo 85**

**Fascículo V**

**Septiembre - Octubre 1974**

# Boletín Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	J. A. MARTÍNEZ-ALVAREZ: Consideraciones sobre la posición geoes- tructural de la Península Ibérica ... .. 1
	E. JIMÉNEZ FUENTES: Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica ... .. 6
	L. RÍOS y S. RÍOS: Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al sur de Despeñaperros, provincia de Jaén ... .. 13
<b>Minería</b>	R. CASTROVIEJO: Estudio geológico y metalogénico de la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W ... 16
<b>Aguas subterráneas</b>	G. J. LÓPEZ ARECHAVALA: Sobre el caudal de un pozo de bombeo. Metodología práctica para el cálculo de su valor óptimo ... 37
<b>Geoquímica</b>	M. MARTÍN CALVO: Sobre la petrogénesis de algunas litofacies españolas con fases urano-orgánicas ... .. 49
<b>Estudios de Minerales y Rocas</b>	T. PALACIOS: Contribuição para o conhecimento petrográfico dos granitos da serra do Gerês ... .. 70
	J. M. FÚSTER, A. APARICIO, C. CASQUET, GARCÍA CACHO, A. MORA y M. PEINADO: Interacciones entre los metamorfismos plurifa- ciales y polifásicos del Sistema Central Español ... .. 83
	A. V. PINTO COELHO, F. CONÇALVES e J. R. TORQUATO: Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo ... .. 89
<b>Información</b>	125 aniversario de la fundación del Instituto Geológico y Minero de España.—Nuevo Director del Instituto Geológico y Mine- ro de España.—Noticias.—Mercado de Minerales y Metales.— Información legislativa.—Notas bibliográficas ... .. 92

### 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

Cloritas níquelíferas de la zona de Tolox en los macizos ultrabásicos de Málaga.

Foto: IGME

Depósito legal: M. 3.279.-1958

---

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

## Consideraciones sobre la posición geoestructural de la Península Ibérica

Por J. A. MARTINEZ-ALVAREZ (\*)

### RESUMEN

Se hacen una serie de consideraciones generales sobre la posición geoestructural de la Península Ibérica que llevan a la distinción de los siguientes elementos: 1) *paleosutura ibérico-meseteña* o lineación de divergencia de las estructuras paleozoicas; 2) *triángulo ibérico-meseteño* o zona estabilizada más reciente de la corteza en esta zona; 3) *triángulo tensional* ibérico o región de convergencia de los desequilibrios tensionales actuales y recientes. Se llega a la conclusión de que la zona estabilizada en torno a la paleosutura ibérica (triángulo ibérico-meseteño) actuó como "placa-isla" generadora de las organizaciones estructurales recientes en el dominio tensional (triángulo tensional ibérico), creado en la zona de convergencia de las placas Africanas y Eurasiática.

### Introducción.

La singularidad geotectónica de la Península Ibérica fue percibida por la mayor parte de los autores que se ocuparon de estos temas (1), (2), (5), (6), a escala mundial o regional continental. El más reciente fervor surgido en torno al estudio de la geotectónica submarina u oceánica y correspondiente global, o de relación continental-oceánica, hace resurgir el interés por el estudio de diversas de las cualidades de carácter singular del entorno geológico de la Península.

En la presente nota pretendemos centrar nuestra atención sobre la disposición y trazado que parecen adoptar los elementos megaestructurales de carácter discontinuo y algunas de sus secuelas. Tales consideraciones nos permitirán (a) acentuar el aspecto especial de la región Ibérica y (b) vislumbrar algunos planteamientos geotectónicos globales, que exigirán una más rigurosa comprobación.

(\*) Cátedra de Geología Estructural. Escuela Superior de Minas de Oviedo. Trabajo beneficiado por el fondo de Ayuda a la Investigación en la Universidad.

### Rasgos geoestructurales del ámbito continental hispánico.

La unidad geoestructural más característica de la península hispánica es la denominada *Meseta*. Se trata de un amplio afloramiento del Zócalo (Paleozoico), muy degradado geomorfológicamente (constituido en planicies o superficies planas, diversas) y parcialmente recubierto por una cobertera somera (Mesozoico y—sobre todo—Terciario). Su organización estructural, muy compleja, interfiere bruscamente con la correspondiente, desarrollada sobre depósitos potentes del Mesozoico y Terciario: (1) en el SE, correspondiendo con la zona de la depresión del Guadalquivir y Cordilleras Béticas; (2) en el NE, según la Cordillera Ibérica y Zona Cantábrica y por (3) el W, coincidiendo con la depresión Lusitana o de Lisboa.

— Actualmente parece fuera de toda duda de que, el límite septentrional de la depresión del Guadalquivir es un sistema de fracturas el cual queda latente, aunque fosilizado, hacia el E, constituyendo el zócalo profundo de esta cobertera. Estas alineaciones de fracturas se continúan hacia el S, inte-

grándose en el zócalo más profundo o infraestructura autóctona de las cordilleras Béticas.

— Las más recientes investigaciones (7), (8), (9), hacen suponer que la relación de la "Meseta" con la Zona Cantábrica y Depresión del Ebro, por intermedio de la Cordillera Ibérica, se verifica a través de una alineación compleja de fractura que, en dirección NW-SE, se puede seguir desde las inmediaciones de Avilés (en la costa cántabro-astúrica) hasta el Mediterráneo (Falla Cantábrica o alineación de Fractura Cantábrica). Esta compleja fracturación del zócalo prosigue hacia el noreste y la alinación tectónica pirenaica, de acuerdo con los más recientes estudios (4), traduce durante todo el intervalo mesozoico-cenozoico esta actividad estructural de la infraestructura.

— El Mesozoico y Terciario de la zona occidental de Portugal está, claramente, relacionado con la unidad que consideramos, mediante una alineación de fractura de sensible orientación meridional.

Las fallas o alineaciones de fracturas consideradas, que contornean el macizo de la Meseta, son complejas y diversas. Complejas por su trazado irregular y desplazamiento múltiple vertical y horizontal; diversas porque su actividad fue continua desde la época tardihercínica hasta la actualidad.

— De las consideraciones realizadas sobre la disposición estructural de la unidad peninsular denominada *Meseta*, para deducirse las siguientes conclusiones:

1. que la citada "Meseta" se encuentra contorneada, en la zona aflorante continental, por una serie de alineaciones de fractura muy características; son éstas:

- a) al SE, la conocida *falla del Guadalquivir*;
- b) al W, la *falla del Tajo o de Lisboa*;
- c) al NE, la denominada *falla Cantábrica*.

2. que el trazado conjunto del área continental delimitada por estos accidentes estructurales discontinuos tiene una disposición triangular. Proponemos la denominación de *triángulo ibérico-meseteño*, para esta organización estructural de primer orden.

La Meseta es, pues, una unidad estructural fundamental de la Península, que queda más precisamente definida, física y geotectónicamente, si la referimos a las alineaciones de fractura que cada vez resultan más evidentes y las cuales, al contornearla, definen una forma triangular notablemente característica, para la que es posible adoptar la denominación de *triángulo ibérico-meseteño* (fig. 1).

*Datos geoestructurales respecto a la zona oceánica y marina que contornea la Península Ibérica.*

En el dominio amplio precontinental ibérico, oceánico y marino, son fácilmente destacables tres regiones muy características; son éstas: 1, *gibraltareño-balear*; 2, *atlántica* y 3, *cantábrica*.

— En el ámbito geomorfológico submarino correspondiente a la zona mediterránea y del entorno balear se deben destacar las circunstancias funda-

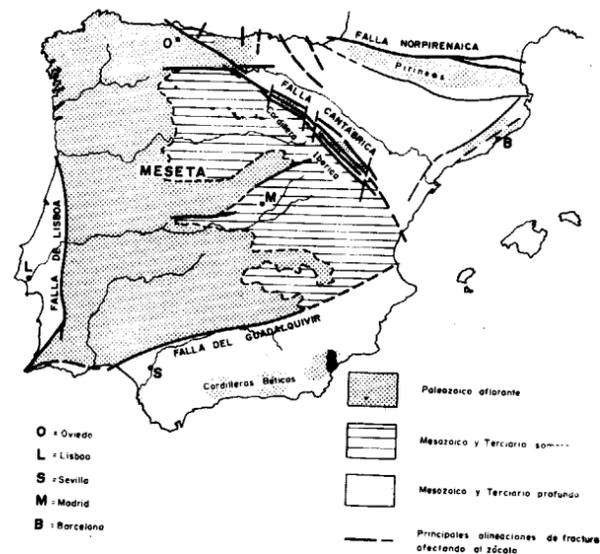


Figura 1

Disposición esquematizada de las estructuras discontinuas que contornean la "Meseta".

mentales siguientes: a) presencia de una depresión submarina, correspondiendo con la zona septentrional de la alineación de las islas baleares; tal depresión coincide con la disposición de la denominada falla del Guadalquivir; b) coincidencia geomorfológica de las depresiones que profundizan al E y W del estrecho de Gibraltar; lineación ésta que secciona las estructuras tectónicas Béticas y del Atlas con relativa brusquedad; c) existencia de una destacable actividad sísmica en toda la zona costera y dominio continental correspondiendo con la falla del Guadalquivir.

Todo parece sugerir que las estructuras discontinuas del dominio continental (Falla del Guadalquivir) tienen continuidad en la zona submarina precontinental e, incluso, que pueden existir otras (alineación del estrecho) netamente marinas.

— La región geomorfológica atlántica es más compleja, pero parece deducirse que el trazado de

las fracturas continentales se puede extender a las zonas submarinas próximas a la costa. Quizá se podría indicar que la trascendencia de estas fracturas es mayor en la zona meridional que en la correspondiente septentrional.

— La geomorfología de la zona costera cantábrica es muy destacable por (1), su trazado notablemente rectilíneo con una plataforma poco desarrollada y (2) presencia, frecuente, de cañones submarinos de importancia y orientación diversa.

El trazado de la depresión submarina cantábrica coincide con el correspondiente (E-W) de las grandes fracturas pirenaicas; no es, por tanto, difícil inclinarse a suponer que ambos elementos puedan tener alguna relación de continuidad.

Los cañones submarinos más destacables, Cabo Bretón (E-W) y Avilés (NW-SE), se pueden relacionar, respectivamente, con las fallas pirenaicas y con la falla Cantábrica. Otros elementos geomorfológicos de este tipo y menor importancia que se encuentran en esta zona son, fácilmente, relacionables con las estructuras discontinuas conocidas del zócalo paleozoico y cobertera Mesozoica y Terciaria.

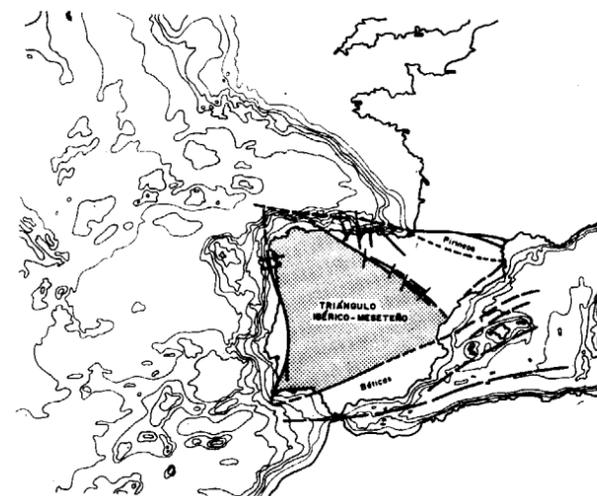


Figura 2

Trazado esquemático (visto e interpolado) de las estructuras discontinuas que diferencian el denominado triángulo ibérico meseteño

Existen pues un buen número de pruebas que permiten asegurar la continuidad de elementos estructurales discontinuos de la zona continental cantábrica, en la mayor parte de la plataforma y pendiente submarina del mismo nombre.

● Las consideraciones enumeradas, referidas al precontinente peninsular, permiten deducir:

1. que las alineaciones de fracturas continentales que diferencian el denominado *triángulo ibérico-meseteño*, se continúan en la zona submarina del precontinente ibérico;

2. como, consecuentemente, se debe sospechar que tales "estructuras" han de ser consideradas o juzgadas como *elementos geoestructurales* fundamentales o *geofracturas*;

3. que la identidad del *triángulo ibérico meseteño*, como unidad estructural, queda más fuertemente corroborada.

Las estructuras discontinuas que contornean el *triángulo ibérico meseteño*, tienen claras implicaciones precontinentales. Diversos aspectos de la geotectónica peninsular tienen indudables y *particulares relaciones* con la correspondiente del dominio oceánico del Atlántico norte (fig. 2).

*Consideraciones respecto a la incidencia de los elementos geoestructurales hispánico-peninsulares (continentales y precontinentales) en la geotectónica global de la región.*

Al tratar de la geotectónica de la Península destaca, con claridad, la presencia de dos zonas, particulares, de significación bien distinta; son éstas: a), la zona de Gibraltar-Azores-Mediterráneo y b), zona del Golfo de Vizcaya.

— La alineación mediterráneo-norte-africana, gibraltareña y de las Azores, determina una organización dinámico-estructural actual muy característica y controlada o constatada. La actividad sísmica de tal alineación es evidente, frecuente y actual; las manifestaciones de volcanismo son bastante acentuadas.

Esta alineación geodinámica reciente incide, hacia el W, perpendicularmente sobre la dorsal atlántica en una zona con complejas fallas "transformantes"; hacia oriente se continúa, más ampliamente, en toda la región mediterránea.

— La zona del Golfo de Vizcaya, es un muy notable accidente geomorfológico, evidenciado en su disposición continental y submarina con extrema claridad. Hay varios hechos que se destacan con precisión por encima de otros, por el momento, opinables; son estos: 1), la presencia de fracturas que parecen seguir la alineación de la pendiente submarina de la zona de plataforma continental (NW-SE) y que se puede relacionar con algunos sistemas continentales (plataforma y zona continental de Fran-

cia); 2, existencia de otro grupo de fracturas que siguen la alineación pirenaica (E-W) o la correspondiente aproximada NW-SE, adentrándose —ambas— en la zona continental ibérica (plataforma y zona continental española); 3), coincidencia del trazado de esta amplia región de fracturas, hacia el W, en una región de la dorsal atlántica extremadamente

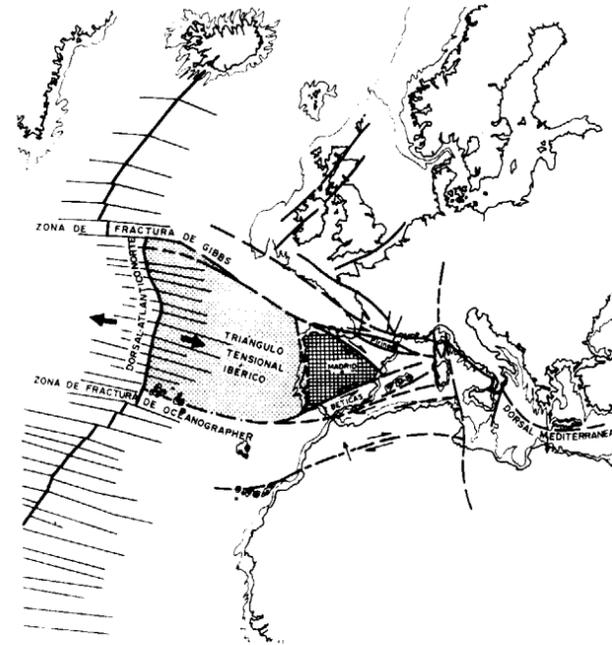


Figura 3

Disposición esquemática de los elementos de tensión del entorno de la Meseta y extrapolación de la zona denominada triángulo tensional ibérico.

compleja y muy marcada por la presencia de fallas "transformantes"; 4, incidencia del trazado de las mencionadas fracturas hacia el E, en la correspondiente alineación gibraltareña-mediterránea.

• Resulta de lo que acabamos de resaltar que el triángulo ibérico-meseteño parece estar relacionado con los elementos geotectónicos regionales (continentales y oceánicos) por dos lineaciones tensionales que relacionan esta unidad con la dorsal del atlántico norte y dorsal mediterránea. En conjunto los elementos, probablemente propagadores de las tensiones de esta zona de la corteza terrestre, adoptan una disposición triangular que podríamos denominar triángulo tensional ibérico. Sus lados están constituidos por: a) la dorsal del atlántico norte; b) zona de fractura de Gibbs o 53° Norte (con dirección general NW-SE); c) zona de fracturas Oceanographer o de las Azores en dirección general NE-SW). Estos lados coinciden en la zona medite-

rránea y se relacionan —en la zona del vértice— con la dorsal mediterránea.

Parece posible el poder diferenciar, para referirnos a la estructura y geotectónica de la Península Ibérica, dos elementos básicos. Uno de índole estructural bastante evidenciado, triángulo ibérico-meseteño y otro más conceptual denominable, triángulo tensional ibérico.

Cuando debemos referirnos a la geotectónica antigua de la Península (hercínica y pre-hercínica) nuestra fuente de datos más claros será el triángulo ibérico-meseteño. Los estructuras del mismo tienen una —clara— doble polaridad (hacia el NE y SW) y el eje de divergencia de éstas se dispone en la zona central de la Meseta, adoptando un trazado aproximado WNW-ESE. Las estructuras con vergencia al NE, aparecen complicadas por la forma arqueada que describen (Rodilla Astúrica o Arco Astur); las correspondientes, vergentes al SW, tienen un trazado más uniforme (3).

— Parece bastante evidente que la lineación de "sutura" de las estructuras hercínicas y prehercínicas tenía una disposición o trazado coincidente, aproximadamente, con la bisectriz del ángulo mediterráneo del triángulo ibérico-meseteño.

— Estas estructuras son, pues, subperpendiculares a la dorsal atlántica y siguen la disposición sensiblemente mediterránea de las alineaciones de fractura estudiadas (la zona arqueada divergen-

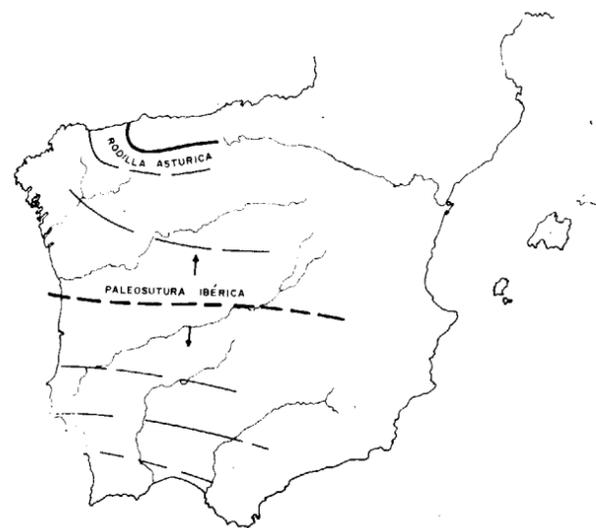


Figura 4

Trazado esquemático de las estructuras hercínicas en el dominio de la Meseta. Disposición de la zona de divergencia de los elementos geotectónicos y trazado aproximado de la denominada paleosutura-ibérica.

te de la Rodilla Astúrica, siendo un fenómeno local explicable). Todo parece sugerir como, siguiendo la dirección aproximada de los paralelos, existió en la zona central de la Meseta, una zona de fractura, en torno a la cual se gestó la organización tectónica hercínica hoy peneplanizada. Denominaremos a esta zona alineada de divergencia de las estructuras de la Meseta, paleosutura ibérico-meseteña (fig. 4).

• En la geotectónica global de la zona atlántico-mediterránea relacionada con la península Ibérica es destacable la presencia de una serie de lineaciones de fractura que afectando al zócalo (paleozoico) y cobertura (mesozoico y terciario), determinan la presencia de los siguientes elementos implicados en su geotectónica:

1. paleosutura ibérico-meseteña, o lineación en la que convergen las estructuras vergentes al NE y SW que caracterizan el paleozoico de la Meseta;

2. triángulo ibérico-meseteño o zona de zócalo de la parte central ibérica; muy característicamente delimitada por la serie de fracturas y lineaciones de fractura que aparecen al extremo NE y SE peninsular, así como en la zona W;

3. triángulo tensional ibérico, como región de relación atlántico-mediterránea, en la que se concentran las tensiones corticales más importantes de la historia actual y reciente de la corteza en esta zona.

Todo parece sugerir, 1), como la Península (representada por su "Meseta") coincide, desde los tiempos paleozoicos, con el ámbito de localización de una zona cortical móvil que después (2) se estabiliza para (durante el mesozoico y terciario) actuar como núcleo (con forma de triángulo) de confrontación de los esfuerzos que se concentran en torno a sus lados en la zona bético-gibraltareña y cantábrico-pirenaica. El triángulo ibérico se comporta, durante los tiempos posthercínicos, como una pequeña placa-isla, ubicada en la compleja zona de conjugación de las placas de África y Eurasia. Al dinamismo —complejo— de esta llamada "placa-isla", en la zona de confrontación tensional euro-africana se deben los particularismos geotectónicos más recientes de la Península.

#### Conclusiones.

— El examen geoestructural de la Península Ibérica nos lleva a resaltar la importancia que la zona integrada en la denominada Meseta tiene como unidad de esta índole. En torno a la misma se disponen fracturas, aislando una zona triangular (triángulo ibérico-meseteño), que se relacionan con la zona atlántica y mediterránea y sus principales elemen-

tos tensionales (triángulo tensional ibérico). En el interior de la misma existe una alineación de divergencia de las estructuras paleozoicas (paleosutura ibérica) muy característica.

— La zona ibérica se identifica, desde los tiempos más antiguos (paleozoico) con una zona cortical móvil que, después, se estabiliza (mesozoico y terciario) para constituir el núcleo estable (denominado triángulo ibérico-meseteño) y tensionalmente activo en su márgenes (triángulo tensional ibérico), el cual se comporta como una placa-isla en la zona de convergencia de las grandes placas de Eurasia y África.

— A la actividad de la zona situada en torno a la paleosutura ibérica—primero—y a la muy compleja del entorno del triángulo ibérico-meseteño (actuando como "placa-isla" dentro del triángulo tensional ibérico creado por la actividad de las placas de África y Eurasia) después, se debe la creación de las organizaciones estructurales más recientes y características.

Oviedo, abril de 1974.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) SUSS, E.: *Das Antlitz Erde*. Viena, 1888
- (2) CAREY, S. W.: *Orocline concept in Geotectonics*. Pap. Proc. R. S. Tasmania, vol. 89, 1955.
- (3) LOTZE, R.: *Die variszischen Gebirgszusammenhänge in westlichen-Europa*. Ann. Mus. Bologna, vol. 31, pág. 393. Polonia, 1963.
- (4) MATTAUER, M.: *Les traits structuraux essentiels de la chaîne pyrénéenne*. Rev. Geo. Phy. Geol. Dyn., vol. 10, fas. 1, pág. 3. París, 1968.
- (5) LE PICNON, X. SIBUET, J. C.: *Western extension of boundary between european and iberian plates during the pyrenean orogeny*. Earth. Planet. Scien. Lett., núm. 12, pág. 33. 1971.
- (6) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre las unidades características del norte de España*. Boletín Geol. Min., tomo 83, pág. 23 d. Madrid, 1972.
- (7) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A., y TORRES-ALONSO, M.: *Mapa geológico del noroeste de España (Asturias, Galicia, León y Zamora)*. Escala 1:500.000. Doc. Invest. Geol. Geot., núm. 2. Oviedo, 1966.
- (8) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A., y TORRES-ALONSO, M.: *Características estructurales de la zona centro-oriental de la Rodilla Astúrica (cordillera Cantábrica-Noroeste de España)*. Doc. Invest. Geol. Geot., número 5. Oviedo, 1968.
- (9) MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre el trazado de la hercínica en la zona septentrional de la Península Ibérica*, Act. Geol. Hisp., tomo 5, número 2. Oviedo, 1970.

Recibido: Julio 1974.

# Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica

Por E. JIMENEZ FUENTES (\*)

## RESUMEN

Se deduce un clima cálido durante todo el Paleógeno continental de la Cuenca del Duero, con variaciones oscilantes de humedad y tendencia lenta hacia la aridez con el transcurso del tiempo.

La temperatura cálida debió ser general en casi toda la Península Ibérica e igualmente la tendencia a la aridez. Sin embargo, la humedad debió compartimentar varias regiones de clima diferente.

## ABSTRACT

In the present paper, a warm climate is deduced to have been characteristic of the Duero Basin during the deposition of Paleogene continental sediments with humidity oscillations and a slow tendency towards aridity in time.

Warm temperatures must have been a general feature in the whole Iberian Peninsula together with increased aridity. However several climatically different regions were probably present due to humidity variations.

Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer nuestras ideas sobre la paleoclimatología del Paleógeno de la cuenca del Duero. Dichas ideas pueden aportar nuevas luces simplificadoras sobre la evidente complejidad estratigráfica y esperamos que sirvan como nuevas bases de futuras correlaciones. Pero para dejar aislados los factores climáticos es preciso separar los otros factores sedimentológicos fundamentales en facies continentales, lo que no siempre resulta sencillo.

Para la consecución de este informe hemos usado los datos obtenidos directamente en el campo, que han sido publicados en trabajos anteriores (JIMÉNEZ, 1970, 1972, 1973). En ellos se compendia el Terciario Inferior durense desglosado, de momento, en las siguientes formaciones:

1. CONGLOMERADO - BASE DEL TERCIA- RIO.—La serie-tipo que hemos elegido aflora en la "Peña del Hierro" de Salamanca (ROMAN y ROYO GÓMEZ, 1922; ROMAN, 1923; E. HERNÁNDEZ-PACHECO, 1943) habiendo sido datada como cuaterna-

(\*) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias de Salamanca.

ria en este lugar por ACCORDI (1955). En nuestra opinión no ofrece ninguna duda sobre su edad terciaria (JIMÉNEZ, 1972).

Aflora también esta formación al S. del río Tormes, en las proximidades de Carbajosa de la Sagrada y es muy extensa, según CORROCHANO (i.l., comunicación personal) en el borde occidental de la cuenca terciaria en la provincia de Zamora, al S. del río Duero.

La característica fundamental de este conglomerado-base es su cemento ferruginoso (o silíceo-ferruginoso) fuertemente compactado. Su techo se presenta siempre erosionado y por esa circunstancia su potencia no ha sido nunca comprobada como mayor de 6 m. En algunos puntos se encuentran sobre él, en discordancia erosiva, formaciones de edad muy posterior (miocenas en las proximidades de Salamanca).

Respecto a su edad no existen hasta hoy registros paleontológicos que resuelvan el problema. Tampoco hay evidencias de índole tectónica que puedan justificar concretamente una datación. No obstante, parecen ser concordantes con la formación suprayacente (en Carbajosa de la Sagrada), for-

mación que sólo ha podido ser datada como PRE-LUTECIENSE (JIMÉNEZ, 1970, 1972, 1973), denominación con la que debe figurar este conglomerado base con el ordinal I. Es posible que en realidad se trate de un estrato paleoceno, pero eso sólo en un futuro se podrá afirmar o negar.

2. PRE-LUTECIENSE SALMANTINO. (JIMÉNEZ, 1970, 1972, 1973; (ARRIBAS y JIMÉNEZ, 1971, 1972).—Siendo claros los hechos por los que hemos datado varias formaciones bajo esta denominación, no lo son tanto las relaciones entre algunas de ellas. De momento consideramos tres, que hemos llamado "areniscas de Amatos", "areniscas de Salamanca" y "Areniscas del río Almar". De ellas, la última es la más reciente pero no tenemos aún pruebas sobre el orden cronológico en que deben situarse las dos primeras.

Es posible que cuando los estudios estratigráficos estén más avanzados, tanto en Salamanca como en Zamora, podamos intercalar una o varias formaciones o que podamos ampliar el conocimiento de las ya conocidas.

2a. *Areniscas de Amatos*.—La serie se ha estudiado en un pequeño cerro-testigo en las proximidades de Alba de Tormes (JIMÉNEZ, 1973). También aflora en la orilla izquierda del río Tormes y en el borde occidental de la Armuña, en la provincia de Salamanca, entre Torresmenudas y Valde-losa.

2a'. *Areniscas de Salamanca*.—Es la serie clásica descrita por ROMAN y ROYO GÓMEZ (1922) sobre la que se asienta la parte S. de la capital salmantina, aflorando también al S. del río Tormes. Al contrario que la anterior, muestra una gran complejidad (JIMÉNEZ, 1972).

2b. *Areniscas del río Amar*.—Muestra grandes semejanzas con las "areniscas de Salamanca", pero con un gran incremento de la complejidad (JIMÉNEZ, 1973). Aflora en ambas orillas del río Tormes, al N. y NW. de Alba. Como serie-tipo se ha elegido el corte efectuado en "La Granjilla (op. cit., pág. 118).

3. LUTECIENSE ZAMORANO.—Datado por primera vez en Corrales (ROMÁN y ROYO GÓMEZ, 1922). Muestra diferencias notables con las formaciones más antiguas. Tres yacimientos muy similares estratigráfica y paleontológicamente (presentan una extraordinaria abundancia de restos de peces),

en Corrales, Sanzoles y el Cerro del Viso, hacen pensar que una gran extensión de la Tierra del Vino (provincia de Zamora) corresponde a esta formación.

La interpretación paleoclimática se ha basado en los cortes efectuados en Corrales y Sanzoles (JIMÉNEZ, 1970).

4. ARENISCAS DE CABRERIZOS (LUTECIENSE-LUDIENSE).—Muy similar a la anterior, con la que en principio se confundió (JIMÉNEZ, 1970). Actualmente pensamos que los yacimientos paleontológicos del Teso de la Flecha, entre Cabrerizos y Aldealengua (Salamanca), están situados cronológicamente por encima de los de Corrales. Ello quizás explique algunas irregularidades en la serie estratigráfica zamorana (por ejemplo, la presencia del conglomerado-arenisca ortocuarcítico del Teso de la Parva, que sería de edad intermedia entre los yacimientos citados).

5. ARENISCAS DE ALDEARRUBIA (LUDIENSE).—La datación de esta formación está basada en los datos paleontológicos suministrados por el yacimiento de San Morales (Salamanca) (MIQUEL, 1906; CRUSAFONT & TRUYOLS, 1957). Muestra sensibles diferencias con la formación precedente (JIMÉNEZ, 1972).

6. POST-LUDIENSE SALMANTINO-ZAMORANO.—En los montes del balneario de Babila-fuente (Salamanca) presenta ligeras diferencias con respecto a las "areniscas de Aldearrubia" (JIMÉNEZ, 1972). Estas se hacen más notorias hacia el N. para complicarse y hacerse netamente desiguales en la provincia de Zamora. La presencia de una pequeña discordancia en Villabuena del Puente permite distinguir dos formaciones distintas (JIMÉNEZ, 1970; ARIBAS y JIMÉNEZ, 1971). Pese o los razonamientos expuestos en esta última obra no creemos que la más moderna de estas formaciones traspase el límite Oligoceno-Mioceno. Por ello es incorrecta la denominación "pre-Tortonense", con la que allí figura.

Se ha elegido como serie-tipo el corte de los escarpes de "El Pendón", cerca de Villalazán (Zamora) (JIMÉNEZ, 1970).

\* \* \*

Sobre esta base estratigráfica, cuyos detalles pueden apreciarse en nuestros anteriores trabajos, añadiremos los datos de índole paleoclimática. Los que nos aporta la paleontología son:

a) Presencia de crocodileos (*Pristichampsus*, *Diplocynodon*) en todas las formaciones comprendidas entre el Luteciense y el Post-Ludiense. Estos animales sólo pueden habitar en regiones con temperatura nunca inferior a 10 ó 15° C. (BERG, 1964).

b) Presencia de *Pelomedusidae* (*Chelonia*, *Pleurodira*) en los yacimientos de Corrales (Luteciense), Teso de la Flecha (Luteciense-Ludiense), San Morales y Aldearrubia (Ludiense). Los representantes actuales de esta familia viven en Madagascar y en los valles del Congo y del Amazonas, en un clima tropical, cálido y húmedo.

c) Presencia de *Allaechelys casasecai*, JIMÉNEZ (1971) (*Chelonia*, *Carettochelyidae*) en Corrales. Esta familia, con una sola especie viviente (*Carettochelys insculpta*, RAMSAY) está confinada en Nueva Guinea. Indica también un habitat "intertropical". *A. casasecai*, con su enorme puente esternal y sus fuertes aberturas axilares e inguinales, se nos presenta como poderoso nadador, lo que permite deducir fuertes corrientes fluviales.

d) Se ha registrado en Corrales la presencia de troncos clasificados a priori como *Torreya sp.* (familia: Taxaceae). Esta familia está actualmente confinada, por su habitat tropical, a Centroamérica y zonas limítrofes, pero en épocas pasadas tuvo una extensión geográfica mayor. Su evolución y conservación en América fue posible por la orientación montañosa paralela a la costa. Sin embargo, en Europa, su migración hacia el S., obligada por los cambios climáticos, fue detenida por las barreras geográficas.

e) La fauna de mamíferos que hasta ahora se ha descrito no aporta datos paleoclimáticos concretos.

f) El nivel de peces que hemos citado en Corrales, Sanzoles y cerro del Viso (en la primera población no es el mismo nivel fosilífero descrito por ROMAN y ROYO GÓMEZ ni donde se extrajo *Allaechelys casasecai*) parece indicar un régimen algo salobre, que produciría la muerte en masa de la fauna dulceacuícola (también se encuentran fragmentos de quelonios y crocodileos). Todos los ejemplares recolectados están muy fragmentados, lo que descarta un medio en reposo. No hemos encontra-

do ninguna respuesta satisfactoria al problema que plantea este "nivel de peces". Es posible que esté relacionado con el sorprendente nivel marino descubierto en unos sondeos profundos en el oeste de la cuenca del Duero, en Valdunquillo (Valladolid) (DOMÍNGUEZ MARTÍN y ARQUER, 1971), pero no nos atrevemos a pronunciarnos por esta solución sin nuevos datos que confirmen el origen de esa capa profunda (al N. del río Duero el Paleógeno, si existe, está cubierto por una potentísima formación neógena).

Los cuatro primeros apartados indican un clima tórrido (\*); el tercero parece indicar, además, una gran pluviosidad. En cuanto a los dos últimos apartados, no dan ninguna indicación paleoclimática. El último es, quizás, un indicador tectónico para otras regiones alejadas, pero no aporta ningún conocimiento significativo para ésta.

\* \* \*

Pero si la paleontología no deja lugar a dudas sobre el clima tórrido o "subtropical" del Paleógeno dureense, la estratigrafía nos puede aclarar, además, variaciones de dicho clima, con las salvedades apuntadas al principio de este trabajo.

Las observaciones en los diversos tramos conocidos son:

1. CONGLOMERADO-BASE.—Sin duda la naturaleza detrítica del material caracteriza mejor un fuerte relieve que grandes caudales de agua. Sin embargo, el cemento ferruginoso implica una gran humedad, corroborada por la intensa silicificación.

Respecto a la discordancia erosiva que le culmina y los fenómenos por ella originados, creemos que se formaron en el Mioceno, en relación con los sedimentos de dicha edad que la cubren al N. de la vieja urbe salmantina. Ello descarta una aridez posterior al conglomerado base, más propia del Neógeno que del Paleógeno.

2a. *Areniscas de Amatos*.—Las variaciones verticales que presenta esta serie son debidas principalmente a las modificaciones morfológicas de la cuenca. Su gran uniformidad implica pocos cam-

(\*) Los términos "tropical" o "intertropical" se refieren a unas condiciones actuales, pero suponer que estas regiones estuviesen durante el Paleógeno entre los Trópicos es, a nuestro entender, prematuro. Por ello, dichos términos referidos al clima paleógeno deben significar "similares a los actuales climas tropicales o intertropicales".

bios climáticos durante la sedimentación, que debió efectuarse en un clima menos húmedo que el deducido para el conglomerado-base. Apparentemente no hemos observado cambios tectónicos, de lo que se deduce un relieve menor.

Al final de la serie, la intensa silicificación de los materiales detríticos nos indica un relieve aún menor en un clima más húmedo, con cambios en la dirección de aportes.

2b. *Areniscas de Salamanca*.— Los materiales constitutivos de esta formación nos hablan también de un clima cálido y húmedo; las variaciones verticales implican cambios climáticos y de dirección de aportes.

Algunas capas no silicificadas ni ferruginosas, ricas en caolín, se pueden explicar por un clima menos húmedo. Estas capas son relativamente escasas y poco potentes.

Granulométricamente se han observado dos ciclos menores que más tienen que ver con las modificaciones propias de la cuenca que con otros factores.

2c. *Areniscas del río Almar*.—Esta formación presenta los mismos caracteres paleoclimáticos que la anterior, pero los períodos "menos húmedos" se tornan más abundantes y duraderos.

La complejidad granulométrica no permite establecer ciclos menores. Las variaciones verticales son debidas a cambios de aporte y, en menor grado, del clima.

\* \* \*

Tanto el luteciense zamorano como las "areniscas de Cabrerizos y Aldearrubia" muestran sensibles diferencias con las anteriores formaciones, que se manifiestan principalmente en la composición del cemento acompañante al material detrítico.

Las condiciones de sedimentación también son diferentes, resultado de una revitalización del relieve por movimientos tectónicos de fractura.

Salvo en algunas excepciones, sólo con las características estratigráficas no hubiéramos deducido ninguna consecuencia paleoclimática sin los hallazgos paleontológicos.

3. LUTECIENSE ZAMORANO.—La cementación ferruginosa es escasa, sólo presente como pigmentación. Excepcionalmente forma "cantos blan-

dos" limo-ferruginosos (JIMÉNEZ, 1972, pág. 76). En esta formación aparecen los carbonatos.

Es de destacar en el Teso de la Parva, cerca de Santa Clara de Avedillo, la presencia de un interesante episodio silíceo que, en nuestra opinión, es de edad intermedia con la siguiente formación.

De todo ello se deduce un clima no excesivamente húmedo, con cortas fases de mayor pluviosidad entre los que se intercalan períodos de relativa sequedad.

4. ARENICAS DE CABRERIZOS.—Las características estratigráficas y paleontológicas son muy similares a las de la formación zamorana, salvo en una aún menor abundancia de episodios ferruginosos. Por haber sido mejor estudiada, podemos añadir datos que corroboran lo dicho antes.

Así, por ejemplo, se observa que los paquetes de estratos con estratificación oblicua tabular son más abundantes, algunas veces limitadas en el techo por superficies de erosión onduladas. Ello indica períodos de fuertes corrientes, a los que suceden fases erosivas.

Recientemente, CORROCHANO (1973) ha estudiado detenidamente esta formación, llegando a interesantes conclusiones sobre la sedimentación y dirección de aportes.

Las características paleoclimáticas son, por tanto, las mismas para la formación anterior, aunque con menos períodos de hiperhumedad.

5. ARENICAS DE ALDEARRUBIA.—Quizás el hecho más notable de esta formación es la mayor presencia de carbonatos, bien en forma de cemento o como constituyente principal. Es más destacado cuanto más subimos hacia el techo.

La granulometría muestra una gran confusión, aparentemente sin formación de ciclos menores, lo que resulta lógico si tenemos en cuenta la gran cantidad de estratificaciones laminadas, oblicuas, etcétera, generalmente acompañadas de superficies erosivas planas u onduladas. Ello indica sucesivas fases alternativas de sedimentación y de erosión, que pueden ser debidas a la evolución normal de la cuenca más que a cambios climáticos. El clima se deduce "semihúmedo" (no tan húmedo como en las fases anteriores) y, gracias a los hallazgos paleontológicos, cálido. En él se intercalan períodos secos (que originan la precipitación de carbonatos) más abundantes con el paso del tiempo.

6. POST-LUDIENSE.—En la provincia de Salamanca, la formación es continuación inseparable de las "areniscas de Aldearrubia", con una acentuación de los períodos secos.

En la Tierra del Vino encontramos la misma serie en la parte SE, pero hacia el N la estratigrafía se complica por la presencia de la pequeña discordancia angular de Villabuena del Puente.

Ello ha permitido diferenciar dos tramos, que muestran una multiplicación de los períodos áridos, que debieron hacerse al final de esta época muy abundantes.

CONCLUSION

Resulta evidente que el clima de la Cuenca del Duero durante el paleógeno fue "subtropical" (en el sentido de una temperatura siempre tórrida), con variaciones de humedad oscilantes, pero con una tendencia a la aridez (en el sentido de mayor sequedad) conforme transcurre el tiempo. Durante el Oligoceno, esta aridez es notoria en algunos períodos, que alternan con otros algo más húmedos.

Todo ello se ha tratado de expresar gráficamente en el esquema de la figura 1.

Esta conclusión paleoclimática del Paleógeno para la cuenca del Duero puede resultar válida para otras limítrofes. Así lo consideramos para la mitad septentrional de Portugal, con las modificaciones locales impuestas por la proximidad del mar.

Es posible, aunque de momento no segura, una correlación entre los conglomerados —base de las formaciones terciarias de la cuenca del Duero y del Campo de Calatrava (provincia de Ciudad Real) (MOLINA, PÉREZ GONZÁLEZ y AGUIRRE, EFST). Ambos muestran una gran similitud litológica, si bien en La Mancha es mucho más potente (40 m.) y sólo ha podido ser definida como anterior al Mioceno Medio, con el que está discordante. En caso de ser correlativa, mostraría una identidad de clima para el Paleógeno más antiguo en esta región.

La estratigrafía del Paleógeno es, en la cuenca del Tajo, muy diferente de la del Duero (una bibliografía exhaustiva sobre el particular puede verse en la síntesis presentada por PÉREZ-GONZÁLEZ, VILLAS, BRELL y BERTOLIN, 1971). Por los datos de

que se dispone, suponemos que las condiciones de temperatura no diferirían mucho, pero sí, y bastante, las de humedad y aportes. La correlación resulta muy difícil para los tramos anteriores al Post-ludiense. Esta formación del Duero sí presenta algunas similitudes con el Oligoceno en algunos puntos de la cuenca del Tajo.

En Cataluña y el valle del Ebro, la estratigrafía se complica por la presencia de facies marinas. Ateniéndonos a las capas continentales se han registrado faunas significativas (desde el punto de vista paleoclimático), muy parecidas a las del Duero: crocodileos y quelonios trioniceos (BERGOUNIOUX, 1957; BERG y CRUSAFONT, 1970) tanto en el Eoceno como en el Oligoceno. Ello nos indica un clima "tropical", dato confirmado recientemente por M. T. FERNÁNDEZ MARRÓN (1973) para el yacimiento oligocénico de Sarreal (Tarragona). Al igual que ocurre en la cuenca del Tajo, las diferencias estratigráficas observadas (dejando de lado las facies marinas) pueden explicarse por una distinta humedad en relación con la cuenca del Duero. El yacimiento de Sarreal, al igual que los de Tárrega, etcétera, deben corresponder a alguno de los ya en esta época frecuentes períodos áridos.

Hablando en términos generales, podemos suponer que durante el Paleógeno una gran parte de la Península Ibérica tuvo una temperatura cálida, propia de las actuales zonas intertropicales, pero con regiones de clima local diferente, debido, probablemente, a una distinta humedad para cada una de ellas. La cuenca del Duero muestra una evolución general de dicho clima con una tendencia oscilante hacia la aridez. Parece que en otras cuencas de facies continental se observa una misma tendencia, hecho que ya fue intuido por BERGOUNIOUX (1957) a una mayor escala territorial (\*\*). Es posible que, teniendo en cuenta estos datos, se consiga una más precisa correlación cuando los estudios paleoclimáticos están más avanzados.

(\*\*) La cita textual de Bergounioux, refiriéndose a los crocodileos es: "Il est intéressant de constater que ces animaux deviennent de plus en plus rares quand on remonte l'échelle stratigraphique. Il y a peut-être une lente modification du climat dans la province ouest-européenne qui tout en laissant aux Chéloniens des conditions écologiques suffisantes, interdit cette aire d'habitat aux Crocodiliens" (1957, pp. 215).

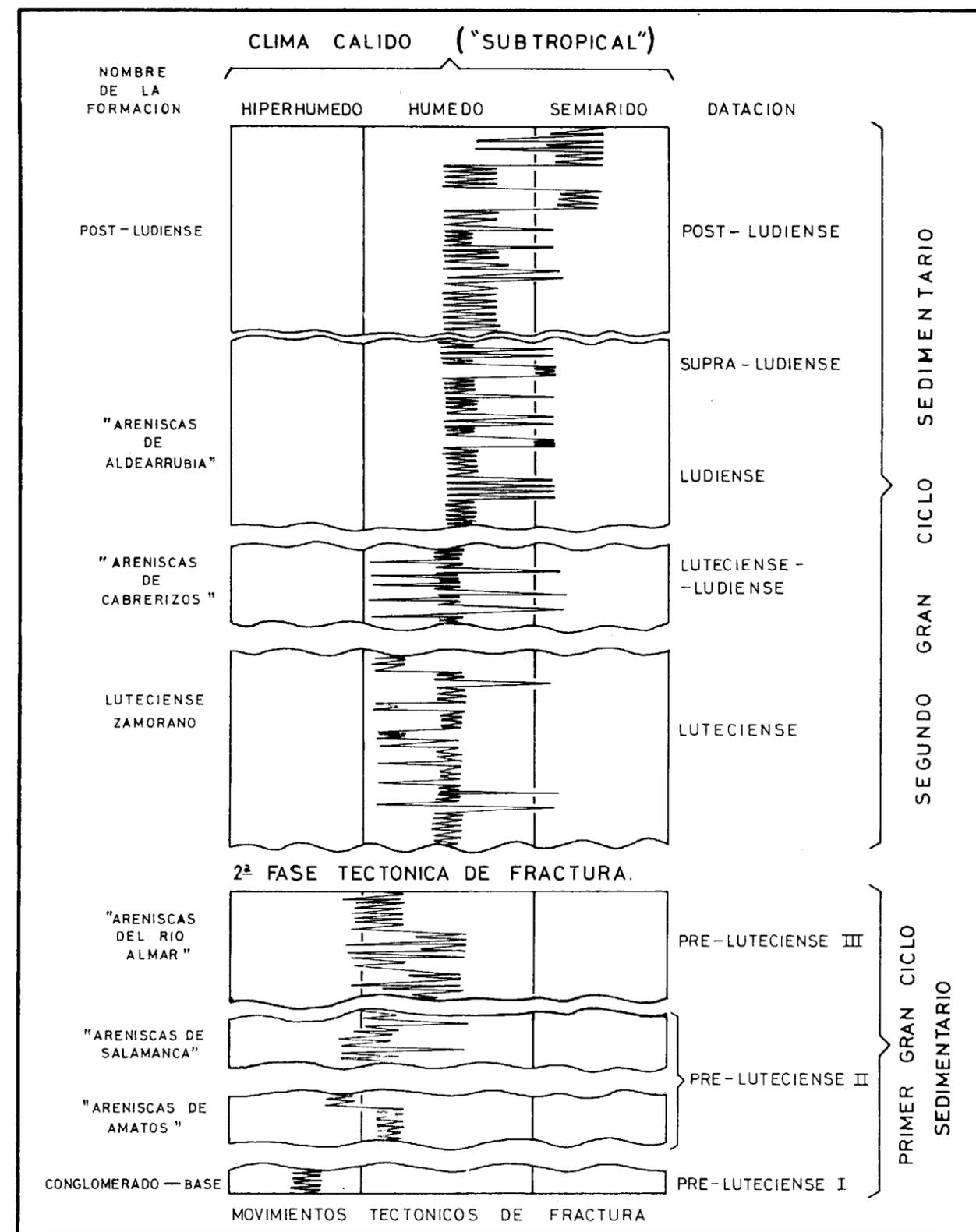


Figura 1  
Esquema de la evolución del clima paleógeno dureense

## BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI, B.: *El Cámbrico de Salamanca y su serie de cobertura*, "Est. Geol.", 11, 383-395, Madrid (1955).
- ARRIBAS, A., y JIMÉNEZ, E.: Mapa Geológico de España, 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente. Hoja 29 (Valladolid). I. G. M. E., pp. 1-21, Madrid (1971).
- ARRIBAS, A., y JIMÉNEZ, E.: Mapa Geológico de España, 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente. Hoja 37 (Salamanca). I. G. M. E., pp. 1-21, Madrid (1972).
- BERG, D. E.: *Krokodile als Klimazeugen*, "Geol. Rdsch.", 54, 328-333 (1964).
- CRUSAFONT, M., y BERG, D. E.: *Note sur quelques Crocodiliens de l'Eocene prépyrénéique*, "Act. Geol. Hisp.", 5 (2), 54-57, Barcelona (1970).
- BERGOUNIOUX, F. M.: *Les reptiles fossiles du Tertiaire de la Catalogne*. "Est. Geol.", 14, 129-219, Madrid (1957).
- CORROCHANO, A.: *Características de la sedimentación del Paleógeno en los alrededores de Salamanca*. "Stvd. Geol.", (i.1.), Salamanca (1973).
- CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J.: *Algunas precisiones sobre la edad y extensión del Paleógeno de las provincias de Salamanca y Zamora*, "Curs. y Conf. Inst. Lucas Mallada", 4, 83-85, Madrid (1957).
- DOMÍNGUEZ MARTÍN, A. y ARQUER PRENDES-PANDO, F.: *Comunicación sobre el hallazgo de una posible facies marina bajo los sedimentos terciarios continentales del occidente de la Cuenca del Duero*, I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ. Madrid-Lisboa, I (secc. 1), 157-160, Madrid (1971).
- FERNÁNDEZ MARRÓN, M. T.: *Reconstrucción del paleoclima del yacimiento oligoceno de Sarreal (Tarragona) a través del estudio morfológico de los restos foliares*. "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)", (i.1), Madrid (1973).
- HERNÁNDEZ PACHECO, E.: *Observaciones respecto al Paleógeno continental hispánico*, "Las Ciencias", 8 (3), 545-555, Madrid (1943).
- JIMÉNEZ, E.: *Estratigrafía y paleontología del borde sur-occidental de la Cuenca del Duero*. "Tesis Doctoral", 1-323, Salamanca (1970).
- JIMÉNEZ, E.: *Primer Pseudotrionyx español: Allaeochelys casasecai nov. sp., del Luteciense de Corrales (Zamora)*, "Est. Geol.", 27, 153-166, Madrid (1971).
- JIMÉNEZ, E.: *El Paleógeno del borde SW de la Cuenca del Duero. I. Los escarpes del Tormes*, "Stvd. Geol.", 3, 67-110, Salamanca (1972).
- JIMÉNEZ, E.: *El Paleógeno del borde SW de la Cuenca del Duero. II. La Falla de Alba-Villoria y sus implicaciones estratigráficas y geomorfológicas*, "Stvd. Geol.", 5, 107-136, Salamanca (1973).
- MIQUEL, M.: *Restos fósiles de vertebrados encontrados en Salamanca*, "Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.", 6, 352-357, Madrid (1906).
- MOLINA, E.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A. y AGUIRRE, E.: *Observaciones geológicas en el Campo de Calatrava*, "Est. Geol.", 28, 3-11, Madrid (1972).
- PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; VILAS MINONDO, L.; BRELL, J. M. y BERTOLÍN, M.: *Las series continentales al E. de la Sierra de Altomira*. "I. Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ. Madrid-Lisboa", I (secc. 1), 357-376, Madrid (1971).
- ROMÁN, F.: *Algunos dientes de Lofiodóntidos descubiertos en España*, "Com. Invest. Pal. y Prehist.", 33, 1-22, Madrid (1923).
- ROMAN, F. y ROYO GÓMEZ, J.: *Sur l'existence de mammifères luteciens dans le bassin du Douro (Espagne)*, "C. R. Ac. Sc.", 175, 1221-1223, París (1922).

Recibido: Mayo 1974.

## Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al sur de Despeñaperros, provincia de Jaén

Por L. RIOS (\*) y S. RIOS (\*\*)

### RESUMEN

La estructura de conjunto resulta de la superposición de dos fases. La primera produce pliegues de tipo semejante de vergencia al Sur. La segunda ocasiona una deformación de gran amplitud cuya bóveda o charnela sigue aproximadamente la línea del borde sur del Ordoviciense.

### Introducción

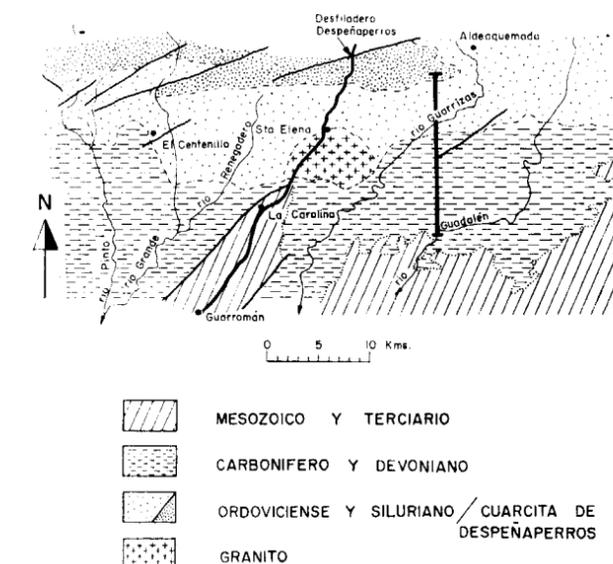
Los terrenos ordovicienses situados al Sur de la Sierra constituida por la cuarcita del desfiladero de Despeñaperros forman pliegues de vergencia sur. El techo del Ordoviciense, que es al mismo tiempo su límite sur, sigue una dirección regional E-W. Más al Sur, los terrenos más modernos, esencialmente constituidos por un Carbonífero en discordancia estratigráfica, se presentan de modo que el crucero de plano axial de los pliegues tiene un buzamiento sur, lo cual podría hacer pensar en una vergencia al Norte. En esta nota explicamos esta aparente contradicción mediante la presencia de dos fases tectónicas superpuestas, la segunda de las cuales ha hecho bascular al Sur el conjunto del Carbonífero.

### Las fases y la geometría de la deformación.

La primera de las dos fases va acompañada de un crucero de flujo o crucero de pizarrosidad  $S_1$  (slaty cleavage) que se caracteriza por su carácter penetrativo y es observable generalmente en las pizarras tanto del Carbonífero como del Ordoviciense, así como en las intercalaciones de arenisca

donde se refracta adquiriendo una mayor oblicuidad con relación al plano de estratificación  $S_0$ .

Dentro del Ordoviciense esta fase es la responsable de los pliegues de orden hectométrico, ya que en estereograma hay un buen agrupamiento de



las lineaciones  $L_{1-0}$  (intersección de  $S_1$  y  $S_0$ ) alrededor del eje de dispersión de los planos  $S_0$ . La dirección de los ejes es N-105-E. Los repliegues observables a la escala del afloramiento (por ejemplo en

(\*) Grupo de trabajo de la Cátedra de Geología de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

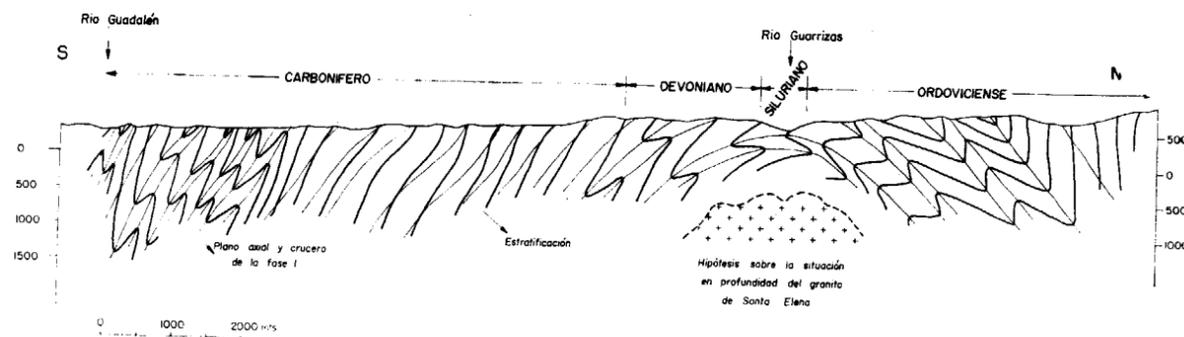
(\*\*) Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

la pista de la estación de Santa Elena a Aldeaque-mada, o en la trinchera del ferrocarril de Madrid a Sevilla) indican que se trata de un plegamiento con un carácter o estilo semejante muy marcado. Tanto los planos axiales de repliegues como el crucero buzando al Norte, pasando a horizontales cuando nos aproximamos al límite Sur del Ordoviciense. Esta horizontalidad llega en algunos casos a sobrepasarse, por ejemplo en el barranco del Renegadero, situado al Este de la mina "La Española", donde la cuarcita del techo del Ordoviciense (o base del Siluriano) forma un repliegue decamétrico vergente al Sur de plano axial buzando ligeramente al Sur.

Más al Sur, dentro del Carbonífero, encontramos que el crucero  $S_1$  buza ya al Sur de manera permanente. Según la regla de la relación entre los planos de crucero  $S_1$  y estratificación (la regla dice

mes, la regla de la relación crucero-estratificación para deducir la polaridad de las capas no es válida en este caso.

Hay otro tipo de crucero ( $S_2$ ) cuya dirección media es N-115-E y que es de fractura o clivó-deslizamiento (strain slip cleavage). Se encuentra frecuentemente en el Carbonífero y también, a veces, en el Ordoviciense. Se caracteriza por el rizado ("crenulation") que produce sobre los planos  $S_1$  o  $S_0$ , por los pliegues centimétricos o decimétricos ondulados o en "uve" y por pequeños "Knick zones" a él asociados. Los buzamientos de  $S_2$  son tanto al S como al N siendo más frecuentes al N en el Carbonífero. Probablemente se trata de dos sistemas de crucero de fractura conjugados en relación con el segundo de los movimientos. Dado el sentido de basculamiento del Carbonífero, el sistema sintético, es decir, el de buzamiento Norte, sería el más frecuente en este terreno.



que para el crucero y estratificación buzando en el mismo sentido, si el crucero buza más que la estratificación se trata de un flanco normal y si el crucero buza menos que la estratificación se trata de un flanco invertido) se deduciría que en conjunto, salvo zonas de repliegues decamétricos, la serie carbonífera con buzamiento regional al S estaría invertida, lo cual es absurdo ya que hacia el Norte nos aproximamos a la base de la serie.

Lo que ocurre es que posteriormente a la fase 1, ha habido un arqueamiento convexo del conjunto, cuyo eje tiene la dirección regional E-W del borde Sur del Ordoviciense. Este movimiento ha hecho bascular al Sur la banda del Carbonífero con relación a la del Ordoviciense. En el corte adjunto se muestran los pliegues y la relación crucero-estratificación dentro del Carbonífero. Como se trata de pliegues anticlinales sinformes y sinclinales antifor-

Señalemos que además existe otro crucero de fractura transversal al anterior que se presenta con menos frecuencia y cuya relación temporal con éste no nos ha aparecido clara. Probablemente es posterior y estaría en relación con el sistema regional de fallas NE-SW.

#### La edad de las fases.

Las fases de plegamiento 1 y 2 son evidentemente anteriores al Triásico que más al Sur se encuentra discordante y tranquilamente horizontal.

En la Sierra Morena occidental J. P. BARD (1965) encuentra que la primera fase de pliegues isoclinales y crucero de flujo, contemporánea del metamorfismo, es anterior al Viseano lo cual concuerda con una edad Tournaisiense para el Carbonífero de

nuestra zona (facies Culm de R. CABANAS, 1964). La fase del crucero de fractura es según J. P. BARD postwestfaliense.

T. FEBREL señala en la hoja de Valsequillo la existencia de una discordancia cartográfica en la base del Carbonífero y una discordancia angular que separa el Dinantiense inferior del Dinantiense superior y que correspondería a la fase 1.

#### BIBLIOGRAFIA

BARD, J. P.: *Introduction a la géologie de la chaîne hercynienne dans la sierra Morena occidental, Espagne. Hypothèses sur les caractères de l'évolution géotectonique de cette chaîne.* Rev. de "Geogr. Physique et de

Geol. dynamique" (2), vol. VII, fasc. 4, pp. 323-337. París (1965).

CABANAS, R.: *El macizo batolítico de los Pedroches.* "Mem. Real Acad. de Ciencias". Serie de Ciencias Naturales, tomo XXIV, 157 pág. (1964).

FEBREL, T.: *Tectónica de la hoja de Calañas, n. 959, Huelva.* IN, n. 27, pp. 46-56 (1965).

FEBREL, T.: *Mapa Geológico Nacional. 1:50.000. Hoja de Valsequillo, n. 857.* IGME. (1963).

ARMENGOT, J.; CASTELLO, R. PÉREZ, H., ENADIMSA: *Mapa Geológico Nacional 1:50.000. Hoja de Montoro, número 903.* Inédito. IGME. (1971).

Recibido: 20 de mayo de 1974.

# Estudio geológico y metalogénico de la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W

## I. Introducción a la Minería y a la Geología del área

Por R. CASTROVIEJO (\*)

### RESUMEN

Dada la situación de la minería del estaño en España, es necesaria en la actualidad una cuantiosa importación para satisfacer la demanda de este metal. Las reservas estanníferas que existen en Galicia —y en particular en Orense— son de primer orden en España. Sin embargo, dichas reservas son muy poco conocidas. Este trabajo pretende contribuir a un mayor conocimiento de las mismas, que facilite una explotación más racional de nuestros recursos.

La zona de Beariz, cuya extensión es de unos 60 km<sup>2</sup>, está formada por sedimentos de edad variable —Precambriano (?) a Paleozoico medio—, sometidos a plegamiento y metamorfismo durante la Orogenia Herciniana y a la intrusión de una masa granítica de edad westfaliense.

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

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

Se han distinguido tres fases tectónicas hercinianas, siendo las dos primeras homoaxiales, con un eje aproximado N-S, mientras que el de la tercera es más o menos perpendicular a éste (Tectónica B. B'). La primera fase da lugar a una esquistosidad  $s_1$ , de rumbo NNW-SSE prerominantemente. La segunda repliega  $s_1$  en algunas zonas y de forma casi nunca penetrativa y es responsable de la fracturación principal; por ser contemporánea de la intrusión, son sus direcciones de tensión  $ac$  (aproximadamente E-W) las que predominan entre las mineralizadas; las fracturas de dirección N-S con relleno pueden deberse, ya sea a la mecánica de la intrusión, ya sea al relajamiento elástico de los esfuerzos de esta segunda fase, ya sea a la fase tercera, que es mucho más débil que las anteriores y que se manifiesta por la fracturación y por las dispersiones que produce en los máximos de los polos de  $s_1$ .

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

En cuanto a las zonas mineralizadas, se establecen la paragénesis de las distintas minas o grupos mineros accesibles, su secuencia de cristalización y sus condiciones de formación, que en general son neumatolíticas para la mineralización de interés económico (casiterita y wolframita, que se presentan en filones de cuarzo y mica blanca sobre todo), pudiendo haber una transición hasta el período hidrotermal (mineralización neumatolítico-hidrotermal de casiterita, wolframita y scheelita). La fase hidrotermal propiamente dicha es casi siempre estéril. En la mayor parte de las minas —si no en todas— quedan todavía reservas sin explotar, pero ninguna de ellas está en actividad actualmente.

El estudio aquí resumido se desarrolla en una serie de trabajos, de los cuales el primero es el que figura a continuación; los demás irán apareciendo en los números sucesivos de esta revista, según se indica en la introducción. La bibliografía se incluirá con el último trabajo.

(\*) Cátedra de Mineralogía. E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

### ABSTRACT

The tin-reserves located in Galicia, and particularly in Orense, are of prime importance for Spain, which must import a considerable percentage of its yearly tin-consumption; these reserves are nevertheless unknown to a great extent. The present work, centered on the geologic and metallogenic study of the tin-producing Beariz-area, hopes to be a contribution to a better knowledge and to a more rational exploitation of these resources.

The 60 km<sup>2</sup>-wide Beariz area consists of Precambrian (?) to mid-Paleozoic sediments which were subjected to folding and metamorphism during the Hercynian Orogeny and suffered the intrusion of a granitic mass in Westphalian time.

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

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

Three Hercynian tectonic phases were distinguished; the first ones are homoaxial, their axis-direction being about N-S, while the axis of the third phase is approximately perpendicular to this direction (B B' Tectonic). The first phase causes a schistosity  $s_1$  that strikes mainly NNW-SSE. The second one, which is contemporary of the intrusion, folds  $s_1$  in some places in a seldom penetrative way and is responsible for the principal and most abundant fractures; it is its  $ac$ -direction (about E-W) which predominates among the mineralized lodes. The N-S fractures with filling (of subordinate importance) can be explained in a variety of ways: through the mechanics of the intrusion, through elastic relaxation of the stresses of this second phase and through the third phase, which is much weaker than the preceding ones, and originates fractures and dispersions in the pole-concentrations of  $s_1$ .

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

So far as these mining areas are concerned, the parageneses of the various accessible mines or mining groups are established, as are their approximate crystallization sequences and their conditions of formation, which are generally pneumatolytic in the case of the economically interesting mineralization (cassiterite and wolframite, which appear mostly in white mica-quartz-lodes), although there is occasionally a transition towards hydrothermal conditions (pneumatolytic-hydrothermal mineralization of cassiterite, wolframite and scheelite). The true hydrothermal phase is hardly ever important. There are still some ore reserves of unknown quantity in the deep levels of all or most of the mines, none of which are in activity presently.

The study we have summarized makes up a series of separate papers, the first of which is included. The others will appear in the forthcoming numbers of this review, as is explained in the introduction. References are to be found in the last paper.

### RESUME

Etant donnée la situation de l'industrie minérale de l'étain en Espagne, une importation élevée est nécessaire actuellement pour satisfaire la demande de ce métal. Les réserves d'étain de Galice —et en particulier d'Orense— sont de première importance en Espagne. Cependant ces réserves sont très peu connues. Ce travail veut être une contribution a la meilleure connaissance de ces réserves, ce qui permettrait une exploitation plus rationnelle de nos ressources.

La zone de Beariz, dont la surface est à peu près de 60 km<sup>2</sup>, est formée par des sédiments d'âge variable —Précambrien (?) à Paleozoic moyen—, qui ont subi un plissement et un métamorphisme pendant l'Orogénese Hercynienne et l'intrusion d'un corps granitique d'âge Westphalien.

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

L'intrusion est due à un granite à deux micas —avec une facies de bord à muscovite—, qui crée un métamorphisme de contact peu intense (facies des cornéennes à albite epidote de Winkler). La mise en place eut lieu très probablement en état plastique, c'est à dire quand la masse était partiellement consolidée. Les filons apliti-

ques, tourmaliníferos, etc. son numerosos todo el largo del contacto, así como los efectos metasomáticos de los fluidos de origen magmático, entre los que están los que han causado la mineralización.

Tres fases tectónicas hercynianas han sido distinguidas. Las dos primeras son homoxiales, con un eje a poco más N-S, mientras que el eje de la tercera es más o menos perpendicular a esta (Tectónica B B'). La primera fase da lugar a una schistosidad  $s_1$  de dirección NNW-SSE fundamentalmente. La segunda plisada  $s_2$  en algunas zonas, pero muy raramente es penetrante; es la responsable de la fracturación principal; como ella es contemporánea de la intrusión se son sus direcciones de tensión ac (a poco más E-W) que el empuje entre las mineralizadas; las fracturas de dirección N-S con relleno pueden ser de origen, sea de la mecánica de la intrusión, sea del relajamiento elástico de los esfuerzos de esta segunda fase, sea de la tercera fase, que es mucho más débil que las anteriores y que se manifiesta por la fracturación y las dispersiones que ella causa en los máximos de las  $s_1$ .

De la investigación petrográfica y de las observaciones sobre el terreno, se deduce que algunas zonas pueden ser interesantes para una prospección de reservas ocultas. Estas zonas están situadas fuera de las explotadas hasta el presente.

Quant aux zones mineralisées, les paragenèses des différents mines ou groupes miniers accessibles ont été établies ainsi que les séquences de cristallisation et les conditions de formation, qui sont en général pneumatolytiques pour les mineralisations d'intérêt économique (cassiterite et wolframite, qui se présentent surtout dans des filons de quartz et mica blanc). Une transition au stade hydrothermal peut être possible (mineralisation pneumatolytique -hydrothermale de cassitérite-wolframite-schéelite). Le stade hydrothermal proprement dit est presque toujours stérile. Dans la plupart des mines il y a encore des réserves qui n'ont pas été exploitées. Cependant il n'y en pas en période d'exploitation.

L'étude résumée ici est présentée dans une série de travaux dont le premier est le suivant; les autres paraîtront dans les prochains numéros de cette revue comme on indique dans l'introduction. La bibliographie est incluse dans le dernier travail.

## INTRODUCCION

El presente estudio, cuya parte de laboratorio ha sido realizada en el "Mineralogisch-Petrographisches Institut", de la Universidad de Heidelberg (R. F. Alemana) y en la Escuela T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid, reúne y resume los presentados como "Diplomarbeit"—Beitrag zur Petrographie des Beariz-Gebietes, NW Spanien— en el primer centro y como Tesis Doctoral —Estudio Geológico y Metalogénico de la zona de Beariz, Orense— en el segundo; partiendo de un muy sucinto análisis (I) de la minería del estaño en España y en Galicia, se ocupa sucesivamente de la Geología, la Petrografía (II) y la Tectónica (III) de la zona estannífera de Beariz, encuadrado en su marco geológico regional, para llegar a un resumen de la historia geológico-tectónica de la misma durante la Orogenia Herciniana. Finalmente se estudia la Metalogenia (IV) de las diversas mineralizaciones de interés económico y se dan orientaciones para una prospección minera, proponiendo a continuación algunos problemas, cuya solución queda pendiente de ulteriores investigaciones.

Estos distintos aspectos —en el orden indicado por los números romanos— serán el objeto de sendos trabajos, de los cuales éste es el primero y que

en su conjunto responden al título general que encabeza el estudio. Considerando este conjunto como una unidad, se ha adoptado el criterio de mantener a lo largo de todo el trabajo una numeración única para figuras, cuadros, etc., y de reunir toda la bibliografía al final, a fin de evitar enojosas repeticiones. Se ofrece también ahora un resumen general, sin omitir por ello uno muy breve al comienzo de cada uno de los otros trabajos, en relación con el tema correspondiente.

### I.1) SITUACIÓN, EXTENSIÓN Y COMUNICACIONES DE LA ZONA ESTUDIADA.

La zona minera de Beariz está situada en el ángulo NW de la provincia de Orense (fig. 1). Hemos estudiado un área de unos 60 km<sup>2</sup>, comprendida entre los paralelos 42° 25' y 42° 30' de latitud Norte y los meridianos 8° 13' 15" y 8° 18' 15", al Oeste del meridiano de Greenwich. Dicha área está contenida en la hoja de Puente-Caldelas, n.º 186 del Plano Topográfico Nacional, a escala 1:50.000.

Beariz está situada a unos 6 kilómetros al S de la carretera nacional de Orense a Pontevedra, tomando la desviación a Ribadavia a la altura de La Hermida. También se puede ir desde Pontevedra

por la carretera de Puente-Caldelas y desde Carballino por la de Brues (Borborás). Las demás vías de comunicación en esta zona son caminos, pistas y vías abiertas por el Servicio Forestal, de las cuales las más importantes se han marcado asimismo en el plano geológico.

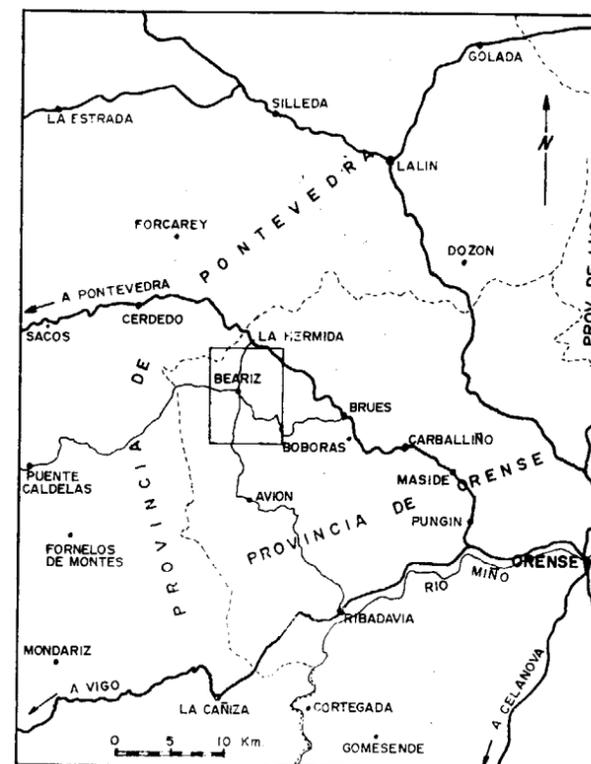


Figura 1

Localización de Beariz: la zona estudiada se ha marcado con un rectángulo.

### I.2) ANTECEDENTES. CONOCIMIENTOS ACTUALES.

#### I.2.a) Minería.

La minería de esta zona parece tener un origen antiguo (VIE, 1971) (\*). Los yacimientos explotados son de varios tipos: pegmatitas, filones de cuarzo mineralizados, greisen y aluviones (v. Plano Geológico y Planos 2 y 3). Las primeras se presentan sobre todo en una banda de dirección NNW-SSE. Esta se extiende paralelamente al borde oriental del batolito granítico que cubre la mitad sur-occidental de la provincia de Pontevedra; se prolonga

(\*) La bibliografía se encuentra al final del último trabajo.

hacia el NNW durante unos 15 kilómetros y termina en la provincia de Pontevedra; es también paralela a la dirección general de la esquistosidad en dicha zona. Frecuentemente las pegmatitas están caolinizadas, dando lugar entonces a la formación de "barros", que permiten beneficiar estaño en pequeñas concentraciones gracias a la disminución de los costes de arranque. Sin embargo, la alteración no suele alcanzar grandes profundidades por lo que la explotación no ha podido avanzar mucho y actualmente están paradas la mayoría de las minas. Asociados a estas pegmatitas se encuentran a veces fenómenos de greisenización.

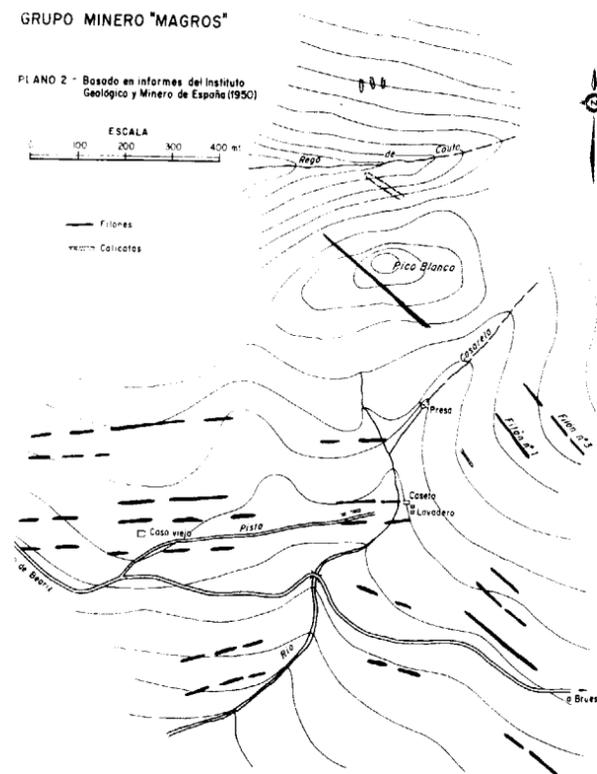
El desmantelamiento de estos yacimientos por erosión ha dado lugar a la concentración de casiterita en aluviones que son explotados actualmente a lo largo del río Doade, en un área cuyo extremo meridional llega a aparecer en el borde occidental de nuestra zona (al SW de Bouza). Asimismo se han obtenido pequeñas cantidades de casiterita por lavado de las arenas de la mayoría de los arroyos que drenan estas zonas mineralizadas, pero siempre por procedimientos rudimentarios, realizados por los habitantes de las aldeas de los alrededores).

También la banda pegmatítica (que ha sido estudiada por HENSEN, 1967) queda fuera de la zona que nos ocupa en su mayor parte, pues sólo llega a aparecer uno de los diques mineralizados en el borde occidental de la misma, al W de los pueblos de Couso y Villariño.

Los filones de cuarzo mineralizados, asociados a veces con fenómenos de greisenización del granito en el contacto, constituyeron la principal explotación de la zona que nos ocupa. Se beneficiaba esencialmente casiterita, pero también algo de wolframita y scheelita. Casi todos están relacionados con la cúpula granítica que aparece en el centro de la zona. En gran parte han sido explotados por "aventureiros", mediante labores de rapiña, lo que no quiere decir que no se hayan obtenido grandes cantidades de mineral. Este era fundido en los mismos pueblos de la zona, donde los propietarios de los hornos los compraban directamente a los trabajadores. Hubo explotación organizada de algunas de las minas. Actualmente están todas ellas paradas.

La actividad minera de este tipo de yacimientos se había centrado en dos zonas principalmente: la de Magros y la del cerro de Marcofán, a las que en algunos informes se designa también con los nombres de "Seijo" (o "Castellos") y "Balcobo" (o "Muradás"), respectivamente. En los planos 2 y 3

puede verse la situación de las explotaciones respectivas. Podemos considerar también asociada al primer grupo la mina "Os castelos", situada al SW del mismo y también incluimos en él la mina Picos Blancos, situada al otro lado (N) del cerro del mismo nombre y las labores superficiales de explotación de wolframita, situadas todavía un poco más al N. Asimismo incluimos en el grupo de Marcofán, además de las concesiones situadas en la falda occidental de dicho cerro, las labores realizadas a lo largo del contacto NNW del granito (hasta Muradás) y las labores, de escasa importancia, situadas



SW es el fin de la mencionada banda de pegmatitas, relacionada con el granito de la provincia de Pontevedra, que aparece unos 2,5 kilómetros hacia el W (v. fig. 15).

Con esto tenemos situadas todas las explotaciones de la zona. Pocos datos más hay de estas minas, puesto que no se ha hecho ninguna publicación. La mayor parte de la escasa información procede de informes internos, no garantizados y que no siempre se pueden comprobar "in situ" por las dificultades de acceso, pues algunas de las minas se han hundido o inundado y los rasgos de superficie quedan frecuentemente ocultos por la abundante vegetación, hecho que se ha agravado con la repoblación forestal (cf. Descripción, I.4.b).

### I.2.b) Investigación.

La investigación minera de esta zona ha sido muy escasa. La mayor parte es superficial y ha sido realizada por los "aventureiros". En la zona de Marcofán se realizó la labor de investigación más importante, consistente en un transversal de 200 metros de longitud —ejecutado en 1943 por el Instituto Geológico y Minero—, el cual cortó un paquete de 13 filones ya reconocidos en superficie y de los cuales el último alcanzaba una profundidad de 70 metros, lo que permitiría abrir un campo relativamente bueno para su explotación.

Con las escasas investigaciones realizadas, no se puede contar con ninguna base seria para una cubicación. Todas las realizadas hasta la fecha lo han sido como meras hipótesis, variando mucho las cantidades y leyes según el criterio del propietario de las minas o de sus posibles compradores (ALFARO, 1970).

### I.2.c) Estudios geológicos.

Es escaso el número de trabajos de investigación geológica y metalogénica que se han hecho en la zona estannífera gallega, a pesar de los trabajos de síntesis regional que han hecho notables investigadores como SCHULZ (1835) o HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1934) desde el siglo pasado. Completados estos trabajos con otros posteriores, se puede contar en la actualidad con los siguientes planos geológicos (se citan solamente aquellos que incluyen la

más al N, al SW de Lebozán. Es indudable que en ambos grupos de yacimientos hay relación con la intrusión granítica.

Hacia el extremo SE de la zona aparecen también filones de cuarzo con casiterita —concesión "Imprevista"—, explotados por los mismos métodos que los demás, que no muestran relación clara con ningún afloramiento de granito visible. Por el contrario, la mina que aparece hacia el extremo

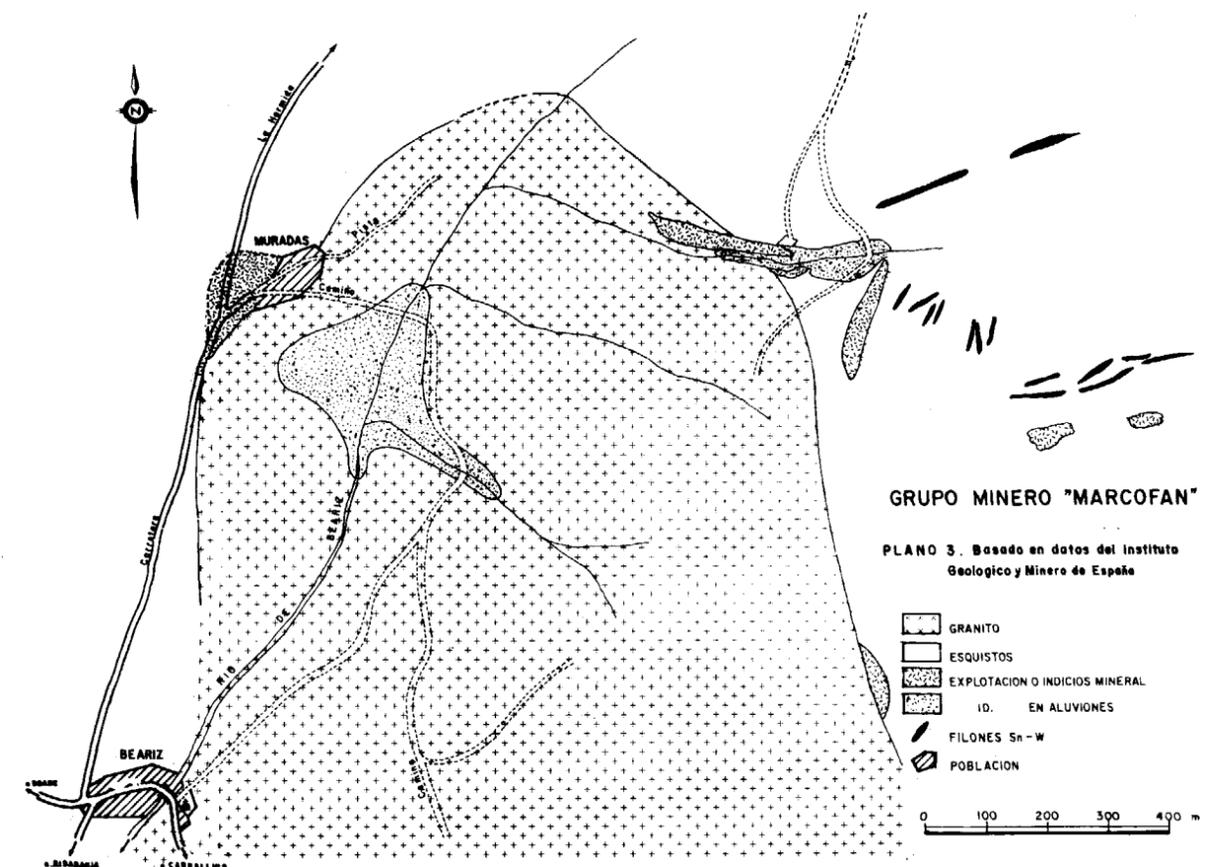
zona de Beariz), que ofrecen una información general:

— Mapa petrográfico estructural de Galicia, escala 1:400.000, Parga-Pondal, 1963. Instituto Geológico y Minero de España.

— Carte Geologique du NW de la Peninsule Iberique. Echelle 1:500.000, 1967. Según acuerdo de la I Reunión sobre Geología de Galicia y Norte de Portugal y editada por los Servicios Geológicos de Portugal.

— Mapa Geológico a escala 1:200.000, 1970,

1965; VAN ZUUREN, 1965; HENSEN, 1967; HILGEN, 1970) o portuguesa (NEIVA, 1944, 1945; SLUIJK, 1963; THADEU, 1965; MAIJER, 1965; CONDE y col., 1971, etc.), los yacimientos de Beariz no han sido objeto de ninguna publicación. Han sido visitados, en cambio, por investigadores como SCHNEIDERHÖHN (1937) y BRINKMANN (1939), pero éstos no han publicado ningún trabajo de detalle, sino que han dejado solamente un informe breve, en que dan su opinión sobre la rentabilidad de ciertas minas. Más tarde los menciona AHLFELD (1958, pá-



editado por el Instituto Geológico y Minero de España.

Para la realización de la cartografía nos hemos servido de la fotografía aérea a escala 1:20.000 del Patrimonio Forestal del Estado (Ministerio de Agricultura).

Aunque se han publicado trabajos de Investigación Minera sobre mineralizaciones parecidas a la que nos ocupa, en otras zonas concretas de la región gallega (p. ej., PARGA-PONDAL, 1929, 1948,

gina 112) muy sucintamente, aunque con más extensión que SCHNEIDERHÖHN (1941, p. 137).

En la actualidad, la región gallega está siendo objeto de estudios sistemáticos por parte del Laboratorio Geológico de Lage y de varias universidades extranjeras, sobre todo la de Leiden (Holanda). Sus publicaciones y las de las Reuniones sobre Geología del NW de la Península Ibérica permiten ya un enfoque general de la región, en el que nos basaremos en este estudio (I.5).

I.3) SITUACIÓN DE LA MINERÍA DEL ESTAÑO.

I.3.a) Economía del estaño en España. Algunos datos.

Según el informe de la "Comisión de Industrias Básicas de Metales no Férreos y sus Minerales" (1967), hay en actividad 25 minas o grupos mineros, localizados en Galicia, Extremadura, Salamanca y Zamora, extendiéndose las reservas de mineral de estaño a lo largo de la frontera con Portugal en una amplia zona que, partiendo de Galicia, pasa por Salamanca y Zamora y termina en Extremadura, con ramificaciones hasta Córdoba. En la figura 2 se representa un mapa de indicios de estaño en España.

Veremos a continuación, sucintamente, lo que significa la situación actual de la minería del estaño para la economía nacional, basados en datos de ALFARO (1970), Comisión II Plan de Desarrollo (1967), Contestación Com. III Plan Desarrollo (1970), Informe III Plan Desarrollo (1971).

I.3.a.1) Producción y consumo.

Según muestra ALFARO (1970), la producción nacional de casiterita casi abastecía la demanda en el trienio 1957-60, pero a partir de entonces sólo alcanza a cubrir una pequeña porción de la misma. En lo que se refiere al estaño (metal), la situación es parecida, como reflejan los siguientes datos tomados del mencionado documento del II Plan de Desarrollo (Comisión, II P. D., 1967, p. 18):

CUADRO I

Cobertura del consumo interno por la producción nacional (estaño)

Años	Porcentajes
1964	15,9
1965	22,8
1966	18,2
1967	27,08

I.3.a.2) Comercio exterior.

El cuadro II manifiesta claramente el aumento de las importaciones. Las exportaciones han cesado a partir de 1965.

El INFORME (1971) corrobora estos datos y ya en la CONTESTACIÓN (1970) se preveía el aumentar la capacidad de las cinco fundiciones que integran el subsector del estaño, que en 1966 era de 9.850 to-

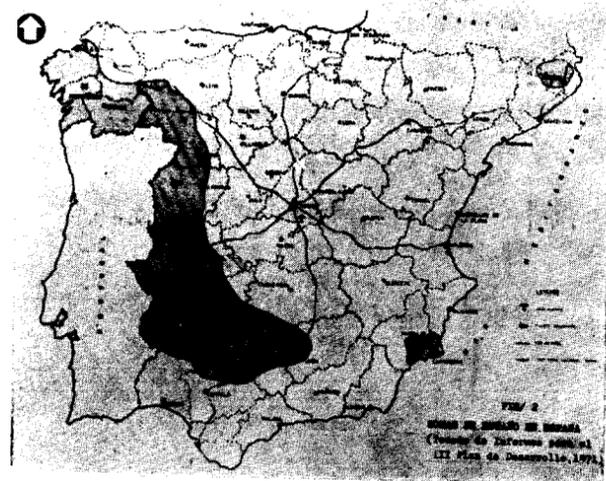


Figura 2

Zonas de estaño en España (Tomado de Informes para el III Plan de Desarrollo, 1971)

neladas de Sn contenido. Para 1975, el consumo de Sn contenido necesario para abastecer las necesidades nacionales se cifra en 7.300 toneladas. Por tanto, la minería nacional, con su producción "estimada" en unas 1.100 toneladas de mineral, con 800 to-

CUADRO II  
Mineral de estaño. Comercio exterior (Según Alfaro, 1970)

Años	IMPORTACION		EXPORTACION	
	Cantidad (Tm)	Valor (millones pesetas)	Cantidad (Tm)	Valor (millones pesetas)
1957	83	0,30	—	—
1958	—	—	—	—
1959	20	0,09	—	—
1960	568	45,51	78	1,79
1961	2.305	198,73	17	1,60
1962	1.058	93,56	3	0,06
1963	2.824	286,04	—	—
1964	3.218	437,38	15	0,51
1965	2.436	394,86	1	0,06
1966	3.143	445,58	—	—
1967	2.099	266,64	—	—
1968	2.542	376,38	—	—

neladas de Sn cont. (oficialmente 414 toneladas de mineral, con 265 toneladas Sn cont.), sólo cubre una pequeña parte de las necesidades.

En resumen, según las citadas fuentes, más del 80 por 100 de la materia prima necesaria procede de la importación. Se considera que de las 7.300 toneladas de Sn cont. necesarias para 1975, con los actuales recursos, 4.700 toneladas deberían ser de importación, con un valor (a precios de 1971) de aproximadamente 1960 millones de pesetas. Los avances exploratorios hasta 1980 indican que las posibilidades seguirán en aumento progresivo y se estima que las necesidades de estaño del mercado nacional serán del orden de 8.500 toneladas de Sn-cont.

I.3.a.3) Precios del estaño.

Se reflejan en el cuadro III, apreciándose en los últimos años una tendencia al alza.

CUADRO III

Precios de mineral de estaño en España (Según Alfaro, 1970)

(En pesetas kilogramo de estaño contenido)

Años	Precio máximo	Precio mínimo	Precio medio	Incremento
1958	175	160	167	—
1959	170	90	130	-22,2
1960	165	90	127	-2,3
1961	170	165	167	+31,5
1962	180	170	175	+4,8
1963	170	165	167	-4,6
1964	220	170	195	+16,8
1965	285	220	252	+29,2
1966	285	220	252	+3,9
1967	240	230	235	-10,3
1968	225	220	222	-5,5

La tendencia al alza se confirma según los datos más recientes, llegándose en 1974, en el contexto general de la crisis energética, a precios superiores a 500 pesetas kilogramo, lo que supone un gran aumento en los gastos de importación.

I.3.a.4) Situación actual de la minería del estaño en España.

Según concluye ALFARO (1970): "si se compara la evolución de los precios con la de la producción de la minería del Sn en España, resulta que ambas se

han movido paralelamente, aumentando o disminuyendo en los mismos años con la única excepción del año 1964, en que los precios registran incremento, mientras que la producción desciende. Esta dependencia, que se mantiene a lo largo de diez años, no puede atribuirse al azar, sino que pone de manifiesto la falta de organización y de medios de la minería del estaño en España. En efecto, hasta la época actual han predominado pequeñas minas de tipo familiar, explotadas con medios rudimentarios y con inversiones mínimas. Por otra parte, algunas minas, después de efectuar importantes inversiones, han fracasado económicamente, debido, en su mayor parte, a desafortunados programas de investigación y explotación, mientras que otras trabajan por debajo de sus posibilidades".

I.3.a.5) Conclusiones.

Se deducen las mismas según cualquiera de las fuentes que se han consultado. Las expuestas a continuación están tomadas de los informes previos para el III Plan de Desarrollo (1972, p. 90).

El consumo del metal sigue un ritmo creciente, que origina importaciones cada vez mayores de minerales por insuficiencia de la producción minera nacional.

Las reservas nacionales de minerales aparecen como importantes en una estimación preliminar, siendo especialmente interesantes las de Orense, Cáceres y Córdoba y, posiblemente, las de la Sierra de Cartagena (menos conocidas).

La producción nacional de minerales no está en consonancia con la importancia de las reservas estimadas, pudiendo conseguirse considerables aumentos con una explotación de los yacimientos más adecuada.

Los métodos de explotación son, en general, deficientes y las explotaciones adolecen de una falta de dirección técnica adecuada.

La producción puede ser aumentada considerablemente en las provincias gallegas, Extremadura, Zamora, Salamanca y Córdoba.

Para ello se considera conveniente realizar una investigación más detallada de lo que se ha hecho al presente, para asegurar los tonelajes y leyes de los yacimientos con mayor grado de validez, que permita conocer el negocio minero con una garantía básica en su planteamiento.

Pero el problema no se reduce a la escala nacional, pues como hace notar HOSKING (1965), desde "hace varios años se ha llegado a una situación en la que la demanda mundial de estaño ya no queda cubierta por el metal producido normalmente a partir de las reservas naturales". Como es de suponer que en el futuro esta demanda irá en aumento, podemos concluir, de acuerdo con el mismo autor, que lo más razonable es "intentar satisfacer las crecientes necesidades investigando yacimientos que puedan ser explotados provechosamente con el precio actual del estaño y sin tener que esperar al desarrollo de procesos de recuperación nuevos y más eficientes. Se deben buscar estos depósitos en las actuales zonas estanníferas o en otras adyacentes, y en zonas nuevas con características que indiquen que pueden contener depósitos económicamente importantes del metal en cuestión".

En este mismo sentido, insiste GARNETT (1968) en la necesidad de hacer todo lo posible para que no dejen de trabajarse las minas activas hoy en día, pues, de lo contrario, es posible que en el futuro ya no pueda investigarse el criadero como es debido, al no poder contar con los datos de mina. Por desgracia, esta recomendación llega tarde en el caso de la zona que nos ocupa.

### I.3.b) Minería del estaño en Galicia. Necesidad de la investigación.

Según Fox (1969), Galicia es la fuente tradicional del estaño español y todavía hoy concentra más de la mitad de la producción minera de este metal (Según otros informes, las provincias de Orense y Coruña reúnen aproximadamente el 40 por 100 de la producción nacional). Aunque no se pueden saber con exactitud las producciones reales, todos los datos coinciden en situar a Orense en primer lugar entre las provincias productoras de estaño en España (fig. 3).

Queda claro, por tanto, que una mejora en la explotación de sus yacimientos puede tener una repercusión muy sensible en la producción nacional. Esto ha sido reconocido por las comisiones oficiales, pues se recomienda para el III Plan de Desarrollo una inversión de 1.425.725.000 pesetas destinadas al sector del estaño, correspondiendo el 80 por 100 de la inversión a Galicia y Extremadura, con el 57 por 100 a la primera y el 23 por 100 a la segunda.

Así, con un buen programa de investigación, podría mejorarse la situación de la mayor parte de las

minas, racionalizando las explotaciones y poniendo de acuerdo los métodos de trabajo y las inversiones con las reservas reales. Además, es necesaria la investigación minera en todas las zonas favorables, con vistas al descubrimiento de nuevos yacimientos o a la posible extensión de los actuales.

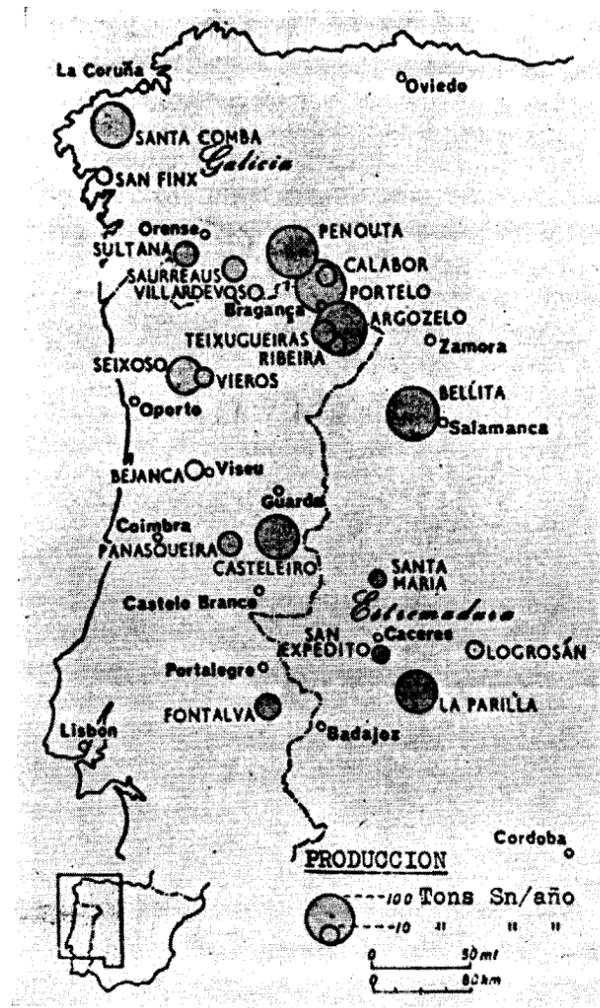


Figura 3

Minas productivas de estaño en España y Portugal (Tomado de Fox, 1969, p. 229)

Creemos que todos estos datos manifiestan claramente la necesidad —cada vez más urgente, dada la subida espectacular de los precios en 1974— de la investigación en las minas de estaño españolas y especialmente en la provincia de Orense, donde la minería del estaño adquiere una especial importancia. A esta necesidad hemos tratado de responder al hacer el presente trabajo.

### I.4) DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE BEARIZ.

#### I.4.a) General.

El relieve es bastante accidentado, con alternancia de abundantes montes y valles (figs. 4 y 16). La elevada pluviosidad da lugar a una red fluvial bastante densa, aunque en general predominan arroyos de



Figura 4

Morfología de la zona de Beariz; paisaje en esquistos (vista desde la pista de Penedo mirando al S)

pequeño caudal o estacionales que, recogidos por los ríos de Cardelle y Couso, vierten al río Avia. Se han representado los principales en el plano geológico. El drenaje puede tener interés a la hora de buscar enriquecimientos sedimentarios de minerales pesados, como es la casiterita. Vemos que toda la red fluvial drena hacia el S, excepto en el ángulo NE y en el ENE. Los tramos rectilíneos indican un control por la red de fracturación o fallas en el granito o en los esquistos.

La erosión fluvial es intensa a veces; el río Cardelle, por ejemplo, excava su cauce profundamente, tanto en el granito como en los esquistos. A pesar de ello, en algunos sitios tiene lugar la formación de aluviones, como los del río Doade, que se explotan actualmente, o de coluviones, los cuales están, en general, intensamente cultivados.

Las zonas de monte suelen estar cubiertas de una densa vegetación, sobre todo tras la repoblación forestal, hasta el punto de que algunos filones que figuraban en planos antiguos ya no pudieron ser localizados.

La población se distribuye en núcleos dispersos cuyo centro administrativo es el municipio de Bea-

riz. De estos pequeños pueblos y aldeas procedían los antiguos mineros y los "aventureiros", que explotaban el mineral por cuenta propia. Al cesar esta actividad, la mayoría han tenido que emigrar y hoy en día la zona está bastante despoblada.

#### I.4.b) Minas.

La actividad minera se centró sobre todo en los grupos denominados de Marcofán y Magros; se han representado en el plano geológico los filones o labores actualmente reconocibles, aunque sólo en algunos casos se puede llegar hasta la zona mineralizada. Frecuentemente el acceso está impedido por escombros o inundación (fig. 5). Los aluviones del río Doade se explotan actualmente con medios mecánicos y muy poca mano de obra.

Contando con la información ya expuesta en I.2.a (Minería) y planos 2 y 3, haremos una breve descripción del estado actual de las diversas labores, a modo de sumario:

— *Grupo de Magros.*—(Plano 2). Predominan una serie de filones de dirección aproximada E-W y bu- zando fuertemente (de 60° a vertical) al N. En algu-



Figura 5

Aspecto de las labores mineras en la falda occidental del cerro de Marcofán: en primer plano, escombreras (Vista desde la pista, mirando hacia el E)

nos de ellos se puede llegar hasta la zona mineralizada. Las potencias son del orden de 0,5 a dos metros. Los situados al S de la carretera que va de Beariz a Brués (según los datos del Instituto Geológico y Minero) no se han encontrado por la vegetación. Todavía más al S se encuentran las labores

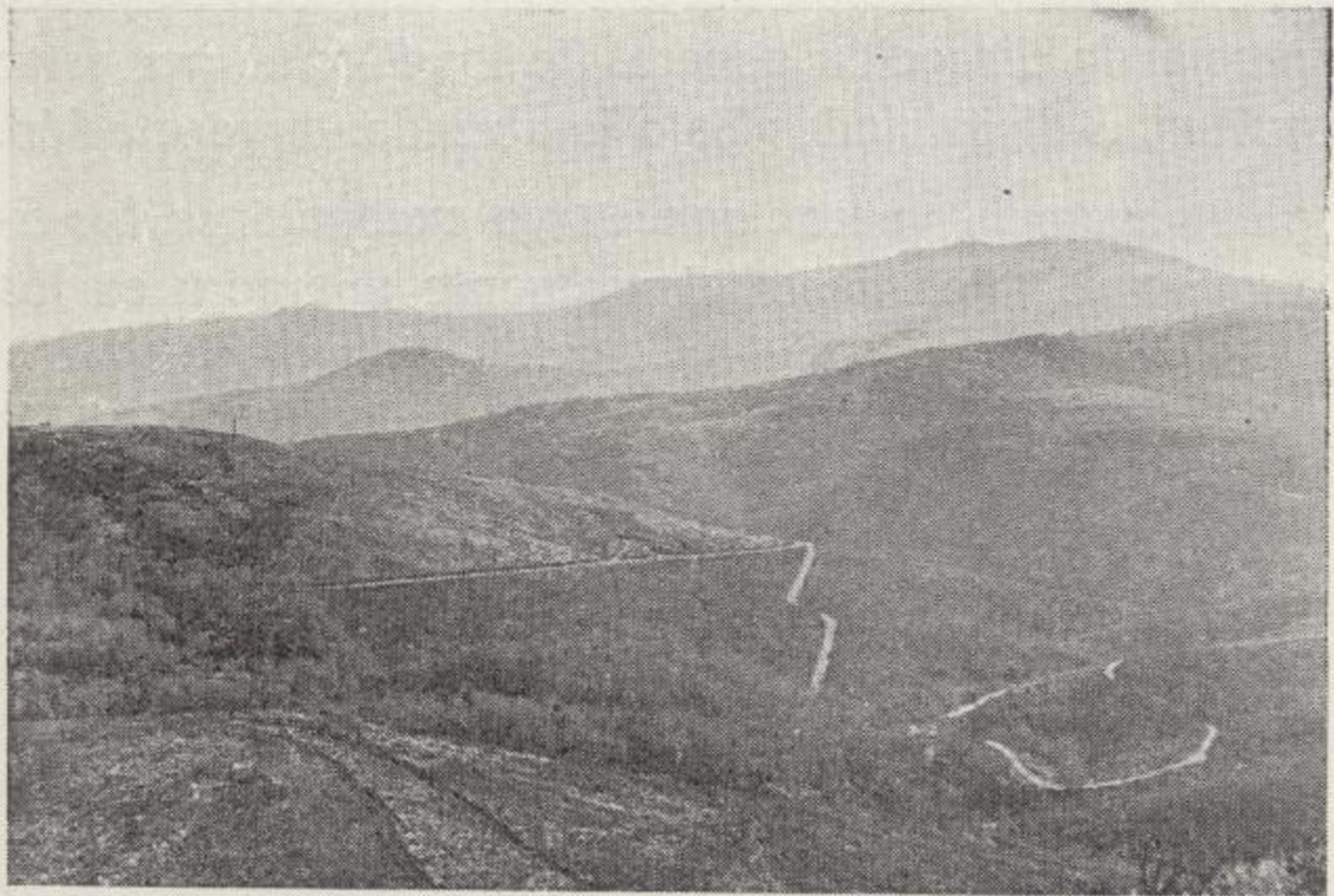


Figura 4

Morfología de la zona de Beariz; paisaje en esquistos  
(vista desde la pista de Penedo mirando al S)

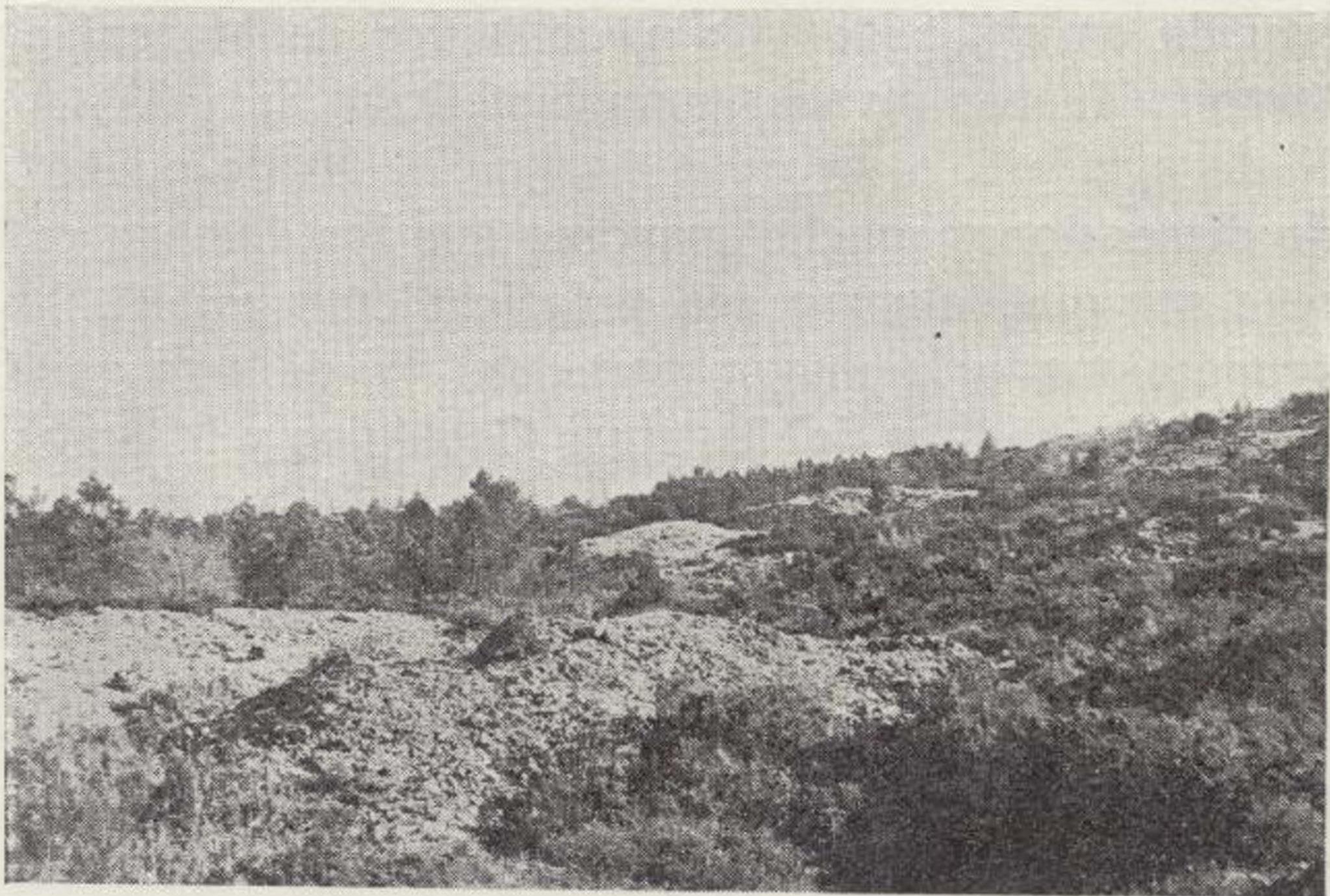


Figura 5

Aspecto de las labores mineras en la falda occidental del cerro de Marcofán: en primer plano, escombreras (Vista desde la pista, mirando hacia el E)

de "Os Castelos", de menor importancia (situadas fuera del plano 2).

Al N de este grupo de filones se encuentra el de "Picos Blancos" en el que se ha explotado Sn y algo de W; en las arenas del "Rego de Couto" también se ha beneficiado algo de este último, según informes de los mineros. Se han medido orientaciones de N 10 W a N 50 W, con buzamientos próximos a la vertical.

Más al N todavía hay una serie de labores de superficie que han permitido la obtención de W, que, según los mineros, parecería en pequeños filoncillos. Ahora están cubiertos de vegetación u ocultos y no puede asegurarse su orientación.

— Grupo de Marcofán.—(Plano 3). Sólo son accesibles algunos de los filones situados al NE en (el plano 3). Es frecuente que se interrumpen o se dividan en varias ramas, lo que también pasaba en los del grupo de Magros. Las orientaciones medidas, en general, son también E-W aproximadamente (hasta N 60 E) con buzamientos próximos a la vertical; las potencias varían desde el orden de cm hasta 1 ó 2 m. Todos contienen Sn; además en uno de ellos se ha encontrado también scheelita y wolframita. En otro, actualmente inaccesible por inundación, se explotaba scheelita. Las arenas del arroyo que drena esta zona, situada en el flanco WNW del cerro de Marcofán, también fueron lavadas para beneficiar Sn y W. Al N de este arroyo aparece un gran filón de cuarzo, de dimensiones mucho mayores que los demás; parece ser que, aunque sea prácticamente estéril, ha proporcionado la mayor parte del W de esta zona (informes inéditos del Instituto Geológico y Minero). También se menciona en estos informes un granito aplítico descompuesto y mineralizado ("barros") que ha sido explotado.

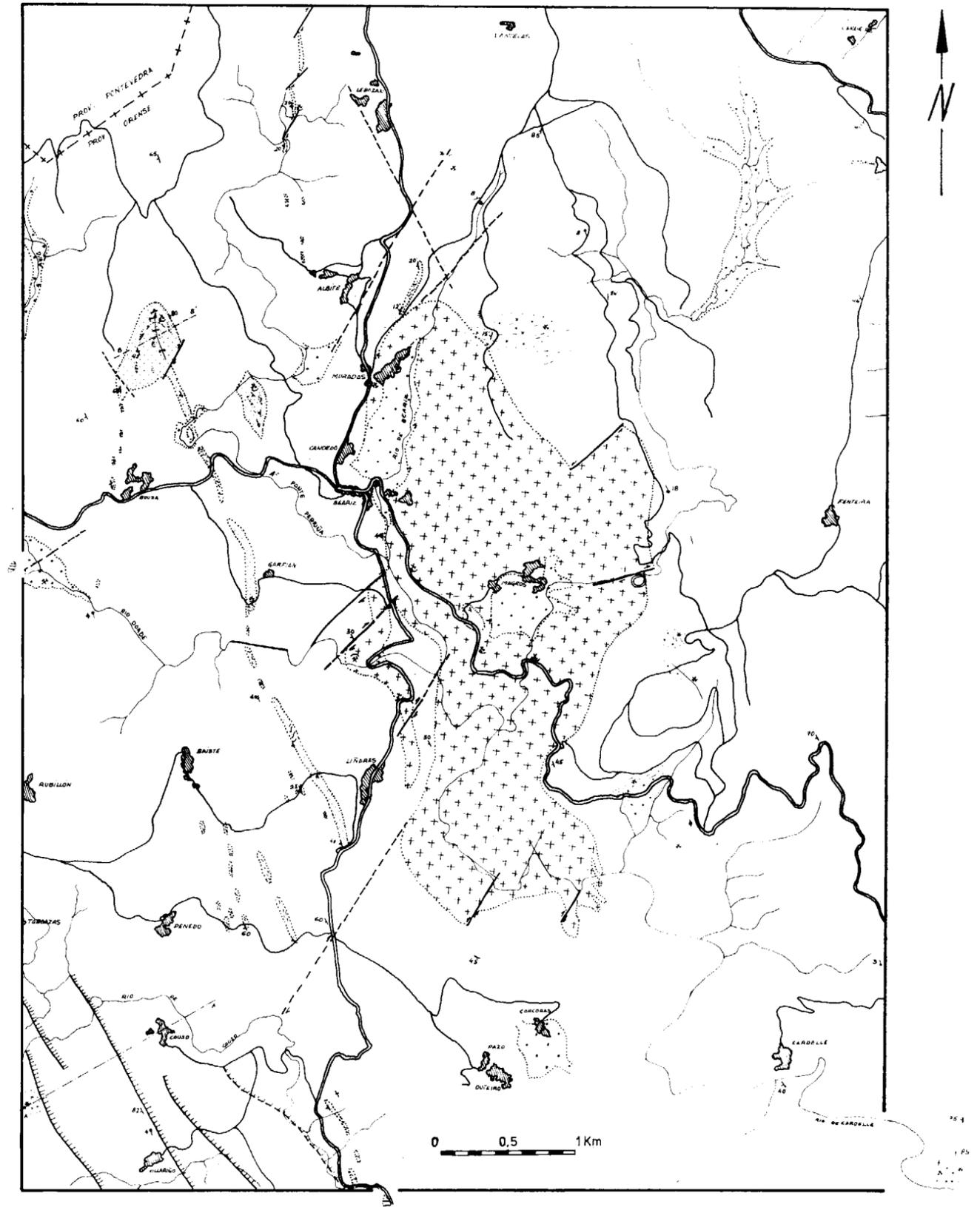
En el pueblo de Muradás se han hecho labores mineras (una galería y diversas excavaciones, incluso debajo de las casas) que ya no son accesibles. Los habitantes del lugar hablan de "barros" y de filones, lo que parece indicar que el contacto granítico estaban mineralizado en esta zona (y a veces alterado, como puede verse todavía, lo que facilita la explotación, haciéndola más rentable aunque el contenido en estaño sea pequeño).

Finalmente, al N de esta zona (fuera ya del plano 3), aparecen unos filones de cuarzo con indicios de mineralización (arsenopirita), prácticamente no explotados, a pesar de que se ha intentado una pequeña galería que corta uno de ellos. (Puede verse su situación en el plano geológico, al SE de Lebo-

zán, alineados). Uno de ellos tiene la orientación N 70 E, 80 N.

Tanto en este grupo como en el anterior puede verse claramente la relación espacial con el granito, cosa que no sucede en las labores de Amarante (extremo SE del plano geológico) ni en las situadas en el ángulo SW, pertenecientes a la corrida pegmatítica ya mencionada (I.2.a), en ninguna de las cuales está la mineralización accesible ni tampoco se puede apreciar la dirección general de los filones, por estar ocultos, o disimulados bajo la abundante vegetación.

En resumen, vemos que, salvo excepciones, los filones explotados hasta el momento aparecen en los



Plano geológico de la zona de Beariz

esquistos predominantemente, cerca del contacto con el granito, hasta distancias horizontales del orden de un kilómetro. Algunos encajan también en granito (zona de Marcofán). Vienen acompañados por frecuentes diques de aplita y filones turmaliníferos, como veremos al hablar de los fenómenos que acompañan a la mineralización (I.4.c)

Los aluviones del río Doade han sido ya mencionados.

#### I.4.c) Geología.

Esta zona se caracteriza por la intrusión granítica que ha tenido lugar en un terreno afectado por un metamorfismo de grado bajo y constituido sobre todo por micacitas (v. fig. 20), con una esquistosidad de dirección aproximada (media) N 20 W y buzamientos variables, pero en general dirigidos hacia el W también.

Describiremos la geología de los diversos tipos de rocas que aparecen, dejando para más adelante (Petrografía) el estudio detallado de los mismos.

**Rocas ígneas.**—Empleamos este término para designar tanto la intrusión central —que forma un "stock" situado inmediatamente al E de Beariz (ver plano)— como sus facies de borde, diques y filones relacionados, que no siempre han podido individualizarse debido a su forma de yacimiento, pues hay una transición desde la roca plutónica normal (con textura granuda en las partes centrales) hasta las facies de borde de grano fino (textura aplítica), frecuentemente orientadas y muy duras, que se separan a veces formando diques, con cortejo filoniano. Estos son aproximadamente paralelos al contacto la mayor parte de las veces, disponiéndose intercalados con tramos esquistosos, por lo que el tránsito entre roca granítica y esquistos es gradual generalmente, no pudiendo trazarse —salvo excepciones: fig. 6— una línea neta que los separe, aunque sí han podido individualizarse las digitaciones del extremo SE y la apófisis situada al W, entre Beariz y Liñares. Esta última, aunque presenta unos contactos aparentemente iguales a los demás, con intercalaciones de esquistos y diques, acompañados de filones de cuarzo, turmalina, etc. (mineralizados a veces con arsenopirita: fig. 35) tiene un significado tectónico y metalogénico especial como se verá más adelante (III y IV). En las zonas de borde es frecuente encontrar granos visibles de arsenopirita, muchas veces limonitizados.

El emplazamiento del macizo está bastante influido por la tectónica. Su disposición tiende a ser conforme con las estructuras regionales y su forma está en parte determinada por los sistemas de fallas; asimismo, la fracturación (que es más intensa en los extremos S y ENE, en los que se ha representado aparte, v. figs. 12 y 13) da lugar a unos sis-

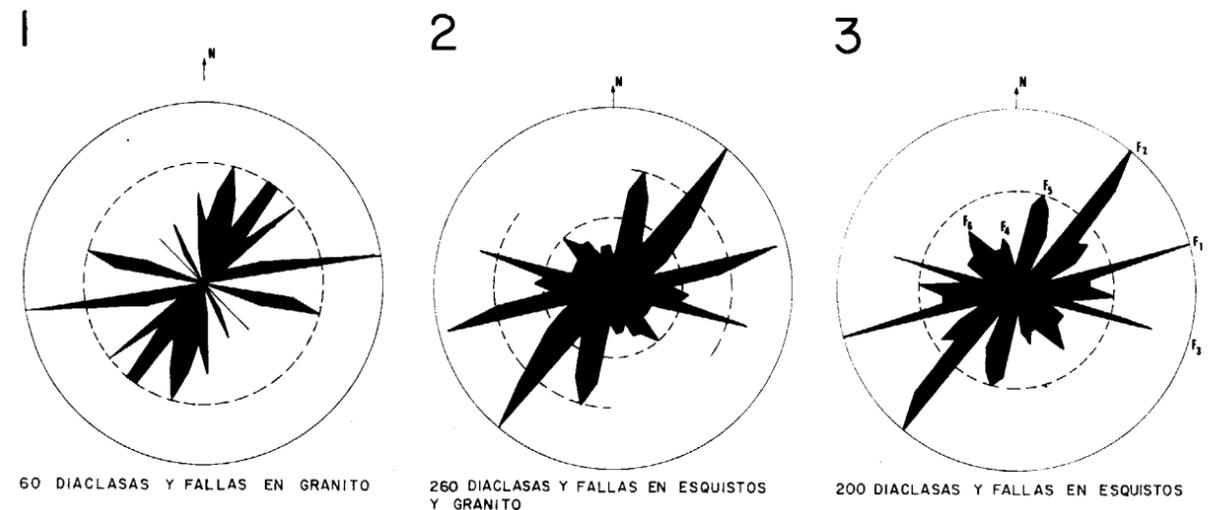


Figura 6

Contacto, casi horizontal, entre esquistos y granito. El metamorfismo de contacto es aquí muy débil. (Falda W del cerro de Marcofán, cerca de las minas y unos 100 m al W de la pista).

temas de diaclasas que coinciden aproximadamente con los que se presentan en los esquistos, como se deduce al comparar los respectivos diagramas rosa (v. Diagr. 1, 2 y 3), obtenidos a partir de la foto aérea; por tanto, sus direcciones son las que cabría esperar de la tectónica que afecta, en general, a las demás formaciones de la zona. Lo mismo ocurre con los filones mineralizados, como veremos oportunamente (v. III y diagramas 4 a 10).

El granito está frecuentemente alterado (fig. 8) por procesos deutéricos y por los agentes atmosféricos, resultando un reblandecimiento que hace que no siempre sea aprovechable para la construcción; de todas las canteras, sólo hay una que esté hoy en día en funcionamiento y explota la facies de borde, que es mucho más dura, con alteración mucho más débil, aunque frecuentemente presente indicios de mineralización (granos de arsenopirita, ya mencionados). También son frecuentes las variaciones de textura y tamaño de grano en un pequeño espacio (por ejemplo, en una misma cantera). Véase la figura 7.



**Efectos de contacto.**—El metamorfismo de contacto propiamente dicho es bastante débil, extendiéndose solamente a una estrecha aureola, en la que el mineral de más alta temperatura que llega a aparecer es andalucita. Generalmente se manifiesta por el crecimiento desordenado de fenoblastos o agregados de mica y sobre todo de clorita, en direcciones que no tienen nada que ver con la esquistosidad regional. Estos pueden verse a simple vista en la muestra de mano; llegan a alcanzar dimensiones del orden del centímetro.

Más notables son los efectos metasomáticos y deutéricos, que pueden afectar tanto al granito como a la roca de caja; en ésta es donde se manifiestan más claramente, sobre todo la turmalinización y silicificación, que se producen, a partir de filones de cuarzo y turmalina que han servido de vías de entrada, por una sustitución progresiva de los demás silicatos, hasta que al final se obtiene una roca de turmalina y cuarzo, muy dura y con un fajeado que corresponde a una alternancia de bandas (blancas y negras) de ambos minerales. Frecuentemente van acompañadas de muscovitización, sericitización, etc. y a veces aparecen también otros minerales con componentes volátiles, como apatito o berilo. También es frecuente una silicificación sin acompañamiento de turmalina. Todo ello se describirá con más detalle al hablar de la petrografía.

**Rocas metamórficas.**—Predominan esquistos micáceos de bajo grado metamórfico, en los que casi siempre está presente la clorita, que da un color verde a la roca. El tamaño de grano es medio, aunque ocasionalmente se llega a alcanzar el de un neis; no son raros los fenoblastos. Generalmente la esquistosidad es fina y penetrativa, coincidiendo a



Figura 7

Cantera para la explotación del granito, situada en el cruce de la carretera Beariz-Avión con el río Doade. Obsérvese la abundancia de diaclasas. En la parte superior se han observado modificaciones pegmatíticas locales en contacto con esquistos; también aparecen granos de arsenopirita dispersos. (Foto tomada mirando hacia el N).



Figura 8

Granito intensamente alterado (carretera Beariz-Avión, un kilómetro al S de Beariz).

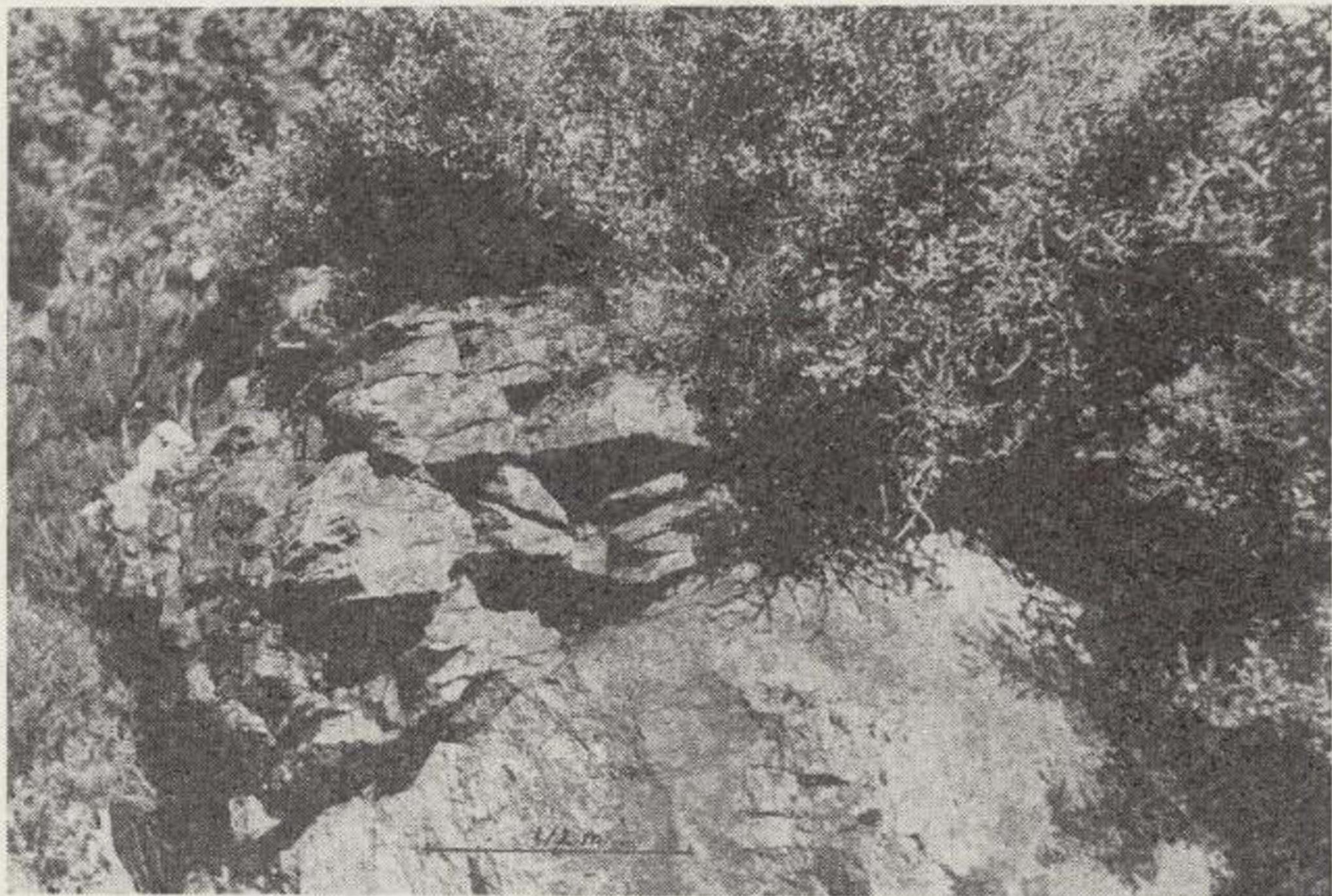


Figura 6

Contacto, casi horizontal, entre esquistos y granito. El metamorfismo de contacto es aquí muy débil. (Falda W del cerro de Marcofán, cerca de las minas y unos 100 m al W de la pista).



Figura 7

Cantera para la explotación del granito, situada en el cruce de la carretera Beariz-Avión con el río Doade. Obsérvese la abundancia de diaclasas. En la parte superior se han observado modificaciones pegmatíticas locales en contacto con esquistos; también aparecen granos de arsenopirita dispersos. (Foto tomada mirando hacia el N).

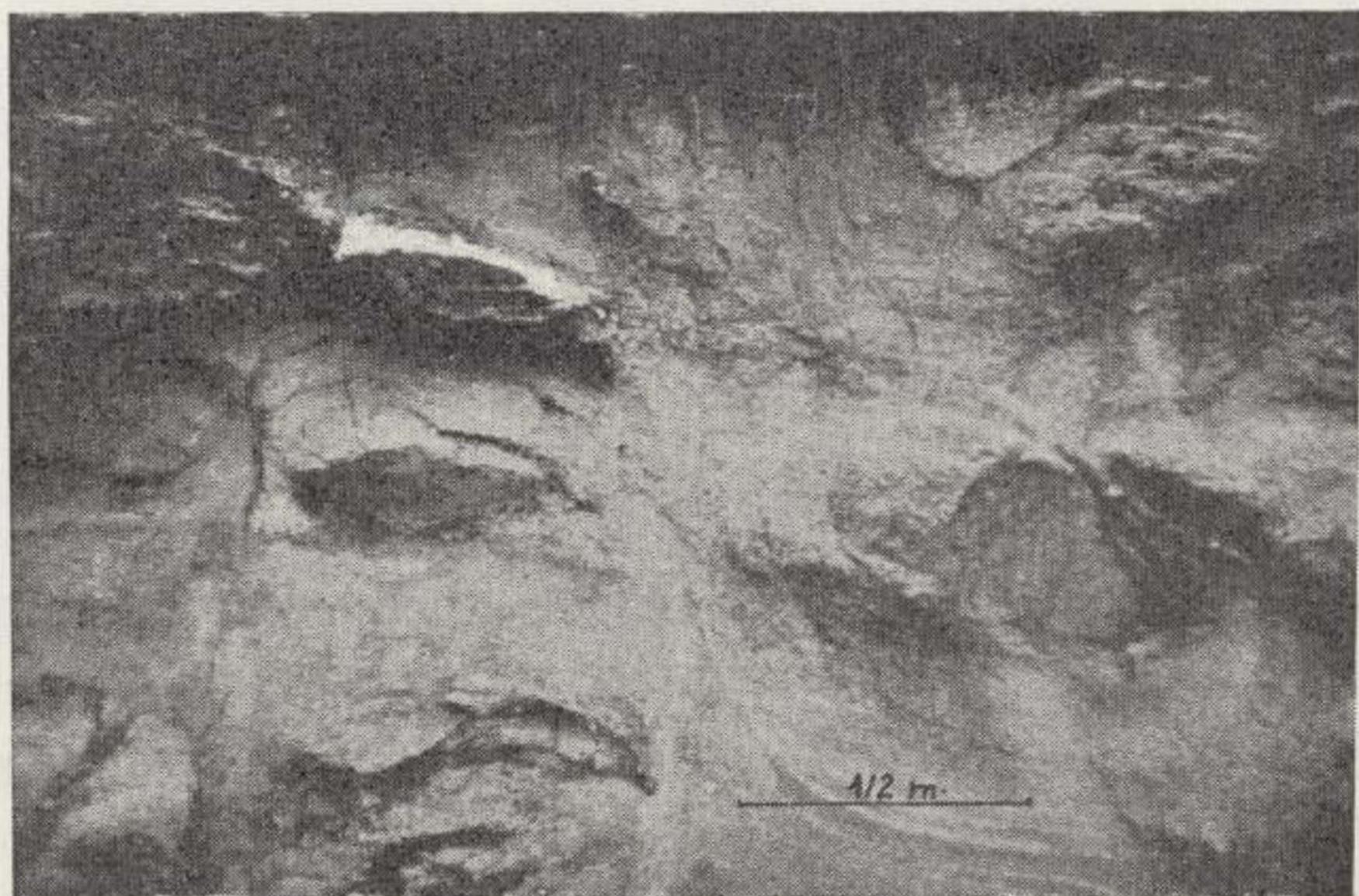


Figura 8

Granito intensamente alterado (carretera Beariz-Avión, un kilómetro al S de Beariz).

veces con la orientación de las superficies de estratificación, pero no es raro que ambas estén intensamente deformadas, formando micropliegues apretados (figs. 9 y 10) cuyos ejes, en posición subparalela a los de las estructuras mayores, pueden dar lugar a lineaciones, aunque éstas son más frecuentes en las cuarcitas (fig. 11).

La frecuencia e intensidad de estos fenómenos hablarían en favor de la superposición de dos fases tec-



Figura 9

Micacita cuarcífera intensamente replegada, con segregaciones de cuarzo (pista en la salida W de Penedo).

tónicas en el dominio estudiado, por lo que se ha recurrido al análisis estructural, como veremos más adelante (III); por la misma razón, no puede medirse la orientación de la esquistosidad en algunas zonas, pero sí puede verse que en general tiene un rumbo aproximado de N 20 W, con buzamientos fuertes hacia el W y en algunos casos hacia el E; del diagrama de 325 polos de planos de esquistosi-

dad, resulta una máxima frecuencia para la orientación N 18 W, 35 W, que coincide con la disposición regional (v. Diagr. 4 y 5).

La fracturación es variable, pero bastante intensa

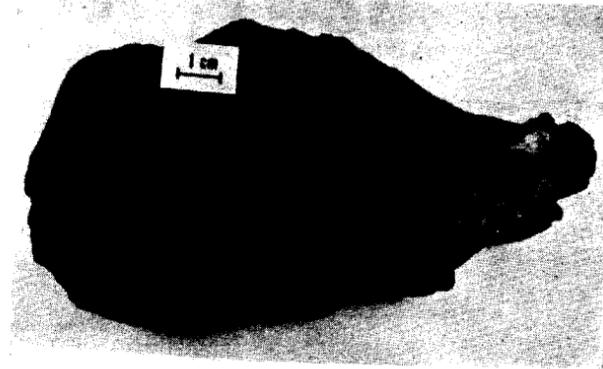


Figura 10

Esquisto intensamente replegado. Sección perpendicular a la esquistosidad (muestra tomada en la pista de Villariño a Couso, un kilómetro antes de Couso).

en algunas zonas (figs. 12, 13 y 14), lo que se ha aprovechado para hacer el correspondiente diagrama rosa (v. Diagr. 2 y 3), que muestra un acuerdo con las direcciones que podrían esperarse de los da-



Figura 11

Lineaciones en cuarcitas y esquistos cuarcíferos (cantera en la pista Liñares-Baiste, unos 500 m al W de Liñares).

tos de la geología estructural de la zona. Esto tiene interés para la prospección de una mineralización filoniana como la que nos ocupa, pues han de distinguirse las direcciones de tensión, que son las de

mayor probabilidad; más adelante (III) analizaremos con detalle estos datos.

Las fallas son también abundantes, predominando las de cizallamiento, con direcciones oblicuas a las de compresión tectónica, como puede verse en el mapa geológico. En general, obedecen también a la tectónica regional y a veces son claramente visibles en foto aérea (valles alargados, tramos de ríos rectilíneos, etc.); pueden prolongarse en el interior del granito.

Otro tipo de fallas son las de gravedad, que aparecen en el ángulo SW de la zona y se manifiestan por una serie de escarpes alineados, que a veces determinan los cauces de la red fluvial. Los hemos interpretado como desgarramientos con desplazamientos verticales, debidos al empuje del batolito granítico que forma una gran intrusión situada a unos 2,5 kilómetros al W y cuyo contacto coincide aproximadamente con el límite oriental de la provincia de Pontevedra (v. corte AA', fig. 15).

En estas micacitas aparecen intercalados también lentejones de esquistos anfibólicos de bajo grado y cuarcitas, que también se han explotado en canteras. El contacto entre estas últimas y las micacitas no es brusco generalmente, sino que suele producirse por medio de intercalaciones finas de ambos tipos de rocas, en las que va predominando cada uno de ellos al acercarse a su respectivo campo. Es frecuente que estas intercalaciones se produzcan a escala microscópica, en estos tipos intermedios, según las superficies sedimentarias originales (v. II). Muchas veces tiene lugar además una segregación

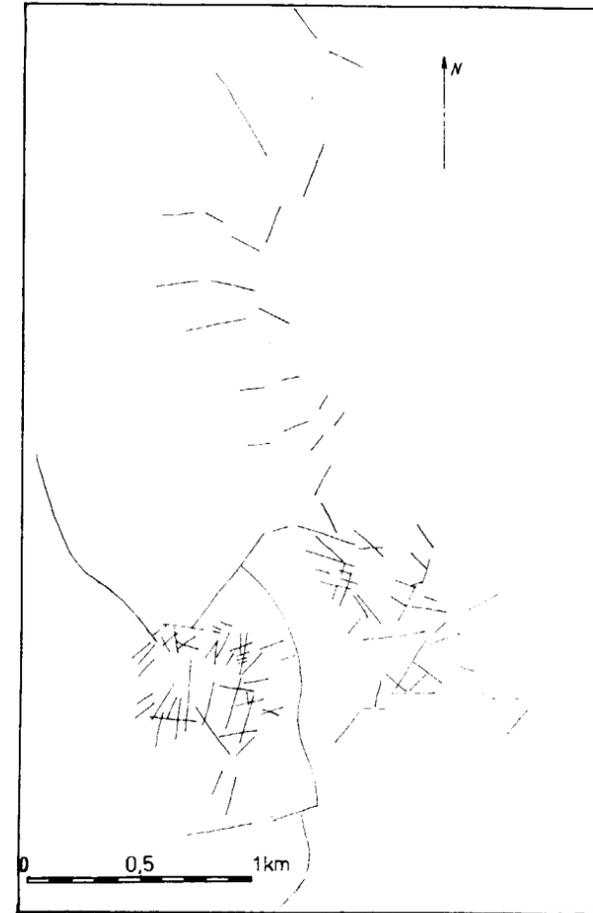


Figura 12

Fracturación en granito y en esquistos (tomada de foto aérea; localización: v. fig. 80).

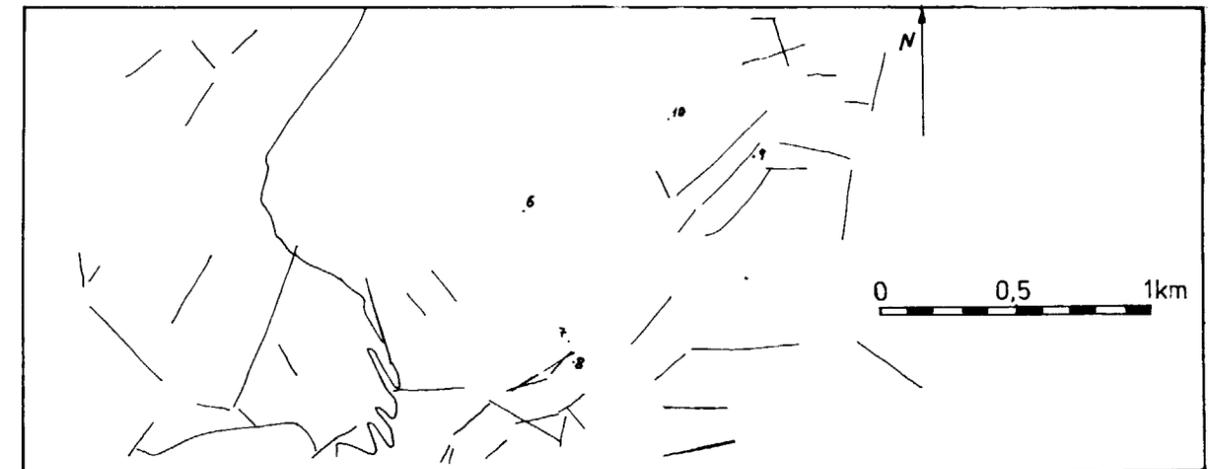


Figura 13

Fracturación en granito y en esquistos (tomada de foto aérea; localización: v. fig. 80).



Figura 9

Micacita cuarcífera intensamente replegada, con segregaciones de cuarzo (pista en la salida W de Penedo).

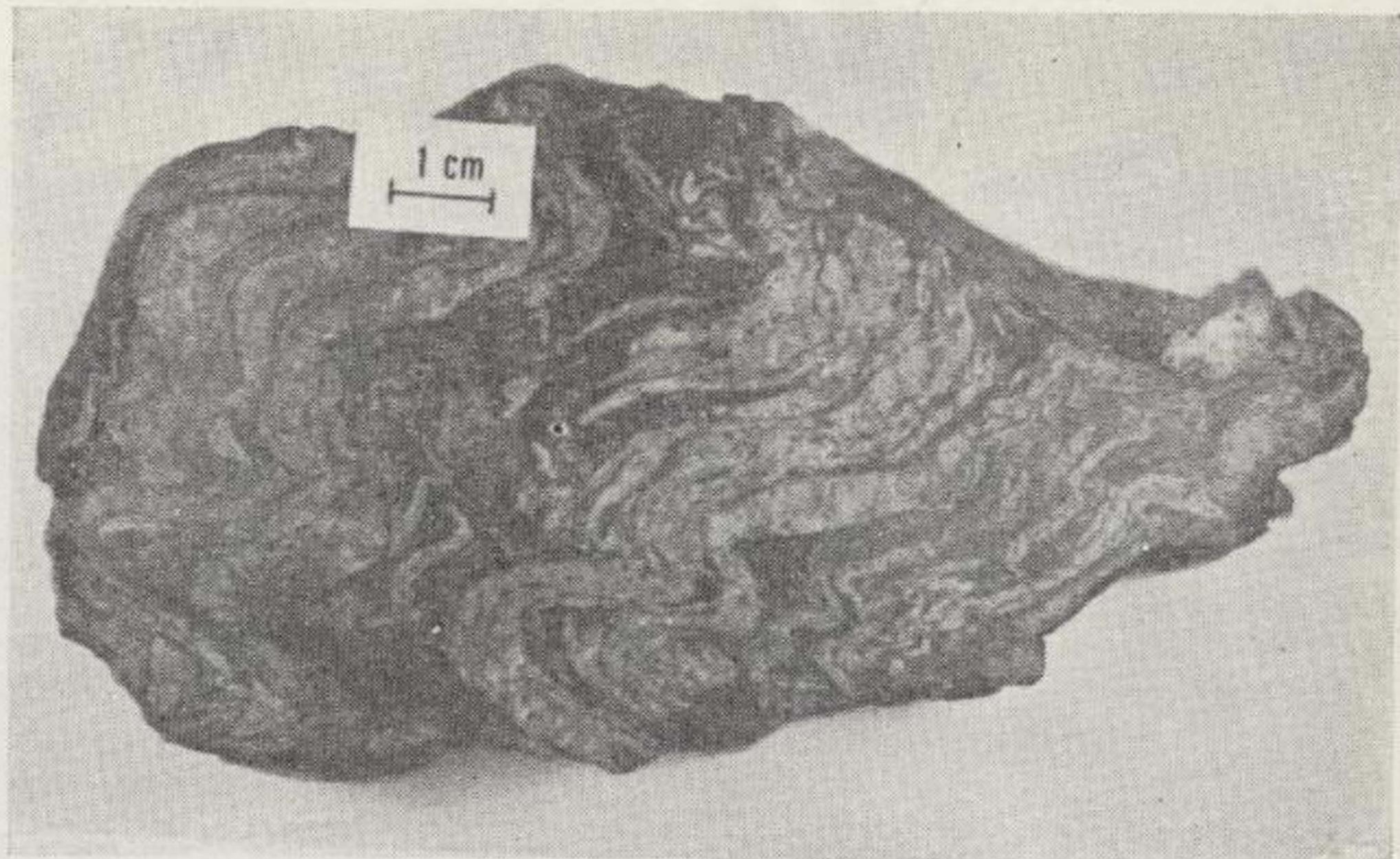


Figura 10

Esquisto intensamente replegado. Sección perpendicular a la esquistosidad (muestra tomada en la pista de Villariño a Couso, un kilómetro antes de Couso).



Figura 11

Lineaciones en cuarcitas y esquistos cuarcíferos (cantera en la pista Liñares-Baiste, unos 500 m al W de Liñares).

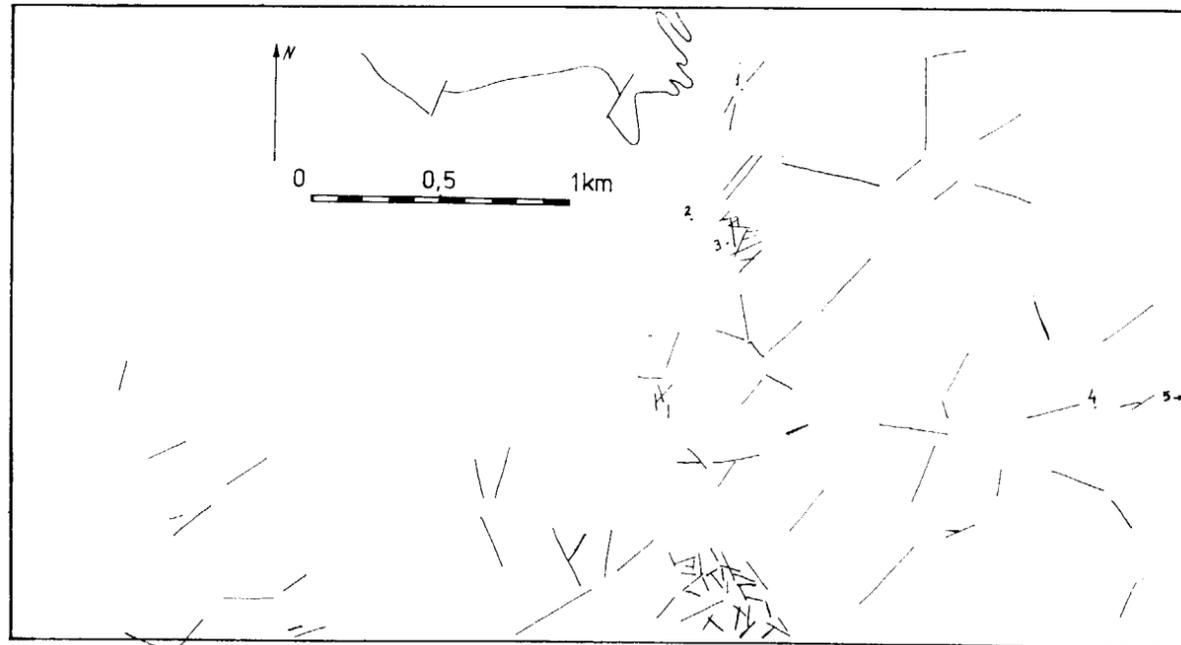


Figura 14

Fracturación en esquistos (tomada de foto aérea; localización: v. fig. 80).

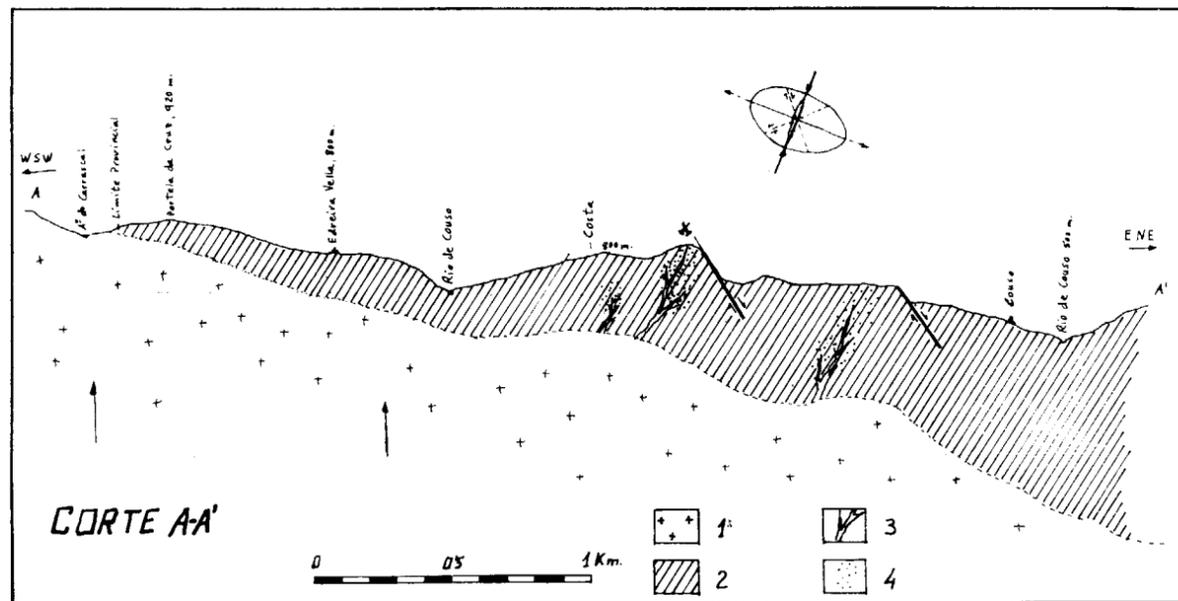


Figura 15

Interpretación tectónica del área SW de la zona de Beariz (v. pl. geol.): sistema de fallas de gravedad y correspondientes desgarras de tensión —a veces mineralizados—, originados por la intrusión del batolito granítico; arriba se presenta la supuesta distribución de esfuerzos. (Escala vertical y horizontal iguales; relieve basado en la hoja núm. 186 del Plano Topográfico Nacional; la parte situada al W de la mina está fuera del plano geológico).

- 1: Granito.
- 2: Rocas metamórficas.
- 3: Diques y filones.
- 4: Efectos metasomáticos.

de lentejones de cuarzo de tamaños variables (desde la escala microscópica hasta unas dimensiones del orden del m.), que pueden aparecer muy replegados (fig. 9).

Variaciones locales en la composición mineralógica de las micacitas pueden hacer que lleven feldspatos, magnetita (que, al alterarse, dan a la roca un aspecto muy poroso), etc. En algunas zonas aparecen también impregnaciones de minerales como turmalinas, apatito, granates, etc., quizá atribuibles a fluidos neumatolíticos o a emanaciones de origen ígneo (más adelante volveremos sobre ello).

En cualquier caso, los minerales más frecuentes, muscovita, biotita y clorita, indican un grado de metamorfismo bajo, de la facies de pizarras verdes de WINKLER (1967), como podría deducirse también de

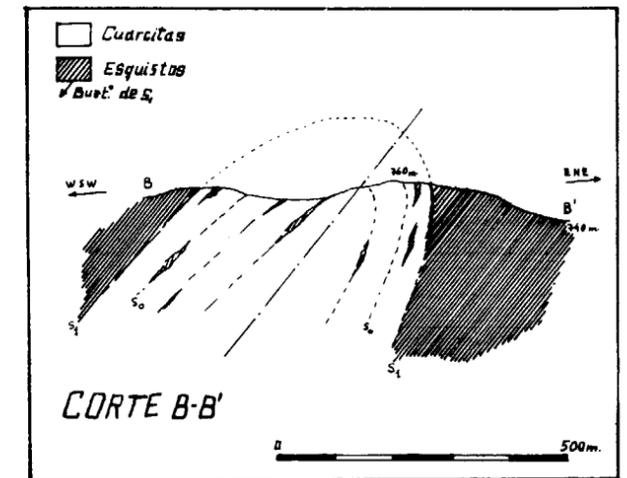


Figura 17

Escala horizontal y vertical iguales. (Relieve basado en datos de la hoja núm. 186 del Plano Topográfico Nacional).



Figura 16

Vista tomada desde el cerro de Marcofán en dirección W. Al fondo, cuarcitas, que dan lugar a un destacado relieve por su resistencia a la erosión; en primer plano, esquistos.

la composición de los feldspatos (v. II: Petrografía). Según las últimas ideas expuestas por WINKLER (1970), podrían clasificarse en la división de "Low-Stage Metamorphism".

Las cuarcitas llegan a individualizarse formando estructuras interesantes en la parte occidental de la zona, como puede verse en el plano geológico. Hay un anticlinal (fig. 16), cuyo flanco se prolonga hacia el S, aunque interrumpido en varias ocasiones debido a la intensidad de la tectónica y a algunas fallas. Lo mismo ocurre con el otro nivel de cuarcitas que aparece un poco más al N y que puede seguirse, ya fuera de la zona, durante un largo trecho.

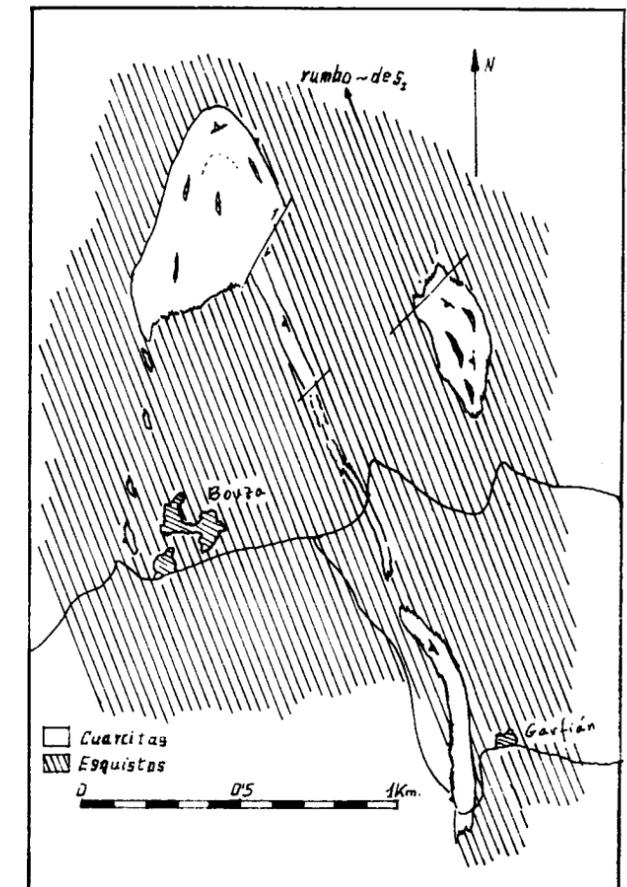


Figura 18

Transposición del contacto entre cuarcitas (blanco) y esquistos (rayado), adaptándose a la esquistosidad, cuyo rumbo está indicado por el rayado.



Figura 16

Vista tomada desde el cerro de Marcofán en dirección W. Al fondo, cuarcitas, que dan lugar a un destacado relieve por su resistencia a la erosión; en primer plano, esquistos.

De las relaciones entre esquistosidad y estratificación en el anticlinal puede deducirse que se trata de un pliegue volcado hacia el E, con eje subhorizontal. Los dos flancos que afloran son normales, pues aunque el oriental tiene un buzamiento mayor que el de la esquistosidad, los sentidos de ambos son opuestos (WILSON, 1961, p. 466); según esto, hemos hecho el corte B-B' representado en la fig. 17.

Fuera del núcleo del anticlinal, las cuarcitas se adaptan a la dirección regional, teniendo lugar una



Figura 19

Cuarcitas y esquistos, cuyo contacto tiende a adaptarse a la dirección de la esquistosidad (pista de Penedo, unos 400 m antes de llegar a la carretera Beariz-Avión).

“transposición de contactos litológicos” en el sentido de TURNER & WEISS (1963, p. 165 y ss.), como se indica esquemáticamente en la figura 18, en la que puede verse cómo la superficie de contacto (y también la de estratificación) se va disponiendo paralelamente a la esquistosidad (v. también plano geológico y fig. 19).

Fenómenos que acompañan la mineralización.— Son casi siempre alteraciones neumatolíticas o hi-

drotermales de la roca de caja, que ya han sido descritas al hablar de los efectos de contacto. El resultado es la aparición casi constante de filones (o sustituciones) de turmalina y cuarzo en las zonas mineralizadas, como efecto más visible a simple vista. En algunos casos tiene lugar una caolinización o sericitización, o bien la dispersión de turmalina, apatito, etc., en las rocas adyacentes; aunque esta última casi nunca puede apreciarse en el campo, cuando se descubre, en el estudio petrográfico de una roca, puede indicar la presencia de fluidos que hayan tenido capacidad de transporte de la mineralización. Por ello, tiene interés para prospección el descubrimiento, en zonas no investigadas, de aureolas de dispersión de estos minerales, pues son un posible indicio. Sobre esto se volverá más adelante (Petrografía).

#### I.5) MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

En el plano de la figura 20 puede verse la situación de la zona de Beariz en el marco geológico regional, que describimos —aunque sólo en los aspectos que interesan para nuestra investigación— muy brevemente.

##### I.5.a) Tectónica.

La región gallega ha sido afectada por dos ciclos orogénicos (den TEX, 1966). El primero es de edad precámbrica en su mayor parte y se caracteriza por un metamorfismo regional de alta presión, que viene acompañada por una migmatización de tipo seco y seguida por movimientos epirogénicos de ascenso y por el metamorfismo de contacto de las intrusiones que se originan. Este ciclo no ha actuado en la zona que nos ocupa.

El segundo ciclo es hercínico y consta —según el citado autor— de tres fases; la primera de ellas con dirección de compresión aproximadamente E-W (dando lugar, por tanto, a una esquistosidad N-S), la segunda con dirección de compresión N-S (ejes E-W) y la tercera, de nuevo, compresión E-W; a esta última atribuye den TEX la curvatura de todas las estructuras N-S en Galicia occidental. Cada una de estas tectónicas viene acompañada de su correspondiente metamorfismo, pero no todas se manifiestan con igual intensidad. La primera fase, considerada como la más importante, ha dado lugar a metamorfismo regional de baja presión, de un gra-

diente geotérmico —de 30 a 70° C/km— mucho más elevado que el del ciclo anterior y de edad hercínica temprana, que afecta a todas las rocas anteriores y llega a producir anatexis cuando alcanza las zonas de mayor temperatura (facies de anfibolitas con cordierita de Winkler). El plutonismo posterior

miento vertical, que cortan a los granitos anteriores y que siguen activas hasta épocas tan recientes como el Mioceno.

Interesa destacar que este segundo ciclo se caracteriza por el metamorfismo regional de baja presión, el cual ha afectado tanto las rocas ya transformadas o consolidadas anteriormente —en las que origina a veces metamorfismo retrógado— como los depósitos sedimentarios pre-hercínicos, dando lugar estos últimos a la faja de esquistos que, a grandes rasgos, atraviesa la parte central de la región gallega de Norte a Sur. El plutonismo posterior dio lugar a migmatitas y a intrusiones —acompañadas de abundantes pegmatitas, diques graníticos y filones de cuarzo mineralizados o estériles— en estos esquistos, como ocurre en la zona de Beariz, en que se puede relacionar la mineralización principalmente con un “stock” granítico.

Aunque hemos tratado de reducirnos a los datos más generales, hay que hacer notar que no hay un acuerdo total entre todos los investigadores que han trabajado en la región gallega. Así, por ejemplo, MATTE (1968) habla solamente de dos fases hercínicas, considerando la primera como la más importante y la segunda, menos general y con deformaciones menos penetrativas. Contrariamente a den TEX, piensa que las dos fases son homooxiales y aproximadamente coincidentes en su estructura regional, debiéndose la curvatura de ésta a un zócalo o a estructuras sedimentarias preexistentes, no a dos episodios diferentes de plegamiento (uno N-S y otro E-W). Ambas fases irían seguidas de unas deformaciones tardías no generales.

##### I.5.b) Datación.

Recientemente se han hecho dataciones de edad absoluta por los métodos Rb-Sr y K-Ar (PRIEM y col., 1970) obteniéndose una edad de unos 460.430 millones de años (Ordovícico Superior) para los granitos prehercínicos. En cuanto al plutonismo hercínico, se distinguen varias fases; la más antigua es la que origina los granitos de dos micas que van a ser afectados por las tectónicas posteriores (hacénicas), dando lugar a granitos neósicos; se les atribuye una edad de unos  $349 \pm 10$  millones de años provisionalmente —edad no segura: Devoniano Superior o Carbonífero Inferior (Dinantense).— Siguen los granitos de dos micas hercínicos tempranos (entre los que podemos contar el de Beariz) a los que se les calcula

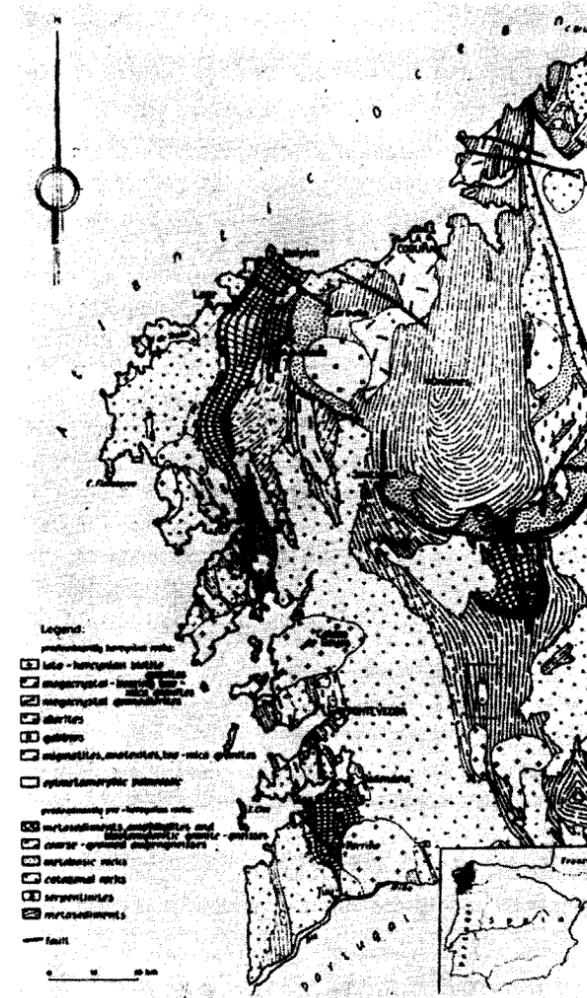


Figura 20

Plano geológico simplificado de Galicia Occidental (tomado de HILGEN, 1971, p. 400; el rectángulo dibujado al W de Pontevedra corresponde a la zona estudiada en el presente trabajo).

consta de gabros y rocas graníticas de diferentes tipos que se van sucediendo hasta el Permiano inferior. Desde entonces no se vuelven a registrar períodos de actividad magmática u orogénica, pero sí una tectónica de carácter epirogénico, que se manifiesta sobre todo por fallas posthercénicas de desgarramiento

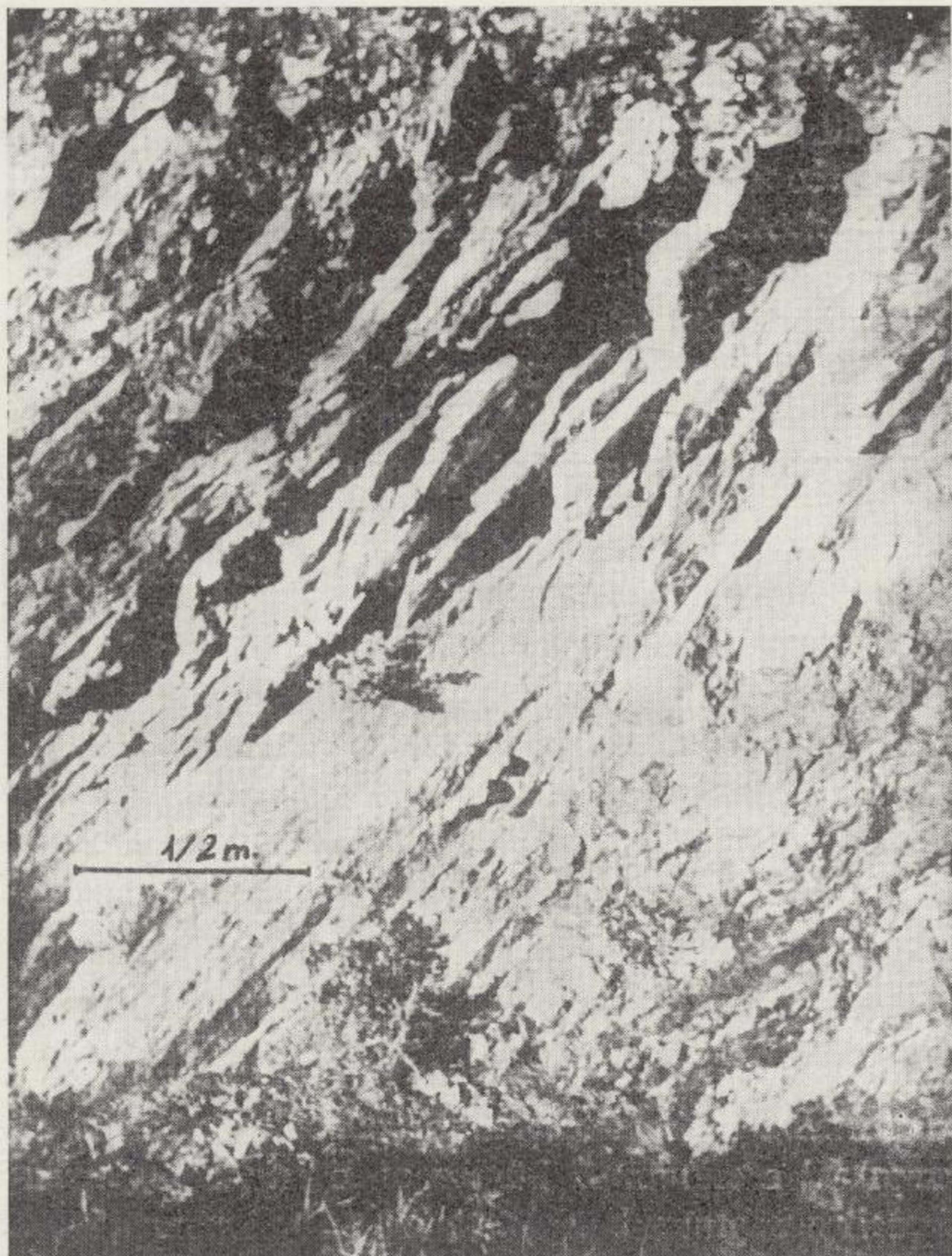


Figura 19

Cuarcitas y esquistos, cuyo contacto tiende a adaptarse a la dirección de la esquistosidad (pista de Penedo, unos 400 m antes de llegar a la carretera Beariz-Avión).

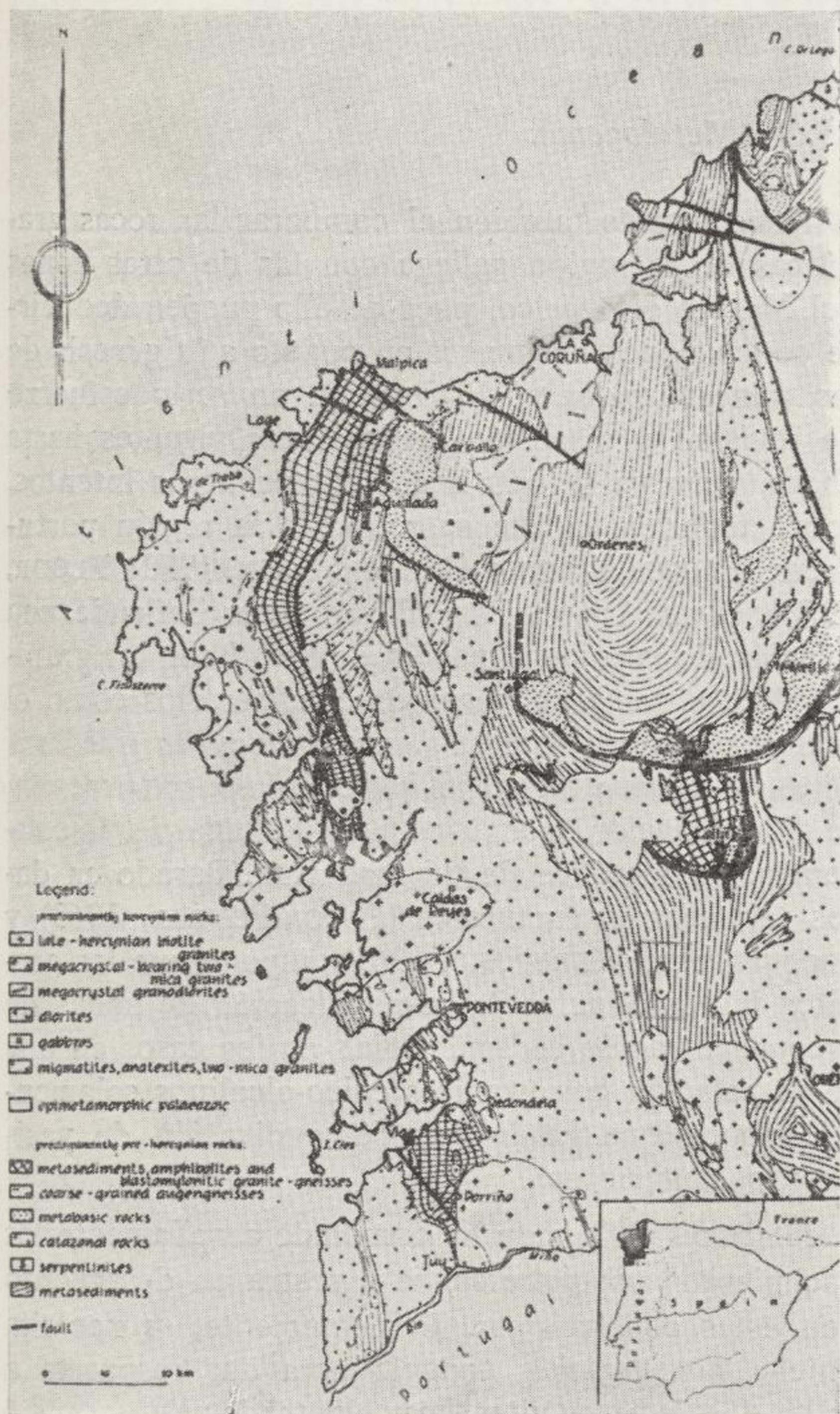


Figura 20

Plano geológico simplificado de Galicia Occidental (tomado de HILGEN, 1971, p. 400; el rectángulo dibujado al W de Pontevedra corresponde a la zona estudiada en el presente trabajo.

una edad de unos  $298 \pm 10$  millones de años (Westfaliense Superior; PRIEM y CO. o 295 M. A. (VIALETTE, en CAPDEVILA, 1969). Y finalmente, el plutonismo herciniano post-cinemático se ha datado en unos  $280 \pm 11$  M. A. (aproximadamente en el límite Carbonífero-Permiano).

Es decir, que el emplazamiento de los granitos hercinianos tuvo lugar en un período que va desde el Devoniano Superior hasta el Permiano Inferior, apareciendo niveles cada vez más profundos a medida que nos desplazamos hacia el W. Hay que notar que no se da un acuerdo total, en cuanto a edades y sucesión de fenómenos tectónicos y plutónicos, entre todos los geólogos que han estudiado el macizo Hespérico y que a menudo se ven complicadas las comparaciones y síntesis por las diferencias de terminología (así, por ejemplo, el término "granito" empleado al referir estas dataciones tiene un significado general equivalente a "granitoide" o "roca granítica", sin implicar la composición concreta de un granito en petrografía).

#### 1.5.c) Petrografía y génesis.

En un esfuerzo por sistematizar el conocimiento de la petrografía gallega, CAPDEVILA y FLOOR (1970) agrupan las rocas ácidas de esta región en dos series principales: la de los granitoides alcalinos de dos micas y la de los granitos calcoalcalinos (con biotita dominante), en cada una de las cuales entran rocas de edades diferentes, pero que tienen en común ciertas características de composición o de origen. No entraremos en los detalles de estas clasificaciones generales, pero hemos de notar que a las rocas del primer grupo se les atribuye un origen anatéctico estrechamente ligado al metamorfismo regional herciniano y que a ellas pertenece el granito de Beariz, como veremos oportunamente. En cuanto al segundo grupo, que no presenta relaciones evidentes con el metamorfismo regional y que por su com-

posición indica una temperatura de formación más alta, se piensa que procede de niveles más profundos de la corteza terrestre y en algún caso se ha invocado una posible relación con grandes fallas regionales (YPMA, 1966; CAPDEVILA y FLOOR, 1970), que habrían facilitado el emplazamiento de las intrusiones.

#### 1.5.d) Metalogenia.

Tiene interés también el comparar las rocas graníticas de la región gallega con las de otras zonas del Macizo Hespérico, pues de ello pueden deducirse conclusiones de interés en cuanto a la génesis de las mineralizaciones. Esto exige un serio esfuerzo de revisión y discusión de las ideas vigentes hasta ahora, pero ya se han hecho los primeros intentos, sobre todo en lo que se refiere a la región portuguesa (FLOOR, KISCH y OEN ING SOEN, 1970; FLOOR, 1970; YPMA, 1966). Este último autor defiende una relación de la mineralización de Sn-W con los granitos de dos micas, a pesar de considerarlos como el producto de una anatexis incipiente y de que, por tanto, difícilmente podrían haber sufrido los procesos de diferenciación necesarios para dar lugar a una concentración metálica de tal magnitud. Basado en datos tectónico-estructurales (PARGA-PONDAL, 1963) y geoquímicos (WEDEPOHL, 1961), supone que los granitos han producido la removilización de zonas de preconcentración sedimentaria; en los casos en que se ve relación con granitos calcoalcalinos solamente, supone que ha habido removilización de yacimientos anteriores.

THADEU (1973), que ha estudiado ampliamente los yacimientos portugueses, se muestra en desacuerdo con estas conclusiones. Evidentemente, se necesita mucha investigación todavía para dar respuesta a todos los interrogantes hoy planteados.

Recibido: Julio 1974.



## Sobre el caudal de un pozo de bombeo. Metodología práctica para el cálculo de su valor óptimo

Por G. J. LOPEZ ARECHAVALA (\*)

### 1. INTRODUCCION Y RESUMEN DE IDEAS DE BASE

No resulta infrecuente para los profesionales dedicados al estudio de las aguas subterráneas, ver cómo se asigna a un pozo o sondeo un determinado caudal, de la misma forma que podría atribuírsele un número o una denominación. En este sentido, el término "aforo", plenamente adecuado cuando se trata de medir el caudal natural que en un momento determinado discurre por un curso de agua superficial, es de muy extendida, aunque totalmente incorrecta aplicación a las captaciones de aguas subterráneas (pozos o sondeos), no sólo en ambientes profanos, sino también entre muchos de quienes con mayor o menor riesgo se dedican a la prospección y explotación de tales recursos.

Este hecho no tendría mayor trascendencia si únicamente se tratase de un problema de terminología, pero ello no es así, sino que deriva de un profundo desconocimiento de los más elementales principios de la hidrodinámica subterránea, lo que, entre otros efectos, puede llevar a una antieconómica e irracional explotación de las aguas subterráneas, así como a un irreal planteamiento de la mayor parte de los litigios existentes entre utilizadores de sondeos próximos (no es raro oír hablar de "mi venero" o "mi río subterráneo").

En realidad, hay que tener en cuenta que el caudal que se puede extraer de un sondeo, depende de varios factores que, expuestos de modo esquemático, se clasifican en:

#### a) Hidrodinámicos del acuífero explotado.

Las características intrínsecas de un acuífero (transmisividad y porosidad eficaz o *coeficiente de*

*disponibilidad inmediata*, según se trate de un manto libre o en carga, respectivamente, influyen de modo fundamental, aunque no exclusivo, en la respuesta que obtendremos para un determinado bombeo de una cierta duración ininterrumpida.

Asimismo, las condiciones en los límites del acuífero, por ser susceptibles de alterar —en sentido favorable o desfavorable— la evolución normal de su nivel piezométrico en el curso de un bombeo, son igualmente a tener en cuenta. Citemos, a modo de ejemplo, la eventual comunicación más o menos directa que pueden existir entre el acuífero explotado y el exterior (otros acuíferos sub o suprayacentes, volúmenes de agua superficial, límites impermeables, proximidad a manantiales, a zonas de fuertes pérdidas por evapotranspiración, etc.), en zonas no muy alejadas de la captación.

#### b) Hidrodinámicos de la obra de captación.

Es evidente que dos sondeos de iguales dimensiones, con un equipo de bombeo idéntico y situados a pocos metros de distancia (lo que permite suponer unas iguales características del acuífero captado), pueden dar lugar a caudales bien diferentes. En efecto, las características hidrodinámicas de cada una de las captaciones (calidad de la perforación: colmataciones, hundimientos, etc.; dimensionado de las tuberías filtrantes, adecuación de un eventual macizo de gravas, efectividad de las operaciones de limpieza y desarrollo, etc.) pueden resultar notablemente diferentes de una a otra.

#### c) Tiempo.

En contra de una creencia no poco extendida, son raras, si no excepcionales, las configuraciones hidrogeológicas que pueden dar lugar al establecimiento de un régimen permanente en la evolución de un bombeo. En realidad, se puede contar con los dedos de una mano, los casos teóricos y prácticos en

(\*) Ingeniero de Minas, Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A.

que tal régimen puede llegar a establecerse dentro de un plazo normal. En la mayoría de los casos, el nivel régimen puede llegar a establecerse dentro de un plazo normal. En la mayoría de los casos, el nivel piezométrico en un sondeo durante su explotación, irá en continuo descenso, si bien es cierto que, normalmente, evolucionará a un ritmo creciente (dado el carácter logarítmico que casi siempre rige el descenso). Por lo tanto, siempre sucederá que para un determinado equipo de bombeo, el caudal extraído disminuirá (en mayor o menor medida) con el transcurso del tiempo, debido al aumento de la altura manométrica total. Por otra parte, a lo largo del año, se produce generalmente una natural variación del nivel, que alcanza, normalmente, su posición más alta en invierno y la más baja en verano. Es, por tanto, lógico que un sondeo con instalación fija proporcione un cauce mayor en la primera de las citadas estaciones. Y aun en el caso de que, de modo excepcional, un régimen permanente llegue a ser alcanzado, ello tendría lugar para una amplia gama de caudales, con la particularidad de que, en general, la estabilización dará comienzo al cabo de un cierto valor del tiempo, totalmente al margen del caudal bombeado, que sólo influirá en el valor de la depresión estabilizada.

En un caso así, el caudal bombeable será, en gran parte, función de la capacidad del equipo de bombeo.

Combinada la influencia de los tres tipos de factores citados, parece claro que el caudal que se puede obtener de un pozo o sondeo será aquel que al cabo de un cierto tiempo dé lugar a una depresión máxima tolerable desde un punto de vista exclusivamente hidrodinámico.

Ahora bien, incluso prescindiendo de los distintos tiempos límites a los que puede ser referida (lo que representaría ya una teórica infinidad de posibilidades), resulta sumamente difícil, si no imposible, establecer de modo general (tampoco es fácil hacerlo ante un caso concreto) el valor de esa depresión máxima hidráulicamente tolerable. Solamente es factible indicar una serie de ideas orientativas —nunca se trataría de normas taxativas— sobre los condicionamientos hidrodinámicos que hacen aconsejable no rebasar ciertos límites de depresión.

Veamos primeramente el siempre muy complejo caso de los mantos libres.

Desde un punto de vista de rentabilidad, suponiendo que nada impidiese deprimir totalmente el nivel piezométrico, si  $\Delta/H$  es el valor relativo de la

depresión con respecto al espesor inicial del manto, y  $Q/Q_H$ , la relación entre el caudal que se obtiene para una cierta depresión en un instante dado, y el que se obtendría si, en ese mismo instante, la depresión fuese máxima (es decir,  $Q=Q_H$  para  $\Delta=H$ ); entre ambos valores relativos existe, según se puede demostrar de modo riguroso (en el caso de mantos homogéneos), la siguiente correspondencia:

$\Delta/H$	$Q/Q_H$
20 %	35-63 %
30 %	52-74 %
40 %	64-83 %
50 %	74-88 %
60 %	83-92 %
70 %	91-96 %
80 %	94,5-98 %
100 %	100 %

(para cada valor de  $\Delta/H$ ,  $Q/Q_H$  varía entre los límites que se indica, en función del espesor inicial del manto, de la relación existente entre las permeabilidades laminar y turbulenta, así como del instante que se considere entre  $t=0$  y  $t=\infty$ ).

Comparando los aumentos porcentuales, línea a línea, entre ambas columnas, se observa el limitado interés de aumentar indefinidamente la depresión para con ello conseguir un mayor valor del caudal. Por otra parte, las pérdidas de carga parásita que se producen en toda captación, al aumentar con el caudal de forma más rápida que éste, hacen aún menos rentable un excesivo aumento de depresión para conseguir un mayor caudal.

Por tanto, desde este aspecto práctico, no resultarían interesantes depresiones finales superiores al 40 ó 50 % del espesor inicial del manto, aunque en principio nada implica llegar al 100 %.

Desde otro punto de vista, un aumento exagerado en el valor final de la depresión relativa, plantea siempre problemas de interpretación y previsión, y puede fácilmente provocar perturbaciones diversas.

En efecto, analítica y metodológicamente, el estudio de la hidrodinámica en un manto libre, a falta de soluciones rigurosas y generales propias, se ha basado tradicionalmente en las que sólo son estrictamente válidas para los mantos cautivos, con las simplificaciones y errores que ello lleva consigo al considerar, sobre todo, el movimiento del

agua cerca de la captación (componente vertical del movimiento del agua, no despreciable; transmisividad variable con el tiempo; liberación no instantánea del agua de saturación, etc., etc.) Esto, en un aspecto interpretativo, lo que hasta cierto punto, no sería nuestro actual problema. Pero, como consecuencia de ello, la previsión de la evolución del nivel piezométrico resulta inviable a partir del momento en que una excesiva depresión (superior al 35 %, aproximadamente, del espesor inicial del manto), haga prácticamente inutilizable o, cuando menos, de delicado empleo, toda la metodología interpretativa disponible (tanto la derivada de Theis y Hantush para mantos cautivos, como la que Boulton, Glover, Bittinger, Stallman, etc., han establecido para mantos libres).

Asimismo, los valores excesivos del gradiente piezométrico (y, por tanto, de la depresión en el pozo), al poder dar lugar a que la velocidad del agua junto a la captación, alcance grandes valores (a lo que, evidentemente, coadyuva la disminución en la superficie de paso de agua debido al aumento de la depresión en el pozo), provocan riesgo de arrastres de elementos sólidos: peligro para la bomba, taponamiento de la tubería filtrante, etc.

Por todo lo que se ha expuesto, resulta aconsejable no rebasar valores de la depresión superiores a un 25-35 % del espesor inicial del manto, pero, insistamos en ello, se trata solamente de una recomendación práctica, nunca de una limitación teórica.

En relación con los mantos cautivos, en principio, apenas hay inconveniente en deprimir el nivel de un sondeo hasta el límite de cautividad, es decir, hasta el techo del acuífero, salvo por lo que se refiere a los ya citados riesgos (aquí algo inferiores por permanecer constante la superficie de paso de agua) de arrastre de elementos sólidos para grandes gradientes. Por tanto, *a priori*, se podría dar un límite al valor de la depresión final, igual al 100 % de la altura piezométrica inicial por encima del techo del acuífero.

Como conclusión, parece evidente que desde un punto de vista hidrodinámico, el concepto del caudal que puede extraerse de un pozo o sondeo, resulta sumamente ambiguo. Y si alguna limitación puede darse para estimar el caudal que bajo este enfoque exclusivamente hidrodinámico debe ser extraído, sería necesario, para ello, poseer previamente un buen conocimiento de las características hidrodinámicas del conjunto acuífero-sondeo, de

forma que se pueda fijar un límite lógico, lo más estrecho posible.

A partir de este límite lógico, y una vez fijado el tiempo correspondiente, resultaría factible determinar un valor "lógico" o "aconsejable" del caudal; no el caudal *del* pozo.

Como consecuencia de todo lo que acaba de ser expuesto, parece evidente que la utilización del concepto de capacidad específica (caudal obtenible por cada metro de depresión), carece, en la mayoría de los casos, del más mínimo rigor y conocimiento de causa; a pesar de lo cual, no es difícil verlo utilizar de forma francamente gratuita.

## 2: FACTORES ECONOMICOS

En lo que sigue, consideraremos únicamente el caso del agua subterránea bombeada para su utilización con fines agrícolas, aunque nada impediría incluir también los abastecimientos públicos y las necesidades de la industria, si en los primeros se prescindiese de todo factor de tipo político y social, y en las segundas, el problema planteado no fuese más de cantidad y calidad que de precio, como sucede normalmente.

En el apartado anterior hemos visto cómo, en principio, fijada una depresión máxima recomendable —lo que además de datos objetivos requiere una no excusa experiencia— para un cierto tiempo de bombeo, se puede llegar a calcular un caudal hidrodinámicamente admisible. Evidentemente, subrayémoslo, se trataría más de una recomendación que de una determinación.

Pero el problema queda definido de modo más preciso si a los condicionamientos hidrodinámicos citados, añadimos los inevitables factores de rentabilidad de una explotación; sobre todo, si estos últimos son más rigurosos que aquéllos.

Puesto que nos vamos a referir exclusivamente al agua subterránea bombeada para su empleo agrícola, consideremos el caso de un agricultor que para satisfacer sus necesidades de riego, se encuentra ante el problema de determinar el caudal óptimo, o más rentable, que puede obtener de un sondeo cuya construcción y desarrollo han sido ya concluidos.

Se trata, para nuestro hombre, de determinar el caudal bombeable, el tipo de instalación y el régimen de explotación.

Primeramente es necesario definir el precio unitario (referido a un metro cúbico de agua a pie de

parcela) máximo admisible, en función de las características del cultivo. Ciertamente, resulta casi imposible prever de antemano las cotizaciones que alcanzará en mercado la producción obtenida, las incidencias climáticas, los rendimientos por hectárea cultivada, etc., pero como tampoco se trata de afinar hasta límites ilusorios, un auténtico empresario agrícola o, simplemente, un pequeño agricultor avisado, podrá, marcándose de antemano un cierto margen de seguridad, llegar a fijar el precio unitario máximo admisible del agua que tiene que bombear.

En una segunda fase, será preciso efectuar un nuevo estudio económico —que aquí no haremos si no indicar, remitiéndonos para mayor detalle a los excelentes trabajos últimamente aparecidos, debidos a los señores Arenas y Andolz (\*)— suficientemente riguroso, en el que se maneje distintas alternativas de caudal (comprendidas entre los límites que luego veremos), que, en función de los gastos fijos (sondeo, gastos de mantenimiento y vigilancia, etc.) y de los variables que de la alternativa considerada dependen (instalación de bombeo, coste de energía, etc.), tendrá como resultado una serie de parejas caudal-profundidad máxima del agua, en número teóricamente infinito; parejas que permitirán trazar sobre un sistema de ejes cartesianos, la curva profundidad ( $P$ )/caudal ( $Q$ ), para el precio unitario ( $p$ ) fijado.

Para cada precio  $p_i$  se obtendría una curva cualquiera de la familia indicada en la figura 1.

En función de la superficie cultivada, del sistema de riego, del tipo de cultivos y de las características climáticas locales, un agricultor cualquiera sabe que necesita un cierto caudal instantáneo  $Q_i$  (aproximadamente igual a 1 l/s/ha), durante un tiempo continuado  $t_i$ , siendo el régimen de riegos tal que cada duración  $t_i$  va seguido de un período  $R \cdot t_i$ , durante el cual no se necesita regar.

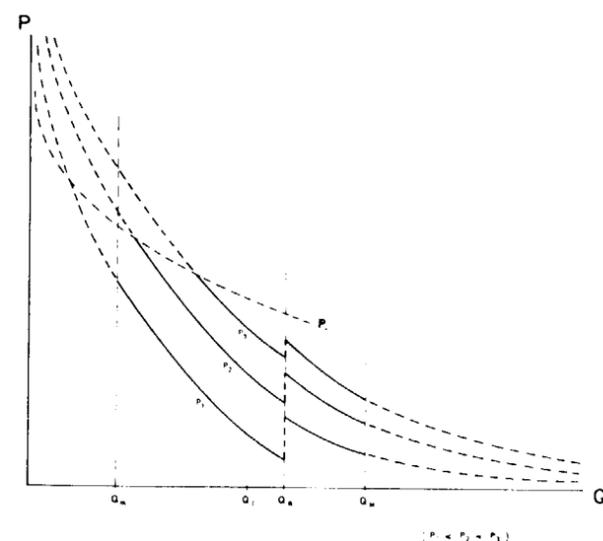
Fijándose un margen de seguridad  $C_1$  (expresado en tanto por ciento), nuestro agricultor sabe que si su sondeo no le suministra un caudal  $Q_R=(1+C_1/100) \cdot Q_i$ , le será necesario disponer de un sistema de regulación de capacidad  $V_R=Q_i \cdot t_i \cdot (1+C_2/100)$ , donde se ha tomado un coeficiente de seguridad  $C_2$  para cubrir pérdidas (evaporación, fugas, etc.) y posibles averías en el equipo de bombeo.

(\*) "Coste del agua para abastecimiento urbano", J. Andolz, Bol. n. 36, S. G. O. P., julio 1972.

"Aspectos de la utilización de aguas para riegos", M. Arenas, Informe Metodológico Interno, n. 16, ENADIMSA, octubre 1972.

Por lo tanto, para tener siempre disponible ese volumen  $V_R$ , precisará un caudal mínimo  $Q_m=1/2 \cdot Q_i(1+C_2/100)$ . El coeficiente 1/2 impone la condición de que cada período de bombeo a caudal mínimo y, por tanto, de duración máxima, esté separado entre sí por períodos de recuperación de duración igual, como mínimo, a la de los bombeos.

Por el contrario, si un sondeo puede proporcionarle un caudal muy superior a  $Q_i$ , sin con ello llegar a alcanzar profundidades prohibitivas, tendrá interés en no rebasar un cierto límite máximo  $Q_M=(1+C_3/100) \cdot Q_i$ , que le cubra de riesgos y ne-



cesidades excepcionales. En resumen, su curva de igual coste unitario estará comprenda entre los límites  $Q_m$  y  $Q_M$ , y presentará una ruptura de continuidad para  $Q=(1+C_1/100) \cdot Q_i$ , ya que al requerir un sistema de regulación, para caudales inferiores a ese valor, el coste suplementario de dicho sistema y el derivado de un mayor tiempo de bombeo, habrá de ser compensado con una disminución del precio de la energía y del equipo de bombeo, es decir, con una reducción de la profundidad máxima admisible. Desde luego, cuanto mayor sea el precio  $P_i$ , menor será el salto en el punto  $Q_R$ , ya que el mayor precio admitido hará más fácil la absorción del coste de la regulación.

Así, pues, nuestro agricultor, una vez fijado su precio máximo  $p$ , deberá calcular una serie de parejas ( $P$ ,  $Q$ ) en número suficiente para poder trazar una curva fiable.

El tiempo al que deberá corresponder la profundidad máxima del agua (es decir, la depresión máxi-

ma en bombeo), al que llamaremos  $t_M$ , habrá de ser calculado utilizando un coeficiente de seguridad  $C_1$ , que le proteja, hasta cierto punto, del aumento de los bombeos efectuados en sondeos ajenos al suyo.

El tiempo  $t_M$  será, por tanto, igual a  $(1-C_4/100) \cdot t_i$ , para  $Q > (1+C_1/100) \cdot Q_i$ , es decir, si no se necesita regulación. En caso contrario, cuando  $Q < (1+C_1/100) \cdot Q_i$ ;  $t_M=(1-C_4/100) \cdot (1+C_2/100) \cdot Q_i \cdot t_i/Q$ , con un valor máximo (correspondiente al caudal mínimo  $Q_m$ ) igual a  $(2 \cdot t_i \cdot (1-C_4/100))$ .

Asimismo, las limitaciones de tipo hidrodinámico expuestas en el apartado 1, harán aconsejable no rebasar una cierta profundidad límite,  $P_L$ , variable (en sentido inverso) con el caudal, principalmente cuando se trate de mantos libres.

### 3. CONJUNTO ACUIFERO-POZO

Como consecuencia de lo indicado en el apartado anterior, nos encontramos con que según las condiciones económicas de la explotación, la utilización del sondeo de que se dispone, sólo resulta rentable cuando el bombeo se efectúe a una serie de posibles caudales —bien determinados sobre la curva de iso-rentabilidad— que al cabo de un cierto tiempo —también fijado— provoquen una depresión igual o inferior a una cantidad tope, equivalente a la profundidad máxima deducible en cada caso de la antedicha curva, menos la profundidad del agua al comienzo del bombeo.

Todas las anteriores determinaciones se han basado en factores exclusivamente económicos, sin tener para nada en cuenta las características del sondeo y del acuífero a explotar. Por lo tanto, resulta ahora necesario contrastar las alternativas propuestas con las posibilidades que ofrezca la captación. Se trata, en cierto modo, de someter a un test de hidrodinámica subterránea cada una de las citadas alternativas.

Evidentemente, no resultaría muy económica la realización del citado test, si consistiese pura y simplemente en efectuar una serie de bombeos experimentales a los caudales propuestos (comenzando, lógicamente, por  $Q_m$ ), hasta encontrar aquel que al cabo del tiempo  $t_M$  (que puede alcanzar varias semanas) correspondiente, provocase una depresión igual o inferior a la máxima admisible para el citado caudal.

Afortunadamente, la hidráulica subterránea ofrece actualmente una amplia gama de recursos, de forma que salvo en condiciones excepcionalmente desfavorables, el acuífero a explotar podrá, con suficiente aproximación ser encuadrado en alguna de las configuraciones hidrodinámicas que, en número siempre creciente y con posibilidades de corrección cada vez más realistas, se ofrecen hoy en día al profesional del estudio y explotación de las aguas subterráneas.

En una gran mayoría de casos, un único bombeo de ensayo realizado a un caudal cualquiera, de duración normal (veinticuatro horas, por ejemplo), conducido e interpretado adecuadamente, permitirá determinar las características del acuífero y del sondeo que lo capta, pudiendo después, en gabinete, efectuar el antes citado test, de modo suficientemente riguroso.

Naturalmente, siempre podremos encontrarnos con acuíferos en los que, bien sea por excesiva heterogeneidad, o por no haber recibido aún un riguroso tratamiento analítico (tal es el caso de los mantos libres muy deprimidos, y de algún esquema de intercomunicación vertical), resulte difícil o, incluso, imposible efectuar la previsión de la influencia de explotaciones de larga duración y a caudales diferente de él de bombeo.

En tales casos, afortunadamente no hay abundantes, el único tratamiento riguroso, aunque seguramente no imprescindible, sería efectuar un ensayo de explotación de duración similar a  $t_M$  y a caudal  $Q_m$ . En el caso de que el resultado, para ese caudal, fuese desfavorable, a partir de los resultados obtenidos será factible, en la mayoría de los casos, estimar el caudal que habría dado respuesta admisible.

En los subapartados 3.2 y siguientes, indicaremos el modo de proceder para, a partir de los resultados de un bombeo de ensayo de duración normal, a caudal constante cualquiera, con un piezómetro de observación a distancia media del sondeo, efectuar el antes citado test, para una serie suficientemente amplia de configuraciones hidrogeológicas.

#### 3.1. INFLUENCIA DEL SONDEO.

Puesto que a partir de los resultados de un bombeo de ensayo efectuado a un cierto caudal, pretendemos prever la influencia de futuras explotaciones a diversos caudales posibles, será necesario, cualquiera que sea la configuración hidrodinámica

aceptada, conocer el valor de la depresión parásita en el pozo de bombeo, como consecuencia de las pérdidas de carga de que éste es sede. En otras palabras, precisamos conocer para cada posible valor del caudal, el valor de la correspondiente depresión parásita en el pozo, que unida a la depresión teórica, dará lugar a una cierta depresión real.

Esta necesidad nos obliga a efectuar, con carácter previo el bombeo de ensayo, lo que se denomina un ensayo de pozo, cuya metodología viene expuesta en otro trabajo del autor (1). Para nuestros fines actuales, será preciso realizar un bombeo a escalones de caudal independientes—separados por recuperaciones casi totales—desde un valor mínimo, lo más pequeño posible, hasta uno máximo igual a  $Q_M$ . La duración de cada escalón vendrá impuesta por el efecto de capacidad del pozo. Media hora será normalmente suficiente.

Es conveniente que el número de escalones sea lo más amplio posible, de forma que podamos trazar con gran fiabilidad la curva característica—relativa a la duración de cada escalón—depresión/caudal.

La recta tangente en el origen de la citada curva, representa la relación entre la depresión teórica y el caudal, al cabo del tiempo elegido. Por lo tanto, la diferencia entre el valor de la depresión tomada sobre la curva y el deducido de la recta, representa, para un determinado caudal, el valor de la correspondiente pérdida de carga parásita, que resulta prácticamente constante en el tiempo, y que no depende, por tanto, si no del caudal considerado.

Asimismo, resulta necesario calcular el valor del radio eficaz  $r^*$ , característico, exclusivamente, de la calidad del acuífero en la zona adyacente al pozo. El sistema de proceder a este sencillo cálculo viene indicado en el otro ya citado trabajo y, para ello también, hay que utilizar la curva característica relativa.

### 3.2. MANTOS CAUTIVOS.

#### 3.2.1. Acuífero Theis.

Si nuestro conocimiento de las características hidrogeológicas locales y/o regionales, nos permite afirmar que el acuífero a explotar, al margen de sus posibilidades, se adapta con suficiente aproximación al más general de los modelos hidrodinámicos:

el caracterizado por las conocidas hipótesis de Theis (homogeneidad, horizontalidad, constancia de  $T$  y  $S$  en el tiempo y en el espacio, etc.); podremos proceder a un sencillo cálculo.

Si el ensayo de pozo, además de permitirnos trazar una fiable curva característica (relativa), nos ha proporcionado el valor de  $r^*$ , radio eficaz del pozo (para calcular el cual se precisa de los resultados de un bombeo de ensayo, con piezómetro); y si el bombeo a caudal constante  $Q$  nos ha suministrado el valor  $T$  de la transmisividad (en el cálculo que sigue, no interviene directamente el coeficiente de disponibilidad inmediata), los cálculos a efectuar son los que a continuación se indican.

De la evolución del nivel piezométrico en el pozo durante el descenso sabemos que al cabo de un tiempo  $t$  cualquiera, la depresión real en el pozo es  $\Delta$ , y la teórica sería  $(\Delta - \Delta_p)$  (por la curva característica o mediante el empleo de  $r^*$ , podremos calcular  $\Delta_p$  o  $\Delta - \Delta_p$ , respectivamente).

Probemos primeramente con el caudal máximo  $Q_M$  de nuestra curva de igual coste.

Si  $Q_M = a \cdot Q$  y  $t_M = b \cdot t$  ( $a$  y  $b$  resultan ser dos valores constantes, perfectamente determinados), y recordemos que en este caso,

$$t_M = \left(1 + \frac{C_4}{100}\right) \cdot t_i;$$

la profundidad del agua al cabo de un tiempo  $t_M$  de bombeo continuo a un caudal  $Q_M$  será:

$$P_M = P_0 + \Delta_{pM} + a \cdot (\Delta - \Delta_p) + 0,183 \frac{Q}{T} \cdot a \cdot \log b$$

expresión en la que,

$P_0$  es la profundidad inicial del agua (en régimen no influnciado).

$\Delta_{pM}$  es el valor de la depresión parásita para el caudal  $Q_M$  (la cual viene determinada por la curva característica relativa).

Si el valor  $P_M$  así calculado resulta igual a la ordenada correspondiente a la abscisa  $Q_M$ , sobre la curva de igual coste, podremos fijar  $Q_M$  como caudal de explotación, sin que el coste del agua rebase el tope impuesto, o a un precio inferior, caso de que  $P_M$  resulte inferior a la citada ordenada.

**Limitaciones.**—Evidentemente, la limitación más importante de las que pueden alterar las previsiones deducidas mediante la aplicación del presen-

te método, estriba en el riesgo de que existan cambios laterales: disminución de la permeabilidad, del espesor, o de ambos a la vez; evidentemente la posibilidad de que dichas características aumenten a partir de una cierta distancia del pozo, no representa, ciertamente, ningún riesgo, sino todo lo contrario.

En efecto, mediante un bombeo de ensayo de duración  $t_B$ , en el curso del cual no se haya manifestado ninguna reducción de la transmisividad, podremos asegurar que la homogeneidad lateral del acuífero está verificada dentro de un radio igual a  $0,75 \sqrt{T \cdot t_B / S}$  (valor mitad del radio de acción aparente al finalizar el bombeo de ensayo), en tanto que una explotación de duración  $t_M$  reflejaría las características de una zona de radio  $0,75 \sqrt{T \cdot t_M / S}$ .

Sin embargo, como seguidamente podremos comprobar, este riesgo no introducirá, normalmente, una importante variación sobre las previsiones emitidas considerando el acuífero como homogéneo hasta el infinito (o, al menos hasta la distancia  $0,72 \sqrt{T \cdot t_M / S}$ ).

Tomemos el caso doblemente desfavorable de que el cambio lateral dé paso a un límite estanco que, además, se halla situado justamente a la distancia  $0,75 \sqrt{T \cdot t_B / S}$ ; es decir, un límite cuya influencia hubiera comenzado a manifestarse en el momento mismo en que concluyó el bombeo de ensayo. En tal circunstancia al finalizar uno de los períodos de explotación (de duración  $t_M$ ), se observaría una depresión superior al valor calculado considerando ilimitado el acuífero, en una cantidad igual a

$$0,183 \cdot \frac{Q_M}{T^*} \cdot \log \frac{t_M}{t_B}$$

Para un caso normal en el que  $Q_M = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $T = 40 \text{ m}^2/\text{t}$ ,  $t_B = 20$  horas y  $t_M = 10$  días, el incremento de la depresión sería inferior a 1 m, fácilmente absorbible por los coeficientes de seguridad tomados.

Si la presencia de un límite impermeable ha podido ser puesta de manifiesto en el curso del bombeo de ensayo, de forma que a partir de un tiempo  $t_i$  la evolución de la depresión en función de logaritmo del tiempo pase a tener un ritmo doble, el cálculo de previsiones puede ser efectuado como si el acuífero fuese ilimitado, y añadiendo a la profundidad final, el valor

$$0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{t_M}{t_i}$$

En el caso extremadamente desfavorable de que nuestro sondeo captase un acuífero limitado lateralmente en todas direcciones (se trataría, en tal caso, de un manto fósil), al cabo de un plazo más o menos breve, según la extensión lateral del acuífero, se instaurará un régimen uniforme, es decir, una evolución de la depresión, lineal con el tiempo (como si se tratase del vaciado de un depósito superficial estanco). Lógicamente, sólo una utilización "minera" de un acuífero como el descrito, puede ser proyectada.

Si un bombeo de ensayo de corta duración nos ha proporcionado los valores  $T$  y  $S$  del acuífero, y si al cabo de un tiempo  $t^*$  (dentro ya del régimen uniforme) de bombeo a caudal  $Q$ , se produce una depresión real  $\Delta$ ; a un caudal  $Q' = a \cdot Q$ , al cabo de un tiempo  $t' = b \cdot t^*$ , la depresión real provocada será:

$$\Delta' = \Delta'_p + a \cdot (\Delta - \Delta_p) + (b - 1) \cdot 0,159 \cdot a \cdot \frac{Q}{T} \cdot \frac{r_e}{2D^2} \cdot \frac{2T \cdot t}{D^2 \cdot S}$$

en donde  $r_e$  es el radio eficaz de la captación  $\Delta'_p$  es la depresión parásita correspondiente al caudal  $Q'$  y  $D$  es la distancia media desde la captación hasta los límites.

Si, por el contrario, a partir de un tiempo  $t_i$ , el ritmo de aumento de la depresión experimentase una reducción como consecuencia de un aumento en el valor de la transmisividad del acuífero, provocado por un favorable cambio lateral de facies—cambio que se situaría a una distancia del sondeo, aproximadamente igual a  $0,75 \sqrt{T^* \cdot t_i / S}$  ( $T^*$  es el primer valor de la transmisividad)— hasta alcanzar un nuevo valor  $T^{**}$ ; la previsión de una explotación a caudal  $Q_M$  podría seguir siendo efectuada como si se tratase de un acuífero homogéneo ilimitado, con tal de deducir de la depresión final al cabo de un tiempo  $t_M$ , un valor igual a

$$0,183 Q_M \left( \frac{1}{T^*} - \frac{1}{T^{**}} \right) \log \frac{t_M}{t_i}$$

Del mismo modo, si lo que se manifestase al cabo de un tiempo  $t_i$  fuese la presencia de un límite a potencial constante (no muy frecuente en el caso de mantos cautivos, aunque no imposible),

(1) "Evaluación de la calidad hidrodinámica de un pozo de bombeo. Metodología de los ensayos de pozo."

que estaría situado a una distancia  $\leq 0,75\sqrt{T \cdot t_i S}$  (el menor corresponde al caso de que el contacto lateral entre acuífero y límite de alimentación, sea imperfecto); en este caso, si al caudal  $Q$  del bombeo de ensayo le ha correspondido una depresión real establece (a partir del instante  $t_i$ ) del valor  $\Delta_e$ , al caudal de explotación  $Q_M = a \cdot Q$  le corresponderá, a partir del mismo instante, un valor

$$\Delta_{pM} + a(\Delta_e - \Delta_p)$$

### 3.2.2. Sistema de intercomunicación vertical, tipo Hantush.

Si el acuífero a explotar se encuentra subyacente a un nivel semipermeable —el impermeable absoluto no existe en la práctica— que lo separa de un acuífero libre; sabemos que de él va a recibir una alimentación vertical descendente capaz de provocar —antes o después, según las características del nivel explotado y del semipermeable, pero totalmente al margen del caudal de bombeo— un régimen permanente de duración prácticamente indefinida. En tal caso, la previsión de los efectos de un bombeo de duración y a caudal cualesquiera, resulta sumamente sencilla.

En efecto, en un esquema como el descrito, si el semipermeable no posee una capacidad propia —desempeñando únicamente, por tanto, un simple papel de nivel de tránsito— la estabilización del nivel se producirá normalmente (como fácilmente podría ser demostrado), antes de 20 horas de extracción, por lo que mediante un bombeo de ensayo de duración media podrá ser puesta de manifiesto.

Si, como es más realista, el semipermeable intermedio posee una cierta disponibilidad, la estabilización tardará más tiempo en manifestarse, aunque el valor final de la depresión será el mismo que en el caso anterior.

En tal caso, si el caudal del ensayo es  $Q$ , y al cabo de un tiempo  $t_e$  se instaura el régimen permanente, de forma que la depresión se estabilice en un valor  $\Delta_e$ , podremos afirmar que a un caudal de explotación  $Q_M = a \cdot Q$ , la depresión real estable correspondiente, será:

$$\Delta_{pM} + a \cdot (\Delta_e - \Delta_p)$$

( $\Delta_p$  y  $\Delta_{pM}$  mantienen la significación indicada en el apartado 3.2.1.).

Como ya se ha indicado, la estabilización da comienzo en el mismo momento, cualquiera que sea el caudal.

El otro modelo de intercomunicación estudiado por Hantush, tan frecuente en la naturaleza como el que someramente se acaba de describir, supone que un acuífero cautivo recibe una cierta alimentación vertical desde un nivel semipermeable, subo suprayacente, en contacto con él, y también cautivo.

Para este sistema acuífero se encuentran disponibles las soluciones analíticas relativas a pequeños o grandes valores del tiempo, pero no para los intermedios (el concepto de "pequeño" o "grande" en este caso es muy relativo, ya que en función de las características del nivel poco permeable, un tiempo "pequeño" puede suponer más de 100 horas). La primera parte de la evolución del nivel piezométrico en función del tiempo, en el pozo, comenzará de forma ininterpretable, salvo en el caso de que el coeficiente de disponibilidad inmediata del acuífero sea muy inferior al del semipermeable (llamando  $S$  al primero y  $S'$  al segundo, se ha de verificar que  $S' > 633 \cdot S$ , para que en la primera parte del descenso se observe una recta interpretable).

La evolución final, a partir de un valor del tiempo, dependiente de las características y del espesor del semipermeable, será la correspondiente a un acuífero de transmisividad prácticamente igual a la del manto principal, y con coeficiente de disponibilidad inmediata igual a la suma de los correspondientes a cada uno de los dos niveles acuíferos (fenomológicamente, el presente caso es totalmente similar al que viene indicado en el apartado 3.3.4.); aunque en este esquema de intercomunicación, a diferencia de lo que sucede en el descrito en 3.3.4., no se produce estabilización del nivel piezométrico.

Por lo tanto, dado que las soluciones analíticas de que se dispone para el comienzo del descenso, además de incompletas, resultan de incómodo manejo; podemos, en un caso así, no considerar la evolución inicial y efectuar nuestras previsiones en la forma indicada en el apartado 3.2.1., para el caso de un acuífero homogéneo de transmisividad  $T$  igual a la de nuestro acuífero principal, y con coeficiente de disponibilidad  $S + S'$ .

$T$ ,  $S$  y  $S'$  habrán de ser calculados mediante el adecuado bombeo de ensayo, cuya duración puede, en ocasiones, rebasar el centenar de horas.

### 3.3. MANTOS LIBRES.

No ya solamente la previsión de una explotación —en lo que estamos únicamente interesados ahora—, sino también la interpretación de un simple bombeo de ensayo, plantea serios problemas que normalmente no son tenidos en cuenta, aunque no fuese más que para ser conscientes del relativo valor de los resultados obtenidos en un buen número de casos, cuando se trata de mantos libres.

En efecto, el tratamiento interpretativo de un bombeo de ensayo en manto libre, se efectúa casi siempre de un modo rutinario y haciendo uso de un "utillaje" analítico que, en el mejor de los casos, sólo sería rigurosamente válido para mantos cautivos, ellos mismos no muy complejos.

Ahora bien, son muchas las características propias de los mantos libres que los diferencian fundamentalmente de los cautivos:

— Superficie libre, esquematizada en forma más o menos realista, según los casos.

— Tridimensionalidad del movimiento del agua hacia la captación, que será tanto más acusada cuanto mayor sea el valor relativo de la depresión final en el pozo de bombeo.

— Desaturación más o menos rápida, pero nunca inmediata.

— Variación de la transmisividad, en una misma vertical, a lo largo del tiempo, como consecuencia del aumento de la depresión.

— Influencia de la distinta penetración de los piezómetros de observación.

Aunque algunas de estas características están íntimamente relacionadas entre sí (tridimensionalidad, variación de  $T$  e influencia de la penetración; desaturación y esquematización de la superficie libre; etc.), han recibido un tratamiento analítico (más o menos satisfactorio) totalmente independiente, de forma que, prácticamente, no existe un solo modelo interpretativo que contemple simultáneamente todas ellas, con la particularidad de que ninguno de esos modelos —Boulton-Stallman, Glover-Bittinger, Dagan, etc.— resulta aplicable a los datos y observaciones del pozo de bombeo si la depresión final en el mismo llega a representar más de un 10 ó 15 por 100 del espesor inicial del manto.

En caso de que ese porcentaje sea sensiblemente rebasado, el tratamiento interpretativo podrá ser efectuado con rigor, únicamente sobre piezómetros situados a suficiente distancia del pozo (superior a  $1,5 \cdot H_o \cdot \sqrt{K_h/K_v}$ ), pero no en éste.

Por consiguiente, sólo en el caso de que la profundidad máxima económicamente admisible suponga un valor de depresión siempre inferior al porcentaje antes indicado, podrá efectuarse una previsión rigurosa de las consecuencias que en el pozo tendría la explotación proyectada.

En tal caso, la metodología de Theis, indicada en el apartado 3.2.1., resultará, en principio, aplicable con suficiente exactitud, con la única particularidad —en aras de un mayor rigor— de que habría de utilizarse depresiones teóricas corregidas, es decir, sustituir  $\Delta$  por  $(\Delta - \Delta^2/2 \cdot H_o)$ .

Por tanto, la expresión equivalente a la primera de las citadas en 3.2.1., será:

$$P_M = P_o + \Delta_{pM} + \frac{(\Delta_M - \Delta_{pM})^2}{2 \cdot H_o} + a \cdot \left[ (\Delta - \Delta_p) - \frac{(\Delta - \Delta_p)^2}{2 \cdot H_o} \right] + 0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot a \cdot \log b$$

Los casos particulares de variación lateral de la transmisividad, desde que llegue a un valor 0 (límite estanco) hasta uno infinito (límite de alimentación), podrán seguir siendo tratados como en 3.2.1., con tal de reemplazar siempre

$$(\Delta - \Delta_p) \text{ por } \left[ (\Delta - \Delta_p) - \frac{(\Delta - \Delta_p)^2}{2 \cdot H_o} \right]$$

En el caso de que la profundidad y espesor del acuífero y las condiciones económicas de la explotación permitan una depresión final superior al 10 ó 15 por 100 del espesor inicial del manto, ningún modelo interpretativo podrá ser empleado de modo totalmente riguroso, aunque para los fines que ahora se persigue —previsión de los efectos de una explotación más o menos prolongada— y teniendo en cuenta que, normalmente, no se rebasará una depresión superior al 30 por 100 (debido a las limitaciones indicadas en el apartado 1), el modelo interpretativo de Theis (utilizado con depresiones co-

rregidas, especialmente necesarias en este caso) podrá seguir siendo empleado, aunque sus previsiones serán más optimistas que la realidad, dado que con dicho modelo no se tiene en cuenta la disminución de la transmisividad con el aumento de la depresión.

### 3.4. MANTOS LIBRES BICAPA.

Tal es el caso de los mantos constituidos por dos niveles yuxtapuestos, de permeabilidad muy diferente: el superior, n comunicación directa, en vertical, con la atmósfera, muy poco permeable; el inferior mucho más permeable.

Suponiendo que al bombear en un sondeo que capte únicamente el nivel más permeable, la depresión final no llegue a ser superior al espesor inicialmente saturado en la capa poco permeable; cada uno de los dos niveles comenzará funcionando de forma totalmente diferente:

— La capa permeable se comportará como un manto cautivo, liberando su disponibilidad inmediata, por expansión del agua y aplatamiento elástico del terreno.

— La capa menos permeable —que si es captada por el sondeo, podría liberar también un pequeño volumen, por el mismo mecanismo de descompresión— comenzará a desaturarse, de forma tal que el caudal descendente hacia el nivel más permeable sería —según Boulton— una función exponencial negativa del tiempo, caracterizada por un índice de retraso característico del nivel poco permeable.

Según demostró Berkloff, la ecuación diferencial establecida por Boulton presenta una solución particular para pequeños valores de la distancia al pozo (y, por tanto, en él mismo, mejor que en otro punto), tal que la evolución de la depresión en función del logaritmo del tiempo, comnzará dependiendo —prácticamente de modo exclusivo— de las características de la capa más permeable (transmisividad  $T$  y coeficiente de disponibilidad inmediata  $S$ ), hasta que el cabo de un tiempo  $t_e$  (función exclusivamente del índice de retraso propio de la capa superior — $\alpha$ —, de porosidad eficaz  $S'$  de ésta, y del coeficiente  $S$ ), el aporte procedente de la desaturación diferida del nivel poco permeable (capa superior), compensará el caudal extraído del más permeable; de forma que la depresión se estabilizará “provisionalmente” en un valor  $\Delta_e$ , depen-

diente de  $t_e$ , del caudal  $Q$ , de  $T$  y de  $S$ . Al cabo de un cierto tiempo, el aporte diferido deja prácticamente de serlo y se produce una integración del mismo con el precedente de la capa permeable, lo que sucede para un valor del tiempo  $t_p$ ,  $(S+S')/S$  veces mayor que  $t_e$ . A partir de ese momento, el conjunto bicapa evolucionará al unísono, y la depresión dependerá de la transmisividad total (prácticamente igual a la  $T$  de la capa permeable) y de la disponibilidad, también total ( $S$ , inmediata de la capa inferior, más  $S'$ , porosidad eficaz de la superior).

Berkloff demuestra que  $t_p=0,561/\alpha$ .

Ahora bien, la inversa del índice de retraso puede llegar a alcanzar varios centenares de horas, con lo que en muchos casos, la “provisionalidad” de la depresión estabilizada puede rebasar la duración de cualquier bombeo de ensayo de duración normal e, incluso, la de cualquier período de explotación. Para pequeños valores de la depresión tendríamos que  $t_p=0,561 \cdot h \cdot S'/K_v$  ( $h$  es el espesor de la capa menos permeable;  $S'$ , su porosidad eficaz, y  $K_v$ , su permeabilidad vertical).

Queda, por tanto, puesto de manifiesto el interés que para la explotación de un acuífero presenta la posible existencia de una configuración como la descrita, que no responde a una mera y más o menos refinada elucubración mental, sino que, por el contrario, puede ser frecuentemente encontrada en la naturaleza.

Por consiguiente, y dado que la duración normal de un bombeo de ensayo es generalmente suficiente para, al menos, poner de manifiesto el comienzo  $t_e$  de la estabilización “provisional”, si nuestro conocimiento hidrogeológico de la zona (muchas veces, una interpretación inteligente de la columna litológica del sondeo será casi suficiente) nos permite suponer que nos encontramos ante una configuración como la descrita, una estimación ponderada de la porosidad eficaz  $S'$  de la capa menos permeable (el valor de  $S$  puede ser calculado por interpretación del primer descenso), hará posible la previsión aproximada de la duración del escalón de depresión, ya que, como hemos dicho,  $t_p=t_e \cdot (S+S')/S$ .

Si el valor estimado de  $t_p$  resulta poco superior a la duración programada, en principio, para el bombeo de ensayo, será interesante prolongarla hasta “ver” la reanudación del descenso. En cualquier caso, dado que un somero conocimiento de la litología de la capa menos permeable, bastará para estimar sin demasiado error el valor,  $S'$ , de su

porosidad eficaz, sabremos si la duración de nuestros períodos de explotación caerá o no dentro del período de estabilización.

Por consiguiente, si un bombeo de ensayo a caudal constante  $Q$ , adecuadamente conducido y correcta e inteligentemente interpretado, nos proporciona los valores  $T$ ,  $S$  y  $t_e$ , y si mediante estimación lógica de  $S'$  (salvo en el caso de que pueda ser calculado a partir del ensayo) podemos conocer el valor aproximado de  $t_p$ , las previsiones de nuestra explotación podrán ser efectuadas de modo muy sencillo.

— Si  $t_M$  (duración mínima de cada período de explotación, correspondiente al caudal  $Q_M$ , máximo previsto) resulta ser inferior o poco superior al  $t_p$  estimado o calculado, y durante el bombeo de ensayo, al caudal  $Q$  le ha correspondido (a partir del tiempo  $t_e$ ) una depresión estable  $\Delta_e$ ; al caudal de explotación  $Q_M=a \cdot Q$ , le corresponderá (a partir del mismo instante  $t_e$ ) una depresión estable

$$\Delta_{eM} = \Delta_{pM} + a \cdot (\Delta_e - \Delta_p) \quad (A)$$

— Si  $t_M$  es sensiblemente superior a  $t_p$  (aún cuando el bombeo de ensayo no haya durado lo suficiente como para ver el final del escalón),

$$\Delta_M = \Delta_{pM} + a \cdot (\Delta_e - \Delta_p) + 0,183 \cdot a \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log b \quad (B)$$

(en donde  $b=t_M/t_p$ ).

Como siempre, si las depresiones  $\Delta_{eM}$  o  $\Delta_M$  resultan tolerables por nuestra curva de igual coste, se tomará  $Q_M$  como caudal de explotación. En caso contrario, habrá que seguir ensayando con inferiores valores de caudal.

Ahora bien, la anterior exposición corresponde al caso de que la depresión máxima no sea superior al espesor de la capa poco permeable y, sin embargo, puede suceder que la curva de igual coste elegida permita (desde un punto de vista económico) deprimir el manto por debajo del techo de la capa principal. Tal caso no tiene prevista, hasta el momento, ninguna solución analítica exacta, pero siempre nos será posible efectuar una estimación (que si bien resultará más o menos errónea, lo será, en todo caso, por exceso) de lo que sucedería para caudales que den lugar a depresiones superiores al citado espesor.

Para ello, empecemos calculando el caudal  $x \cdot Q$  que, al cabo de un tiempo  $t_M$ , provoca una depresión real exactamente igual al espesor  $h$  de la capa superior y menos permeable.

Mediante una de las ecuaciones siguientes (se tomará una u otra, según que  $t_M$  sea inferior o superior a  $t_p$ ):

$$h = \Delta_{px} + x \cdot (\Delta_e - \Delta_p) \quad o$$

$$h = \Delta_{px} + x \cdot (\Delta_e - \Delta_p) + 0,183 \cdot x \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log b$$

( $h$ ,  $\Delta_e$ ,  $\Delta_p$ ,  $Q$ ,  $T$ ,  $a$  y  $b$  son datos o valores calculados a partir del bombeo de ensayo), y mediante tanteo de la curva característica, podremos calcular el valor del caudal  $x \cdot Q$  (al que corresponde una depresión parásita  $\Delta_{px}$ ) para el que la depresión final (estabilizada o no) sea igual exactamente al espesor de la capa poco permeable. En tal caso, podrá ser efectuado el cálculo aproximado y pesimista que a continuación se indica.

Nuestro bombeo de explotación a caudal  $Q_M=a \cdot Q$  durante un tiempo  $t_M$ , puede suponerse descompuesto en los dos bombeos simultáneos siguientes:

— Por un lado, un bombeo a caudal  $x \cdot Q$ , cuya previsión ha sido ya efectuada, ya que, por hipótesis, se supone que dicho bombeo da lugar a una depresión igual a  $h$ , al cabo del tiempo  $t_M$ .

— Por otra parte, un bombeo a caudal  $(a-x) \cdot Q$ , iniciado al mismo tiempo que el anterior, y que supondremos se dirige exclusivamente a la capa más permeable, supuesta cautiva y no “dénoyee” (hipétesis pesimista), y definida por los valores  $T$  y  $S$ . La previsión de las consecuencias de este bombeo ficticio podrá ser hecha en la forma indicada en el apartado 3.2.1.

## 4. LIMITACIONES GENERALES Y CONCLUSIONES.

Implícitamente, al efectuar todos los anteriores cálculo, hemos supuesto que el acuífero a explotar es capaz de recuperar, prácticamente en su totalidad, el nivel piezométrico inicial, durante los períodos de no explotación, que en el apartado 2 previmos fueran de duración al menos igual a la de cada fase de explotación. Con ellos hemos aceptado que cada período de bombeo dará comienzo siempre

con un nivel piezométrico situado prácticamente a la misma profundidad (salvo en el caso de explotación "minera" en un acuífero lenticular fósil). Evidentemente, la viabilidad de tal hipótesis depende de la cuantía de los recursos propios del acuífero a explotar y del volumen supuesto por la explotación que del mismo hagan otros usuarios.

Es lógico que a falta de un conocimiento regional suficientemente sólido, el profesional encargado de aconsejar a nuestro agricultor no esté en condiciones de conocer el volumen de los recursos del acuífero, ni que tampoco pueda evaluar la explotación total que se hace del mismo, lo que sería casi objeto de todo un estudio hidrogeológico a escala regional. Sin embargo, él mismo o el propio agricultor sabrán, de modo, al menos cualitativo, si la explotación que se hace en la zona (suponiendo que no carezca de otras captaciones) tiene una influencia negativa sobre la evolución del nivel piezométrico general del acuífero.

Si ninguna información existe sobre un apreciable descenso de niveles, en una primera aproximación, podremos suponer que la explotación total no ha llegado a superar el volumen de los recursos anuales e interanuales. En tal caso, nada quitará valor a las previsiones hechas, siempre y cuando, evidentemente, se mantenga el "statu quo" de utilización del acuífero, ya que un posterior aumento incontrolado en el número de captaciones del acuífero en cuestión, al poder dar lugar a un progresivo y continuo descenso del nivel, podría echar por tierra, en poco tiempo, todas las flamantes previsiones realizadas.

Pero al margen del volumen total máximo explotable o disponible —en definitiva, los recursos—,

un peligro para las previsiones efectuadas será el supuesto por la ejecución (al cabo de más o menos poco tiempo después del comienzo de la explotación de nuestro sondeo), en zona próxima, de otro u otros sondeos de explotación ajenos al nuestro. Más exactamente, bastará que un nuevo sondeo sea construido a menor distancia del nuestro, que la suma de los radios de acción máximos de cada una de las dos explotaciones (la nuestra y la nueva, para que nuestros niveles y, por tanto, nuestras previsiones, sean alterados de forma más o menos grave.

No podemos ocultarnos todos estos riesgos —de mayor o menor trascendencia, según los casos— susceptibles de poner en entredicho al cambio de un cierto tiempo, todas las previsiones más elaboradas.

Sólo una simulación matemática del comportamiento de nuestro acuífero, para distintas alternativas futuras de explotación, podría darnos a conocer las distintas respuestas, según las diferentes alternativas de planificación de explotación. Pero, con todo esto, nos estamos ya adentrando en un campo más ambicioso del que estos comentarios han querido abordar. Sin embargo, en una gran cantidad de casos, la metodología que hemos propuesto servirá para programar correctamente una explotación unitaria; y si el riesgo de perturbaciones como las citadas se hiciese elevado, no le quedaría más recurso al programados que aumentar la cuantía de los distintos coeficientes de seguridad  $C_1, C_2, \dots$ , (apartado 2), y reducir los plazos de amortización de las instalaciones; en definitiva, tendría que adoptar un valor inferior para el precio  $p_i$  de su curva de igual coste.

Recibido: Mayo 1974.

## Sobre la petrogénesis de algunas litofacies españolas con fases urano-orgánicas.

Por M. MARTIN CALVO (\*)

### RESUMEN

En el presente trabajo exponemos el resultado de investigaciones diversas efectuadas sobre lignitos uraníferos de la cuenca de Calaf (Barcelona).

En primer lugar se analiza la litología general de la cuenca, y en especial, las características petrográficas de los materiales carbonosos. Estos se componen esencialmente de macerales del grupo de la huminita, la cual ha evolucionado en la cuenca hasta alcanzar un rango elevado dentro de la etapa de lignitos.

En segundo lugar se estudia la distribución y estado natural del uranio. Se deduce que este elemento no forma minerales discretos, sino que se enlaza íntimamente a los componentes orgánicos de los lignitos según dos tipos de asociación: uranio-ácidos húmicos y uranio-huminas. Ambos son muy estables, si bien es aún más fuerte el enlace de la asociación uranio-huminas. Igualmente en ambos casos se requieren condiciones muy activas de ataque químico para romper la estabilidad de las fases urano-orgánicas establecidas y provocar la liberación del uranio; pero dichas condiciones han de ser aún más enérgicas para liberarle de las huminas.

Se considera que la asociación uranio-orgánica se ha realizado mediante un proceso sinérgico.

Finalmente se hacen algunas breves consideraciones sobre la economía del uranio en los lignitos de la cuenca.

### ABSTRACT

Some research works on the uranium bearing brown coals of the Calaf basin (Barcelona) are explained in this paper.

First, the basin general lithology, and mainly, the petrographic features of the carbonaceous materials are analysed. The organic matter is essentially composed of the macerals of the huminite group. The humic substances have attained, inside the basin, a high rank of coalification in the brown coal stage.

Then, the uranium distribution and natural conditions are studied. It is deduced that this element does not form discrete minerals, but it is strongly linked to the organic constituents of the brown coal. There are two association types: uranium-humic acids and uranium-humins. Both are very stable, but the link of the uranium-humins association is even stronger. In both association types, very active conditions of chemical etching are required also for breaking down the urano-organic phases stability and getting the uranium leaching; but such conditions have even to be more energetic for leaching the uranium from the humins.

It is considered that the urano-organic association has taken place by a syngenetic process.

Finally, some brief considerations are made as far as the uranium economy in the brown coals of the basin is concerned.

### INTRODUCCION

La materia orgánica fósil de carácter húmico presenta un alto significado petrológico, geoquímico y económico al relacionarla con las acumulaciones de U que tienen lugar en ciertas formaciones sedimentarias. El esclarecimiento y manifestación de ese significado en algunos biolitos uraníferos españoles constituyen el objeto del presente trabajo.

(\*) Laboratorio de Mineralogía. Junta de Energía Nuclear. Madrid.

(\*) El autor expresa su más sincero agradecimiento al personal de las Secciones de Mineralogía y de Prospección de la J.E.N., así como a los doctores Hevia y Prado del I.N.C. por la gran ayuda prestada en la elaboración de este trabajo. También hace constar con reconocimiento que se han realizado análisis diversos en el Laboratorio Químico de Minas de la Dirección de Geología y Minería de la J.E.N., en el I.N.C. de Oviedo y en el Instituto de Edafología del C.S.I.C.

Concretamente vamos a considerar ahora las litofacies lignitíferas con fases urano-orgánicas de la cuenca de Calaf, situado a unos 90 kilómetros al noroeste de la ciudad de Barcelona y dentro del término provincial de la misma.

La cuenca comprende una zona de formación oligocénica sanoisiense. Las capas, aunque son casi horizontales, forman un ligero sinclinal. Hacia el norte de la colina de Calaf va aumentando la inclinación de las capas por influencia de un potente anticlinal diapírico de yesos y sales alcalinas que aflora claramente junto al llamado torrente de Ars.

Hacia el Sur tiene un buzamiento más suave, que sería el correspondiente al talud que tendría la cuenca lacustre en su sedimentación.

Los materiales carbonosos de la zona se han explotado y aún siguen explotándose parcialmente con destino al mercado local, industrias del cemento, cerámica, hornos de yesos y centrales térmicas.

Los niveles carbonatados suelen contener fauna abundante. A veces contienen fósiles vertebrados, que son determinantes de tramos ya conocidos en el oligoceno de Francia.

Para amplios detalles sobre la Geología y Paleontología de la región e informaciones diversas económico-mineras, remitimos a los trabajos de Closas Miralles (1), Larragán et al. (2) y a diversos informes internos de la J. E. N. redactados por el doctor don Antonio Ramírez (3)-(6); así como trabajos diversos inéditos realizados por don Benigno Ruiz sobre Cartografía, columnas estratigráficas y planos radiométricos que obran en los archivos de la D. I. G. y que son fruto de la labor desarrollada sobre la prospección del U en la zona.

Nosotros estudiamos específicamente las características petrológicas de las organitas y sobre todo la metalogénia del U, así como su naturaleza y distribución, concluyendo con algunas consideraciones sobre la economía de dicho metal en los lignitos.

## I. LITOLOGIA DE LA CUENCA DE CALAF.

Hemos realizado el estudio petrográfico de los testigos de un sondeo que corta la serie lignitífera. Los niveles litológicos están compuestos por sedimentos detríticos terrígenos y químicos carbonatados, generalmente en mezclas íntimas y transicionales. Localmente aparecen yesos. Las rocas dominantes son las de clase lutita, con mezcla de micritas-arcillitas y calcilodolitas-lodolitas. Son escasos

los niveles carbonatados o arcillíticos puros. También abundan las litofacies de clase samita, arenitas-calcareniticas, que aparecen igualmente en series transicionales. Mucho más escasos son los niveles de clase rudita y suelen corresponder a intracalci-rruditas en el sentido de que los megafragmentos son intraclastos calcáreos.

La mayor parte de la fase carbonatada corresponde a calcita micrítica, si bien, en algunas calcarenitas, una buena parte de la misma aparece al estado de calcita espática, formando parte del cemento.

Los organolitos fósiles son muy abundantes en bastantes niveles litológicos de la cuenca formados por micritas y micritas arcillosas. Predominan las algas (caráceas), de las que con frecuencia aparecen talos y oogonios. También abundan los fragmentos de gasterópodos y ostrácodos.

La litología es característica de cuenca continental, predominando los tipos de sedimentación lacustre y palustre.

## II. PECULIARIDADES CARACTERISTICAS DE LOS LIGNITOS.

Nueve paquetes lignitíferos aparecen en la columna litológica. Decimos paquetes porque cada uno suele constar de dos o tres niveles carbonosos de potencia variable (desde varios decímetros hasta casi un metro en algún caso) separados por algunos centímetros o decímetros de horizontes no carbonosos. Los paquetes lignitíferos se intercalan a distancias variables entre las rocas detríticas terrígenas y químicas carbonatadas anteriormente descritas.

### 1. CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS.

Desde el punto de vista macroscópico, todos los lignitos de la cuenca, en general, presentan las siguientes características:

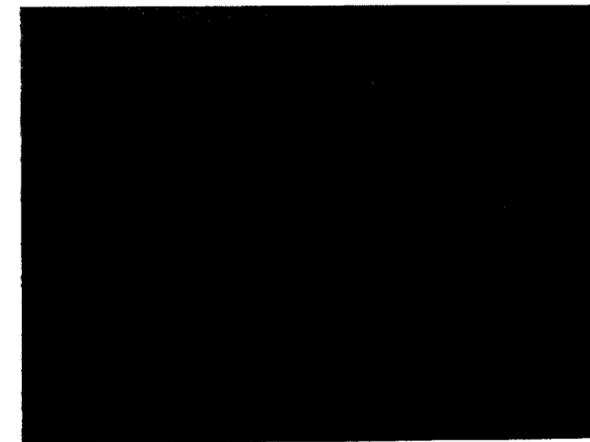
— Color marcadamente negro, evolucionando a tonos castaños en los materiales oxidados.

— Brillo vivo, con cierta analogía al de las hullas en los materiales no meteorizados. En las secciones pulidas se observan a simple vista lentículas y bandas que destacan por su elvada brillantez, sobre un fondo más apagado, algo mate. Al microscopio se ve que los horizontes más brillantes corresponden a huminita pura o casi pura, mientras que

el material restante contiene abundancia de componentes minerales inorgánicos y sustancias heterogéneas incluidas que apagan el brillo natural de la huminita.

— Estratificación neta.

Para la caracterización petrográfica de detalle hemos estudiado al microscopio bastantes muestras de cada paquete, examinándolas mediante sec-



Fotomicrografía 1, sección pulida. L.N. x 300. Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Corresponde a eu-ulminita en la que aún se observan vestigios de estructura celular. Las paredes de las células presentan tonos más claros que el contenido celular.

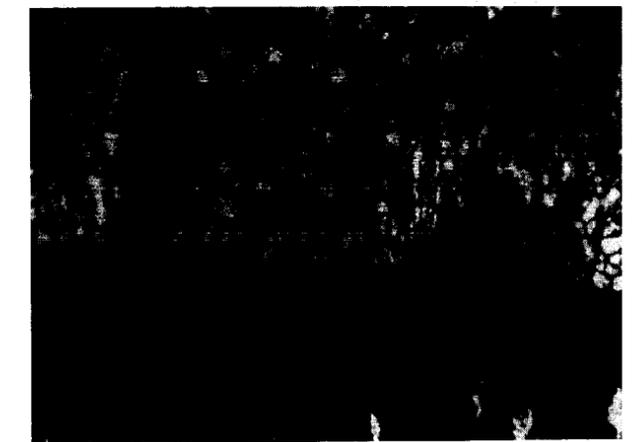
ciones pulidas en bloque e inmersión en aceite de cedro, ya que de esta forma se logra elevado contraste a grandes aumentos permitiéndonos diferenciar netamente los distintos macerales. Para la terminología de éstos nos hemos inspirado en la nomenclatura propuesta por Alpern y Teichmüller (7), mediante la cual correlacionan de forma general los constituyentes de la vitrinita en las hullas y los de la huminita en los lignitos.

Hemos visto que en todas las muestras el único grupo maceral esencial es la huminita. Los macerales de los grupos de la exinita e inertinita siempre presentan valores inferiores al 5 por 100, es decir, en todas las secciones pulidas aparecen con carácter accesorio. Si quisiéramos definir los microlitotipos correspondientes, todos los biolitos corresponderían a humitas, puesto que según el Lexique International de Petrographie des Charbons (8) para que un maceral influya en la clasificación ha de existir en proporción de más del 5 por 100. Entonces, la naturaleza petrográfica global es comparable en las organitas de las diferentes capas de la cuenca.

Dentro de la huminita, el tipo de maceral predominante es la eu-ulminita del subgrupo maceral humotelinita, y la levi-gelinita del subgrupo humocelinita. Por tanto, se trata de sustancias húmicas, con alto grado de gelificación dentro de la etapa de lignitos; el paso inmediato sería la telinita y teleocelinita de las hullas.

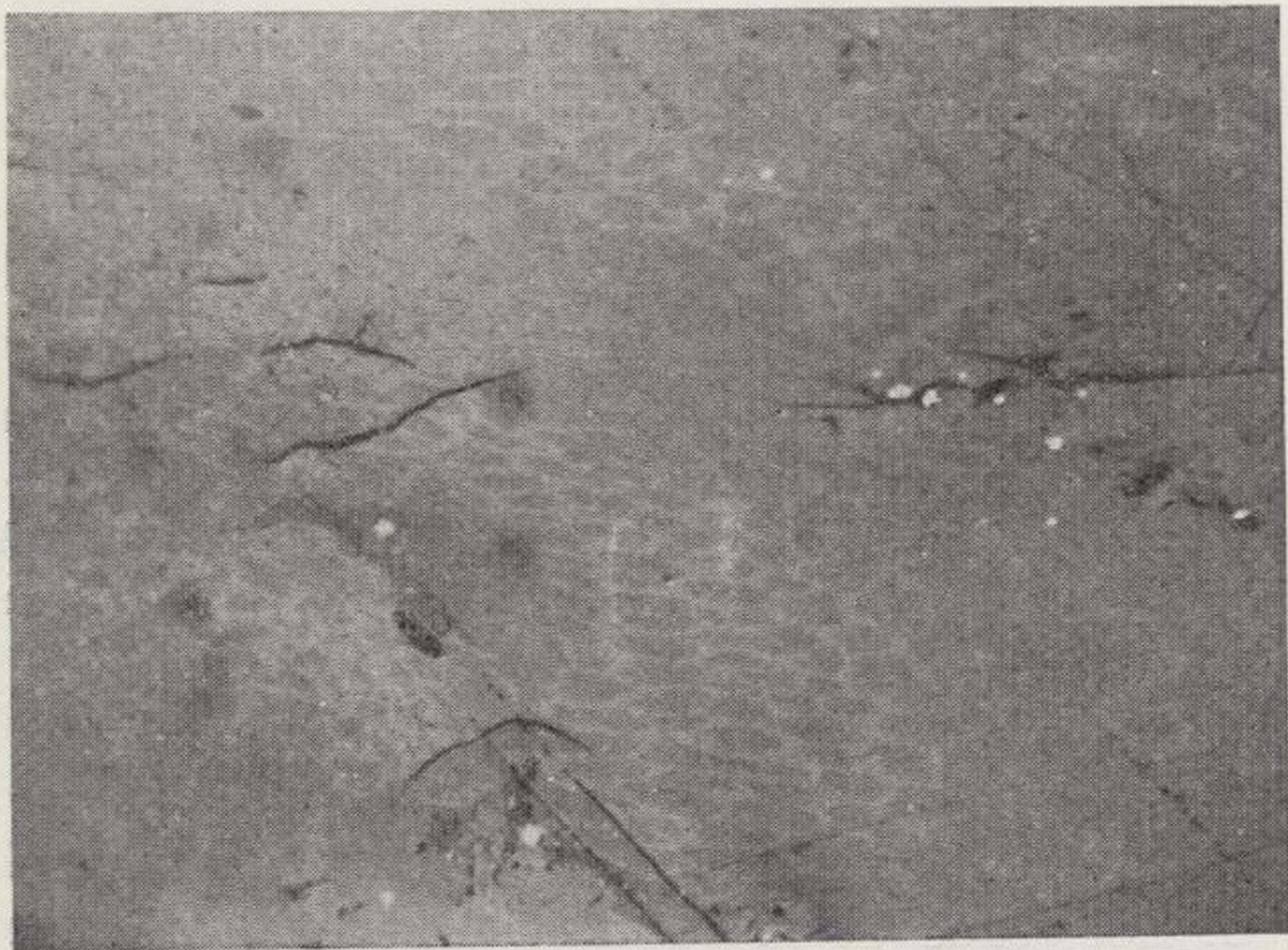
En todas las muestras, tanto la eu-ulminita como la levi-gelinita tienen carácter de esencial abundante. Ejemplo de la primera se representan en la fotomicrografía 1, en la que aún permanece visible la textura celular, si bien sólo en forma de vestigios borrosos.

Por definición la levi-gelinita supone material carbonoso húmico en un estado tal que no se aprecia al microscopio en sección pulida rasgo alguno de estructura celular, bien sea porque se trata de humotelinita original totalmente gelificada, en cuyo caso recibe el nombre de telogelinita, bien sea porque se trata de verdaderos geles húmicos originales compactados y homogeneizados, denominándose en este caso eugelinita. En general, es imposible distinguir al microscopio en sección pulida estos dos tipos de macerales. Hemos conseguido la dife-

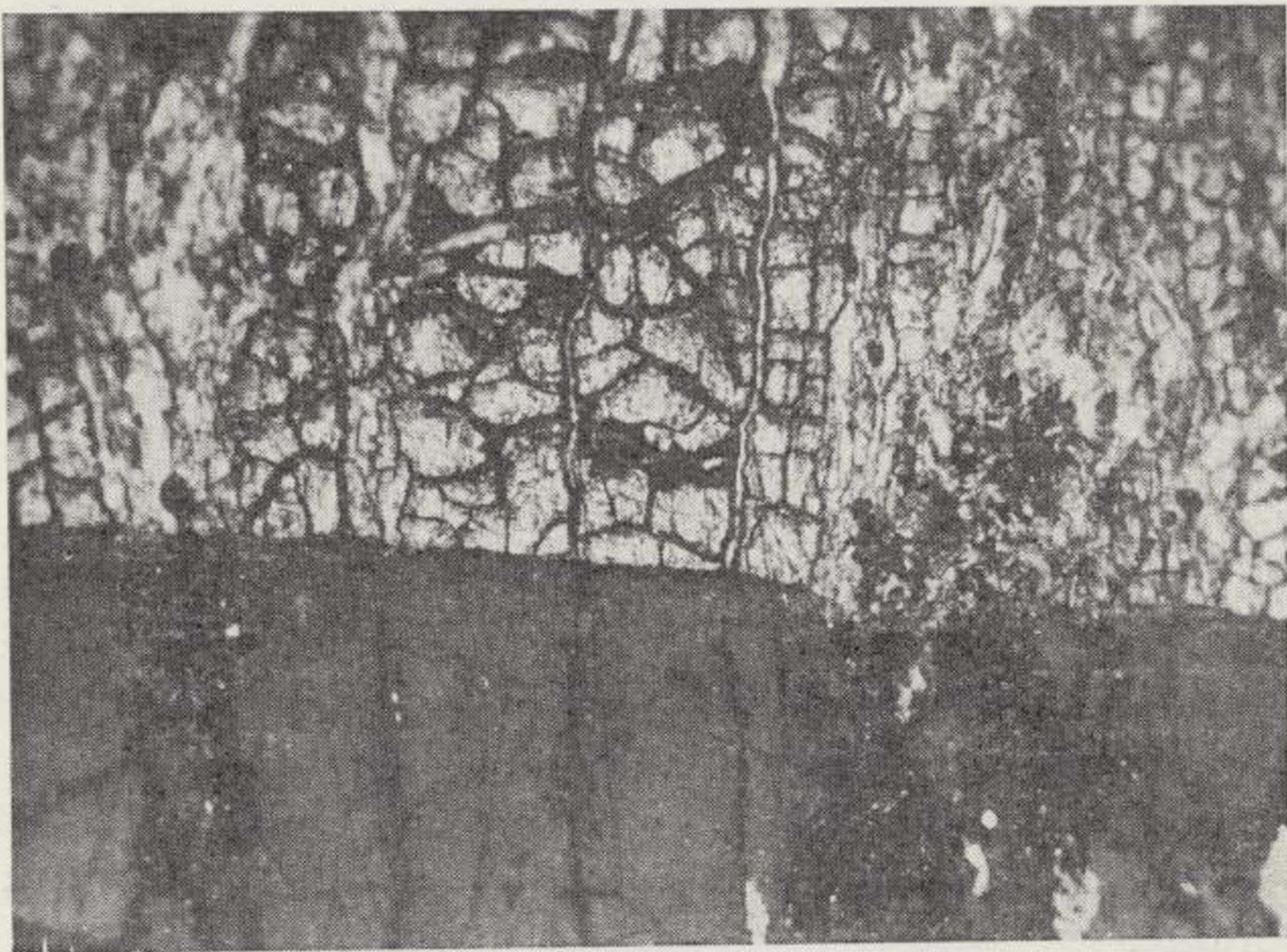


Fotomicrografía 2, sección pulida. L.N. x 300. Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Refleja una muestra parcialmente atacada. Bandas de criptotelogelinita cuya estructura celular se manifiesta perfectamente en la zona atacada con permanganato potásico.

renciación mediante ataque químico oxidante de la superficie pulida, empleando permanganato potásico en medio sulfúrico. Entonces observamos que los efectos de corrosión hacen perfectamente visible la textura celular o coloide primitiva, como puede observarse en la fotomicrografía 2. El tiempo de ataque fue de un minuto; previamente ha-



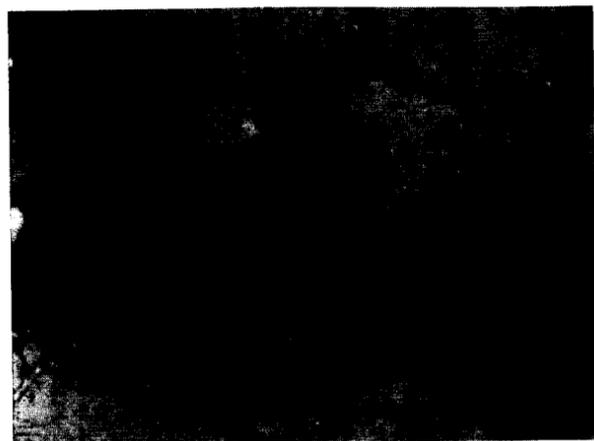
Fotomicrografía 1, sección pulida. L.N.  $\times$  300. Inmersión en aecite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Corresponde a eu-ulminita en la que aún se observan vestigios de estructura celular. Las paredes de las células presentan tonos más claros que el contenido celular.



Fotomicrografía 2, sección pulida. L.N.  $\times 300$ . Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Refleja una muestra parcialmente atacada. Bandas de criptotelogelinita cuya estructura celular se manifiesta perfectamente en la zona atacada con permanganato potásico.

bíamos comprobado que para este material, menos tiempo resultaba infructuoso, y más de un minuto causaba ya efectos destructivos en la estructura celular.

Hicimos ensayos en varias muestras de cada paquete, con el fin de obtener la información suficiente para poder generalizar. En todas las muestras vimos claramente que dentro de la levigelinita es francamente dominante la telogelinita, que ya podríamos denominar cripto-telogelinita, es decir, telogelinita con la textura celular oculta (cripto-estructura). Tiene carácter accesorio la eu-gelinita (fotomicrografía 3), entendiéndose por ésta los geles propiamente tales o los microfragmentos ligno-celulósicos muy finamente divididos y después compactados y homogeneizados. Los efectos de ataque sobre la eugelinita manifiestan el carácter amorfo pri-

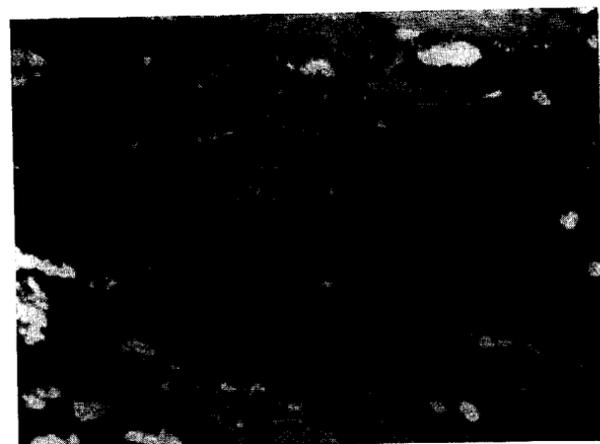


Fotomicrografía 3, sección pulida. L.N. x 300. Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Matilde. Placas brechoides de eugelinita; procede de verdaderos geles biógenos ahora compactados y homogeneizados.

mitivo, aglomerado de material biógeno sin textura celular.

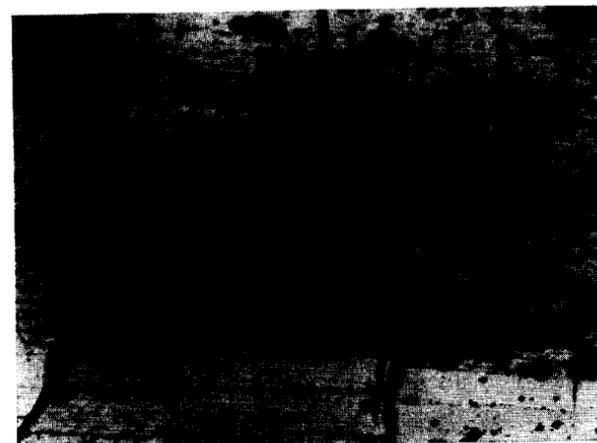
Tenemos, pues, que las organitas de Calaf corresponden esencialmente al grupo maceral huminita, y dentro de éste, sobre todo a sustancias maderosas más o menos fragmentadas que han evolucionado en la cuenca hasta eu-ulminita y telogelinita. En proporción accesorias corresponden a productos ligno-celulósicos geliformes que han evolucionado hasta formar el tipo de maceral eu-gelinita.

También aparecen diversos macerales de los grupos de la exinita e inertinita, si bien siempre en muy pequeña proporción. Del primer grupo se han localizado crasiesporas, cutinita y resinita, de los que



Fotomicrografía 4, sección pulida. L.N. x 300. Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Representan un campo con abundancia de crasiesporas (negro) en masa de huminita. Placas dispersas y agregados de pirita singenética (blanco).

algunos ejemplos aparecen en la fotomicrografías 4 y 5. Del grupo de la inertinita hemos identificado fusinita, semifusinita y esclerotinita, esta última en forma de hongos monovacuolares y multivacuola-



Fotomicrografía 5, sección pulida. L.N. x 80. Lignitos de Calaf, paquete Mirambel. Ramillete de cutículas replegadas (bordes dentados, tono gris oscuro). Materia mineral singenética (puntos y gránulos negros). Masa fundamental formada por telogelinita.

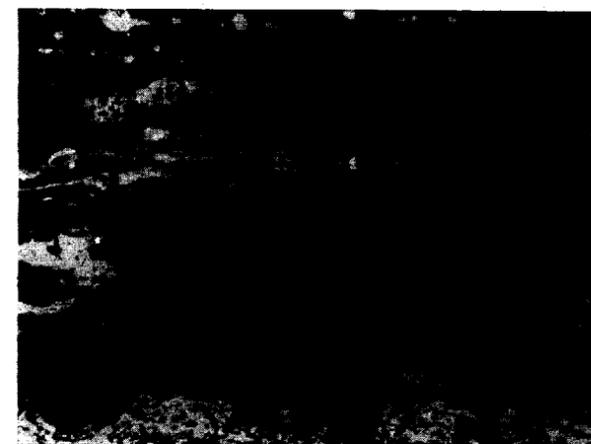
res. Señalamos algunos ejemplos en los fotomicrografías 6 y 7.

La fusinita y semifusinita presentan de vez en cuando textura en arco o estrellada, ya que sólo

aparecen los arcos de las células comprimidos unos con otros.

Los esclerocios de hongos encontrados corresponden a "fungivacuolitas" en la nomenclatura de Alpern (9); y a Scleroritites brandonianus de Stach (10). Según este autor, los organolitos de hongos abundan relativamente en los lignitos terciarios, lo que indica que hubo una actividad fungal importante durante esa época.

La distribución de los macerales accesorios en las diferentes capas es más o menos regular; no hay



Fotomicrografía 6, sección pulida. L.N. x 300. Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Matilde. Placas de fusinita (blanco), semifusinita (blanco más apagado) y huminita (gris claro y gris oscuro). Piritósferos escasos.

macerales privativos de alguna capa con carácter especialmente significativo.

La materia mineral inorgánica en mezcla íntima con el material organógeno de los lignitos es abundante. Hay muchas muestras compuestas por microlitotipos que corresponden a carbargilitas o carbopiritas según que la materia mineral esté constituida fundamentalmente por productos arcilloso-silíceos o por pirita.

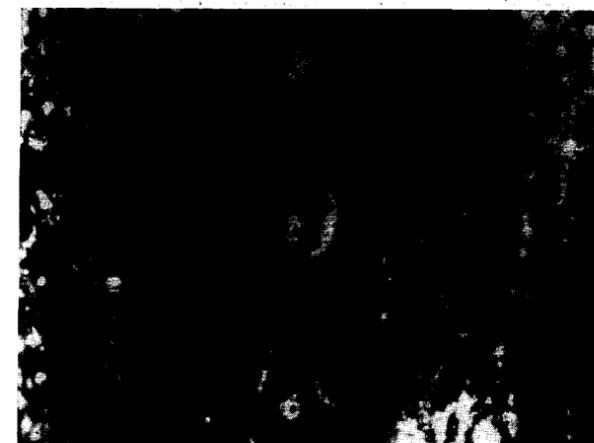
Los minerales inorgánicos corresponden a caolinita, illita, cuarzo, yeso, moscovita, calcita y dolomita. Entre los sulfuros abunda la pirita singenética, tal como puede verse en las fotomicrografías; también hay marcasita y melnicovita. En los lignitos de afloramiento, es decir, en los que han sufrido procesos de alteración supergénica aparecen jarositas a las que suele acompañar goetita y a veces plumbojarosita. En los lignitos de explotación del paquete Matilde hemos encontrado trazas de calcopirita, bornita y covelina; igualmente hemos loca-

lizado algunos gránulos metálicos que parecen corresponder a galena.

La disposición, en conjunto, de los componentes orgánicos e inorgánicos es bandeada. Aparecen horizontes más bien claros y homogéneos correspondientes a eu-ulminita o cripto-telogelinita más o menos puras, y bandas más complejas y heterogéneas en las que, junto a fragmentos macerales de eu-ulminita y cripto-telogelinita se concentran los productos geliformes, así como los macerales de los grupos de la exinita e inertinita e igualmente los componentes estériles.

La porosidad es más acusada en las bandas heterogéneas. En los horizontes más homogéneos sólo existe una porosidad muy fina a favor de la cual se localizan productos minerales micro-criptogranulos. La porosidad es muy grande en los lignitos de afloramiento.

Las condiciones geológicas que debieron concurrir en la cuenca de Calaf para que tuviera lugar la formación de los materiales carbonosos son similares a las señaladas por Mackowsky (11), como ge-

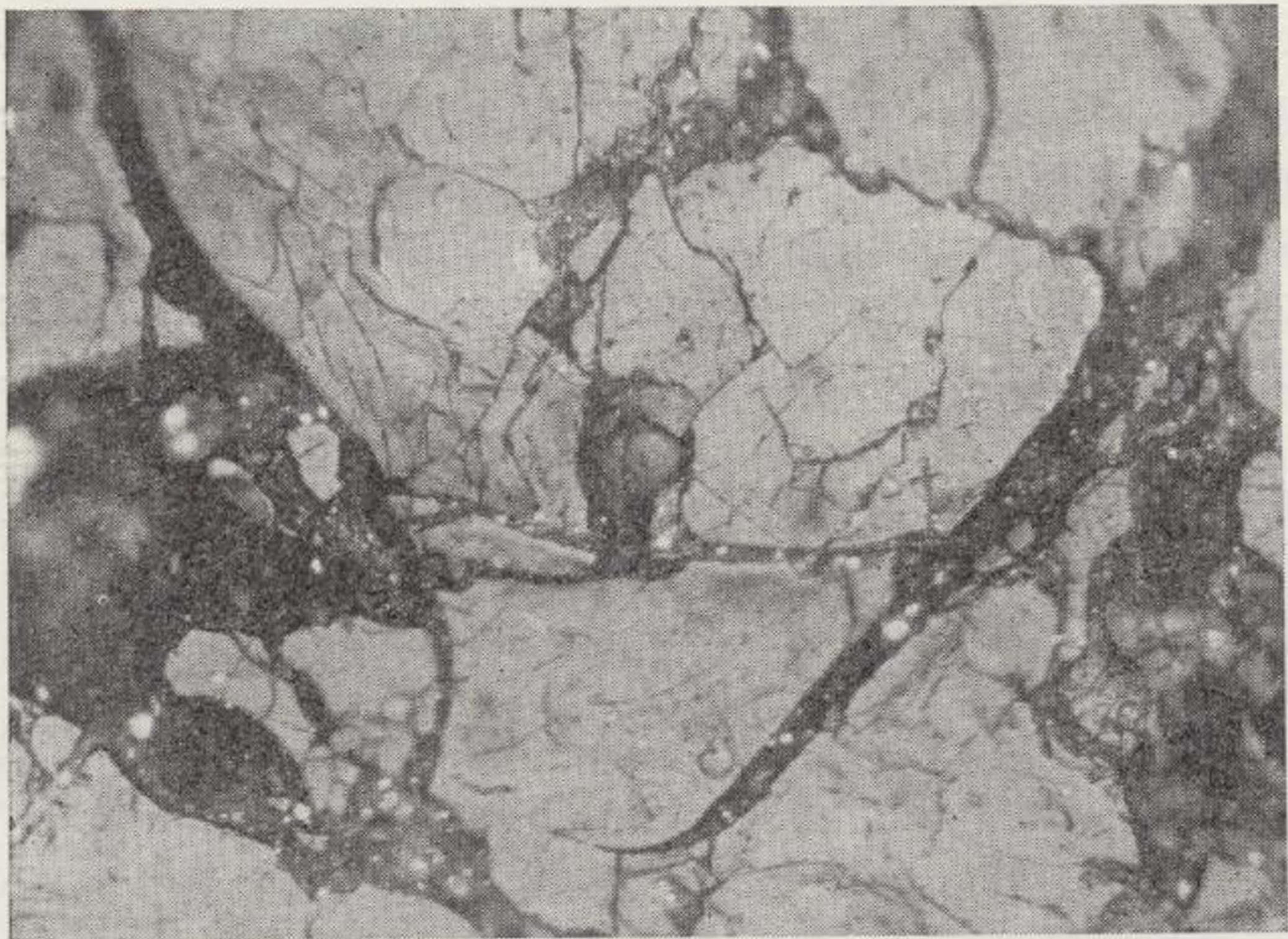


Fotomicrografía 7, sección pulida. L.N. x 300. Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Obsérvese la presencia de esclerocios de hongos monovacuolares en forma de pequeños anillos. El resto corresponde a bandas de telogelinita más o menos pura (gris) alternando con otras que incluyen abundante pirita singenética (blanco).

nerales para la formación de los depósitos carbonosos; son las siguientes:

— Clima más bien cálido y húmedo, tipo subtropical.

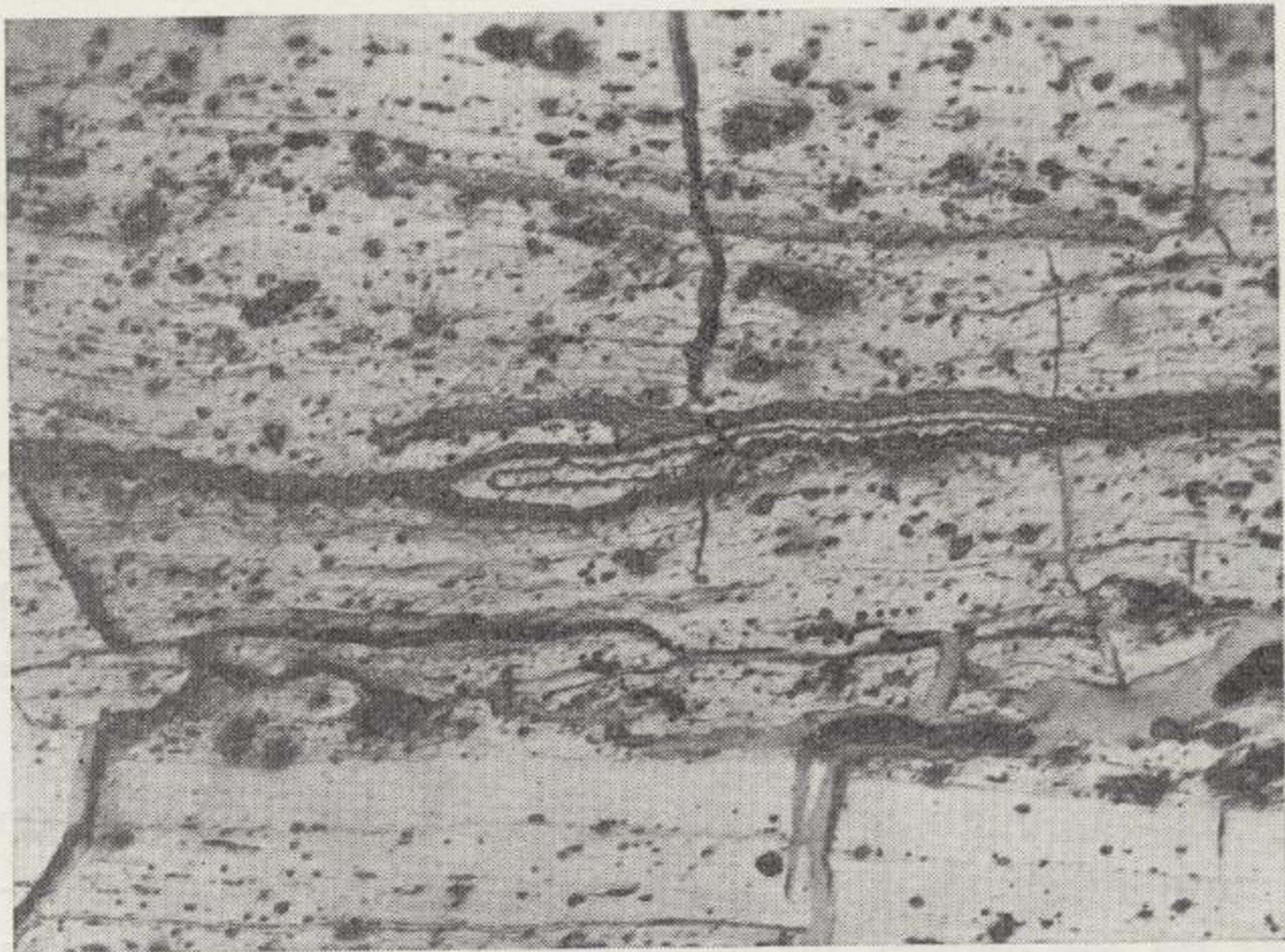
— Recubrimiento del vegetal en descomposición para preservar pronto del oxígeno atmosférico.



Fotomicrografía 3, sección pulida. L.N.  $\times 300$ . Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Matilde. Placas brechoideas de eugelinita; procede de verdaderos geles biógenos ahora compactados y homogeneizados.



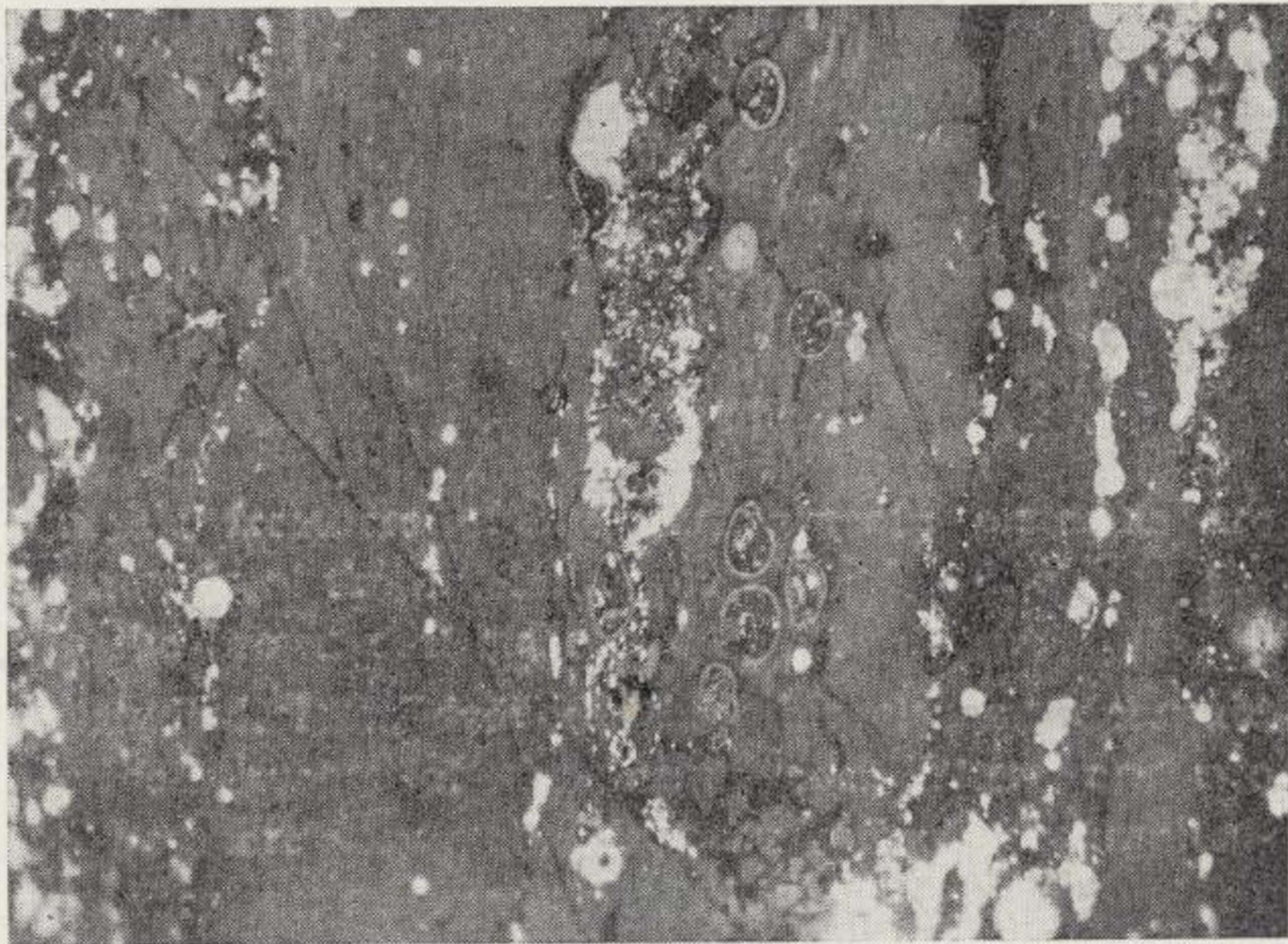
Fotomicrografía 4, sección pulida. L.N.  $\times 300$ . Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Representan un campo con abundancia de crasiesporas (negro) en masa de huminita. Placas dispersas y agregados de pirita singenética (blanco).



Fotomicrografía 5, sección pulida. L.N.  $\times$  80. Lignitos de Calaf, paquete Mirambel. Ramillete de cutículas replegadas (bordes dentados, tono gris oscuro). Materia mineral singenética (puntos y gránulos negros). Masa fundamental formada por telogelinita.



Fotomicrografía 6, sección pulida. L.N.  $\times 300$ . Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Matilde. Placas de fusinita (blanco), semifusinita (blanco más apagado) y huminita (gris claro y gris oscuro). Piritósferos escasos.



Fotomicrografía 7, sección pulida. L.N.  $\times 300$ . Inmersión en aceite. Lignitos de Calaf, paquete Valentina. Obsérvese la presencia de esclerocios de hongos monovaculares en forma de pequeños anillos. El resto corresponde a bandas de telogelinita más o menos pura (gris) alternando con otras que incluyen abundante pirita singénica (blanco).

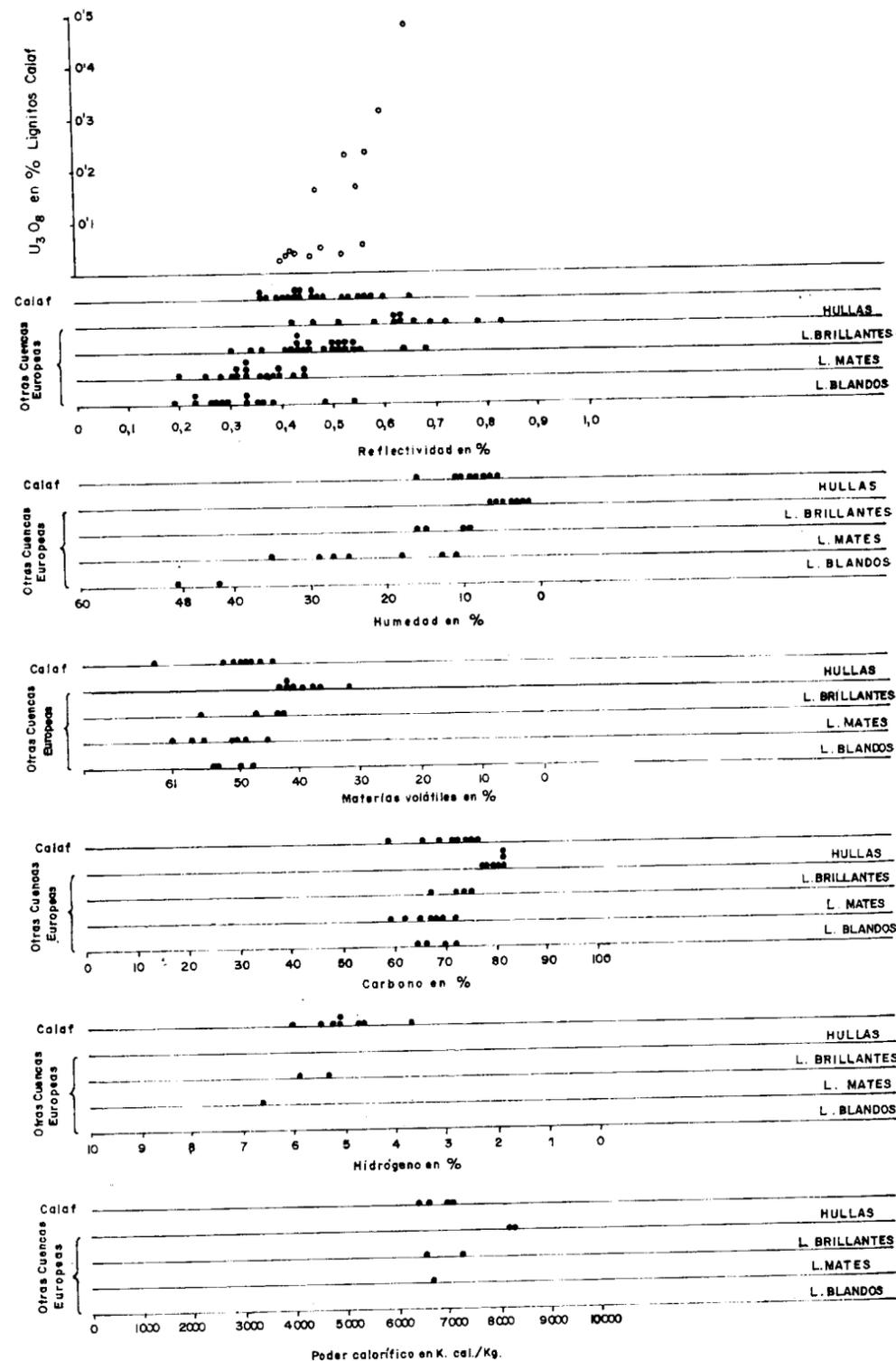


Fig. 1 - Caracterización de los lignitos uraníferos de Calaf.  
 ○ Relación del contenido en uranio con la reflectividad en lignitos de Calaf.  
 ● Valor comparativo de parámetros clasificadores del rango en los biolitos de Calaf y los de otras cuencas Europeas.

— Para formar varias capas de carbón se necesita o subsidencia del área o elevación del nivel freático regional, pues sólo así la materia vegetal descompuesta puede estar preservada de la oxidación por un largo período de tiempo después de la deposición.

— Cuando hay varias capas de carbón alternando con rocas comunes se requiere una variación en la velocidad de subsidencia.

Todas estas condiciones se han de dar simultáneamente, por eso, las cuencas carboníferas sólo tienen lugar en ciertos períodos geológicos y ciertas regiones.

La huminita se forma en condiciones anaeróbicas, en contraste con la fusinita, cuyo origen se atribuye a un grado variable de exposición al oxígeno atmosférico antes o en los primeros estadios de la evolución. En Calaf la mayoría de la materia orgánica (M. O.) aparece en forma de huminita según hemos visto, lo cual sugiere que durante el período de turbificación ha habido una mayor velocidad de subsidencia, pasando con mayor rapidez a un estado en condiciones reductoras.

## 2. PARAGÓN ENTRE LOS DIVERSOS PARÁMETROS CARACTERIZANTES DE LOS LIGNITOS.

Además del análisis petrográfico de los biolitos de Calaf y con el fin de obtener mayor conocimiento sobre el rango de los mismos, se han realizado en el Instituto Nacional del Carbón de Oviedo el análisis de varios parámetros, concretamente la humedad, contenido en materias volátiles, carbono, hidrógeno y poder calorífico de muestras representativas correspondientes a diferentes paquetes lignitíferos. También hemos realizado con un microscopio del mismo Instituto medidas estadísticas de la reflectividad sobre la huminita de varias muestras, ya que el valor del poder reflector constituye uno de los parámetros que mejor caracterizan los materiales carbonosos. Todos estos resultados se reflejan gráficamente en la figura 1.

En el gráfico que encabeza la figura se relaciona el contenido en U de varias muestras de lignitos y el valor de la reflectividad de los mismos representado por la media ponderada de medidas estadísticas en distintas placas de huminita de cada muestra. Se observa que la correlación es positiva, es decir, la proporción de U tiende a aumentar a medida que es mayor el valor de la reflectividad en

los materiales correspondientes. Más adelante tendremos ocasión de insistir algo más a este respecto.

En los restantes gráficos de la figura representamos el valor de los parámetros clasificadores del rango, estableciendo comparaciones entre los materiales de la cuenca de Calaf y de otras cuencas europeas sin especificar. Los valores correspondientes a esas otras cuencas se han reproducido de datos aportados por miembros del C.I.P.C. y que no fueron otorgados por el doctor Hevia, quien es miembro de dicho comité.

— En cuanto al poder reflector vemos que globalmente los lignitos de Calaf se corresponden bastante bien con los clasificados como lignitos duros brillantes de otras cuencas europeas. Hay valores que por un extremo se solapan con los de hullas, y por el otro, con los lignitos duros mates y lignitos blandos. El valor que figura en el L.I.P.C. (8) como frontera entre lignitos duros mates y brillantes es 0,4 por 100.

— En cuanto a la humedad, las muestras de Calaf de las que se han hecho análisis, se sitúan también entre los lignitos de rango elevado.

— En cuanto al contenido en materias volátiles se desprende que no hay marcadas diferencias en las muestras de diferentes lignitos. Por lo que no se pueden obtener conclusiones muy significativas.

— Por el contenido en C también se sitúan entre los lignitos duros brillantes.

— Del contenido en hidrógeno hay pocos análisis de referencia e igualmente sobre el poder calorífico.

Hay que tener en cuenta que los parámetros clasificadores son más o menos válidos según el grado de evolución alcanzado por la M. O. Para los biolitos de Calaf los parámetros de mayor aplicabilidad son el poder calorífico, humedad, contenido en C y el valor de la reflectividad. De acuerdo con estos parámetros hemos de clasificar los biolitos de la cuenca de Calaf como lignitos duros brillantes.

## III. EL U EN EL CONJUNTO LITOLÓGICO DE LA CUENCA.

Litológicamente la cuenca de Calaf ofrece condiciones de favorabilidad para la concentración del U en la misma, no sólo en los paquetes lignitíferos, sino también en otros niveles interestratificados.

Por ejemplo, las facies arenosas existentes, las cuales tienen disposición subhorizontal, feldespatos y M.O. dispersa y están intercaladas entre niveles impermeables tipo arcillitas, lodolitas, etc., constituyen excelentes condiciones para la ubicación en las mismas de yacimientos de U. Ahora bien, aunque existen tales factores de favorabilidad, lógicamente también se requiere, por ejemplo, que haya habido aporte de U suficiente, y otra serie de factores que a veces no están ligados a las características litológicas de la misma cuenca.

En nuestro caso concreto, las concentraciones de U se localizan con regularidad en los niveles lignitíferos. Entonces la abundancia de paquetes lignitíferos con U en proporción importante según se indica algo más adelante, podría hacer pensar en la posibilidad de concentraciones hasta valores de explotabilidad en las arenitas encajantes a partir de una lixiviación natural del U contenido en los niveles carbonosos. Sin embargo, todos los trabajos de prospección, labores de sondeo, etc., han dado resultados negativos en cuanto a las posibilidades de concentraciones uraníferas fuera de los lignitos. El hipotético enriquecimiento en las arenitas físico-químicamente es posible y favorable, pero no así la liberación del U de los lignitos. Según veremos posteriormente, dicho metal forma compuestos orgánicos con un enlace muy fuerte, por lo que se encuentra en condiciones muy estables y sumamente difíciles para liberarle. Por eso no se pueden esperar concentraciones económicas de U por removilización del mismo a partir del existente en los paquetes lignitíferos. Es en estos mismos niveles donde hay que ver la posibilidad de un aprovechamiento económico del U.

IV. LA ASOCIACION URANO-ORGANICA EN LOS MATERIALES LIGNITIFEROS.

Uno de los primeros problemas que se imponía dilucidar era la determinación del estado del U y si dentro de los niveles lignitíferos se asociaba realmente a la M.O. o más bien a los componentes minerales no combustibles íntimamente asociados a la misma: para despejar estas incógnitas procedimos a realizar el estudio del mayor número de muestras posible que previamente habíamos recogido en el campo.

En primer lugar se hizo una moultración del material seguida de un fraccionamiento granulométrico

mediante tamizado conveniente. De tales fracciones granulométricas se hicieron los análisis pertinentes, cuyos resultados comentaremos más adelante. De entre estas fracciones seleccionamos algunas para realizar separaciones densimétricas. Escogimos fracciones de muestras correspondientes a cinco paquetes de lignitos denominados Matilde, Roca y Torra, Biosca-Unión Minera, Las Basas y Mirambel, en los cuales se habían hecho o se estaban haciendo labores mineras para su explotación. Siempre hemos adoptado el criterio de recoger muestras globalmente significativas, por lo que seleccionábamos material en primer lugar de superficie, es decir, del afloramiento del paquete, en segundo lugar de los frentes de explotación del mismo y por último de testigos de sondeos correspondientes a cada uno.

En las varias visitas que realizamos a la cuenca nos fue imposible hacer un muestreo de ese tipo para todas las capas existentes en la misma, ya que las antiguas galerías de explotación de algunas eran totalmente inaccesibles. Pudimos hacer un muestreo cabalmente representativo para los cinco paquetes indicados. Ahora bien, por los resultados obtenidos, añadiendo los datos aportados por el estudio de muestras individuales de otros paquetes, sobre todo correspondientes a testigos de sondeo, se sacan conclusiones definitivas en cuanto a las organitas uraníferas de toda la cuenca.

1. DISTRIBUCIÓN Y ESTADO NATURAL DEL U.

Para obtener esclarecimiento a este respecto, nuestro punto de partida han sido las separaciones densimétricas y granulométricas. Para ello seleccionamos el material correspondiente a los cinco paquetes mejor muestreados.

El fraccionamiento densimétrico se realizó con centrifugadora a 3.600 revoluciones por minuto, empleando para las separaciones benceno, tetracloruro de carbono y bromoformo. Hemos utilizado estos líquidos o bien separadamente o en mezclas binarias convenientes para obtener fracciones con densidad  $d < 1,46$ ;  $d \geq 1,46 < 1,59$ ;  $d \geq 1,59 < 1,75$ ;  $d \geq 1,75 < 2,18$ ;  $d \geq 2,18 < 2,44$ ;  $d \geq 2,44 < 2,89$ ;  $d \geq 2,89$ . Estos intervalos densimétricos nos han permitido separar gradualmente los constituyentes orgánicos e inorgánicos de los lignitos, hacer un estudio mineralógico y ver no sólo a qué tipo de material se asocia preferentemente el U, sino también deducir en parte su estado y su distribución proporcional en las diferentes fracciones obtenidas.

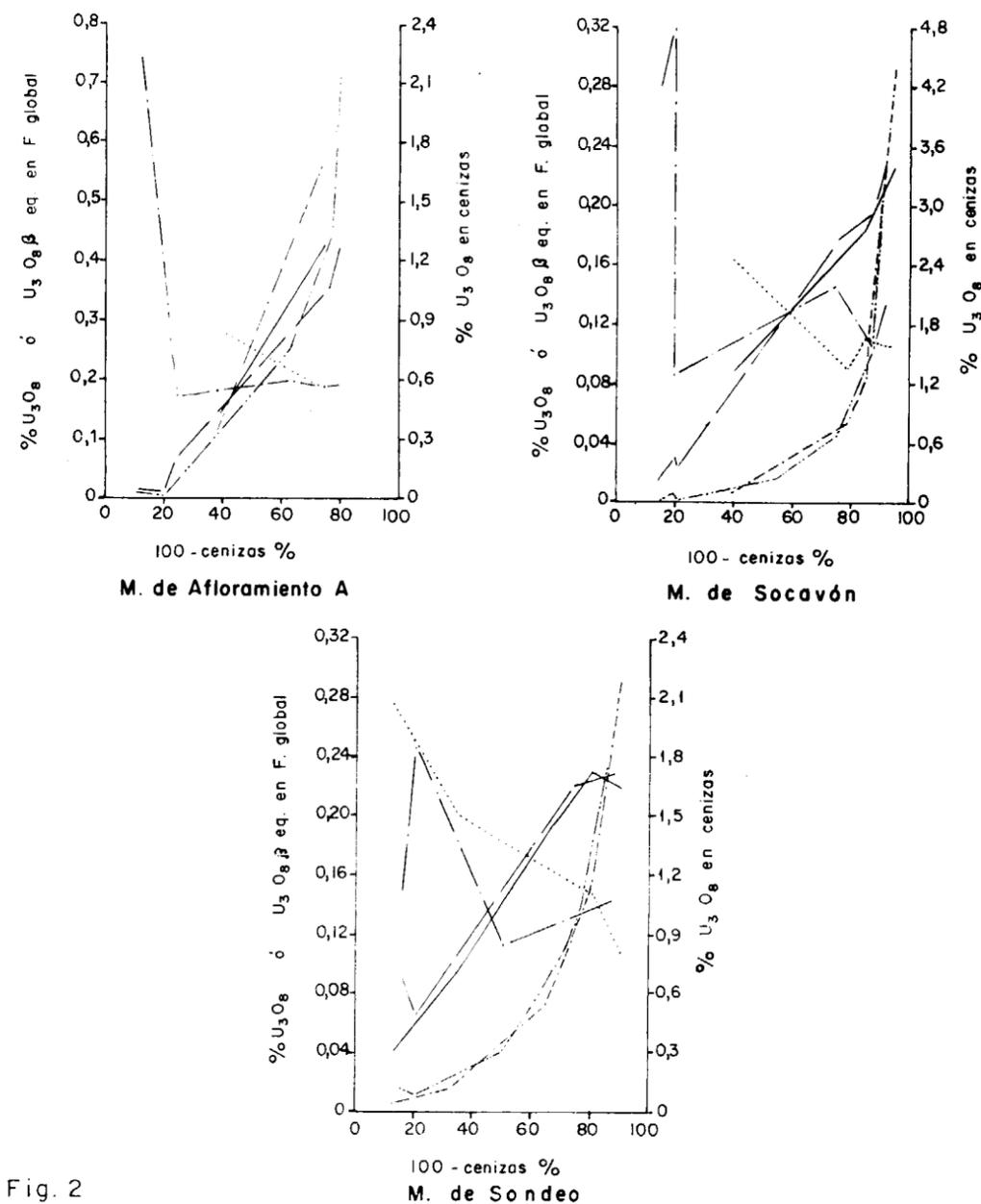


Fig. 2

Paquete Matilde

Concentración de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> y U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> beta eq. en fracciones globales y U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> en cenizas de las mismas en relación al contenido en materia orgánica de cada fracción que expresamos por el concepto 100-% de cenizas. Se refieren a separaciones granulométricas y densimétricas de tres muestras del paquete Matilde.

Leyenda

- — — — — % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> en cada F. global
  - - - - - % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> beta eq. en " "
  - ..... % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> en las cenizas de cada F.
  - — — — — % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> en cada F. global
  - ..... % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> beta eq. " "
  - - - - - % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> en las cenizas de cada F.
- { F. < 200 > 45 micras  
 { F. < 45 micras

Estos fraccionamientos se han realizado, por una parte de la fracción granulométrica comprendida entre 200 y 45 micras, la cual es bastante representativa de la muestra global; y por otra de la fracción <45 micras, en la que se consigue una mayor liberalización de los distintos componentes.

De las separaciones efectuadas se han hecho análisis químico y radiométrico de U, así como el % de cenizas, y con los resultados correspondientes se han trazado una serie de curvas en las que se reflejan perfectamente la forma de asociarse y distribuirse el U en los materiales de los distintos paquetes. En este trabajo exponemos sólo gráficamente los resultados correspondientes al estudio de los lignitos de afloramiento, explotación y sondeo del paquete Matilde, pero las consecuencias fundamentales que se deducen de los restantes son equivalentes.

El U se concentra en las fracciones con menos proporción de cenizas (ver fig. 2), las cuales, como es lógico, corresponden a las menos densas y con mayor proporción de componentes orgánicos. Existe perfecta regularidad en la relación U-M.O. El contenido en U aumenta progresivamente al aumentar el contenido en M.O. Solamente existe alguna desviación casi inapreciable; por ejemplo, al principio de algunas curvas vemos que para 20 por 100 de M.O. hay algo menos U que para 10 por 100; el material correspondiente a este último punto tiene una densidad comprendida entre 2,44-2,89, mientras que el material con 20 por 100 de M.O. tiene una  $d \gg 2,89$ . En esta última fracción se concentran los sulfuros y en el proceso de calcinación se volatiliza una parte de los mismos, lo que hace que resulte una proporción de cenizas inferior al que debiera corresponder por su densidad. Evidentemente la tónica general es de una relación positiva perfecta entre el contenido en M.O. y en U.

También se observa claramente que el  $U_3O_8$  equivalente deducido por contaje de la actividad beta, sigue una pauta definidamente opuesta a la anterior. La radiactividad tiende a aumentar a medida que disminuye la proporción de M.O. Esto se verifica en los tres diagramas; existe, por tanto, un fuerte desequilibrio en todo este material. El U se concentra en los constituyentes biógenos y el Ra en los componentes inorgánicos. Esto tiene su explicación; como dice Mingarro (12), precisamente al hablar sobre el desequilibrio en los lignitos de Calaf, el Ra se moviliza en medios

reductores y se fija en medios alcalinos. El autor hace notar que en una serie de muestras de lignitos el valor de la razón  $eRa/U$  determinado por el método  $\beta$ - $\gamma$  es siempre menor que la unidad, mientras que en una marga correspondiente a roca encajante, dicha razón es igual a 2,65. Ahora vemos que tal desequilibrio existe, no solamente al comparar los lignitos en conjunto con los materiales de las capas encajantes, sino que igualmente existe un desequilibrio francamente neto, dentro del mismo material lignitífero, es decir, entre los constituyentes orgánicos y los componentes inorgánicos íntimamente asociados y con los que forma una entidad petrográfica más o menos definida.

En las tres zonas de la capa Matilde los diagramas ofrecen en conjunto características similares; sin embargo, el material de afloramiento tiene mayor proporción de U, debido a que en superficie, este paquete ha sufrido un enriquecimiento secundario. El material biógeno de afloramiento aparece casi totalmente regenerado en ácidos húmicos (A.H.) y tal estado es sumamente propicio para la fijación del U, por lo que aun se ha enriquecido más a costa del que se ha movilizado en los procesos supergénicos.

En la ordenada derecha de cada diagrama hemos reflejado el % de U concentrado en las cenizas. Vemos que es muy alta su concentración en las mismas.

Otra consecuencia fundamental que se deduce es la de que el U se asocia a la M.O. según un estado mineralógicamente indeterminado, es decir, no forma minerales propios. Es una deducción inmediata del hecho de que en las separaciones densimétricas el U se va enriqueciendo sistemáticamente en las fracciones con menos contenido en cenizas y por tanto mayor contenido en M.O. Si el U se fuera enriqueciendo en las fracciones con mayor proporción de cenizas, aparecería lógicamente al estado de minerales propios.

Aparte del análisis densimétrico se hicieron diversos análisis en relación al fraccionamiento granulométrico de muestras globales correspondientes a los cinco paquetes anteriormente señalados.

Se procedió a la molturación de un cierto número de muestras y tamizado subsiguiente, habiendo obtenido de cada una de ellas seis fracciones granulométricas. Se hicieron los análisis de U y cenizas y esto nos permitió hacer una serie de cálculos y correlaciones de los que representamos gráficamente algunos ejemplos en la figura 3. Para

### DISTRIBUCION DE $U_3O_8$ Y M.O. EN LAS FRACCIONES GRANULOMETRICAS Y RELACION ENTRE EL CONTENIDO EN $U_3O_8$ Y LA PROPORCION DE M.O.

Cada diagrama representa una muestra fraccionada cuya localización se indica en la misma.

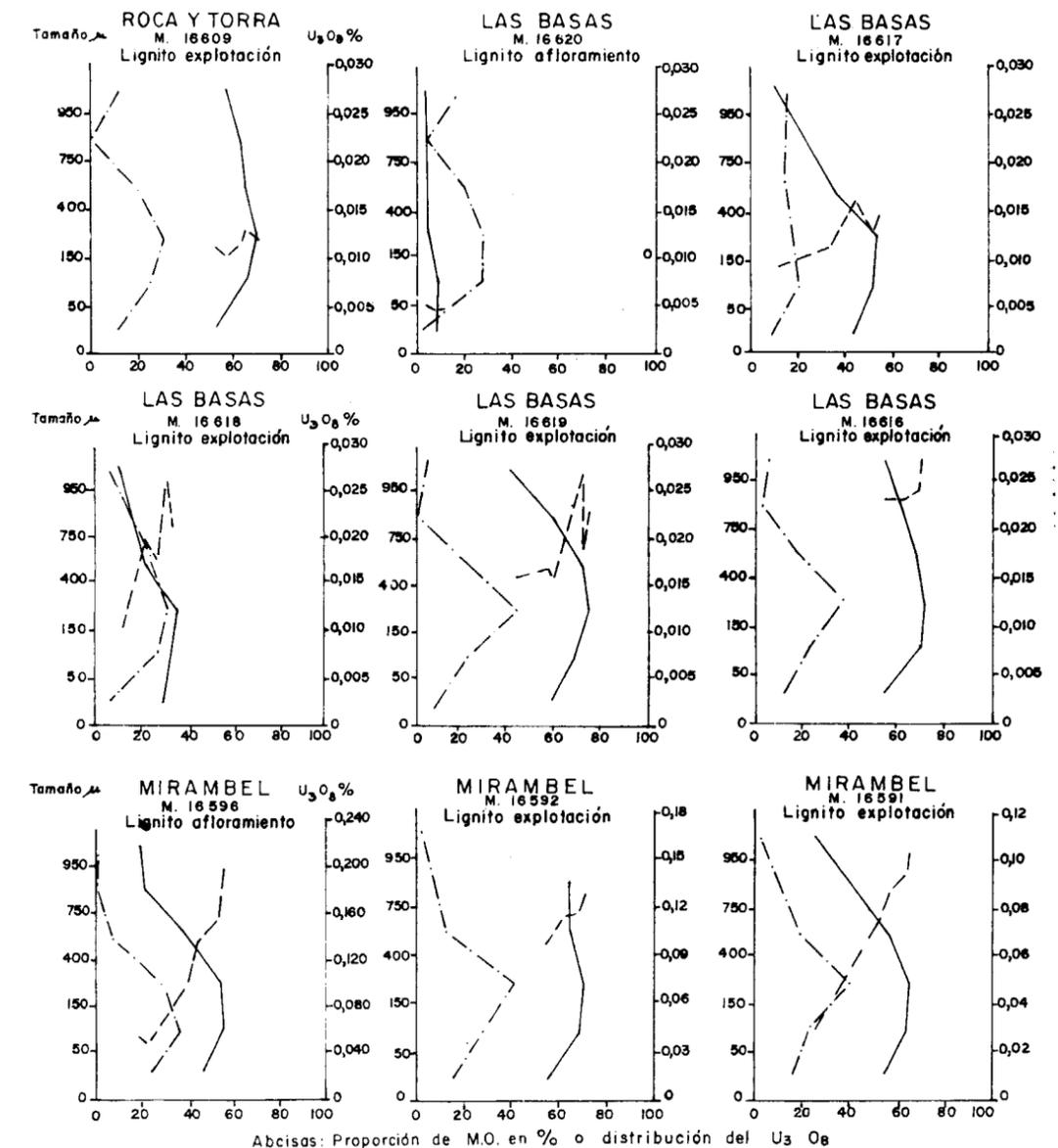


Fig. 3

L E Y E N D A

- Proporción correlativa M.O.—Granulometria
- - -  $U_3O_8$  en relación al contenido en M.O.
- · - · - Distribución del  $U_3O_8$  en las fracciones granulometricas

su realización hemos partido del % en peso de las separaciones granulométricas y del contenido en  $U_3O_8$  y cenizas en las mismas; de ahí hemos calculado el contenido absoluto de  $U_3O_8$  y su balance porcentual en las distintas fracciones. A partir de la proporción de cenizas hemos deducido el valor aproximado de la parte orgánica e inorgánica de cada fracción y de cada muestra total. Finalmente hemos calculado el balance global de U que va li-

el % de M.O. (abscisa); la de trazo discontinuo y punto intercalado refleja la distribución porcentual del contenido absoluto de  $U_3O_8$  (representada por la abscisa) en las fracciones granulométricas (ordenada de la izquierda).

Salvo pequeñas desviaciones, se observa que la M.O. se concentra en las fracciones con granulometría comprendida entre 100 y 250 micras.

También en las fracciones granulométricas se ob-

CUADRO 1.  
Proporción de M. O. e inorgánica y distribución del U. en algunas muestras de lignitos

N.º M.	Situación	Proporción de M. O.	Proporción de Mat. Mineral	% U.O. en F. Org.	% U.O. en F. Inorg.
16576	Matilde (L. A.)	52,00	48,00	96,00	4,00
16586	Matilde (L. A.)	36,00	64,00	95,00	5,00
16584	Matilde (L. A.)	32,00	68,00	93,00	7,00
16580	Matilde (L. A.)	59,00	41,00	96,00	4,00
16588	Matilde (L. A.)	54,00	46,00	97,00	3,00
16590	Matilde (L. E.)	67,00	23,00	96,00	4,00
16589	Matilde (L. E.)	68,00	32,00	95,00	5,00
16558	Biosca (L. E.)	72,00	28,00	90,00	10,00
16564	Biosca (L. E.)	62,00	38,00	82,00	18,00
16571	Biosca (L. E.)	62,00	38,00	79,00	21,00
16573	Biosca (L. E.)	55,00	45,04	74,00	26,00
16568	Biosca (L. E.)	62,00	38,00	89,00	11,00
16575	Biosca (L. E.)	57,00	43,00	71,00	29,00
16563	Biosca (L. E.)	46,00	54,00	47,00	53,00
16598	Roca y Torra (L. A.)	50,00	50,00	64,00	36,00
16604	Roca y Torra (L. A.)	52,00	48,00	78,00	22,00
16599	Roca y Torra (L. A.)	14,00	86,00	18,00	82,00
16600	Roca y Torra (L. A.)	43,00	57,00	65,00	35,00
16611	Roca y Torra (L. E.)	71,00	29,00	87,00	13,00
16605	Roca y Torra (L. E.)	30,00	70,00	66,00	34,00
16613	Roca y Torra (L. E.)	10,00	90,00	43,00	57,00
16609	Roca y Torra (L. E.)	64,00	36,00	73,00	27,00
16610	Roca y Torra (L. E.)	70,00	30,00	86,00	14,00
16612	Roca y Torra (L. E.)	21,00	79,00	37,00	63,00
16606	Roca y Torra (L. E.)	51,00	49,00	88,00	12,00
16596	Mirambel (L. A.)	49,00	51,00	95,00	5,00
16591	Mirambel (L. A.)	59,00	41,00	91,00	9,00
16592	Mirambel (L. A.)	65,00	35,00	94,00	6,00
16620	Basas (L. A.)	6,00	94,00	7,00	93,00
16616	Basas (L. E.)	66,00	34,00	94,00	6,00
16619	Basas (L. E.)	68,00	32,00	94,00	6,00
16618	Basas (L. E.)	27,00	73,00	85,00	15,00
16617	Basas (L. E.)	41,00	59,00	81,00	19,00

gado a los constituyentes biógenos y el que se asocia a los productos minerales inorgánicos.

Cada diagrama de la figura indicada comprende tres curvas: la de trazo continuo relaciona el % de M.O. (abscisa) con la granulometría (ordenada de la izquierda); la de trazo discontinuo, el % de  $U_3O_8$  de cada fracción (ordenada de la derecha) con

serva claramente una relación positiva entre el contenido relativo en U y el contenido en M.O. de las mismas.

En cuanto a la distribución absoluta del U se ve, como es lógico, que la mayor proporción aparece en las fracciones granulométricas en las que se concentra la M.O.

Los análisis que se reflejan en la figura se han realizado sobre material de Roca y Torra, Las Basas y Mirambel, pero también se han hecho sobre material de los otros paquetes llegando a las mismas conclusiones.

Estableciendo un balance global del U, la gran parte de todo el existente en los niveles lignitíferos de Calaf se asocia íntimamente a los componentes orgánicos. Se refleja claramente de los datos expuestos en el cuadro 1. Esta tónica general deja de cumplirse sólo en algunas muestras, por no ser representativas ya que están compuestas predominantemente por material no combustible, es decir, por compuestos minerales inorgánicos.

a la de reducción por no estar afectada por procesos de transformación supergénica y corresponden a ella los lignitos de explotación (L. E.) y los de sondeo (L. S.). El material de la zona de reducción constituye en esencia las reservas de la cuenca en carbón.

En el cuadro 2 se detalla la referencia de cada muestra y el paquete a que corresponde. A continuación añadimos el porcentaje de cenizas y M. O., así como los % existentes en la M. O. de bitúmenes extraídos con piridina y con mezcla de alcohol más benceno, de A. H. y de huminas. Las casillas que aparecen en blanco en la columna correspondiente a la de extracción de bitúmenes con

CUADRO 2  
Análisis racional de varias muestras de lignito

N.º M.	Situación	% cenizas	% M. O.	% bitúmenes (x)	% bitúmenes (xx)	% A. H.	% huminas + organógenos inertes
16580	Matilde (L. A.)	38,80	61,20	4,08	0	92,60	3,32
16596	Mirambel (L. A.)	55,00	45,00	2,38	0	97,62	0
16600	Roca y Torra (L. A.)	48,00	52,00	2,27		97,73	0
16553	Biosca (L. A.)	50,00	50,00	0		100,00	0
16609	Roca y Torra (L. E.)	37,50	62,50	11,42	Trazas	5,30	83,28
16560	Biosca (L. E.)	25,00	75,00	14,91	Trazas	11,11	73,98
16589	Matilde (L. E.)	29,00	71,00	9,94	Trazas	17,96	72,10
16590	Matilde (L. E.)	20,00	80,00	9,00		14,96	76,04
16591	Mirambel (L. A.)	36,00	64,00	10,11		84,64	5,25
15601	Biosca (L. S.)	42,50	57,50	13,04		10,14	76,82
14428	Matilde (L. S.)	50,00	50,00	12,00		21,40	66,60
17308	Mirambel (L. S.)	35,00	65,00	2,95		15,38	81,67

(\*) Extracción con piridina.

(\*\*) Extracción con mezcla de benceno y alcohol al 50 por 100.

## 2. ASOCIACIÓN DEL U CON LOS ÁCIDOS HÚMICOS Y HUMINAS DE LOS LIGNITOS.

Hemos visto que el U se asocia fundamentalmente a la M.O., pero nos interesa conocer qué tipo específico de constituyentes orgánicos constituyen la asociación urano-orgánica. Para ello comenzamos realizando el análisis racional de una serie de muestras cuyos resultados exponemos en el cuadro 2.

A cada paquete corresponden dos zonas fundamentales: la primera es la que podríamos llamar de oxidación y está representada por los lignitos de afloramiento (L. A.). La segunda es equivalente

benceno y alcohol indican que no hemos realizado los análisis respectivos.

Examinando el cuadro, se observa, que en la zona de oxidación son insignificantes las sustancias sapropélicas, a las que denominamos bitúmenes, y que corresponden a ceras, resinas e hidrocarburos diversos. La extracción con piridina da hasta 4,08 por 100 en la M. 16580; pero la piridina es un disolvente enérgico que puede extraer una pequeña parte de sustancias húmicas, a las que se ligan las sustancias bituminosas. Prueba de ello es que al repetir el ensayo de extracción en algunas muestras de afloramiento con disolventes corrientes, en nuestro caso con mezcla al 50 por 100

de alcohol y benceno, no ha resultado fracción bituminosa alguna. Se deduce que en los afloramientos, como es lógico, la M.O. tiene un alto grado de oxidación y los bitúmenes se han destruido totalmente. Sin embargo, a partir de niveles más al abrigo de los agentes meteorizantes, el porcentaje de bitúmenes es en general algo mayor, del orden del 10 por 100, según podemos observar en los análisis correspondientes. Claro que esto es con piridina; sin embargo, mediante la extracción con alcohol y benceno de algunas de las mismas muestras, solamente se recogieron trazas. Se puede deducir claramente que la proporción de bitúmenes es bastante escasa en los lignitos.

La casi totalidad de la M.O. se compone de sustancias húmicas. En la zona de reducción aparecen en forma de huminas, estado al que han llegado por evolución natural a partir de A.H., los cuales, como es sabido, son los constituyentes fundamentales que forma el material húmico en los estadios de turbas y lignitos de bajo rango. Sólo quedan proporciones de A.H. que no llegaron a evolucio-

nar hasta huminas. En los afloramientos, las huminas por procesos de alteración supergénica natural han sufrido una transformación retrógrada y se han regenerado nuevamente en A.H.; por eso, los A.H. constituyen los componentes esenciales de la M.O. en la zona de oxidación, según se desprende de los datos analíticos reflejados en el cuadro.

También podemos regenerar artificialmente los huminas en A.H. empleando agentes oxidantes, concretamente ácido nítrico. Es lo que hicimos con las muestras 16609, 16560, 16589 y 15601, que figuran en el cuadro indicado y que contienen gran proporción de huminas. Tuvimos que aplicar condiciones fuertes de oxidación, por ejemplo, alta concentración de ácido, agitación permanente y baño María, pues en frío no se conseguía la oxidación. En las cinco muestras oxidadas se obtuvieron gran proporción de A.H., 86,30-81,72-65,20 y 83,39, respectivamente. Una vez oxidadas las huminas, el material orgánico que permanece sin transformarse en A.H. corresponde a organolitos inertes como fusinitas, cutinita, esporas y esclerocios

CUADRO 3  
Datos de los ensayos sobre liberación del U

Ref. M. alimentación	% M. O.	% U de entrada	SOLUCION SULFURICA			SOLUCION Na(OH)		
			pH	% U en residuos	% U liberado	pH	% U en residuos	% U liberado
16596-F.101 Mirambel (L. A.)	72	0,310	1,8	0,214	31,00	12	0,047	85,00
16596-F.108 Mirambel (L. A.)	37	0,096	1,7	0,038	60,00	12	0,037	61,00
16590-F(1+2) Matilde (L. E.)	88	0,193	1,75	0,155	19,69			
16590-F(1+2) Matilde (L. E.)	88	0,193	1,9	0,169	12,44			
16590-F.11 Matilde (L. E.)	40	0,087	2,0	0,066	24,18	11,9	0,072	17,24
16590-F.11 Matilde (L. E.)	40	0,087	2,5	0,079	9,2			
12854-F-50 Biosca (L. S.)	82	0,034	1,6	0,030	11,76			
16558-F.65 Biosca (L. E.)	85	0,030	1,7	0,028	6,66			
16616-F-210 Basas (L. E.)	82	0,030	1,8	0,028	6,66			
12854-F.50 Biosca (L.S.)	82	0,034	2,3	0,033	2,94			

de hongos, todos los cuales son cuantitativamente accesorios.

Hemos visto que el U se asocia a los A.H. y huminas. Desde el punto de vista petrográfico, ambos componentes corresponden a macerales del grupo de la huminita anteriormente descritos.

Después procedimos a una serie de ensayos sobre la liberación del U para obtener luces sobre la fuerza del enlace y naturaleza de la asociación urano-orgánica.

Exponemos sintetizados en el cuadro 3 los resultados obtenidos de tales ensayos. Al principio señalamos la referencia del material de alimentación, indicando en abreviatura si corresponde a lignitos de afloramiento, de explotación o de sondeo. A continuación figuran el porcentaje de M.O. y ley en U de entrada de las muestras correspondientes. Seguidamente exponemos el pH de las soluciones de ataque y ley de los residuos, deduciendo el tanto por ciento de U liberado en los ataques ácido y alcalino.

La primera muestra que aparece en el cuadro corresponde al afloramiento de la capa "Mirambel"; se han realizado ensayos con dos fracciones, la primera de las cuales tiene el 72 por 100 de M.O. Vemos que con eluyente ácido (pH 1,8) se libera el 31 por 100 del U contenido en la fracción; en cambio, con eluyente alcalino (pH 12), se libera el 85 por 100. La segunda fracción tiene 37 por 100 de M.O. Con eluyente ácido (pH 1,7) se libera el 60 por 100 del U; con solución alcalina (pH 12) se libera el 61 por 100. Como todas las muestras de afloramientos, la ensayada aquí está muy meteorizada. La M.O. aparece oxidada prácticamente en su totalidad; por eso, en el cuadro de análisis racional podemos ver que la proporción de A.H. en la M.O. es de 97,62 por 100, la mayor parte de los cuales se deben a regeneración por procesos de oxidación natural. En la fracción con predominio de A.H. se libera mucho más U con eluyentes alcalinos, debido a que éstos disuelven a su vez los A.H., liberándose el U al mismo tiempo que dichos ácidos, lo cual nos indica que iba asociado a los mismos. Por el contrario, en medios ácidos, no se disuelven los A.H. entonces, el U se resiste; de ahí que la liberación en medio ácido es bastante menor, y, sin duda, que parte del mismo procede del U más móvil asociado a las fases inorgánicas. En la fracción en la que predominan los constituyentes inorgánicos (37 por 100 de M.O.), con eluyentes ácidos se libera

ya el 60 por 100, proporción parecida a la obtenida con soluciones alcalinas. Teniendo en cuenta que la mayor parte del U extraído en eluyentes alcalinos corresponde al asociado a los A.H. se deduce que los constituyentes inorgánicos liberan el U con más facilidad en soluciones ácidas.

El U ligado a los componentes orgánicos ofrece gran resistencia a su liberación en medio ácido, siendo aún mayor dicha resistencia en el U ligado a las huminas, es decir, a los lignitos del interior de la cuenca representados por los L. E. y L. S., según se deduce de los datos representados en el cuadro. En la mayoría del material vemos que incluso en condiciones de elevada acidez es considerablemente bajo el rendimiento del U extraído.

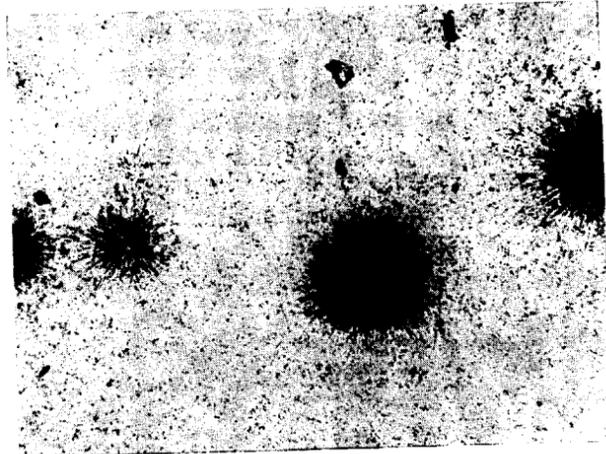
En eluyentes alcalinos, el U enlazado a los constituyentes orgánicos muestra también dependencia del estado de oxidación de la M.O. Como ya hemos señalado el U de las zonas de afloramiento, está ligado a los A.H.; éstos se disuelven fácilmente en eluyentes alcalinos y arrastran consigo al U asociado; en cambio, el U asociado a las huminas tampoco se disuelve apreciablemente en álcalis, hay que regenerarlas previamente en A.H. oxidándolas en condiciones enérgicas, con lo cual se consigue su solubilidad y al mismo tiempo la del U asociado. Por consiguiente, el U se asocia a la M.O. según un fuerte enlace. Un ejemplo queda reflejado en el cuadro, el de la M.16590-F.11, Matilde (L. E.); vemos que este material a Ph 11,9 sólo se libera el 17,24 por 100 del U; además, la mayor parte del mismo corresponde al asociado a los A.H. (ver cuadro 2), que contiene el material.

### 3. ANÁLISIS AUTORADIOGRÁFICO.

Al no encontrarse el U en forma de minerales independientes, interesaba visualizar un tanto la forma de distribuirse en los lignitos, por lo que procedimos al análisis autorradiográfico, es decir, a observar las inscripciones que las partículas  $\alpha$  emitidas por los radioelementos producen en emulsiones fotográficas especiales del tipo de las placas Ilford.

La serie de placas nucleares se efectuó con dos tiempos de exposición diferentes: una de 17 días y otra de 47. De todas las placas estudiadas hemos seleccionado las formas fundamentales de distribuirse los radioemisores de los cuales el U es el fundamental; son las siguientes tal como se observan al microscopio:

— Concentración en núcleos que se manifiestan según claros impactos. En general aparecen alineados en horizontes de huminita concordantes con la estructura sedimentaria.



Autorradiografía 1. Lignitos uraníferos de Calaf.  $\times 80$ . Tiempo de exposición, 47 días. Los radioemisores se concentran altamente en centros puntuales dando lugar a fuertes impactos que en la foto aparecen como una densa agrupación de trazas fibrosoradiadas de color negro.

— Concentración en algunos lechos de huminita; se manifiesta por una mayor densidad de trazas según bandas concordantes con la estratificación.

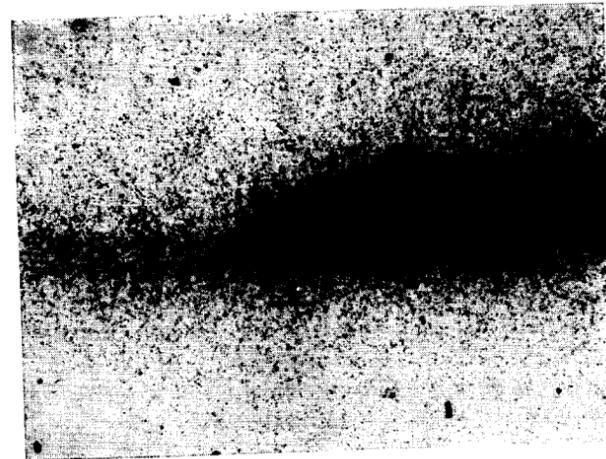
— Concentración según cúmulos más o menos irregulares.

— Distribución en puntos dispersos según cierta regularidad. Ejemplos de las dos primeras formas de distribución se reflejan en las autorradiografías correspondientes.

Por el conteo de impactos de las dos series de autorradiografías con distinta exposición se observa que el número de los mismos aumenta al aumentar el tiempo de exposición. Parece lo más probable que los radioelementos no se distribuyen con regularidad a una escala microscópica o submicroscópica, sino que se concentran en ciertos núcleos; por eso, a medida que se aumenta el tiempo de exposición de las placas nucleares, cada vez es mayor la aparición de inclusiones, es decir, la distribución de las trazas según impactos individualizados o cúmulos discretos. Igualmente, por el conteo de las placas realizado al microscopio hemos deducido que la densidad de trazas e impactos crece al aumentar el contenido en U.

#### 4. EFECTOS DE LAS RADIACIONES SOBRE LA HUMINITA

Los efectos de las radiaciones sobre distintos tipos de M. O. han sido estudiados por Jedwab (13, 14 y 15). El autor hace observar que alrededor de inclusiones radiactivas en sustancias organógenas, y por efecto de las partículas  $\alpha$  emitidas, se producen halos en cierta manera análogos a los originados por el circón en la biotita. La M. O., afectada por dichos halos, muestra modificaciones en las propiedades ópticas, físicas y químicas. Por ejemplo manifiesta efectos de anisotropía, mayor reflectividad y microdureza, aumento de las relaciones O/C, C/H, del número de enlaces C—C (mayor polimerización y aromatización) y de radicales libres. Estos efectos se encuentran igualmente en las materias irradiadas naturalmente. Los efectos ópticos son parecidos, cualquiera que sea la naturaleza de la M. O., carbón, asfalto, bitúmenes, etc. Jedwab hace notar que la anisotropía y demás cambios ópticos observados al microscopio en el curso de rotación de la platina hacen pensar en fenómenos de tensión más que en orientaciones de cristallitos como ocurre en los carbones de alto rango que se van aproximando a la composición y estructura del grafito. Los halos de irradiación parece que se



Autorradiografía 2. Lignitos uraníferos de Calaf.  $\times 80$ . Tiempo de exposición, 47 días. Las trayectorias de color negro corresponden a las partículas emitidas por el radioelemento que aparece distribuido según una banda. El material emisor es un lecho de huminita en el que se concentra el U.

forman en un estadio precoz de la evolución de la M. O., siendo menores los efectos a medida que éstos tienen lugar sobre M. O. más evolucionada. Suelen ser estables frente a las acciones tectónicas y metamórficas posteriores. Las dimensiones de los

halos corresponden groseramente al recorrido medio de las partículas  $\alpha$  y varían con el tipo de materia orgánica, cantidad de radioactivos existente y tiempo de irradiación.

Jedwab ha estudiado los efectos producidos por minerales radiactivos propios, pechblenda en la mayoría de los casos; pero no cabe duda que esos efectos más o menos atenuados o incipientes los produce, por ejemplo, el U disperso en fases orgánicas como en los biolitos de Calaf. Sólo que su observación directa es muy difícil, pues dado el estado de dispersión de las fases urano-orgánicas, no se pueden producir los efectos violentos que, por ejemplo, son originados por la pechblenda.

Los efectos de las radiaciones pueden asimilarse en cierto aspecto, a los de maduración que tienen lugar en el proceso evolutivo natural de la M. O. Nosotros creemos que el valor elevado que presentan en Calaf los parámetros clasificadores del rango ha sido, en parte, influenciado por la actividad de los radioelementos existentes en el material. Esta consecuencia parece patente tras los numerosos análisis del poder reflector realizados. Por ejemplo, ya reflejamos en el primer diagrama de la figura 1 que existe una relación positiva entre el valor de la reflectividad y el contenido en  $U_3O_8$  en una serie de muestras. Los otros parámetros (véanse los restantes diagramas de la misma figura) sintonizan con el del poder reflector y acusan la misma influencia.

Podemos, por tanto, señalar que la presencia de radioactivos en las organitas de Calaf ha producido algunas modificaciones en las mismas y que se han traducido en elevación del valor de ciertos parámetros clasificadores del rango. Tales efectos, aunque en mucho menor intensidad, como es lógico, son similares a los señalados por Jedwab en los alrededores de los granos de pechblenda incluidos en M. O. En los lignitos de Calaf, aunque los centros de emisión radiactiva sean mucho menos eficaces que, por ejemplo, los de la pechblenda, no hay duda que al cabo de cierto tiempo se han de traducir en efectos ponderables.

#### 5. NATURALEZA DE LA ASOCIACIÓN URANO-ORGÁNICA.

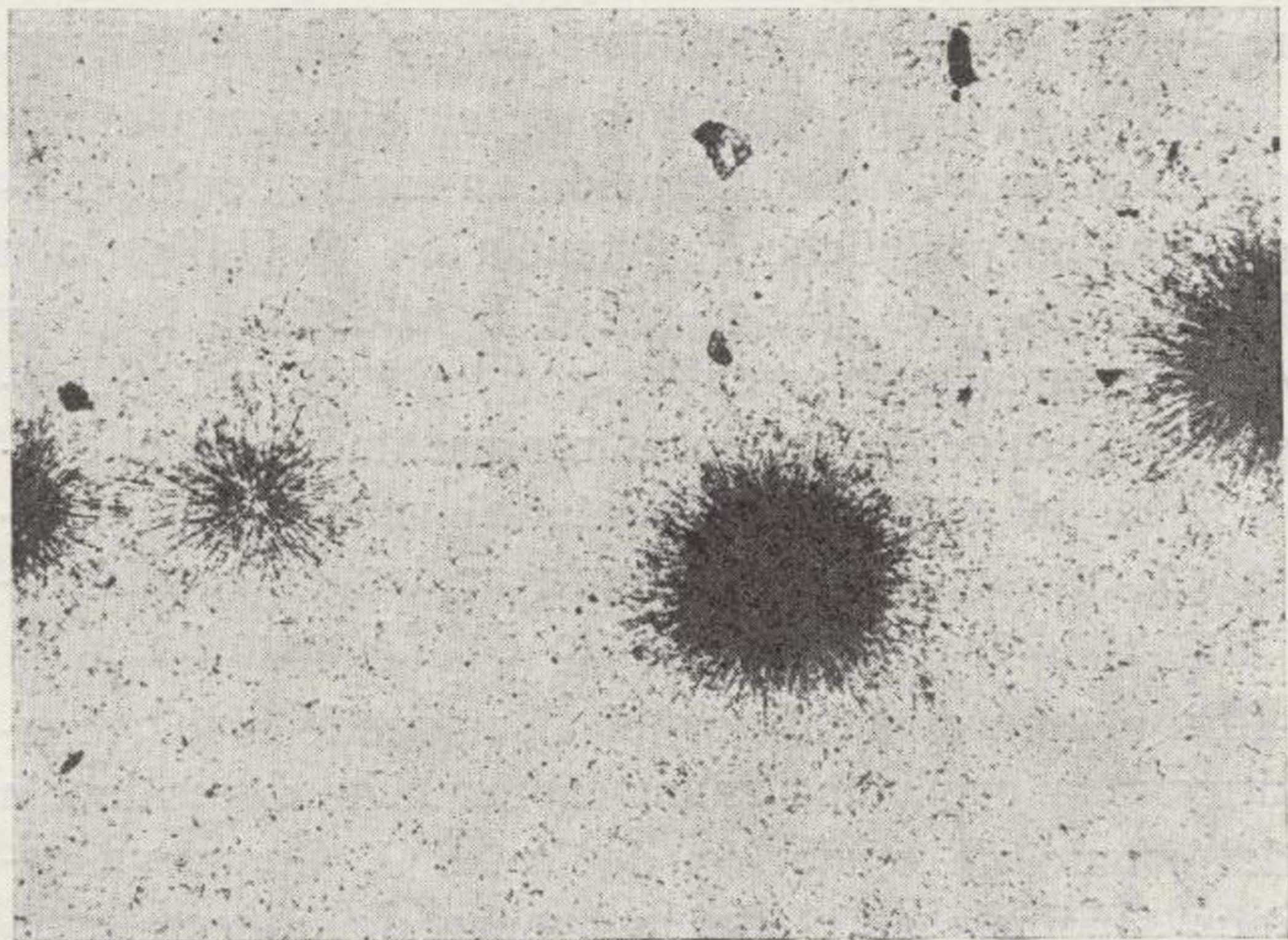
En todos los estudios petrográficos y metalográficos efectuados no hemos podido deducir nunca la presencia de minerales propios de U en los lignitos. Los abundantes análisis de muestras mediante difracción de R. X. tampoco han reflejado en ningún momento la existencia de dichos minerales. La hipó-

tesis lógica que surge espontáneamente es de que el U no forma compuestos minerales independientes, sino que se une a los constituyentes orgánicos formando con ellos una fase natural común. El estudio detallado de las fracciones densimétricas y granulométricas confirman este supuesto. Igualmente, el análisis racional de varias muestras y ensayos diversos sobre la liberación del U, según hemos comentado en apartados anteriores, demuestran que el U se liga a los A. H., por una parte, y a las huminas, por otra, según un fuerte enlace, siendo esta segunda asociación aún más tenaz y resistente que la primera. Por eso resulta muy difícil liberar el U en medios ácidos, precisando prácticamente la destrucción de la M. O. para efectuarlo; ahora bien, si dicho elemento se encontrara en forma de minerales, habría de liberarse fácilmente en condiciones normales de ataque ácido. Todo esto nos lleva a la conclusión de que el U se enlaza con las sustancias húmicas de los lignitos según fases urano-orgánicas de dos tipos, a saber, U-A. H. y U-huminas. La asociación U-A. H. es posible que corresponda a complejos de gran estabilidad, pero inferior a la del U-huminas que podría corresponder a complejos de tipo quelatos.

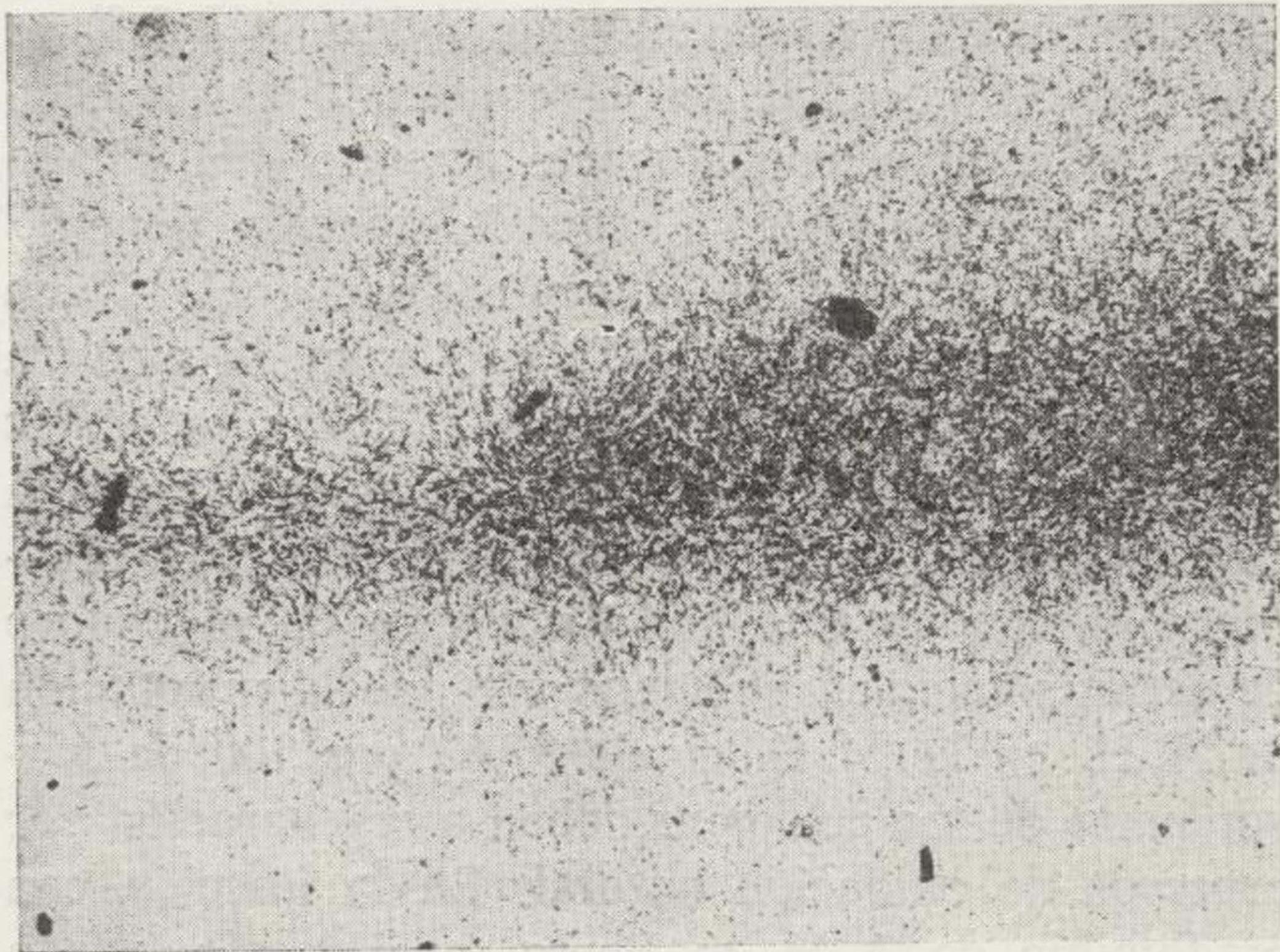
En las placas nucleares hemos visto que, a veces, aparecen verdaderos impactos; esto podría dar lugar a pensar que los centros de emisión corresponden a minerales radiactivos independientes; pero no es así, en primer lugar, hay que tener en cuenta que los fuertes impactos que aparecen en las autorradiografías, han surgido después de una exposición muy larga; en segundo lugar, también los complejos urano-orgánicos se pueden concentrar en zonas puntuales de las sustancias húmicas, originando con el tiempo en las placas nucleares agrupaciones densas de trazas equivalentes a impactos. A este respecto queremos hacer notar, que, como señala Schmidt Collerus (16), al hablar sobre la relación entre la M. O. y los yacimientos de U, dentro de las macromoléculas orgánicas, hay posiciones particulares y específicas en las que se localizan los ligandos del U. A escala microscópica la distribución de tales ligados puede ser irregular concentrándose en zonas locales definidas.

#### 6. ORIGEN DE LA ASOCIACIÓN URANO-ORGÁNICA.

En cuanto al origen de la asociación urano-orgánica en los biolitos de Calaf creemos que se ha realizado mediante una deposición singenética, es decir, el U se fijó a la M. O. cuando ésta se encon-



Autorradiografía 1. Lignitos uraníferos de Calaf.  $\times 80$ . Tiempo de exposición, 47 días. Los radioemisores se concentran altamente en centros puntuales dando lugar a fuertes impactos que en la foto aparecen como una densa agrupación de trazas fibrosoradiadas de color negro.



Autorradiografía 2. Lignitos uraníferos de Calaf.  $\times 80$ . Tiempo de exposición, 47 días. Las trayectorias de color negro corresponden a las partículas emitidas por el radioelemento que aparece distribuido según una banda. El material emisor es un lecho de huminita en el que se concentra el U.

traba en el estado inicial de la carbonización y, por tanto, durante los procesos simultáneos o que siguen inmediatamente al depósito de los distintos materiales en el área de sedimentación.

He aquí, entre otras posibles, las razones que apoyan esta hipótesis:

— No podemos nunca relacionar la concentración uranífera con vías de acceso de aguas uraníferas de infiltración. Los niveles encajantes de los lignitos son de carácter impermeable, lo cual supone una barrera para la deposición epigenética, a no ser que ésta tenga lugar a favor de estructuras tectónicas canalizadores de las soluciones metalizantes. Pero esto no ha ocurrido en los lignitos de Calaf, puesto que en las numerosas muestras estudiadas en ningún momento hemos observado que el U se localice a favor de discontinuidades tectónicas, en relación con microfisuras, espacios intersticiales, etc.

— De forma general, existe una distribución uniforme del U. Hemos visto que también tiene lugar una microdistribución heterogénea, pero esto parece se debe, como ya hemos indicado, a que en las mismas sustancias húmicas existen posiciones puntuales de concentración preferente. Por lo demás la distribución regular del U, es bastante notable, según hemos podido comprobar al medir la radiactividad a lo largo y ancho de las capas en las galerías de minas. Por otra parte, se han efectuado análisis químicos de U en muestras pertenecientes al muro, centro y techo de varias capas y los contenidos han sido análogos.

— En las autorradiografías hemos observado una distribución natural de los radioelementos que concuerdan con la estructura estratigráfica; efectivamente, con frecuencia las trayectorias se disponen en bandas y los impactos o acumulaciones de trazas se alinean en horizontes; es porque en unos y otros casos los radioemisores, entre los que figura fundamentalmente el U, se incluyen en lechos de huminita concordantes con la estratificación.

— En el apartado anterior señalamos que el U se encuentra al estado de fases orgánicas; esto favorece igualmente la hipótesis sobre el carácter singenético del U, puesto que de forma general la M.O., cuando se encuentra en la etapa inicial de la carbonización, tiene gran tendencia a combinarse químicamente con el U en forma de complejos, y por definición los momentos iniciales de la evolución indican carácter de singénesis en los procesos metalizantes.

Creemos que las razones señaladas prueban la naturaleza singenética de la deposición. No es que el U constituya un elemento inherente a las plantas originarias del carbón, sino que llegó en solución acuosa a la cuenca, y se enlazó a los materiales biógenos cuando éstos se encontraban en el estado inicial de la evolución, es decir, antes de la unificación litológica con naturaleza de lignitos, incluso de los de menor rango. La fuente originaria del U estaría en la misma área de donde proceden los materiales detríticos terrígenos y carbonatados que rellenan la cuenca. Se trata, por tanto, de una concentración urano-orgánica sinendogenética.

Es muy probable que el U se fijase inicialmente a los A.H. en forma de complejos de estabilidad moderada, y al evolucionar la M.O. y la mayor parte de los A.H. fueron gradualmente transformándose en huminas, tal como aparecen en la actualidad, el U sufría reajustes en el interior de las macromoléculas orgánicas en transformación hasta constituir en las huminas compuestos orgánicos de máxima estabilidad tipo quelatos.

#### V. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA ECONOMIA DEL U EN LOS LIGNITOS DE CALAF.

Las leyes en U desde una perspectiva económica inmediata, parecen insuficientes en la mayor parte de las reservas de la cuenca. Sólo las muestras de algunos horizontes correspondientes a los paquetes Matilde y Mirambel registran leyes francamente altas, y sería factible un aprovechamiento, si la magnitud del material beneficiable fuera también suficiente y presentara condiciones normales de recuperación.

Sin embargo, con carácter general, hemos visto que el U aparece asociado a los A.H. y huminas en fases orgánicas muy estables, presentando gran resistencia a su liberación, mayor aún en el caso de la asociación U-huminas, que es la que tiene lugar en la casi totalidad de las reservas de la cuenca. Por tanto, la recuperación del U en tal estado es más compleja y supone mayores costos que si se encontrara en forma de minerales propios.

Tal vez se abriría una posibilidad económica interesante en la hipótesis de aprovechar los lignitos para energía térmica, recuperando el U de las cenizas, ya que el combustible presenta una relación directa entre la concentración de U y el contenido térmico. Efectivamente, en las operaciones previas

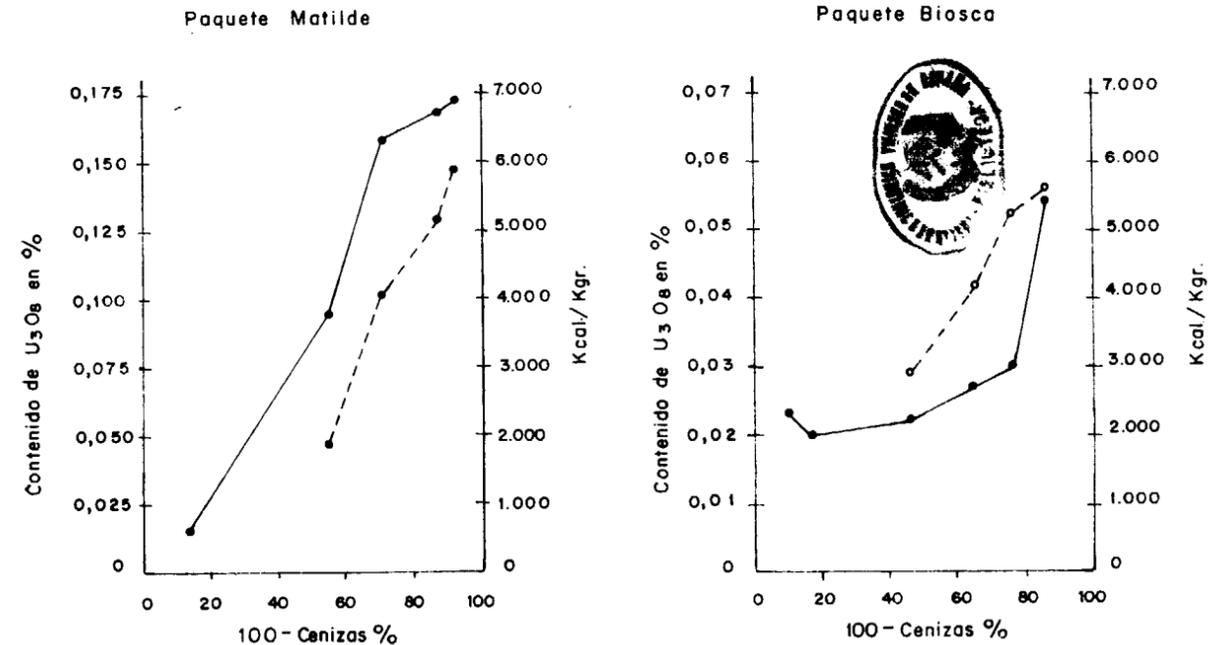


Figura 4

Relación entre la concentración de  $U_3O_8$  y contenido térmico en fracciones densimétricas de dos muestras correspondientes a los paquetes Matilde y Biosca.

- Relación entre el contenido en  $U_3O_8$  y la proporción en M.O.
- - - - Relación entre el contenido térmico y la proporción en M.O.

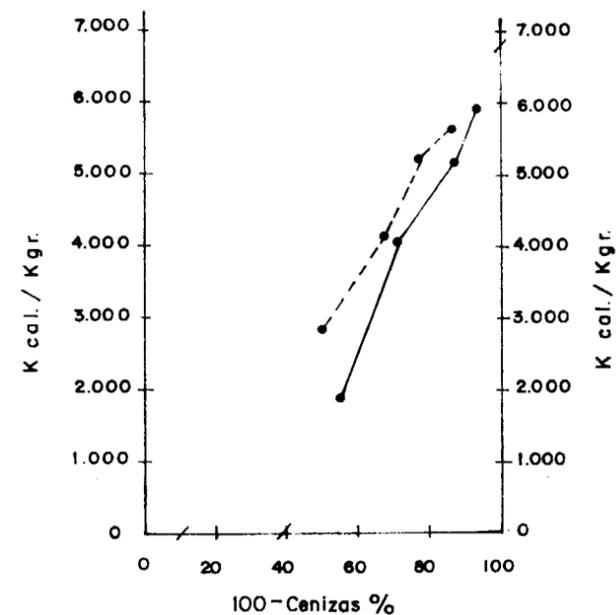


Figura 5

Comportamiento térmico comparativo de la parte orgánica e inorgánica de las mismas muestras de la figura anterior (véase explicación en el texto).

- Lignito del paquete Matilde.
- - - - Lignito del paquete Biosca.

de selección del material carbonoso que habrían de realizarse en el caso de emplearlo, por ejemplo, para una central térmica, los estériles en cuanto combustible coinciden con las fracciones más estériles en cuanto al contenido en U. Esto se deduce claramente de los diagramas de la figura 4, en los que se compara la concentración de  $U_3O_8$  y potencia calorífica según la mayor o menor pureza del combustible, en las fracciones de levigado densimétrico de dos muestras, una del paquete Matilde y otra del paquete Biosca-Unión Minera. Vemos que en ambas muestras el U se va concentrando en las fracciones que representan mejor combustible, es decir, fracciones de mayor energía calorífica. Por tanto, el U aparecerá muy enriquecido en las cenizas. Así sucede en los numerosos análisis efectuados.

En el diagrama de la figura 5 hemos querido visualizar el comportamiento térmico comparativo de la fracción orgánica e inorgánica de ambas muestras. Si extrapolamos las curvas de correlación respectivas vemos que las dos cortan al eje de coordenadas en puntos muy próximos, entre 6700-6800 kilocalorías/Kg., lo cual indica que los combustibles puros de los dos paquetes tienen, aproximadamente, el mismo poder calorífico superior. Esto señala a su

vez la similitud natural entre ambos tipos de carbón. En cambio, esas curvas cortan al eje de abscisas en dos puntos muy separados, lo cual hace pensar que la materia mineral presenta características diferentes en ambas muestras, las cuales influyen en el comportamiento térmico respectivo. La serie correspondiente al paquete Biosca corta al eje de abscisas para un valor de M. O. próxima al 10 por 100; si se compara esto con hullas parece normal, según nos comunicó por escrito el doctor Hevíá; ahora bien, la serie correspondiente a la muestra del paquete Matilde corta a dicho eje para un valor de M. O. de aproximadamente 40 por 100; para este contenido en M. O. el material del paquete Matilde no presentaría energía colórica alguna, mientras que el de Biosca tendría aproximadamente 2000 kcal/kg. Por el análisis mineralógico correspondiente, vemos que la serie del paquete Matilde aparece enriquecida en yeso, mientras que este mineral no existe en la serie de Biosca. Creemos que esto explica las diferencias de comportamiento térmico en la fracción inorgánica de ambas muestras. En efecto, analizando la curva del análisis térmico diferencial del yeso [Deer et al. (17)] se deduce que entre 100°-320° C se va produciendo su deshidratación pasando a anhidrita; esto supone un efecto endotérmico que lógicamente se ha de traducir en una disminución del poder calorífico correlativo. Ahora bien, la presencia de yeso no restaría energía calorífica al material, puesto que se eliminaría totalmente en las operaciones de selección en el lavadero; por otra parte, sólo aparece localmente.

Lo que sí se deduce y es interesante que el combustible puro en los lignitos de Calaf es de alto contenido térmico, y en él se concentra altamente el U.

En todo caso, qué duda cabe, estos lignitos constituyen una fracción apreciable de las reservas españolas de U, lo cual es prometedor de cara a un futuro que se presenta cada vez más necesitado de materias primas radiactivas.

### CONCLUSIONES

— La litología de la cuenca de Calaf es típicamente continental, predominando los medios de sedimentación lacustre y palustre.

— Los biolitos de Calaf se componen esencialmente de eu-ulminita y telogelinita pertenecientes al grupo maceral huminita. Por tanto, se trata de sustancias húmicas maderosas y más o menos frag-

mentadas, que han madurado en la cuenca hasta un alto grado de gelificación dentro de la etapa de lignitos. En proporción accesoria aparece eu-gelinita formada a partir de productos ligno-celulósicos originariamente geliformes. Otros macerales accesorios están constituidos por esporinita, cutinita y resinita del grupo de la exinita; así como fusinita, semifusinita y esclerocios de hongos del grupo de la inerinita.

— La naturaleza petrográfica global y la distribución de los macerales correspondientes son comparables en las organitas de las diferentes capas lignitíferas de la cuenca.

— De acuerdo con los más apropiados parámetros caracterizantes del rango, clasificamos los biolitos de la cuenca como lignitos duros brillantes.

— El conjunto litológico de la cuenca de Calaf ofrece condiciones de favorabilidad para la concentración del U en la misma, pero ésta sólo tiene lugar en los niveles lignitíferos; únicamente en estos materiales cabe buscar la posibilidad de un aprovechamiento económico del U.

— El U se asocia fundamentalmente a los constituyentes orgánicos de los lignitos, existiendo una correlación positiva perfecta entre la M. O. y dicho metal. Si establecemos un balance global sobre la distribución absoluta del U, más de las tres cuartas partes del mismo se asocia a los componentes carbonosos.

— Como norma general existe un fuerte desequilibrio radiactivo en todo el material lignitífero, en el sentido de que el U se concentra en los constituyentes biógenos y el Ra en los minerales inorgánicos asociados.

— El fraccionamiento granulométrico de material molido indica que, salvo pequeñas desviaciones, la M. O. se concentra en las fracciones con tamaño de grano comprendido entre 100-250 micras; la mayor proporción de U se localiza en esas mismas fracciones.

— El análisis racional de varias muestras y los ensayos sobre liberación del U señalan que la proporción de ceras, resinas y productos bituminosos es escasa, y lo mismo la de organolitos inertes, tipo fusinitas, cutículas, esporas y esclerocios. No existe una relación significativa entre el U y dichos componentes.

— El U se asocia íntimamente a las sustancias húmicas activas: A. H. y huminas. Una pequeña proporción aparece ligada a los componentes minerales inorgánicos.

— En medios ácidos, el U ligado a los componentes inorgánicos se libera con mayor facilidad que el U ligado a los constituyentes orgánicos; éstos ofrecen gran resistencia a su lixiviación, siendo necesario para efectuarla condiciones de ataque muy enérgicas. Tal resistencia a la liberación del U es más fuerte en las huminas que en los A. H.

— En medios alcalinos, los A. H. se disuelven con facilidad arrastrando consigo el U asociado. Para disolver las huminas hay que someterlas previamente a un proceso eficaz de oxidación; realizado éste, el U se disuelve también fácilmente al mismo tiempo que las huminas regeneradas en A. H.

— La radiación  $\alpha$  emitida por los radielementos existentes en los biolitos ha producido en la huminita algunas modificaciones físicas y químicas; éstas se traducen en cierta elevación del valor de algunos parámetros clasificadores del rango.

— El U existente en las sustancias húmicas de los lignitos no se determina según compuestos minerales independientes, sino que forma fases urano-orgánicas. Estas son de dos tipos: U-A. H. y U-huminas. Es muy probable que la asociación U-A. H. corresponda a complejos de estabilidad elevada, pero de grado inferior a la asociación U-huminas que podría corresponder a complejos de tipo quelatos.

— La concentración urano-orgánica en los biolitos de Calaf se ha realizado mediante un proceso singenético y endogenético. Es muy probable que el U se fijase inicialmente a los A. H. en forma de complejos de estabilidad moderada, y al avanzar la evolución y pasar la mayor parte de A. H. a huminas, tal como aparecen en la actualidad, el U sufriera reajustes en el interior de las macromoléculas, hasta constituir compuestos de máxima estabilidad, tipo quelatos.

— El combustible puro en los lignitos de Calaf es de contenido térmico elevado, y en él se concentra altamente el U.

### BIBLIOGRAFIA

- (1) CLOSAS MIRALLES, J.: *Los carbones minerales de Cataluña*. Diputación Provincial de Barcelona. Publicaciones del Instituto Geológico. Miscelánea Almera. Barcelona (1948).
- (2) LARRAGÁN, A.; BATALER, J. R. y LLOPIS LLADO, N.: *Mapa Geológico de España*. Escala 1:50.000. Explicación de la hoja núm. 362. Instituto Geológico de España, núm. 156. H. Calaf (Barcelona) (1951).
- (3) RAMÍREZ, A.: *La cuenca de lignitos uraníferos de Calaf (Barcelona)*. Informe interno J.E.N. (1964).
- (4) RAMÍREZ, A.: *Nota sobre el hallazgo de uranio en los lignitos de Calaf (Barcelona)*. Informe interno J.E.N. (1964).
- (5) RAMÍREZ, A.: *Estudio geológico general de las cuencas de Calaf y Ebro-Segre*. Informe interno J.E.N. (1965).
- (6) RAMÍREZ, A.: *Nota sobre los trabajos de evaluación de las capas de lignitos de Calaf-Fraga en 1965*. Informe interno J.E.N. (1966).
- (7) ALPERN, B. et TICH-MULLER, M.: *Classification et correlation des constituants de la vitrinite (houilles) et de l'huminite (lignites)*. C. R. Acad. Sc. Paris, 272, serie D., núm. 13, pp. 1717-1720 (1971).
- (8) LEXIQUE INTERNATIONAL DE PETROGRAPHIE DES CHARBONS. *Centre National de la Recherche Scientifique*, 15. Quai Anatole-France-Paris (7<sup>e</sup>) (1963).
- (9) ALPERN, B.: *Classification petrographique des constituants organiques fossiles des roches sédimentaires*. "Revue de L'Institut Français du Pétrole et annales des combustibles liquides". Vol. XXV, núm. 11, novembre (1970).
- (10) STACH, E.: *Basic principles of coal Petrology: Macerals, microlithotypes and some effects of coalification*; pp. 3-17. Coal and coal-bearing strata. Murchison and Westall Edt. Oliver and Boyd. Edinburgh and London (1968).
- (11) MAKOWSKY, M. TH.: *European carboniferous coalfields and permian gondwana coalfields*; pp. 325-345. Coal and Coal-bearing strata. Murchison and Westoll ed. Oliver and Boyd. Edinburgh and London (1968).
- (12) MINGARRO, E.: *Estudio preliminar de los lignitos de la cuenca de Calaf*. Informe interior J.E.N. (1965).
- (13) JEDWAB, J.: *Similitudes microscopiques entre certaines thucholites et les matières charbonées humiques*. "Bull. Soc. frac. Miner. Crist." LXXXIX. 251-258 (1966).
- (14) JEDWAB, J.: *Les dégats radiatifs dans le charbon uranífero du Schaentzel*. Sonderdruck aus der geologischen runderschau band 55, Seite 445-453 (1965).
- (15) JEDWAB, J.: *Dégats radiatifs naturels dans des matériaux asphaltiques uraníferes. I: Le grès asphaltique du mas Alary (Hérault-France)*. Extrait du "Bulletin de la Société Belge de Géologie". Tome LXXI, fascicule 3 et dernier; Bruxelles (1962).
- (16) SCHMIDT-COLLERUS, J. J.: *Research in uranium geochemistry. Investigations of the relationship between organic matter and uranium deposits*. Part. I. Denver research institute final report núm. 2423 (USAEC Contract núm. AT (05-1)-933) August (1967).
- (17) DEER, W. A.; HOWIE, R. A., and ZUSSMAN, J.: *Rock forming minerals*. Vol 5. Nonsilicates. Longmans (1962).

Recibido: Noviembre de 1973.

# Contribuição para o conhecimento petrográfico dos granitos da serra do Gerês(\*)

Por T. PALACIOS (\*\*)

## RESUMEN

El área estudiada ocupa la parte más occidental de la Sierra de Gerês (Miño, Portugal) y está constituida fundamentalmente por rocas graníticas. A partir del estudio petrográfico se intentó clasificarla según los criterios seguidos por otros autores en otras áreas del Macizo Hespérico, en particular en la parte NO de la Península Ibérica.

El grupo de los granitos alcalinos de grano medio a grosero y de dos micas debe corresponder a la serie de los granitos alcalinos hercínicos antiguos y el grupo de los granitos calco-alcalinos porfiróides y predominantemente biotíticos a la serie calcoalcalina de granitos hercínicos jóvenes.

Se hace referencia especial al problema de los granitos rojizos.

## RESUMO

A área estudada ocupa a parte mais ocidental da Serra do Gerês (Minho, Portugal) e é constituida essencialmente por rochas graníticas.

A partir do estudo petrográfico, tentou-se classificar estas rochas graníticas segundo os critérios actualmente seguidos por outros autores que estudaram granitos noutras áreas do Maciço Hespérico, em particular na parte NO da Península Ibérica.

O grupo dos granitos alcalinos de grão grosseiro a médio e de duas micas, deve corresponder à série dos granitos alcalinos hercínicos antigos, e o grupo dos granitos calco-alcalinos porfiróides e predominantemente biotíticos à série calcoalcalina de granitos hercínicos jovens.

Faz-se referência especial ao problema dos granitos vermelhos.

## ABSTRACT

The result of a petrographic study of granitic rocks of the most western part Serra do Gerês (Minho, Portugal) is presented.

The criteria followed in this paper are intended to resemble those used by other authors, recently involved with other studies on granites of the Hesperian Massif.

The alcaic group, composed of coarse- to medium-grained, two micas granites, probably belong to the Older Hercynian Alcaic Granites. The calc-alkalic group, represented by porphyritic, chiefly biotitic granites is certainly related with the Younger Hercynian Calc-alkalic Granites.

Emphasis is given to the red-granites problem.

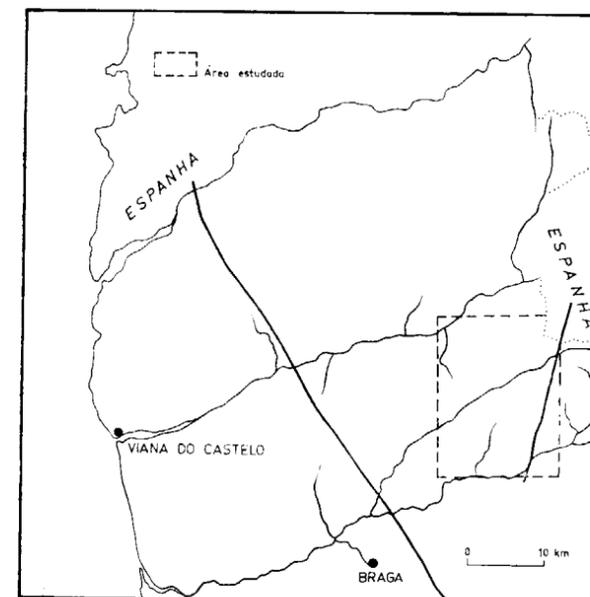
(\*) Trabajo presentado a la II Reunión de Geología del SO.

(\*\*) Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

## I. INTRODUÇÃO

A área estudada (mapa de localização), abrange a parte Ocidental da Serra do Gerês. Tem configuração bastante acidentada devido à acção dos agentes que erodiram intensamente as rochas, e ao profundo entalhe dos cursos de água, de vertentes abruptas e grandes desníveis, que dão um aspecto extraordinariamente agreste à região.

É cortada por numerosos cursos de água dos quais os mais importantes são o rio Cávado e os seus afluentes Homem, Caldo e Gerês, sobre os quais foram construídas as barragens da Caniçada (alimentada pelo Cávado, Caldo e Gerês) e de Vilarinho das Furnas (no rio Homem) para aproveitamentos hidroeléctricos. No extremo NW corre



um pequeno troço do rio Lima. Alguns destes rios instalaram-se muito provavelmente ao longo de importantes alinhamentos tectónicos, como é o caso do rio Gerês, cujo vale, sensivelmente rectilíneo, corresponde a uma linha de falha de orientação NNE-SSW. É na margem esquerda deste rio que se encontram as conhecidas nascentes termais.

As maiores elevações encontram-se na região leste da área estudada, destacando-se entre as mais importantes, Louriça (1.361 m.), Muro (1.345 m.), Casarotas (1.138 m.) e diversos pontos acima da cota dos 800 m (Tonel, Cidade, Escuredo, etc.) sendo atingida para oeste a cota mais baixa, de 50 m., nas margens do rio Lima.

A variedade textural dentro da aparente uniformidade do granito, e ainda outras características particulares observadas na Serra do Gerês (coloração avermelhada de alguns granitos, fontes termais, possíveis vestígios de glaciares, filões, etc.), chamaram já a atenção de P. Choffat (1895). J. dos Santos Pereira (1949, 1951-a e b) descreveu a petrografia de algumas rochas sieníticas, graníticas e filonianas da mesma serra. A possibilidade da existência de vestígios de glaciares quaternários naquela região do País, posta em causa ou mesmo negada por alguns atutores, é admitida por Amorim Girão (1958) ao descrever determinados aspectos geomorfológicos ali presentes. R. Quadrado (1967) descreveu aspectos da geologia e petrografia da mesma parte da Serra do Gerês que agora nos ocupa. O problema dos granitos vermelhos da região de Montalegre foi tratado por Ávila Martins (1972) do ponto de vista estrutural e petrográfico. F. Ladeira (1973) estudou a anisotropia mecânica de um pegmatito quartzofeldspático existente nas proximidades de Pala Paranhos.

Nesta nota, apresenta-se o resultado de estudos preliminares sobre a petrografia das rochas graníticas que afloram na área abrangida pelas folhas n.º 30 (Germil-Ponte da Barca) e n.º 43 (Terras de Bouro) dos Serviços Cartográficos do Exército na escala 1/25.000. A maior parte do material utilizado, foi colhido em 1959 durante os levantamentos geológicos realizados pelos Drs. A. Medeiros e Teixeira Lopes, geólogos da Junta de Energia Nuclear, que facilitaram ainda a consulta dos respectivos mapas e relatórios explicativos inéditos. Foi possível dispor também de amostragem colhida posteriormente pelo Dr. R. Quadrado e mais recentemente pelo Dr. A. Medeiros, e dos resultados de algumas análises químicas (1). Em 1972, durante uma excursão geológica dirigida pelo Prof. Carlos Teixeira, e acompanhados pelo Dr. A. Medeiros, tivemos oportunidade de fazer um breve reconhecimento da área, coligir mais amostragem, e apreciar os principais aspectos da geologia da região.

## II. PRINCIPAIS UNIDADES LITOLÓGICAS

Os levantamentos geológicos realizados por A. Medeiros e Teixeira Lopes (A. Medeiros, 1959;

(1) Análises químicas executadas no Laboratório de Técnicas Físico-Químicas Aplicadas a Mineralogia e Petrologia pelo Prof. A. Lopes Vieira, e no Museu de Mineralogia de Faculdade de Ciências de Lisboa, por D.ª Leon-tina Guimarães.

T. Lopes, 1959), e os presentes estudos petrográficos, permitiram pôr em evidência na região as unidades litológicas que a seguir se descrevem muito sucintamente.



Figura 1

Ribeira da Gemesura (cerca de 500 m a jusante da barragem de Vilarinho das Furnas). Entalhes profundos no granito alcalino, de grão médio a grosseiro.

(Fotos de L. Celestino.)

#### Complexo xisto-granito-migmatítico.

Aflora numa pequena mancha, a norte da Serra Amarela e é constituído por xistos e corneanas englobados no granito. Representa, segundo R. Quadrado (1967) "o testemunho das formações que ocuparam a área antes da implantação dos granitos".

#### Granitos alcalinos, de grão grosseiro a médio, de duas micas.

Ocupam extensa área na parte norte e noroeste representada pela folha de Germil, desde a serra Amarela até ao rio Lima, estendendo-se para sul segundo grande apófise entre as povoações de Carvalheira e Campo do Gerês.

Apesar de corresponder aos maiores desníveis da região (fig. 1)—desde 1.361 m. no monte Louriça, até à cota dos 50 m. nas margens do rio Lima—parece formar relevos mais suaves do que os do granito porfiróide.



Figura 2

Barragem de Vilarinho das Furnas. Colinas da margem direita, no local da barragem. Granito de duas micas, com silimanite e andaluzite, orientado; notar o alinhamento da biotite.

A rocha é, no geral, leuco-mesocrática e de granularidade grosseira a média.

Nas colinas da margem direita do rio Homem, no local onde se situa a barragem de Vilarinho das Furnas, a rocha apresenta-se orientada. Neste local, bem como no tunel existente a algumas dezenas de metros a montante, é evidente a orientação da rocha, traduzida, principalmente, pelo alinhamento da biotite (fig. 2). Nesta área a rocha granítica apresenta tonalidades esbranquiçadas, cinzento-esverdeadas e ligeiramente rosadas, com passagens graduais de umas às outras.

#### Granitos calco-alcalinos, porfiróides, predominantemente biotíticos.

Ocupam quase toda a área correspondente à folha de Terras de Bouro e à parte sul e leste da área da folha de Germil.

Percorrendo esta mancha, verificou-se a existência de dois tipos de granitos porfiróides com características texturais até certo ponto bem distintas como já assinalaram A. Medeiros e T. Lopes nos relatórios e levantamentos citados.

O granito que aflora na parte sul e oeste da área abrangida pela folha de Terras de Bouro, bem como o que existe na região sudoeste da área da folha de Germil, é de carácter porfiróide grosseiro, rico de biotite e com abundantes e desenvolvidos megacristais de feldspato (alguns com 5 a 6 cm. de comprimento) de coloração esbranquiçada. Embora



Figura 3

Região de Dornas (ao Km. 64 da estrada Braga-Paredes). Granito porfiróide grosseiro, biotítico (parte superior direita), com zonas de granularidade média e sem megacristais.

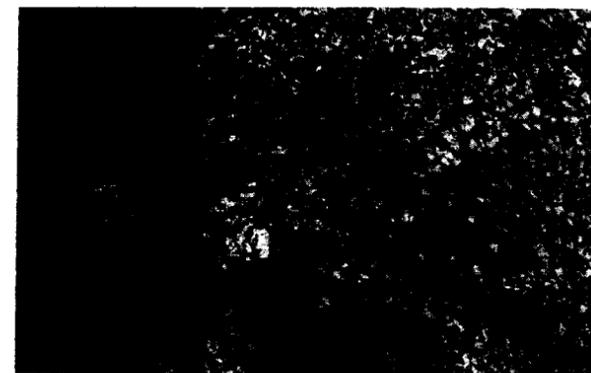


Figura 4

Região de Dornas (no Km. 65 da estrada Braga-Paredes). Aspecto do granito porfiróide grosseiro biotítico.

a textura porfiróide seja quase exclusiva destes afloramentos, observaram-se localmente diferenciações de granularidade média sem megacristais (fig. 3). Ao longo das barreiras da estrada principal que

acompanha a margem direita do rio Cávado, podem observar-se aspectos típicos da textura porfiróide acima referida (fig. 4, 5), bem como a existência de zonas de arenização mais ou menos desenvolvidas.



Figura 5

Pormenor da fotografia anterior. Os megacristais são de feldspato potássico e de plagioclase.

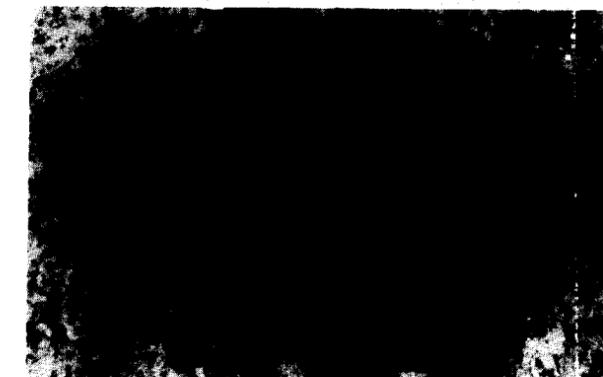


Figura 6

Região de Parada (Rio Caldo). Aspecto textural do granito róseo, granular muito grosseiro.

Nas proximidades da região de Parada (Rio Caldo), verifica-se que o granito porfiróide grosseiro, com grande quantidade de megacristais esbranquiçados, passa gradualmente a granito de grão muito grosseiro, onde o carácter porfiróide, não é tão evidente (fig. 6). Além da diferença textural que o distingue do tipo inicialmente descrito, é característica quase constante desta rocha a presença de feldspatos com tonalidades mais ou menos rosadas, donde o designação vulgar de "granito róseo ou vermelho".



Figura 1

Ribeira da Gemesura (cerca de 500 m a jusante da barragem de Vilarinho das Furnas). Entalhes profundos no granito alcalino, de grão médio a grosseiro.

(Fotos de L. Celestino.)



Figura 2

Barragem de Vilarinho das Furnas. Colinas da margem direita, no local da barragem. Granito de duas micas, com silimanite e andaluzite, orientado; notar o alinhamento da biotite.



Figura 3

Região de Dornas (ao Km. 64 da estrada Braga-Paredes). Granito porfiróide grosseiro, biotítico (parte superior direita), com zonas de granularidade média e sem megacristais.



Figura 4

Região de Dornas (no Km. 65 da estrada Braga-Paredes). Aspecto do granito porfiróide grosseiro biotítico.



Figura 5

Pormenor da fotografia anterior. Os megacristais são de feldspato potássico e de plagioclase.



Figura 6

Região de Parada (Río Caldo). Aspecto textural do granito róseo, granular muito grosseiro.



Figura 7

Pedreira situada a cerca de 1 Km. a norte do Campo do Gerês. Aspecto das diaclases no granito róseo, granular muito grosseiro a porfiróide.



Figura 8

Pala Paranhos. "Cordão" de rocha sienito-granítica avermelhada (limitado a tracejado), enquadrado no granito róseo de grão muito grosseiro.

Este granito ocupa a maior parte da região nordeste da área abrangida pela folha de Terras de Bouro, bem como a zona leste da área da folha de Germil.

Nalgumas zonas, como por exemplo na pedreira situada a cerca de 1 Km. a norte da povoação de Campo do Gerês (fig. 7), observa-se localmente, o carácter porfiróide, traduzido pela evidência de cristais de feldspato mais desenvolvidos em matriz granular grosseira.

Não é raro observar na área do granito róseo a existência de pequenas manchas de coloração intensamente avermelhada. Estas rochas, de composição granítica e sienítica (observa-se, localmente,

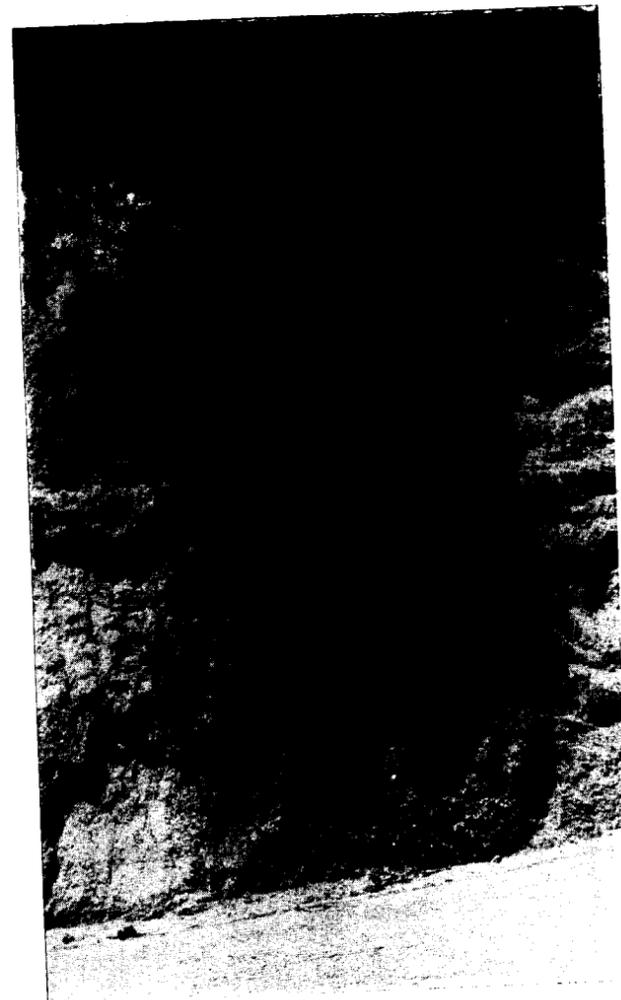


Figura 9

Barreira da estrada S. Bento da Porta Aberta-Covide. Faixa de rocha granito-sienítica avermelhada (parte escura) em relação com fracturas. Está "enquadrada" no granito róseo, granular muito grosseiro a porfiróide.

empobrecimento ou mesmo ausência de quartzo), aparecem quer sob a forma de extensos e espessos "cordões" (fig. 8), quer limitadas a estreitas faixas, quase sempre relacionadas com fracturas (fig. 9).

#### Granitos de grão fino.

Constituem pequeno afloramento situado no extremo sudoeste da área abrangida pela folha n.º 43 (Terras de Bouro), entre as povoações de Lage e Faguiães.

Trata-se de granito de grã fino, de duas mica predominantemente moscovítico. Encontra-se, no geral, bastante alterado e contacta, de modo sempre brusco, com o granito porfiróide, pelo qual se encontra limitado em toda a extensão.

#### Filões e estruturas afins.

Existem numerosos filões e bolsadas de quartzo, de pegmatito, de aplito, de aplito-pegmatito, bem como filões de rochas básicas. Este importante cortejo filoniano está localizado, principalmente, na área correspondente aos granitos porfiróides.

Os filões e bolsadas de quartzo orientam-se, predominantemente, na direcção NNE-SSW; são, no geral, de cor branca leitosa, de pequenas dimensões e estão muito fracturados.

Na região de Pala Paranhos existe, no granito róseo de grão muito grosseiro e às vezes porfiróide, massa pegmatítica constituída, essencialmente, por bandas alternantes de quartzo e de feldspato rosado que imprimem à rocha estrutura zonada. Apresenta-se mineralizada por berilo e turmalina (alguns cristais chegam a atingir mais de 0,5 m. de comprimento).

Os filões básicos são constituídos essencialmente por rocha de cor negra quando são, mas que no geral está muito alterada, com coloração amarelo-acastanhada. Apresentam por vezes disjunção esferoidal, têm orientação geral E-W ou NW-SE e foram assinalados em numerosos locais: Seixos Brancos, proximidades de Vilar, margem direita da barragem de Vilarinho das Furnas, leito do rio Gerês, margem esquerda do Cávado, e muitos outros.

### III. PETROGRAFIA

#### 1. Complexo xisto-granito-migmatítico.

Neste Complexo, foram identificados xistos, corneanas e granitos.

Os xistos, mostram marcada orientação dos minerais, acompanhada de distribuição em bandas alternantes dos constituintes de cor clara e escura. Além do quartzo, dos feldspatos e das micas (biotite e moscovite), contêm outros minerais, por vezes em quantidades apreciáveis, o mais importante dos quais é a andaluzite. Este mineral parece existir em duas gerações distintas: uma sintectónica e outra postectónica, que devem corresponder a duas fases de cristalização distintas. Pode referir-se ainda a existência de silimanite (fibrolite), cordierite, turmalina, zirção e minerais opacos.

As corneanas, cuja composição mineralógica é praticamente idêntica à dos xistos, diferem destes, principalmente, na textura e na granularidade.

Os granitos são alcalinos, biotíticos ou de duas micas, e têm como minerais acessórios alguns dos minerais presentes nos xistos e corneanas anteriormente citados (principalmente cordierite, andaluzite e silimanite). São frequentes os encraves xistosos no seio do granito; estes encraves são da mesma natureza que os xistos existentes no Complexo.

#### 2. Granitos alcalinos, de grão grosseiro a médio, de duas micas.

Este tipo de granitos, de granularidade variável entre o grão grosseiro e médio, apresenta sempre minerais de metamorfismo, resultantes provavelmente, da assimilação das rochas encaixantes, com a biotite no geral como mica predominante sobre a moscovite.

A textura é constantemente xenomórfica, com os contornos dos cristais nem sempre bem delimitados e frequentes inclusões de uns minerais nos outros.

O quartzo é sempre um constituinte abundante, e aparece em cristais bem desenvolvidos e em inclusões nos feldspatos. Estes dois modos de ocorrência correspondem a duas gerações distintas, estando a primeira representada pelos maiores cristais intergranulares e a segunda pelas "gotas" de quartzo e o quartzo das mirmequites.

Os feldspatos encontrados são: microclina, microclina-pertite, albite e oligoclase ácida.

O feldspato potássico é sempre mais abundante do que a plagioclase, e apresenta-se em cristais bem desenvolvidos, com frequência geminados segundo a lei de Carlsbad. As pertites, quando existentes, são no geral finas (fig. 10). A presença de "albite intergranular" (Mehnert, 1968) entre os cristais de feldspato potássico é frequente.

A plagioclase, com as habituais maclas polissin-

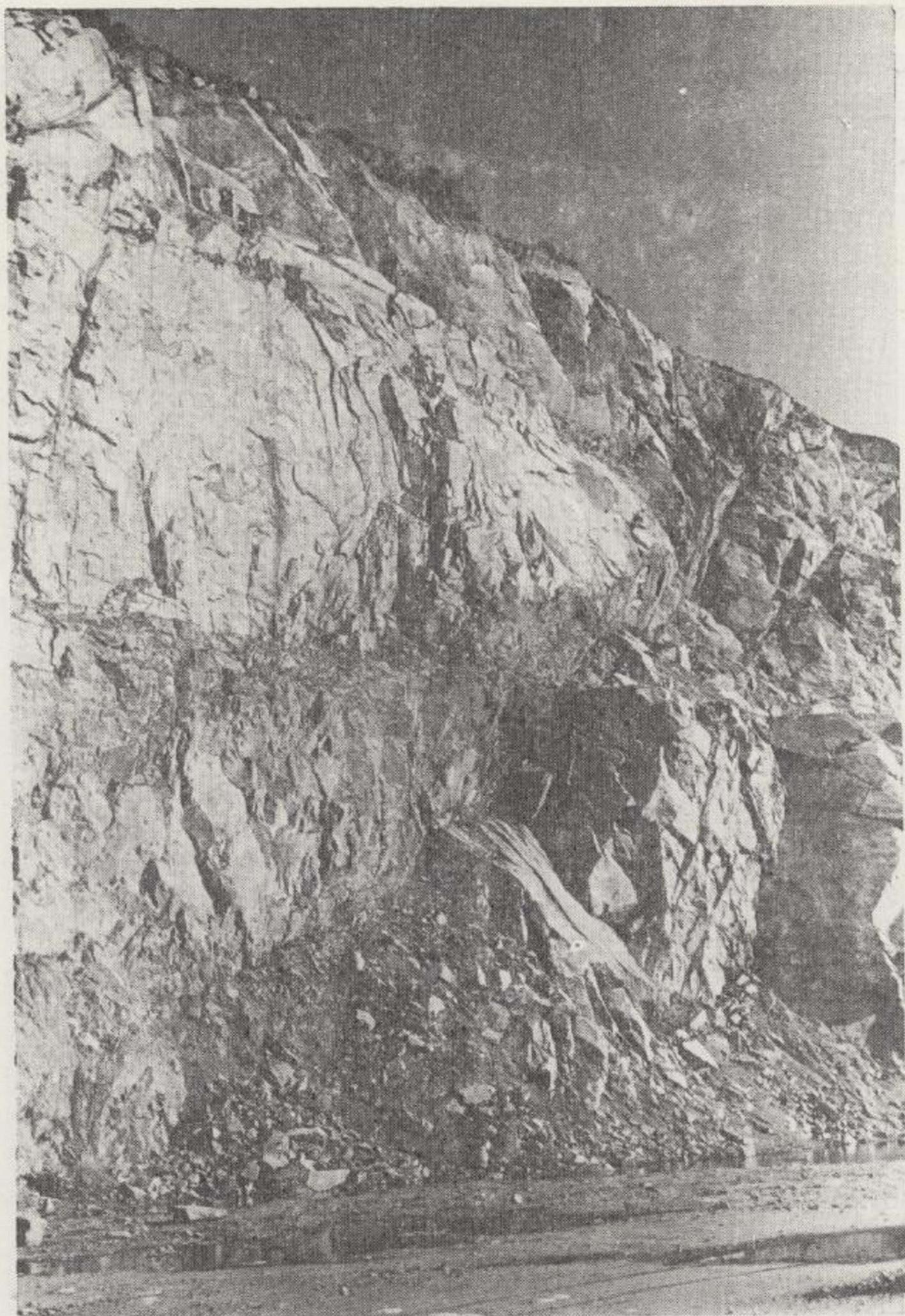


Figura 7

Pedreira situada a cerca de 1 Km. a norte do Campo do Gerês. Aspecto das diaclases no granito róseo, granular muito grosseiro a portiróide.



Figura 8

Pala Paranhos. "Cordão" de rocha sienito-granítica avermelhada (limitado a tracejado), enquadrado no granito róseo de grão muito grosseiro.



Figura 9

Barreira da estrada S. Bento da Porta Aberta-Covide. Faixa de rocha granito-sienítica avermelhada (parte escura) em relação com fracturas. Está "enquadrada" no granito róseo, granular muito grosseiro a porfiróide.

téticas, é do tipo albite a oligoclase ácida. Os termos mais frequentes, encontram-se entre 8 e 11 % de An. Por vezes encontra-se alterada, exibindo agregados de minerais das argilas e sericite associados.

A transformação de plagioclase em feldspato potássico, bem como a formação de pertites e mirmequites, que são fenómenos constantes nestas rochas, atestam a metassomatose potássica que estes granitos sofreram.

A biotite encontra-se sempre presente, e no geral em quantidade superior à moscovite. As palhetas mostram aspectos e dimensões variadas e têm os bordos, em geral, recortados. O pleocroísmo é intenso e variável entre o castanho avermelhado e o castanho claro. A associação de biotite e moscovite é normal aparecendo, muitas vezes, em continuidade cristalográfica. O topo das lamelas de moscovite é ainda mais recortado do que o da bio-



Figura 10

Pertites fusiformes em granito alcalino, granular grosseiro (N+; x80). Cerca de 1.250 metros a NW de Entre Ambos-os-Rios.

tite, e pode aparecer como que franjado pelo desenvolvimento de moscovite de segunda geração, que se apresenta intercrescida simplisticamente com o quartzo.

Cristais de zircão, que provocaram os habituais halos pleocróicos na biotite, cordierite e moscovite, bem como apatite, em pequenos prismas ou cristais arredondados ou hexagonais, aparecem incluídos constantemente quer nas micas quer nos outros constituintes da rocha. Geralmente há predominância da apatite sobre o zircão.

Alguns minerais opacos de Ti e Fe estão relacionados com a biotite.

Os constituintes mais característicos deste grupo de granitos são, sem dúvida, os minerais de metamorfismo, que ocorrem praticamente em toda esta área.

Há duas gerações de silimanite: a primeira, forma pequenos prismas no interior das micas e a segunda, densos agregados aciculares de fibrolite. É o mineral mais comum.

A andaluzite não é tão frequente. Contudo, no granito orientado das colinas situadas na margem direita do local da barragem de Vilarinho das Furnas é abundante e observa-se mesmo macroscopicamente.

Determinou-se, ainda, cordierite em algumas das rochas examinadas, formando concentrações mais ou menos importantes. Nalguns casos está largamente alterada, com transformação em agregados microgranulares sericíticos e cloríticos e/ou diferenciações isotropas de cor amarelada; mas também pode aparecer inalterada e com geminações polissintéticas características.

A causa da ocorrência destes minerais pode residir nos processos de endometamorfismo que acompanharam a formação destas rochas, com possível assimilação das rochas encaixantes de natureza pelítica, como parece acontecer noutros granitos do Norte de Portugal (Torre de Assunção, 1962).

Na realidade, segundo este autor, as migrações de matéria que tiveram lugar durante estes processos não teriam todas o mesmo vigor migratório no espaço. As que actuaram em "sistema limitado" devem ser as responsáveis pelas associações complexas de biotite e moscovite silimanitizadas com produção de orlas de feldspato potássico e quartzo, bem como pela geração, a distância algo maior, de cordierite em agregados no seio dos feldspatos ou de outros minerais. Assim, a silimanitização das micas arrasta libertação de K e Si e ao mesmo tempo de Mg e Fe e como estes últimos elementos têm menor raio iónico do que o K, podem migrar até maior distância e daí a cordierite aparecer mais afastada das micas e sem relação aparente com elas. Por outro lado, as migrações que atingiram distâncias mais consideráveis, dizem respeito aos fenómenos de granitização propriamente ditos, que envolvem acarreo de sílica e de álcalis, como sejam a mirmequitização, microclinização e formação de pertites. Quanto às fontes do K envolvido neste processo, acrescenta o citado autor, uma delas poderia ser a silimanitização das micas, mas dada

a sua pequena escala, deve pensar-se que a maior parte do K venha do exterior.

Foram identificados ainda alguns cristais de espinela verde e turmalina.

Atendendo à natureza da plagioclase, à grande preponderância do feldspato potássico e à abundância global de álcalis nas análises químicas, fica bem definido como alcalino este grupo de granitos.

### 3. Granitos calco-alcalinos, porfiróides, predominantemente biotíticos.

Constituem o tipo petrográfico mais representativo da região. Macroscopicamente, são granitos leuco ou mesocráticos, porfiróides, com matriz de grão médio a grosseiro (fig. 4 e 5) ou granulares muito grosseiros (fig. 6). Trata-se, no geral, de granitos mais ricos de biotite do que os granitos alcalinos de duas micas. Nalguns locais mostram tonalidades esbranquiçadas ou acinzentadas, ao passo que noutros são de cor rosada ou avermelhada devido à rubificação dos feldspatos.

O estudo microscópico permitiu individualizar dois tipos, até certo ponto distintos, com características diferentes sobretudo no que respeita a alguns minerais acessórios.

a) O primeiro destes tipos, que ocupa a maior parte da área de afloramento do granito porfiróide, é um granito calco-alcalino, monzonítico, de duas micas, predominantemente biotítico. Mostra indícios de deformação traduzidos, principalmente, por presença de quartzo com estrutura suturada e extinção ondulante, e por torções, mais ou menos intensas, dos planos de macla das plagioclases e dos planos de clivagem das micas.

O quartzo está presente em quantidade apreciável na matriz, em cristais anédricos bem desenvolvidos, e também incluído nos feldspatos. As mirmequites nos bordos das plagioclases são, no geral, mais abundantes do que nos granitos alcalinos.

O feldspato mais abundante é a plagioclase, em megacristais ou como constituinte da matriz. Determinações efectuadas com a platina Universal de Federov, permitiram verificar que se trata de oligoclase ou andesina (os valores mais frequentemente encontrados oscilam entre 25 e 34 % de An). Frequentemente, os cristais deste mineral encontram-se zonados, com os bordos menos ricos de An do que os núcleos. Não é raro observar alteração intensa mais pronunciada no núcleo, que consiste de agregados microgranulares, mais ou menos desenvolvidos, de sericite, minerais das argilas, epí-

doto e calcite, e que chega a corroer o mineral e a apagar a geminação.

A maior parte dos megacristais são de feldspato alcalino, microclina e pertites em geral grosseiras (fig. 11), frequentemente geminados segundo a lei de Carlsbad. Embora sob o ponto de vista macroscópico as formas sejam mais ou menos euédricas, vê-se ao microscópio que os contornos dos cristais não são bem definidos, e têm profundos recortes que penetram irregularmente na matriz.



Figura 11

Pertites grosseiras em granito calco-alcalino, granular grosseiro (N+; x80). Na estrada, cerca de 500 metros a S de Junceda.

Trata-se de megacristais originados por feldspatização como resultado de migrações de matéria que atingiram grande extensão (Mehnert, 1968). As



Figura 12

Possível transformação (parcial) da plagioclase (Pl) em feldspato potássico (FK) e quartzo (Q), em granito calco-alcalino, porfiróide grosseiro (N+; x80). Na estrada, cerca de 1.750 metros a SE de Sobredo.



Figura 10

Pertites fusiformes em granito alcalino, granular grosseiro (N+;  $\times 80$ ). Cerca de 1.250 metros a NW de Entre Ambos-os-Rios.



Figura 11

Pertites grosseiras em granito calco-alcálico, granular grosseiro (N+;  $\times 80$ ). Na estrada, cerca de 500 metros a S de Junceda.

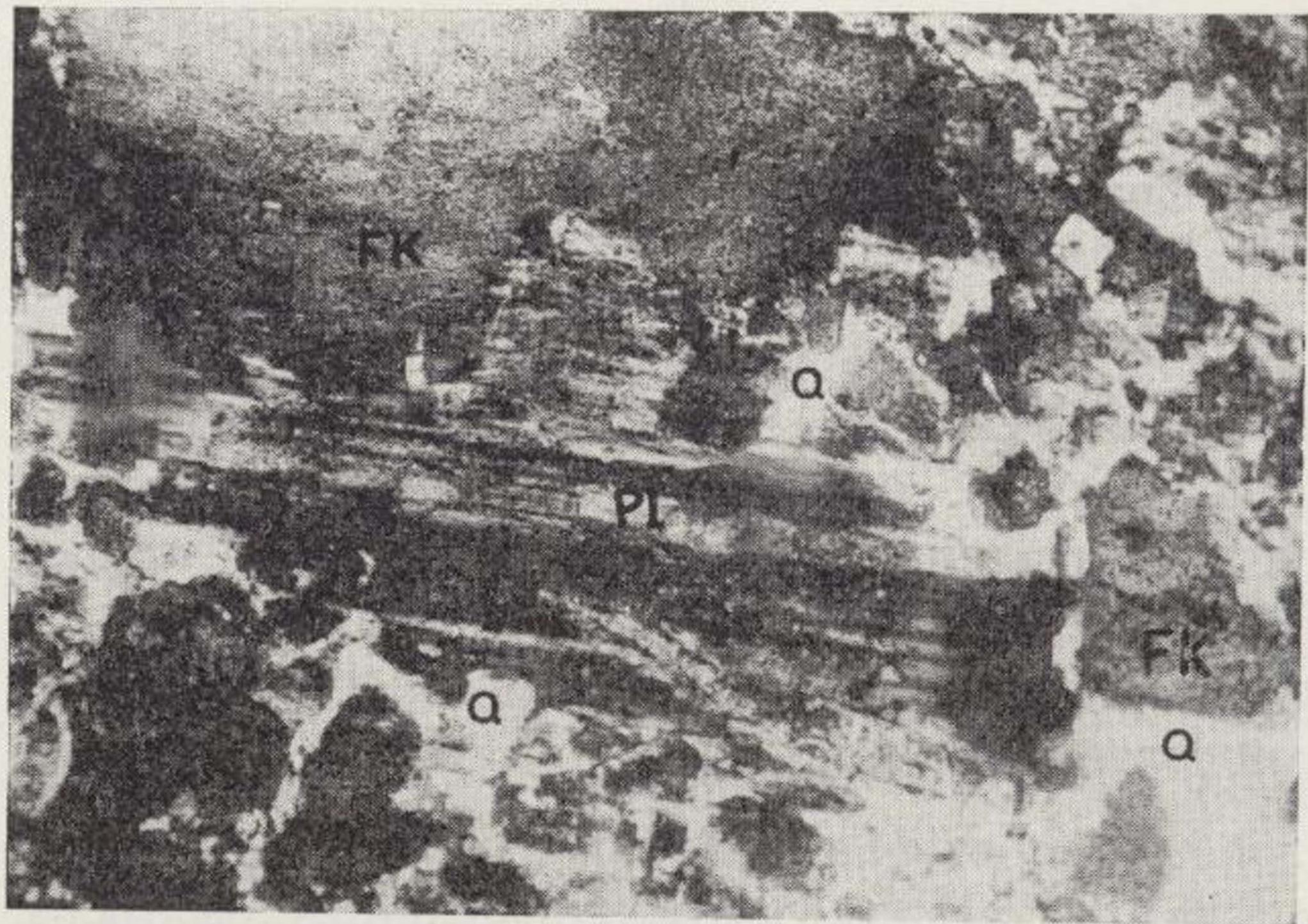


Figura 12

Possível transformação (parcial) da plagioclase (Pl) em feldspato potássico (FK) e quartzo (Q), em granito calco-alcalino, porfiróide grosseiro (N+;  $\times 80$ ). Na estrada, cerca de 1.750 metros a SE de Sobredo.

vezes são visíveis transformações entre os feldspatos com exsudação de quartzo (fig. 12).

Segue-se em importância a biotite, em cristais de diferentes dimensões, com o habitual pleocroísmo intenso castanho-avermelhado escuro a castanho claro. A moscovite está frequentemente associada, mas em quantidade muito menor. Pode observar-se nos bordos dos cristais de biotite substituição deste mineral por moscovite acompanhada de exsudação de minerais opacos. Em amostra cuja norma revelou a existência de maior quantidade de ilmenite (1,75 %) quando comparada com as outras rochas analisadas, procedeu-se à separação dos minerais opacos para diagnose. Foram separadas duas fracções que, analisadas pela técnica de Debye-Scherrer-Hull revelaram tratar-se uma de magnetite e ilmenite e outra de pirrotite. A ilmenite, identificada unicamente pela presença de uma risca típica no radiograma correspondente



Figura 13

Transformação parcial da biotite (b) em silimanite (s) e fibrolite (f), em granito alcalino, granular médio (Pol.; x80). Contínhas.

à fracção rica de magnetite, deve ser mineral muito escasso. A presença de ilmenite normativa na percentagem acima indicada, deve atribuir-se possivelmente, a Ti existente na biotite, e à existência de finas acículas de mineral identificado como provável rútilo.

As inclusões de apatite, zircão e minerais opacos na biotite ou nos outros constituintes da rocha, são mais abundantes e de maiores dimensões do que no grupo dos granitos alcalinos.

(1) Estas análises foram realizadas com um contador de pontos automático Swift.

Análises modais (1) efectuadas em duas amostras, e cujos resultados se encontram no esquema a seguir, confirmam o carácter monzonítico deste grupo de granitos.

	am. 30-50 (*)	am. 30-12A
Quartzo	30 %	23 %
F. Alc.	27 %	22 %
Plagioclase	31 %	32 %
Biotite	10 %	23 %
Acessórios	2 %	—
	100 %	100 %
Parâmetros de Jung & Brousse		
I <sub>s</sub>	34	29
I <sub>o</sub>	12	23
I <sub>t</sub>	46	41

Com os parâmetros de Jung & Brousse (1959), referidos no esquema anterior, obtêm-se as classificações de "rocha fortemente quártzica, hololeucocrática e monzonítica" (am. 30-50) e "rocha medianamente quártzica, leucocrática e monzonítica" (am. 30-12 A).

Atendendo às características acima apontadas, e, ainda, ao elevado teor de Ca O (1,70 %, valor médio) nas análises químicas, estes granitos podem ser classificados como calco-alcalinos (monzoníticos), porfiróides e predominantemente biotíticos.

b) O outro tipo de granitos porfiróides a granulares muito grosseiros, aflora numa área mais restrita, limitada às zonas sudeste e nordeste das áreas abrangidas pelas folhas n.º 30 e 43, respectivamente. É aqui que predominam os granitos de cor rosada ou avermelhada, nos quais, o porfiróidismo, ainda que existente, não é tão patente por causa de a matriz ter granularidade também grosseira.

Quando comparados com o outro grupo de granitos porfiróides, há algumas diferenças que merecem ser referidas:

- Não se observaram sintomas de esmagamento ou deformação a não ser em relação com acidentes tectónicos localizados (ver Cap. IV).
- Os megacristais de feldspato potássico não são tão desenvolvidos.
- As plagioclases são no geral mais ácidas.

(\*) Localização das amostras: 30-50 cerca de 2 Km. a ESE de Eiras; 30-12 A Paredes.

— Análises modais de três amostras conduziram aos seguintes resultados:

	am. 43-6 (*)	am. 30-16B	am. 30-17B
Quartzo	36 %	20 %	30 %
F. Alc.	26 %	46 %	30 %
Plag.	32 %	28 %	30 %
Biot.	5 %	6 %	10 %
Aces.	1 %	—	—
	100 %	100 %	100 %

Estas análises, quando comparadas com as da mancha anterior, revelam, que às rochas respectivas, corresponde, no geral, riqueza algo superior de quartzo e feldspato potássico e algo inferior de plagioclase e biotite.

- A moscovite não se encontra presente.
- As inclusões de zircão e apatite são muito menos importantes.
- A cor da biotite varia entre o castanho escuro esverdeado e o castanho claro, e muitas vezes encontra-se transformada em clorite.
- Existem alguns minerais exclusivos desta mancha:

- alanite, de cor acastanhada e algo pleocróica, em cristais relativamente grandes, com hábito



Figura 14

Cristal euédrico, zonado, de alanite, em granito calco-alcalino, porfiróide grosseiro (Pol.; x80). No estradão, cerca de 1 quilómetro a SE da povoação de Gerês.

(\*) Localização das amostras: 43-6, Gerês; 30-16B, Covide; 30-17B, Pedreira da barragem de Vilarinho das Furnas.

hexagonal alongado (fig. 14), que gera halos pleocróticos na biotite. Característica bastante frequente deste mineral é o zonamento;

- fluorite, em pequenos cristais anédricos; incolor a violácea (fig. 15). Marmo (1971) sugere que a introdução de flúor numa rocha de composição granítica pode originar topázio ou fluorite, sendo o primeiro mineral compatível com granitos de alta temperatura e o segundo com os de baixa temperatura;



Figura 15

Biotite parcialmente cloritizada, com fluorite (f) e alanite (al), em granito calco-alcalino, porfiróide grosseiro (Pol.; x150). Barreira da estrada, cerca de 500 metros a S de Preguiça.

- esfena e epidoto são acessórios pouco frequentes neste tipo de rochas (1). Existem, quase sempre, sob a forma de pequenos grânulos ao longo dos planos de clivagem da biotite, parcialmente cloritizada. Este modo de associação faz pensar que ambos os minerais sejam produtos de exsudação da biotite;
- verificou-se ainda a existência de uma clinofibrola com pleocroísmo verde-acastanhado.

Estas características levam-nos a classificar os granitos que constituem esta mancha como calco-alcalinos, alguns de tendência alcalina, porfiróides a granulares muito grosseiros, biotíticos.

(1) O epidoto nalguns casos é o máfico principal: só ou acompanhado de clorite.



Figura 13

Transformação parcial da biotite (b) em silimanite (s) e fibrolite (f), em granito alcalino, granular médio (Pol.;  $\times 80$ ). Continhas.

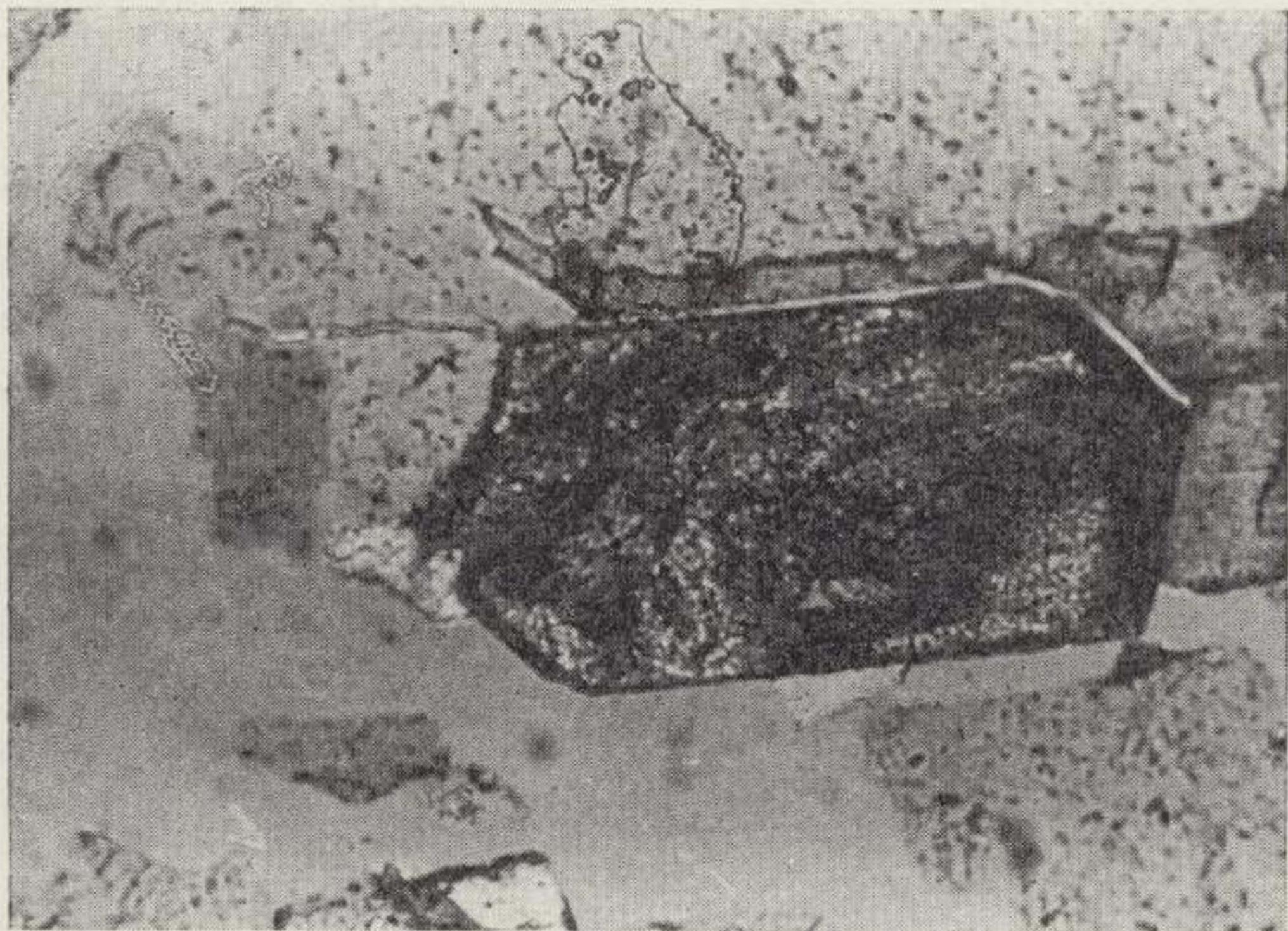


Figura 14

Cristal euédrico, zonado, de alanite, em granito calco-  
alcalino, porfiróide grosseiro (Pol.;  $\times 80$ ). No estradão,  
cerca de 1 kilómetro a SE da povoação de Gerês.

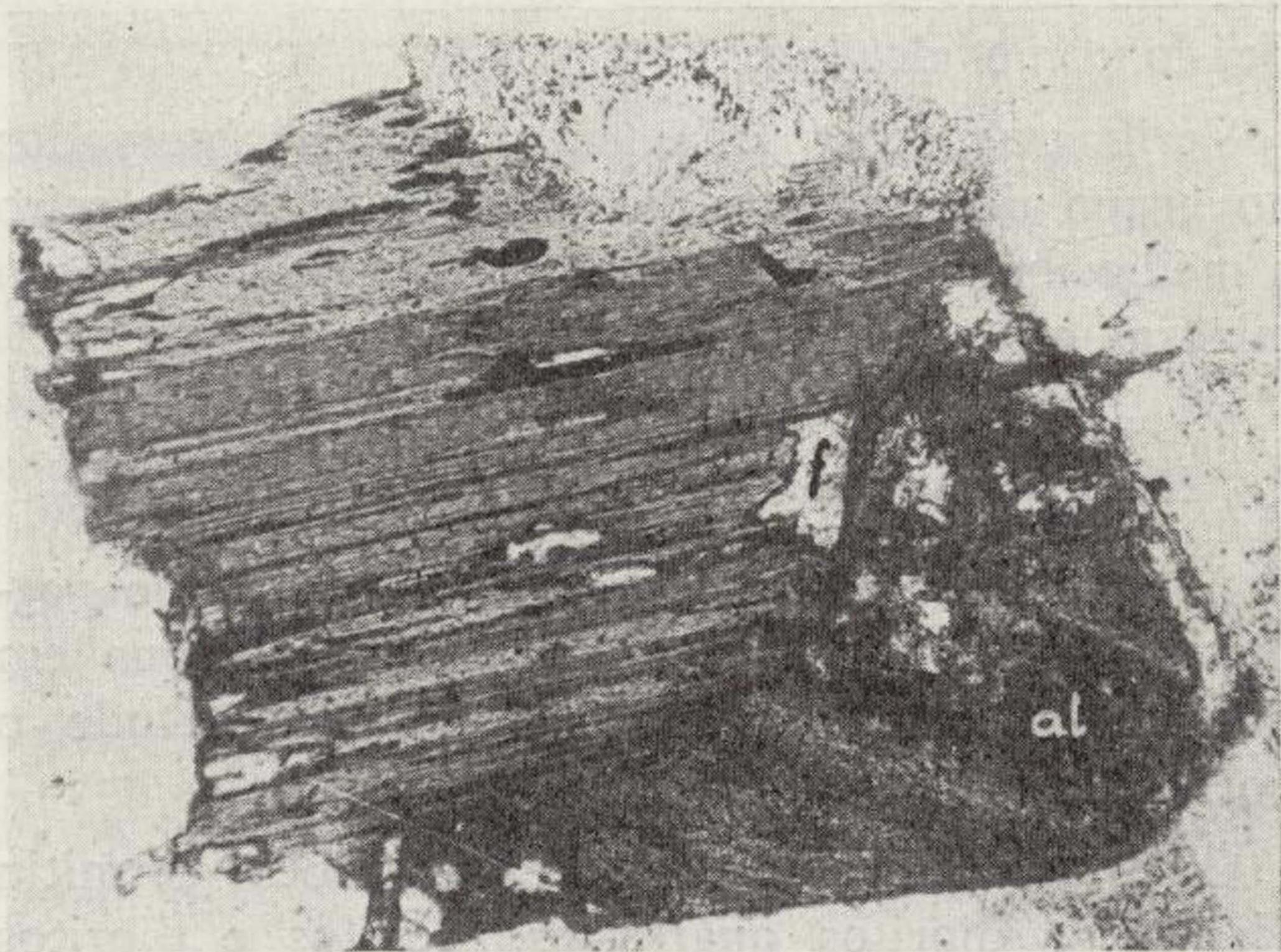


Figura 15

Biotite parcialmente cloritizada, com fluorite (f) e albanite (al), em granito calco-alcálico, porfiróide grosseiro (Pol.;  $\times 150$ ). Barreira da estrada, cerca de 500 metros a S de Preguiça.

#### 4. Granitos de grão fino.

Constituem pequena mancha no seio dos granitos porfiróides.

O estudo do único exemplar existente da mancha cartografada por A. Medeiros em 1959, sob a designação de granito de grão fino, permitiu verificar que se tratava de um granito de duas micas, predominantemente moscovítico. A presença de quartzo, de microclina e microclina-pertite (em maior quantidade do que a plagioclase) e de plagioclase do tipo albite a oligoclase ácida, permitem classificá-lo como alcalino.

Verificaram-se os fenómenos comuns observados no grupo dos granitos alcalinos de grão grosseiro a médio, bem como a presença de andaluzite e um mineral opaco relativamente abundante.

#### 5. Rochas filonianas.

Além dos filões de quartzo, de aplito e de pegmatito, existem outras rochas filonianas, que em numerosos locais cortam o granito, sobretudo o porfiróide.

O exame microscópico destes filões permitiu identificar dioritos quartzíticos, sienitos e dioritos de grão fino, que têm de comum anfibola verde, alteração intensa dos feldspatos em minerais das argilas e agregados sericíticos, e clorite.

### IV. O PROBLEMA DOS GRANITOS VERMELHOS

A existência de rochas de composição granítica e sienítica, de coloração avermelhada, foi assinalada em numerosos locais, como por exemplo nas Beiras e áreas graníticas do noroeste de Portugal, em particular na Serra do Gerês, em relação com granitos hercínicos.

Assim, J. dos Santos Pereira (1947, 1949, 1951-b, 1959), refere a existência de rochas com feldspatos de cor rósea-avermelhada no Gerês e outras localidades do norte do País, e invoca a hidrotermalização ocorrida em material de natureza sienítica, como factor responsável pela existência de fácies graníticas e sieníticas diferentes.

C. Torre de Assunção (1956) num trabalho sobre a ocorrência da ripidolite num granito rosado da Guarda, atribui este mineral bem como o quartzo secundário, a calcite e a sericitização da albite, a

ações hidrotermais que actuaram sobre rocha originariamente sienítica e alcalina.

Num estudo recente sobre rochas graníticas vermelhas da região de Outeiro-Montalegre, J. Ávila Martins (1972) destaca algumas características geológicas e petrográficas, que lhe permitiram individualizar este tipo de rochas. Entre as indicações de campo mais salientes, este autor cita:

- ocorrência em relação com fracturas ou em "cordões" orientados segundo os principais alinhamentos tectónicos;
- grau de rubificação, que diminui progressivamente da zona de fractura até o granito encaixante;
- empobrecimento ou perda total de quartzo em alguns casos.

Em lâmina delgada, o citado autor verificou intensa deformação dos feldspatos e presença quase constante de epidoto e/ou clorite.

Também nas áreas abrangidas pelas folhas de Germil e Terras de Bouro (1), situadas a oeste e sudoeste da região de Montalegre, há afloramentos com o mesmo tipo de rochas apresentando as características citadas por Ávila Martins.

Num local situado a cerca de 300 m. a sudeste de Pala Paranhos, por exemplo, observa-se extenso "cordão" (fig. 8) de rocha sienito-granítica, avermelhada, às vezes com mais de uma dezena de metros de largura. Está "enquadrado" no granito de grão muito grosseiro localmente porfiróide. Foi possível verificar que a passagem desta rocha ao "cordão" sienito-granítico se processava de maneira gradual, por diminuição progressiva de quartzo (nalguns locais a rocha é quase exclusivamente constituída por feldspato rosado).

Nas barreiras da estrada entre S. Bento da Porta Aberta e Covide, não é raro observar-se a existência de "faixas", mais ou menos desenvolvidas, de rocha sienito-granítica avermelhada, sempre relacionadas com fracturas (fig. 9).

O estudo petrográfico de alguns exemplares permitiu pôr em evidência, como características principais, os seguintes fenómenos:

- intensa cataclase traduzida, localmente, por torções dos planos de geminação das plagioclases;

(1) A. Medeiros e T. Lopes (1959) referem a existência deste tipo de rochas nesta região.

- rubificação dos feldspatos sobreposta à sericitização e formação de minerais das argilas;
- escassez ou ausência de quartzo primário e presença de quartzo secundário, que preenche pequenas fracturas, corroi as plagioclases e cimenta a clorite e o epidoto;
- existência de clorite vermicular (proclorite) possivelmente derivada da boitite, e de epidoto intersticial ou a preencher fracturas.

Quanto à rubificação, ainda que pareça ser mais intensa nos feldspatos potássicos (microclina, microclina-pertite) também é extensiva às plagioclases (predominantemente albite). no exame por fluorescência de raios X (1), de quatro fracções que apresentavam graus diferentes de coloração, verificou-se que não existe correlação directa entre a cor e a quantidade de Fe, ao contrario do que é geralmente invocado, como pode concluir-se do quadro seguinte:

Amostra	Cor	Composição mineralógica	Elementos detectados		
			Rb	K	Fe
30-18B (*)	vermelho intenso	feldspato potássico	(**) 1.5	1.3	2,2
43-3B	vermelho menos intenso	feldspato potássico	1.4	1,5	2,6
43-3B	vermelho claro	fto. pot.+ plag	—	vest	3,7
30-17B	branco	plagioclase	1	1	1

Em relação ao epidoto pode acrescentar-se que a presença dele é quase constante nas rochas granito-sieníticas avermelhadas, e tem origem secundária. O Ca necessário para a formação do mesmo pode ter resultado da metassomatose potássica ou da hidrólise do componente anortítico da plagioclase. Estas hipóteses são sugeridas por Marmo (1971) para explicar a origem do epidoto em granitos epidóticos da Serra Leoa.

Um dos aspectos mais destacados destas rochas é o empobrecimento ou ausência total de quartzo quando comparadas com os granitos que as "enquadraram".

No caso presente, como no estudado por Ávila Martins (1972), parece provável que a origem destas rochas vermelhas esteja relacionada com processos de alteração hidrotermal posteriores à formação do granito enquadrante cuja actuação seria facilitada por agentes tectónicos. Na realidade, verificou-se que as rochas sienito-graníticas avermelhadas estão quase sempre em relação com fracturas.

(1) Estes elementos foram obtidos no L. T. Q. A. M. P., pela Eng.ª M. Ondina Figueiredo.

(\*) Localização das amostras: 30-18B, pedreira da barragem de Vilarinho das Furnas; 43-3B, Pala Paranhos; 30-17B, pedreira da barragem de Vilarinho das Furnas.

(\*\*) Altura relativa da risca Ka do elemento em causa no registo gráfico tomando como unidade a altura do pico mais baixo de cada elemento.

### V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A petrografia do material colhido, bem como os elementos de campo coligidos pelos autores do levantamento geológico e observações por nós realizadas, permitiram verificar que na área em estudo existem fundamentalmente dois tipos de granitos:

- granitos alcalinos, predominantemente de grão grosseiro a médio, de duas micas;
- granitos calco-alcalinos, porfiróides ou de grão muito grosseiro, predominantemente biotíticos.

O grupo dos granitos alcalinos apresenta como características principais:

- riqueza de  $Al_2O_3$  (15,30 %) (2), traduzida pela presença de silimanite, andaluzite, cordierite e abundância de moscovite;
- fraco teor de CaO (1,20 %), que se traduz por baixa percentagem de An nas plagioclases (albite, oligoclase ácida);
- pertites e mirmequites menos abundantes do que na série calco-alcalina;
- nalguns locais, orientação mais ou ou menos evidente traduzida, principalmente, pelo alinhamento dos minerais micáceos.

Nos granitos calco-alcalinos, observam-se:

- plagioclases zonadas, no geral com núcleos mais cálcicos do que os bordos;
- percentagem mais elevada de FeO e MgO (1,73

(2) Valores médios nas análises químicas.

e 0,31 %) do que a existente nas rochas alcalinas (1,16 e 0,23 %), traduzida pela maior quantidade de biotite e minerais opacos;

— nos granitos calco-alcalinos ligeiramente rosados e de grão muito grosseiro, às vezes com tendência porfiróide, foi assinalada a presença de um ou mais dos constituintes a seguir indicados: fluorite, alante, esfena, epidoto e clinofibrola verde.

Estas características levam-nos a admitir a hipótese de que o grupo dos granitos alcalinos de grão grosseiro a médio e de duas micas poderia corresponder aos granitos hercínicos antigos (Older Hercynian Granites) de Oen (1970) e estar relacionado com o metamorfismo regional e os processos de anatexia como a série dos granitos alcalinos hercínicos estudados por Capdevilla e Floor (1970) na Galiza; e de que os granitos calco-alcalinos corresponderiam aos granitos hercínicos jovens (Younger Hercynian Granites) de Oen (1970) e à série calco-alcalina definida por Capdevilla e Floor (1970) na Galiza (vd. P. Floor (1970) e P. Floor, H. J. Kisch e Oen I. S. (1970).

Quanto ao problema dos granitos vermelhos, pensa-se como já foi indicado que a origem deles deve ter resultado de alteração hidrotermal tardia facilitada por agentes tectónicos.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que de algum modo nos auxiliaram durante a execução deste trabalho, particularmente aos Drs. L. C. Silva, Prof. R. Quadrado e Prof. C. A. Matos Alves.

Ao Prof. C. Teixeira e ao Dr. Cândido Medeiros agradecemos os elementos que no terreno, ou no laboratório, nos forneceram.

#### BIBLIOGRAFIA

- ASSUNÇÃO, C. F. TORRES DE: *Sobre uma ocorrência de ripidolite (helminta)*. "Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa". 23:85-88, 7.ª sér. (1962).
- *Fenómenos metassomáticos em granitos do Norte de Portugal*. "Estudos científicos oferecidos em homenagem ao Prof. Dr. J. Carrington da Costa". 225-242. Lisboa (1962).
- CAPDEVILLA, R. & FLOOR, P.: *Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne*. III.ª Reunión sobre Geología del NW de la Península Ibérica "Bol. Geol. Min.". T. 81, II-III:215-225. Madrid (1970).
- CHOFFAT, P.: *Promenade au Gerez. Souvenirs d'un géo-*

logue. "Bol. Soc. Geogr. Lisboa". 14.º Sér. (4):385-402 (1895).

FLOOR, P.: *Session de travail consacrée à la subdivision des roches granitiques hercyniens dans le nord-ouest péninsulaire*. III.ª Reunión sobre Geología del NW de la Península Ibérica. "Bol. Geol. Min.". T. 81, II-III: 245-248. Madrid (1970).

FLOOR, P.; KISCH, H. J., & OEN, I. S.: *Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du Nord du Portugal*. III.ª Reunión sobre Geología del NW de la Península Ibérica. "Bol. Geol. Min.". T. 81, II-III, 242-244. Madrid (1970).

GIRAO, A. DE AMORIM: *Três excursões na Serra do Jurês*. "Panorama". 3.º Sér. (11). Lisboa (1958).

JUNG, J., & BROUSE, R.: *Classification modale des roches éruptives*. Masson & Cie. Paris. (1959).

LADEIRA, F. L.: *Estudo da anisotropia mecânica de um pegmatito granítico do Gerês*. "Relatório de estágio. Lab. Eng. Civil". Lisboa (1973).

MARMO, V.: *Granite petrology and the granite problem*. Elsevier. Amsterdam (1971).

MARTINS, J. AVILA: *Les roches granitiques rouges de la Serra do Gerês (Region Nord du Portugal)*. "Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto". 83, 4.º série (1972).

MEDEIROS, A.: *Nota explicativa da Folha 43. Terras de Bouro*. "Relatório inédito. J. E. N.". Lisboa (1959).

MEHNERT, K. R.: *Migmatites and the origin of granitic rocks*. Elsevier. Amsterdam (1968).

OEN, I. S.: *Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal*. III.ª Reunión sobre Geología del NW de la Península Ibérica. "Bol. Geol. Min.". T. 81, II-III, 271-298. Madrid (1970).

PEREIRA, J. DOS SANTOS: *Dois sienitos alcalinos portugueses*. "Com. Serv. Geol. Portugal". 28:133-139. Lisboa (1947).

— *Ocorrência de sienitos epidotíferos em Portugal*. "Com. Serv. Geol. Portugal". 29:251-258. Lisboa (1949).

— a) *Rochas filonianas ocorrentes na Serra do Gerês*. "Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto". 62, 3.º série (1951).

— b) *Formações eruptivas da região do Gerês*. "Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto". 61, 3.º série (1951).

— *Algumas rochas eruptivas portuguesas. Fenómenos de hidrotermalização manifestados em várias sieníticas, colhidas em Aregos (Viseu)*. "Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto". 74, 4.º série (1959).

QUADRADO, R.: *Aspectos da geologia e petrografia da Serra do Gerez (Minho, Portugal)*. "Comunicação apresentada à II.ª Reunião sobre Geologia do NW da Península Ibérica" (1967).

TEIXEIRA LOPES, J. V.: *Nota explicativa da Folha n.º 30. Germil-Ponte da Barca*. "Relatório inédito J. E. N.". Lisboa (1959).

Recibido: Septiembre 1973.

## Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español (\*)

por J. M. FUSTER (\*\*), A. APARICIO (\*\*), C. CASQUET (\*\*), GARCIA CACHO (\*\*), A. MORA (\*\*) y M. PEINADO (\*\*)

#### RESUMEN

En este trabajo se sintetiza la evolución del Metamorfismo en el Sistema Central Español (Sierra de Guadarrama). Se establecen dos etapas fundamentales, la primera de ellas de gradiente geotérmico reducido, se manifiesta principalmente en el segmento oriental, mientras que la segunda, de gradiente geotérmico elevado, predomina en los sectores occidental y central. Se consideran relacionadas con dos fases fundamentales de deformación del ciclo Hercínico.

#### ABSTRACT

This paper deals with the Metamorphic Evolution in the "Sistema Central Español" (Sierra de Guadarrama). Two main stages are established: the first one, of a low geothermal gradient is displayed in the eastern zone, while the second one is of high geothermal gradient and predominates in the western and central areas. They are considered to be related to two main stages of folding within the Hercinian Orogeny.

#### I. INTRODUCCION.

En el Sistema Central Español, desde su extremo oriental hasta el meridiano de Arenas de San Pedro (fig. 1), la distribución relativa de las unidades plutónicas y metamórficas es diferente en los sectores orientales y occidentales. En el E existen amplios sectores metamórficos que rodean plutones graníticos-granodioríticos circunscritos de dimensiones moderadas; en el centro y en el O prevalecen en superficie masas de rocas graníticas y granodioríticas de dimensiones batolíticas en las que "flotan" unidades metamórficas de variadas dimensiones.

Esta polaridad distributiva coincide además, con diferencias importantes en el carácter del metamorfismo, pues mientras que en el sector oriental el metamorfismo regional puede considerarse de alta presión, en los sectores centrales y occidentales ha es-

tado condicionado por el desarrollo de altas o muy altas temperaturas en niveles superficiales de menor presión.

En esta nota se intenta explicar esta doble polaridad y analizar las relaciones espaciales y temporales entre los diferentes modelos metamórficos encontrados. Es, en cierto modo, un trabajo de síntesis en el que se coordinan trabajos más detallados que vienen desarrollándose por miembros del Departamento de Petrología y Geoquímica de Madrid (C.S.I.C. y Universidad Complutense) desde hace varios años, especialmente los más recientes realizados por Aparicio en el macizo cristalino de Toledo, García Cacho en el sector oriental del Guadarrama, Peinado en el macizo metamórfico de El Escorial-Villa del Prado, Mora en el de La Cañada-Cebreros y Casquet en el de la Sierra de San Vicente. De manera directa o indirecta también hemos utilizado la abundantísima información, aún no publicada, acumulada en el Departamento de Petrología y Geoquímica de todo el Sistema Central, debida fundamentalmente a J. M. Fuster y A. Aparicio.

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

(\*\*) Departamento de Petrología y Geoquímica. C.S.I.C. Madrid.

En este trabajo se incluyen en la discusión (fig. 1) la alineación cristalina situada al Norte y paralelamente al Sistema Central, así como el macizo cristalino de Toledo, pues, aunque desconectados en superficie de la alineación principal Guadarrama-Gredos por cuencas terciarias originadas por accidentes tectónicos recientes, pertenecen a la misma unidad petrotectónica.

En esta síntesis partimos de la base, hoy generalmente admitida, de que los fenómenos metamórficos hoy perceptibles, así como el emplazamiento de las masas graníticas-granodioríticas están relacionados temporalmente con las diferentes fases de la Orogénesis Hercínica.

## II. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS TIPOS DE METAMORFISMO.

Si se tienen en cuenta las paragénesis que existen en los distintos sectores metamórficos del Sistema Central Español, pueden establecerse tres modelos de seriación metamórfica desarrollados bajo gradientes metamórficos diferentes (fig. 1).

### II.1. *Metamorfismo condicionado por gradiente geotérmico bajo.*

Un metamorfismo caracterizado por la secuencia mineralógica progresiva:

Clorita-cloritoide-estaurolita-distena-silimanita para rocas de ascendencia pelítica, predomina en el sector oriental de la Sierra de Guadarrama desde su extremo E. hasta la transversal de Somosierra. Las condiciones metamórficas establecidas en algunos sectores parciales por Heim (1952) y Schafer (1969), han sido últimamente definidas por Fuster y García Cacho (1970, 1971) y García Cacho (1973). Las paragénesis existentes son típicas de una serie de facies de alta presión muy análoga al modelo "Barroviense". Los últimos autores, a base de los datos hoy existentes sobre las condiciones de estabilidad de los minerales y asociaciones tipomórficas han deducido que el metamorfismo se desarrolló bajo un gradiente del orden de  $25 \pm 5^\circ \text{C}$ .

De análogas características es el metamorfismo del afloramiento más oriental (Honrubia-Pradales) del eje cristalino situado al N de Guadarrama, estudiado por Aparicio y García Cacho (1970).

En este dominio de alta presión, el grado metamórfico crece de E a O, pudiéndose definir una serie de isogradas y zonas metamórficas submeridianas (fig. 2) desde los niveles de más bajo grado

metamórfico, hasta los niveles de mayor grado metamórfico. A través de estos últimos se establece un tránsito gradual con el dominio metamórfico de gradiente geotérmico intermedio que será descrito más adelante.

El "frente" de migmatización y anatexia en todo este dominio metamórfico, coincide más o menos con el nivel de aparición de la isograda moscovita (—)definida por la reacción: moscovita + cuarzo = ortosa + silimanita + H<sub>2</sub>O.

La traza de las isogradas es totalmente independiente de los contactos, por otra parte alejados de los plutones granodioríticos, indicando que existe un cierto desfase temporal entre los fenómenos de metamorfismo y el emplazamiento de las masas plutónicas.

### II.2. *Metamorfismo condicionado por gradiente geotérmico muy alto.*

Unas series metamórficas definidas por la sucesión: clorita-biotita-andalucita-cordierita-feldespatopotásico-silimanita (también para rocas de ascendencia pelítica) existe a lo largo de una banda transversal al Sistema Central en la que están situados los macizos metamórficos de Bernardos (en el eje al N del Guadarrama), La Cañada-Cebreros (Fústes y Mora, 1970); Mingorria, Sierra de Yemas y Muñico. Las paragénesis que existen en todos estos macizos se acercan a los modelos "Abukuma" (Miyashiro, 1961), "Bosost" (Read, 1952) o "Buchan" (Zwart, 1962). Para el macizo de La Cañada-Cebreros se han calculado gradientes del orden de  $80 \pm 2 \text{ C} \pm 10^\circ \text{ Km}$ .

En todos estos macizos metamórficos no es posible establecer una sucesión zonal completa, pues el nivel actual de erosión está cercano en muchos casos al límite de separación entre las rocas plutónicas y metamórficas. Por otra parte, con frecuencia, en un mismo macizo importantes accidentes tectónicos ponen en contacto inmediato los niveles de menor grado con los de más alta intensidad metamórfica.

La traza de las isogradas (fig. 2) es irregular y en muchos casos parece estar algo influenciada por la proximidad al contacto con las rocas plutónicas. Este hecho indica un relación temporal más íntima entre el desarrollo del metamorfismo y el emplazamiento plutónico.

En este dominio, en contraste con lo que ocurre en el dominio oriental de bajo gradiente geotérmico, el frente de aparición del feldespatopotásico

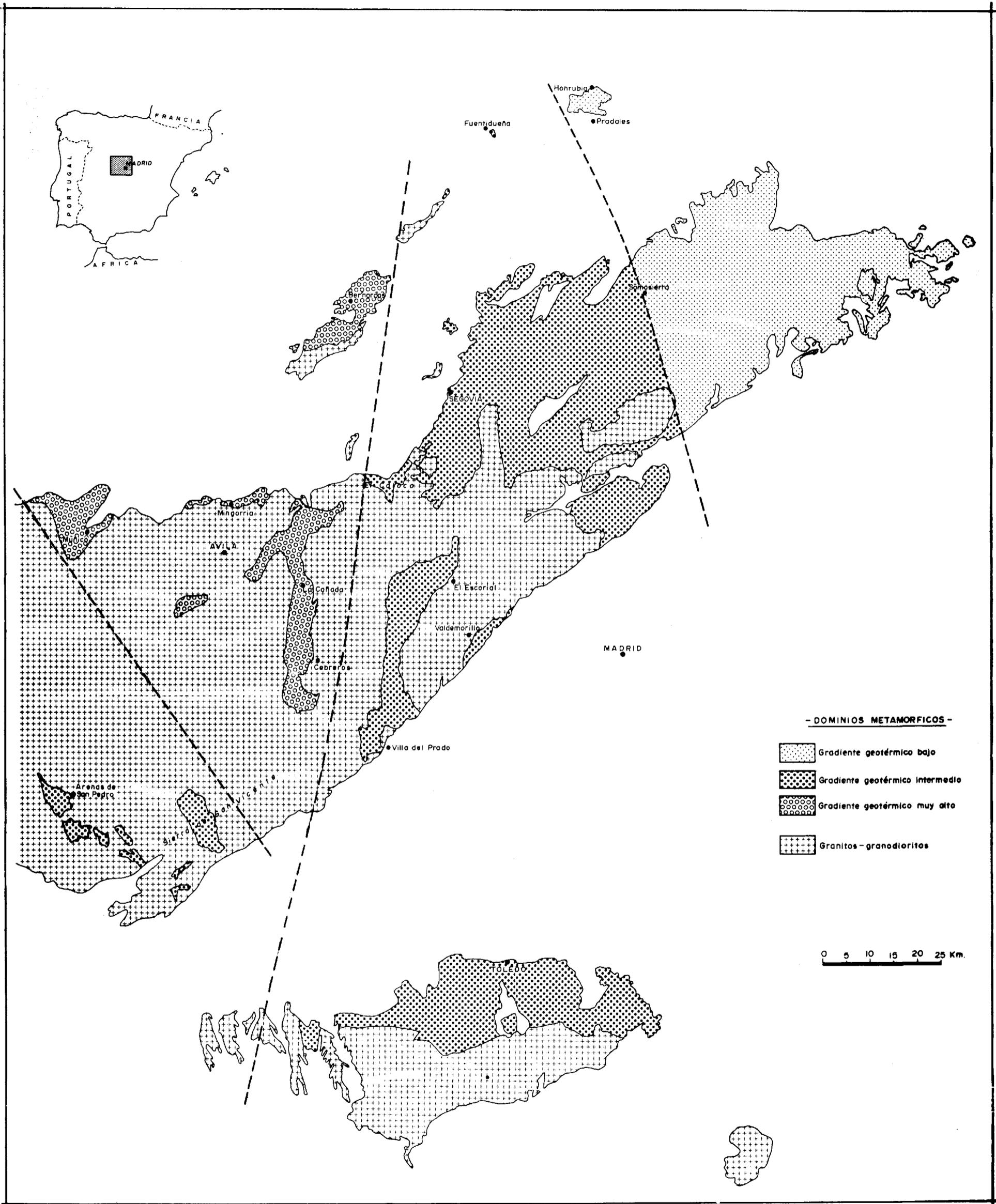


Figura 1

se remonta hasta niveles de más bajo grado metamórfico, por encima de la isograda moscovita (—).

### II.3. *Metamorfismos condicionados por gradientes geotérmicos intermedios.*

Una sucesión progresiva de: andalucita-silimanita-cordierita-feldespato potásico para materiales de procedencia pelítica, ha sido definida por Peinado (1970-1973) para el macizo El Escorial-Villa del Prado, situado inmediatamente al E del dominio de mayor gradiente geotérmico (fig. 1). Con características análogas se desarrolla el metamorfismo en los pequeños macizos de El Caloco (Hernán Reguera, 1970), y de Valdemorillo.

Hacia el E, en el macizo metamórfico principal de la Sierra de Guadarrama, hasta llegar al límite con el dominio de los bajos gradientes geotérmicos (fig. 1), existe una sucesión análoga aunque la andalucita no adquiere un desarrollo regional. Este hecho podría deberse en parte a que en este sector predominan materiales de alto grado metamórfico, pero también puede estar influenciado por un descenso gradual del gradiente geotérmico en dirección E.

En este ámbito de gradientes geotérmicos intermedios puede también incluirse el pequeño afloramiento de Fuentidueña (Gamonal, 1966), situado en la alineación al N del Guadarrama, pues en él aparece la asociación silimanita-cordierita-almandino.

El macizo cristalino de Toledo (Aparicio, 1970, 1971) queda también en este dominio, pues aunque en los sectores de menor grado se ha encontrado esporádicamente la asociación biotita-moscovita-estaurolita, en los de mayor intensidad metamórfica es frecuente la paragénesis silimanita-cordierita-almandino.

Las paragénesis encontradas encajan en los modelos intermedios de baja presión (Miyashiro, 1961) más cercanos en algunas ocasiones al modelo "Abukuma", y en otras al modelo "Barrowiense".

Aunque en los sectores más orientales de esta banda intermedia entre los dominios de alto y bajo gradiente geotérmico, parece establecerse una transición hacia el metamorfismo de alta presión, y en los sectores occidentales una transición hacia el metamorfismo de baja presión, el conjunto de las observaciones que poseemos indican gradientes del orden de  $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$  (Peinado, 1973).

También en este dominio el feldespato potásico puede aparecer en niveles más superficiales que los

de la isograda moscovita (—), aunque su desarrollo regional coincide a grandes rasgos con la desaparición de la mica blanca.

Metamorfismos intermedios de baja presión vuelven a aparecer de nuevo más al O de la zona de máxima intensidad térmica. Así en los macizos de la Sierra de San Vicente (Casquet, 1973) y de Arenas de San Pedro, el metamorfismo está definido por la presencia de andalucita, cordierita y silimanita. Para el sector de la Sierra de San Vicente, se han deducido gradientes del orden de  $45^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$  (Casquet, 1973).

En todos los sectores en donde predominan los modelos metamórficos "intermedios de baja presión", la zonación metamórfica (fig. 2), allí donde puede definirse con alguna precisión, parece ser independiente de la mayor o menor proximidad a las masas plutónicas.

De lo expuesto en los anteriores apartados parece evidente que en el Sistema Central Español las condiciones de presión y temperatura que han condicionado el carácter del metamorfismo han variado considerablemente en distancias relativamente pequeñas, si se tiene en cuenta el carácter regional del metamorfismo. En lo que se refiere a la temperatura, parece que ha existido un domo térmico alargado en dirección submeridiana centrado en las proximidades de Avila; de igual manera en el extremo occidental del Sistema Central ha existido una mayor depresión de las isothermas orientadas también en posición submeridiana. Existen, pues, dos culminaciones metamórficas muy contrastadas en lo referente a las condiciones físicas.

### III. RELACIONES TEMPORALES ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS METAMORFICOS.

El análisis textural y microtextural de las relaciones blastesis-deformación, y el estudio de la edad relativa de los diferentes minerales tipomorfos en las distintas zonas estudiadas, pone de manifiesto que el desarrollo de los gradientes geotérmicos que han provocado el metamorfismo no ha sido simultáneo.

Así, en el sector oriental, García Cacho (1973) establece que algunos de los minerales característicos del metamorfismo de alta presión (cloritoide, estaurolita, distena y almandino) inician su crecimiento antes de la primera fase de deformación que genera la esquistosidad determinada por la orien-

tación de los filosilicatos (1), siguen creciendo durante la primera fase y alcanzan su climax en el período de tiempo comprendido entre la primera y segunda fase de deformación. Aunque para cada mineral puede establecerse una cronología específica, existe un desfase entre blastesis y deformación y parece evidente que las paragénesis de alta presión se establecen fundamentalmente en el período de tiempo comprendido entre las dos fases.

Asimismo, en este sector oriental, se ha comprobado que en los niveles de mayor grado metamórfico (a partir de la zona de la distena), no parece existir blastesis de almandino después de la segunda fase de deformación, al tiempo que se generaliza el crecimiento de biotita-silimanita-feldespatopotásico que puede ser estable en condiciones de presión algo más baja. También, en la zona de tránsito entre el dominio de alta presión y el de presión intermedia se inicia la blastesis de cordierita con caracteres texturales que indican que este mineral es postcinemático con respecto a la segunda fase sinquistosa.

En resumen, se puede admitir que en el sector oriental ha existido un primer período de blastesis con paragénesis de alta presión (bajo gradiente geotérmico) que ha penetrado hasta los niveles más epizonales, que ha sido seguido de un segundo período de blastesis de presión algo más baja (gradiente geotérmico algo mayor), que ha sido reconstructivo solamente en niveles profundos.

Por el contrario, en los sectores centrales y occidentales del Sistema Central, los minerales que caracterizan el metamorfismo de alta temperatura se han formado en relación con la segunda fase deformadora y creadora de esquistosidad (Peinado, 1973; Casquet, 1973).

Un dato adicional que permite establecer con más precisión las relaciones temporales entre los distintos modelos metamórficos es la aparición esporádica de minerales de alta presión (distena, estaurrolita, almandino) en los sectores de alto grado metamórfico en los dominios de gradiente geotérmico intermedio y elevado. Estos minerales son precinemáticos respecto a la segunda esquistosidad (la única visible en los niveles profundos) y presentan claros síntomas de inestabilidad.

(1) En los diversos trabajos publicados últimamente sobre las deformaciones hercínicas en el Sistema Central Español (Febrel, 1957; Aparicio y García Cacho, 1970; Bard et. al. 1970; Fernández Casals y Capote, 1970; Babin, 1971; Capote y Fernández Casals, 1971; Soers, 1972) se establecen al menos dos fases hercínicas con generación de esquistosidad de flujo seguidas de otros eventos tectónicos de menor intensidad no relacionables con blastesis metamórfica generalizada.

De todas estas observaciones puede concluirse que en los sectores centrales y occidentales del Sistema Central existió un primer período de blastesis homologable al establecido en el sector oriental que afectó únicamente a los sectores más profundos, seguido de un segundo período de cristalización metamórfica que afectó a todos los niveles condicionado por gradientes geotérmicos altos o muy altos.

#### IV. DISCUSION SOBRE LOS MODELOS METAMORFICOS.

Tanto el metamorfismo del sector occidental como los que aparecen en los sectores centrales y occidentales de la región estudiada pueden considerarse plurifaciales en el sentido de que un período de cristalización metamórfica, condicionado por gradientes geotérmicos bajos, ha evolucionado con continuidad hacia otro período de reconstrucción mineral, regido por gradientes geotérmicos altos. Puesto que cada uno de estos dos períodos fundamentales de blastesis está más o menos relacionado con una fase deformadora a este metamorfismo puede asignársele el objetivo de polifásico.

Existe, por tanto, un desfase espacial y temporal de los procesos metamórficos (fig. 3).

Como resumen final de lo establecido pueden establecerse las siguientes conclusiones:

— El metamorfismo desarrollado bajo gradientes geotérmicos bajos se desarrolla durante e inmediatamente después que la primera fase de deformación, que generó esquistosidades filitosas generalizadas en el Sistema Central español.

— Este metamorfismo de carácter "barrowiense" alcanzó su mayor intensidad en la zona oriental del Guadarrama y puede ser explicado admitiendo la existencia de un domo térmico profundo, cuyo eje alargado en dirección cercana a la N-S se situó en las proximidades de la transversal de Somosierra.

— En este sector oriental, la recrystalización metamórfica, durante el segundo período se dejó sentir únicamente de forma atenuada.

— El metamorfismo desarrollado bajo gradientes geotérmicos altos o muy altos se desarrolló fundamentalmente en relación e inmediatamente después de la segunda fase de deformación, que originó esquistosidad generalizada en el Sistema Central español.

— Este metamorfismo, cuyos modelos pasan desde el "intermedio de baja presión" a los de "Abukuma" o modelos de más alta temperatura, alcanzó su máxima intensidad en la zona de Avila y puede

ser achacado a la existencia de un domo térmico muy somero, cuyos flancos descenderían suavemente en dirección O, y más bruscamente hacia el E al llegar a la transversal de Somosierra.

— En los sectores centrales y occidentales, esta segunda culminación metamórfica borraría prácticamente las asociaciones generadas en la primera blastesis.

— Mientras que en el sector oriental las estructuras de la primera deformación hercínica se pue-

res centrales y orientales del Sistema Central tienen carácter tardío postcinemático con respecto a las dos fases sinmetamórficas de esta orogenia. Algunos pueden tener un emplazamiento anterior o sincrónico con respecto a la segunda fase, pero la mayoría provocan en las rocas metamórficas encajantes fenómenos de contacto superpuestos a los del metamorfismo regional. Las edades hasta ahora obtenidas para estos plutones (Mendes et al., 1972) son muy recientes (aprox., 270 m.a.).

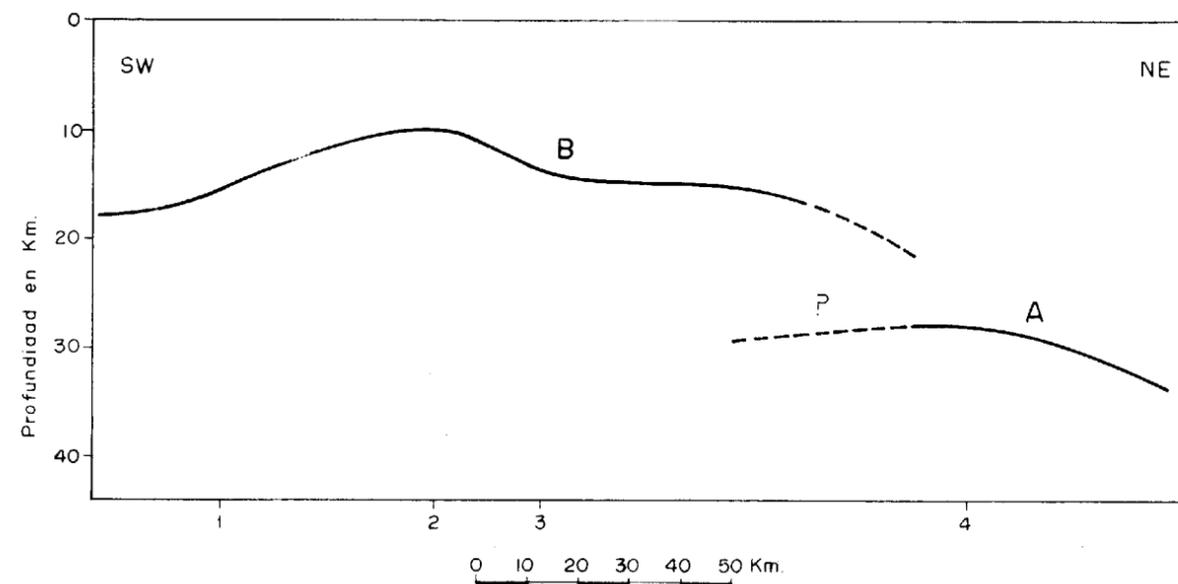


Figura 3

Representación gráfica de la isoterma de 700° y los correspondientes domos térmicos con relación a la zonación metamórfica.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Zona de la S. <sup>a</sup> de San Vicente. | A) Metamorfismo de gradiente geotérmico bajo (4).                     |
| 2. Macizo Cebreros-La Cañada.                 | B) Metamorfismo de gradiente geotérmico intermedio (1, 3) y alto (2). |
| 3. Macizo El Escorial-Villa del Prado.        |   |
| 4. Sector Oriental (Somosierra).              |   |

de detectar hasta niveles relativamente profundos, en los sectores centrales y occidentales las estructuras de la segunda fase han hecho desaparecer a las de la primera en estos últimos niveles.

#### V. RELACIONES PLUTONISMO - METAMORFISMO.

Los plutones graníticos y granodioríticos relacionados con la orogénesis hercínica (\*) de los secto-

(\*) No se incluyen en esta discusión hipotéticos plutones prehercínicos que hayan podido integrarse y deformarse en los conjuntos metamórficos.

De una manera indirecta puede suponerse que durante el desarrollo de la primera época de reconstrucción metamórfica pudieron producirse anatexis parciales, pues en las zonas de mayor grado metamórfico son frecuentes los granitoides afectados por la segunda fase de deformación.

Aunque estos fenómenos de anatexis pudieran iniciarse en esta primera etapa, la posibilidad de ascenso y emplazamiento de masas graníticas debió, en buena parte, quedar limitada por la profundidad elevada de generación de fluidos graníticos (teniendo en cuenta el bajo gradiente geotérmico).

En cambio, en la segunda etapa, cuando aumentan considerablemente los gradientes geotérmicos,

los procesos de anatexia se generalizan y avanzan hasta niveles corticales más someros, aumentando considerablemente las posibilidades de ascenso y emplazamiento de las masas graníticas. Teniendo en cuenta la localización del máximo térmico en las zonas centrales del Guadarrama (fig. 3) y la caída rápida de temperaturas hacia el sector oriental nos parece lógico admitir que la distribución espacial de los granitos en el Sistema Central está correlacionada con el desarrollo espacial y temporal de los procesos metamórficos y que ambos son, a su vez, una consecuencia de la distribución de energía térmica durante el período hercínico en este sector del Macizo Hespérico.

## BIBLIOGRAFIA

- APARICIO YAGÜE, A.: *Nota previa sobre la geología del macizo cristalino de Toledo* "Est. Geol.", Vol. XXVI, 281-283 (1970).
- APARICIO YAGÜE, A.: *Geología del macizo cristalino de Toledo*. "Est. Geol.", 27, 369-414 (1971).
- APARICIO YAGÜE, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Estudio geológico de la zona metamórfica de Honrubia (Sistema Central Español)*. "Est. Geol.", 26, núm. 3, 297-315 (1970).
- BABIN VICH, R. B.: *Estudio meso y microtectónico del macizo metamórfico de El Vellón*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)", 69, núm. 1, 5-27 (1971).
- BARD, J. P.; CAPDEVILLA, R., y MATTE, P.: *Les grands traits stratigraphiques tectoniques metamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et Guadarrama (Espagne Centrale)*. "C. R. Acad. Sc. Paris", 270, 2630-2633 (1970).
- CAPOTE, R. y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Esquistosidad y tectónica superpuesta en el Paleozoico inferior del afloramiento metamórfico de Muñico (Prov. de Avila)*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)", 69, 175-185 (1971).
- CASQUET, C.: *Estudio geológico del afloramiento metamórfico de la Sierra de San Vicente (Toledo)*. Trabajo de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad de Madrid (inédito) (1973).
- FEBREL MOLINERO, T.: *Diagramas estructurales del cuarzo y mica de las rocas metamórficas de la parte oriental de la Hoja de Buitrago de Lozoya*. "Not. y Com. del Inst. Geol. Min. de Esp.", 48, 57-90 (1957).
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J., y CAPOTE, R.: *La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago de Lozoya*. "Bol. Geol. Min.", LXXXI-VI, 562-568 (1970).
- FERNÁNDEZ CASALS, M. J., y CAPOTE, R.: *Los neises glandulares del Guadarrama oriental*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)", 69, 69-80 (1971).
- FÚSTER, J. M. y GARCÍA CACHO, L.: *Sobre el metamorfismo regional progresivo en el Guadarrama Oriental (Sistema Central Español)*. "Est. Geol.", XXVI, 327-329 (1970).
- FÚSTER, J. M., y GARCÍA CACHO, L.: *Discusión sobre el metamorfismo regional del Guadarrama Oriental (Sistema Central Español)*. "Acta Geol. Hisp.", VI, núm. 5, 123-130 (1971).
- FÚSTER, J. M., y MORA PEÑA, A.: *El carácter del metamorfismo en el macizo de La Cañada (Sistema Central Español)*. "Est. Geol.", XXVI, 317-321 (1970).
- GAMONAL, P.: *Estudio petrológico del macizo de Fuentidueña (Prov. de Segovia)*. Trabajo de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad de Madrid (inédito) (1966).
- GARCÍA CACHO, L.: *Evolución temporal del metamorfismo y procesos de blastesis sucesiva en el sector oriental del Sistema Central Español*. Tesis Doctoral (inédito) (1973).
- HEIM, R. C.: *Metamorphism in the Sierra de Guadarrama*. "Proefschrift Utrech", 69 (1952).
- HERNÁN REGUERA, F.: *Estudio de las relaciones granito-neis y de la intensidad del metamorfismo en el sector del Cerro del Caloco (Prov. de Segovia)*. Trabajo de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad de Madrid (inédito) (1970).
- MENDES, F.; FÚSTER, J. M.; IBARROLA, E., y FERNÁNDEZ SANTIN, S.: *L'age de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (Système Central Espagnol)*. "Revista da Faculdade de Ciencias de Lisboa", 2.ª Serie C, XVII, Fasc. 1.º, 345-365 (1972).
- MIYASHIRO, A.: *Evolution of metamorphic belts*. "Journ. of Petrol.", 2, 277-311 (1961).
- PEINADO MORENO, M.: *Carácter del metamorfismo en el macizo metamórfico El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central Español)*. "Est. Geol.", XXVI, 323-326 (1970).
- PEINADO MORENO, M.: *Evolución metamórfica en el macizo El Escorial-Villa del Prado (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral (inédita) (1973).
- READ, H. B.: *Metamorphism and migmatization in the Ytlan Valley, Aberdeenshire*. "Edinburgh Geol. Soc. Trans.", 15, (Campbell Volume), 265-279 (1952).
- SCHAFFER, G.: *Geologie und petrographie im östlichen Kastilischen Hauptscheidebirge (Sierra de Guadarrama, spanien)*. "Munster. Forsch. Geol. Paläont.", 10, 207-S Münster/Westf. (1969).
- SOERS, E.: *Stratigraphie et geologie structurale de la partie orientale de la Sierra de Guadarrama*. "Studia Geologica", IV, 7-94 (1972).
- ZWART, H. J.: *On the determination of polymetamorphic mineral associations, and its application to the Bosost area (Central Pyrenees)*. "Geol. Rundschau", 52, 38-65 (1962).

Recibido: Septiembre 1973.

## Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo (\*)

Por A. V. PINTO COELHO (\*\*), F. CONÇALVES (\*\*) e J. R. TORQUATO (\*\*\*)

## RESUMEN

En este papel se llama la atención sobre la serie de rocas hipersténicas del Alto-Alentejo (Portugal). Han sido caracterizadas petrográficamente en varios macizos y se las supone del mismo origen.

Los autores piensan que es probable que aparezcan con afinidades charnockíticas. Su edad absoluta ha sido determinada por el método K/Ar en la biotita. El resultado es de  $342 \pm 7$  m.a. El Silúrico inferior está metamorfizado por algunos de estos macizos.

## ABSTRACT

In this paper, attention is called to the hypersthene rocks series from Alto Alentejo (Portugal).

There are several massifs where these petrographic types had been characterized and it is suggested the same origin to these rocks.

The authors think it is probable that some of these rocks have affinities with the charnockite ones

The absolut age has been determined by the K/Ar method in the biotite; the result is:  $342 \pm 7$  m.a. The lower Silurian is metamorphized by some of these massifs.

No Nordeste alentejano foram assinalados, em formações diversas, afloramentos de rochas hipersténicas. Estas rochas situam-se na faixa metamórfica que abrange a região de Campo Maior e Elvas. No estado actual de conhecimentos citam-se rochas desta natureza nos maciços de Campo Maior, Elvas, Vale de Maceira (Fronteira) e Veiros.

O maciço de Campo Maior é o mais vasto afloramento de rochas hipersténicas do Alto Alentejo. A sua área é, aproximadamente, de 20 Km<sup>2</sup>, sendo, a maior parte, constituída por rochas deste tipo.

Em trabalho recente os autores consideram as rochas hipersténicas formando uma série afim dos charnoquitos, desde quartzo-monzonitos a gabros

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

(\*\*) Bolseiros do I.A.C., no projecto Estudo e cartografia geológica do Alto Alentejo.

(\*\*\*) Investigador do I.I.C.A. (Luanda).

hipersténicos, noritos, ortopiroxenitos, anortositos, etcétera.

O maciço situa-se na Formação gnaisso-migmatítica de Campo Maior, onde está bem representada a facies anfíbolítica.

A génese e evolução das rochas constituintes do Complexo de Campo Maior não são ainda suficientemente conhecidas. Por isso, limitaremos as nossas considerações aos principais caracteres petrográficos da série de rochas de possível afinidade charnoquítica.

Pelas observações até hoje efectuadas julgamos conveniente dividir as rochas em dois grupos: 1) rochas granoblásticas ou granulares-granoblásticas finas, de composição intermédia, próxima de monzonitos; 2) rochas granulares, de grão médio, básicas e ultrabásicas-gabros hipersténicos, noritos, anortositos e piroxenitos.

1) As plagioclases presentes vão desde oligoclase a andesina às quais se associa ortose, não só

em cristais homogêneos, mas também sob a forma de intercrescimentos micropertíticos.

O mineral máfico dominante é hiperstena sempre presente em quantidades elevadas. Outro mineral ferromagnesiano constante nestas rochas é biotite em palhetas isoladas ou, muita vezes, associadas à hiperstena. Quartzo intersticial.

2) Em confronto com as anteriores, distinguem-se pelas texturas e composição mineralógica. A granularidade média revela-se de certa uniformidade, perturbada apenas por tectonização com efeitos de cataclase pouco acentuados. As plagioclases destas rochas variam entre andesina básica e bytownite, reflectindo a diversidade dos tipos petrográficos com hiperstena, de composição básica, de Campo Maior. Além da hiperstena, em cristais insistentes nos noritos e gabros hipersténicos, é frequente associar-se-lhe piroxena monoclinica com os caracteres ópticos de augite e de augite-diópsido.

Nos piroxenitos, ora predomina a ortopiroxena, ora as clinopiroxenas.

Deve ainda referir-se a presença constante, em todas as rochas, de hornblenda e de biotite em quantidades variáveis mas, quase sempre, elevadas. Se bem que, em muitos casos, não sejam aparentes as relações entre piroxenas, anfíbolas e mica, em muitos outros, torna-se evidente a sua origem secundária a partir das piroxenas. Nota-se, também, a presença quase constante de quartzo, às vezes, intersticial, em quantidades apreciáveis.

As rochas cristalinas com hiperstena do grande afloramento de Campo Maior possuem, em conjunto, as seguintes características:

a) Contêm, com raras excepções, piroxena rôm-bica, de pleocroísmo fraco a moderado, em cristais isolados ou associados aos de piroxenas monoclinicas;

b) Além de noritos e gabros hipersténicos, que parecem ser os tipos petrográficos largamente predominantes, existem pequenos afloramentos de tipos de composição intermédia, próxima de monzonitos, bem como piroxenitos e anortositos;

c) As texturas das rochas básicas são granulares, de grão médio, equigranulares uniformes, ao passo que as de composição intermédia são granulares-granoblásticas, com tendência para blastopor-fíricas ou glomeroporfiroblásticas;

d) Em toda esta série de rochas verifica-se a presença, quase constante, de quartzo intersticial

e a ausência dos minerais de baixa temperatura, frequentes na maior parte das rochas do Alto Alentejo como sejam: epidoto, clorite, esfena e as variedades azul-esverdeadas de anfíbola;

e) Tanto as rochas básicas como as intermédias contêm biotite em quantidades apreciáveis. O mesmo se observa nas rochas básicas quanto às anfíbolas que, nalguns exemplares, superam as piroxenas.

O maciço de Elvas está instalado nos calcários cristalinos do Câmbrio inferior em que produz auréola extensa de corneanas calcossilicatadas.

Aqui identificamos tipos petrográficos desde granitos hiperalcalinos a sienitos, dioritos, gabros hipersténicos, olivínicos e piroxénicos, piroxenitos, hornblenditos, etc. É frequente a associação de augite e hiperstena com anfíbolas e biotite, parecendo, em muitos casos, tratar-se de alterações dos cristais das piroxenas.

A hiperstena encontra-se apenas nas rochas básicas e ultrabásicas, às vezes, acompanhando a olivina. É quase sempre mineral subordinado entre os máficos que o acompanham. No entanto, não podemos concluir pela pobreza original da hiperstena nestas rochas porquanto se verifica a passagem das piroxenas a anfíbolas. A ortopiroxena aparece em cristais com orlas de anfíbola, ou de biotite, o que nos deixa na incerteza quanto ao teor de hiperstena na rocha antes da referida alteração, tanto mais que a maior parte dos minerais máficos destas rochas é constituída por anfíbolas e biotite que podem ter derivado da hiperstena.

Os maciços de Vale de Maceira e de Veiros, de menores dimensões, são intrusivos nos xistos da extensa formação silúrica do Alto Alentejo, onde produzem orlas metamórficas de contacto, de corneanas pelíticas e xistos mosqueados.

As rochas de Vale de Maceira assemelham-se aos gabros hipersténicos de Campo Maior, excepto na ausência de quartzo intersticial, constante nestes.

As rochas de Veiros são granulares finas, a microgranulares ou microporfiroblásticas, com mafios abundantes, em grande parte augite e biotite aos quais se associa em pequena quantidade, nalguns locais, ortopiroxena quase incolor, com os caracteres ópticos de hiperstena.

Na maioria das rochas estudadas o feldspato presente é plagioclase de composição andesínica mas nalgumas delas verifica-se a existência de orto-

se com intercrescimentos de albite, sob a forma de micropertite.

Os aspectos texturais e a distribuição dos diversos minerais levam-nos a admitir que sobre a rocha inicial ter-se-iam produzido fenómenos de alcalinização.

São evidentes as analogias das rochas hipersténicas dos diferentes maciços, que parecem indicar-lhes origem comum.

Quanto à idade das rochas hipersténicas tem-se admitido idade ante-hercínica para as de Campo Maior e Elvas e hercínica para as de Vale de Maceira e Veiros. Recentemente, ao referirmo-nos a estas rochas admitimos (A.V.P.C. & F.G.) que os tipos afins dos charnoquitos de Campo Maior pudessem ser de idade precâmbrica e de origem metamórfica. No entanto, estas hipóteses carecem de confirmação.

Um de nós (J.R.T.) determinou a idade de rocha hipersténica proveniente do v. g. de Cabeça Gorda (Campo Maior), pelo método do potássio-argón,

no Laboratório de Geocronologia da Universidade de São Paulo (Brasil), sendo a análise feita em biotite, por não ter sido possível separar outro mineral. As constantes usadas nos cálculos foram:  $\lambda$  total =  $0,530 \times 10^{-9}$  anos<sup>-1</sup>;  $\lambda_e = 0,585 \times 10^{-10}$  anos<sup>-1</sup>; % de atm. de <sup>40</sup>K em K = 0,0119; grau de confiança no cálculo dos erros, 2 $\sigma$  (95 %).

Os valores obtidos foram os seguintes:

% K-6,9540; CCSTP/g <sup>40</sup>Ar radiogénico-0,1038  $\times 10^{-8}$ ; % de <sup>40</sup>Ar atmosférico-20,83; idade-342  $\pm$  7 m. a.

Este resultado permite-nos apenas conhecer a idade da última recristalização da biotite. Acresce ainda a circunstância das biotites das rochas hipersténicas serem, em grande parte, resultantes de alteração dos minerais máficos, o que nos leva a admitir idade anterior para as rochas hipersténicas. Considerando a provável contemporaneidade dos maciços referidos e tendo em conta as relações dos de Vale de Maceira e Veiros com as rochas encaixantes, teremos como limite inferior de idade das rochas hipersténicas o Silúrico inferior.

Recibido: Septiembre 1973.

# INFORMACION

## 125 aniversario de la fundación del Instituto Geológico y Minero de España

COINCIDIENDO CON DICHA EFEMERIDES SE CELEBRA LA V REUNION DE LA COMISION  
INTERNACIONAL DE HISTORIA DE LAS CIENCIAS GEOLOGICAS (INHIGEO)

PRESIDIERON LOS SUBSECRETARIOS DE LA PRESIDENCIA DEL GOBIERNO  
Y DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

En el Instituto Geológico y Minero de España y coincidiendo con la inauguración de la V Reunión de la Comisión Internacional de Historia de las Ciencias Geológicas, se han celebrado los actos conmemorativos del 125 aniversario de la fundación del IGME. El acto estuvo presidido por el Subsecretario de Industria, don Landelino Lavilla, a quien acompañaba el Subsecretario de la Presidencia del Gobierno—Sr. Valle—, el Director General de Minas—Sr. Oliveros—, el director general de Energía—Sr. Díaz Fernández—, el director general del Instituto Geográfico y Catastral—Sr. Núñez de las Cuevas—, el Presidente de la Comisión Internacional de las Ciencias Geológicas—Profesor Tikhomirov—, el Director del IGME—Sr. Izaguirre—, y el Presidente de la Comisión organizadora de la V Reunión y Secretario de la Comisión Nacional de Geología—Sr. López de Azcona—.

Intervino, en primer lugar, el Director del IGME que hizo una síntesis de la historia del Instituto Geológico y Minero, sus fines y las actividades del mismo. A continuación habló el profesor Tikhomirov de la Academia de Ciencias de la URSS agradeciendo la acogida que España brinda a los 125 científicos procedentes de 16 países que celebran en Madrid esta V Reunión que tiene como tema "La historia de la enseñanza de las Ciencias Geológicas" presentándose un total de 48 comunicaciones.

Cerró el acto el Subsecretario de Industria que glosó la importancia de ambos acontecimientos así como la importante labor que realiza el IGME en estos momentos.

El Subsecretario de Industria relacionó la actual crisis energética que padece el mundo con la importancia de la geología y el desarrollo económico al que va unida la capacidad creadora del hombre para aportar soluciones nuevas a la crisis. El conocimiento de la tierra—dijo— constituye no sólo una constante imprescindible sino que es también una necesidad indispensable para que el desarrollo no se detenga.

A continuación fue visitada por todos los asistentes la Exposición Permanente donde se reflejan las actividades que actualmente desarrolla el Instituto Geológico y Minero de España, dentro del Plan Nacional de la Minería, y se inauguró una interesante Exposición cartográfica que hace historia de la evolución de la cartografía geológica en España, en los últimos ciento cincuenta años y en la que se exhibían valiosos ejemplares de cartografía geológica antigua, juntamente con las realizaciones actuales del Instituto así como diversos libros y recuerdos de geólogos ilustres del IGME.

Se ha editado, con el título de "La Geología y Minería Españolas. Notas históricas", una cuidada publicación cuyos autores son don Juan Manuel López de Azcona y don Juan Hernández Sampelayo y que, en realidad, constituye una verdadera historia de estos ciento veinticinco años de actividad del Instituto Geológico, principal protagonista durante estos años de la geología y la investigación minera en España.

EL DIRECTOR DEL IGME ABRE EL ACTO.

Dos acontecimientos importantes para la geología española se celebran en este Acto:

— La inauguración de la V Reunión de la Comisión Internacional de Historia de las Ciencias Geológicas que este año tiene lugar en Madrid, y

— la celebración del 125 Aniversario de la Creación del IGME.

Del primer acontecimiento les hablará a Vdes. el Presidente de la Comisión Internacional de Historia de las Ciencias Geológicas; yo me limitaré, en mi condición de Director del IGME, a hablarles de este 125 Aniversario de nuestro Instituto.

A lo largo de este siglo y cuarto de existencia, el IGME ha sido el principal protagonista de la geología española. Nada más apropiado, por tanto, que el marco de estas reuniones internacionales de Historia de la Geología, para recordar, aunque sea muy brevemente, la historia del IGME.

Desde el 11 de julio de 1849, en que el entonces Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, D. Juan Bravo Murillo, propone a S. M. la Reina Isabel II el Decreto de creación de la "Comisión de la Carta Geológica de Madrid y General del Reino", hasta nuestros días, este veterano Organismo ha desarrollado una continuada y larga labor geológica y minera, cambiando repetidas veces de nombre, de sede, de organización y, naturalmente, de personas

Pero estas variaciones, inevitables en el tiempo, no han afectado a la esencia de sus fines, que podemos resumir, fundamentalmente, en los siguientes:

— Realizar y mantener al día la cartografía geológica de España, en todos sus aspectos, base para todos los trabajos de geología aplicada.

— Conocer y catalogar los recursos minerales de todas clases de que dispone nuestro País, en apoyo de su aprovechamiento económico y racional

— Cuantificar y planificar el buen uso de los recursos hidráulicos subterráneos, protegiéndoles del agotamiento y la contaminación.

— Contribuir al desarrollo regional, a través de este conocimiento, de los recursos minerales, de rocas, de combustibles y de aguas subterráneas de las diversas zonas del País; y a través, también, de sus estudios de geotecnia de suelos y protección del medio ambiente.

A lo largo de estos ciento veinticinco años, un gran número de especialistas ha desfilado por sus laboratorios y despachos, y ha recorrido de un extremo a otro el territorio nacional, con estos fines. Los medios materiales, para llevar a cabo su labor, han variado, porque el mundo ha sufrido un cambio colosal, pero los objetivos han permanecido.

La Comisión creada por Bravo Murillo en 1849, experimentó reorganizaciones y cambios de nombre en 1959, 1870 y 1873. En 1910 pasa a llamarse "Instituto Geológico de España" y, en 1927, tomó el nombre actual de "Instituto Geológico y Minero de España".

Muchos hombres ilustres en el campo de la geología, la exploración minera y la hidrogeología, han formado parte del IGME en estos ciento veinticinco años.

CASIANO DEL PRADO y GUILLERMO SCHULTZ, realizadores de los primeros mapas geológicos españoles, en una época en que los medios eran tan rudimentarios que se veían obligados a trazar ellos mismos las bases geológicas, inexistentes por aquel entonces.

LUCAS MALLADA, cuyo recuerdo está inseparablemente unido a su monumental obra "Explicación del Mapa Geológico de España", primer resumen sistemático de nuestra estratigrafía; pionero de los estudios sobre los principales criaderos minerales de España; hombre lleno de inquietudes patrióticas, en aquel ambiente de la generación del 98.

LUIS ADARO, cuya figura va siempre unida a la cuenca carbonífera asturiana que conoce y estudia a fondo y cuyos mapas geológicos, sus ordenaciones estratigráficas y su clasificación de las diversas clases de carbones, siguen teniendo actualidad en nuestros días.

CÉSAR RUBIO, Director del Instituto en 1926, fecha histórica en que tiene lugar en Madrid, organizado por él, el XIV Congreso Geológico Internacional.

DOMINGO ORUETA y ENRIQUE DUPUY DE LÔME, realizadores de numerosos y magníficos estudios metalogenéticos y geológicos. El primero de ellos, una autoridad mundial en el campo de la óptica aplicada a la petrografía.

AGUSTÍN MARÍN y BELTRÁN DE LIS y ALFONSO DEL VALLE LERSUNDI, tan unidos a los descubrimientos de las Minas del Rif y de las cuencas potásicas españolas.

JOSÉ GARCÍA SIÑÉRIZ, que introduce por primera vez en España la geofísica aplicada a la prospección minera.

Y muchos más, que no podemos citar por falta de tiempo, aunque no sean menos dignos de ello. Desgraciadamente, todos ellos ya no están entre nosotros, aunque su obra y su recuerdo perdurarán siempre.

Toda esta historia, con cuyo detalle no debo cansaros, ha sido resumida en una publicación conmemorativa de estos ciento veinticinco años. En ella encontraréis muchos datos sobre el IGME y sobre la historia de la geología y la minería en España.

El Instituto, como todo Organismo de larga vida, ha tenido períodos alternativos de mayor o menor actividad, que han dependido, principalmente, del presupuesto de que ha dispuesto y éste, a su vez, de las ideas políticas imperantes en cada momento.

El IGME actual, reúne la solera de su antigüedad con la savia nueva de las jóvenes generaciones de ingenieros y geólogos, que componen sus cuadros.

El mundo de hoy, con sus graves problemas, ha situado en primer plano de actualidad los trabajos de geología aplicada y de exploración minera, que proporcionan una base indispensable para poder satisfacer las urgentes necesidades de recursos minerales, de agua, de energía, de protección del medio ambiente y de ordenación del territorio, que siente nuestro País.

En este ambiente, el IGME desarrolla, estos últimos años, una gran actividad y soporta, a la vez, una grave responsabilidad, al ser el Organismo encargado por el Estado de desarrollar el Programa Nacional de Investigación Minera, que es el mayor esfuerzo que la Administración española ha emprendido nunca para fomentar el desarrollo de la minería nacional a través del conocimiento detallado de los recursos minerales, los recursos energéticos y las rocas industriales con que cuenta España. Conocimiento que es la base indispensable para este fomento del aprovechamiento minero.

Hagamos votos para que tras estos ciento veinticinco años de actividad del IGME al servicio de España, sigan, al menos, otros tantos, y para que su ejecutoria siga siendo brillante, haciendo honor a su larga historia.

En nombre del Instituto Geológico y Minero de España doy las gracias al Excmo. Sr. Ministro de Industria, que nos honra con su presencia, a todas las Autoridades que le acompañan y a cuantos habéis tenido la amabilidad de compartir con nosotros esta fecha tan importante para cuantos formamos parte del Instituto.

PALABRAS PRONUNCIADAS POR EL PROF. TIKHOMIROV, DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MOSCÚ, PRESIDENTE DEL INHIGEO, EN EL ACTO DE LA INAUGURACIÓN DE LA V.ª REUNIÓN CIENTÍFICA

Gracias a la amable invitación de la Comisión Nacional de Geología de España, nuestro Comité del INHIGEO ha tenido la oportunidad de celebrar este simposium científico en la antigua y hermosa ciudad de Madrid. Cada casa y cada piedra de este antiguo país tiene una historia apasionante y para nosotros, historiadores de la ciencia Geológica la permanencia aquí, resulta sumamente agradable e interesante.

Nos causa especial satisfacción también, que el día del comienzo de nuestro simposium coincida con el CXXV Aniversario del Instituto Geológico y Minero de España, ampliamente conocido por sus destacados trabajos en el campo de la investigación científica. Permittedme en nombre de todos los miembros del INHIGEO felicitar cordialmente en esta memorable fecha al Director del Instituto Dr. Ingeniero José Ignacio Izaguirre Rimmel y a todos los colaboradores del mismo y desearles nuevos éxitos en su trabajo creativo.

De una manera especial mi felicitación a nuestro compañero del Comité del INHIGEO y Presidente de la Comisión Organizadora de España Prof. López de Azcona.

No dudo de que nuestro simposium será fructífero y que todos nosotros conoceremos en él cosas interesantes y nuevas.

En nombre del INHIGEO agradezco sinceramente a nuestros anfitriones su hospitalidad y deseo un fructífero trabajo a nuestro simposium.

DISCURSO DE CLAUSURA DE LA V.ª REUNIÓN CIENTÍFICA DEL INHIGEO, PRONUNCIADO EN CÓRDOBA EL 5 DE JULIO POR EL SUBSECRETARIO TÉCNICO DE LA PRESIDENCIA DEL GOBIERNO Y MIEMBRO CORRESPONDIENTE DE LA INHIGEO EN ESPAÑA EXM. SR. DR. D. ANTONIO DEL VALLE Y MENÉNDEZ

En mis palabras quiero poner de relieve la importancia que para nosotros tienen estas reuniones de la Comisión de Historia de las Ciencias Geológicas, que bajo el lema "Historia de la Enseñanza de las Ciencias Geológicas y Conexas", se han celebrado durante estos días, y que hoy se clausuran, por una de esas agradables coincidencias del destino, en la ciudad del espíritu, como se la conoce con justa fama a esta Córdoba de Séneca, de Maimónides, de Averroes. Ibn Hazm, es decir, de filósofos, y de mártires como Eulogio, y de poetas como Luis de Góngora, artífice máximo de nuestros versos. La Córdoba actual, callada junto a su río, con sus calles estrechas, sus casas blancas y sus colinas oscuras, diría yo que a pesar de un arte importado, es la más española entre las ciudades. Esta es la ciudad que nos acoge con su proverbial hospitalidad que agradecemos en las personas de sus Autoridades.

Mi cordial felicitación a los que intervinieron en sus sesiones y en la presentación de los trabajos, poniendo de relieve la importancia del tema, noticiando los esfuerzos realizados para transmitir los conocimientos adquiridos por la investigación y la experiencia.

Mi efusiva felicitación al Presidente de esta Comisión Profesor Tikhomirov y a mi ilustre compañero don Juan Manuel López de Azcona, artífice de la organización y propulsores incansables en la exigencia de la presentación de los trabajos.

Quiero apoyarme en las palabras autorizadas de Zubiri para decir que "ocuparse de la historia no es una simple curiosidad. Lo sería si la historia fuera una simple historia del pasado"; pero existe una *realidad histórica*, y esa historicidad es una dimensión del ente real, que se llama hombre, lo que da sentido trascendente a todos estos estudios.

Siendo así, adquiere gran importancia el conocimiento de la historia de la ciencia que, recordando a George Sarton, podemos concebirla como "una de las partes esenciales de la historia de la humanidad". Ya sabemos que existen otras partes como la historia del arte y de la religión, pero su evolución es bien distinta. Los santos de hoy no están más cerca de Dios que aquéllos de otros

tiempos, y el arte, que aquí tiene como exponente y síntesis la Mezquita, no nos acerca más a la belleza hoy como lo hacían en otros tiempos más afortunados; sin embargo la historia de la ciencia tiene algo de original y nuevo, pues constata el desarrollo acumulativo y progresivo del conocimiento científico.

Por eso Sarton dice que, si queremos explicar el progreso de la humanidad, la historia de la ciencia debe ser el eje central de nuestra explicación.

Por otra parte, suponemos que la ciencia se concibe como un esfuerzo unívoco para conquistar la realidad de las cosas. Así, resulta la historia de la ciencia como el conjunto de variaciones que ha sufrido su campo de acción. Y este concepto filosófico tiene extraordinaria trascendencia al estudiar muy especialmente la historia de la enseñanza de las ciencias geológicas a que se refiere el tema de este Congreso.

Desde que Comte, en 1832, sugirió la idea de sistematizar la evolución histórica del conocimiento científico la especialización se abrió en un abanico inmenso y, entre otras consecuencias, ha supuesto distanciar el campo de la tecnología del humanismo, cuyo único nexo de unión ha sido precisamente el estudio de la historia de la ciencia: que debemos señalar, no es simplemente una combinación de historia y ciencia, pues en definitiva es esencialmente historia.

En el espacio singular en que nosotros nos movemos en la historia de la enseñanza de las ciencias geológicas, no nos puede ser indiferente los distintos estadios de la Humanidad. En el campo histórico se acusa con especial relieve: el renacimiento, el barroco, la ilustración, el romanticismo y el positivismo. Además la condición social y la confesión religiosa han modelado gran parte del mundo moderno.

Sobre "¿Qué es la ilustración?", de Kant, en 1784, responde su autor diciendo: Sapere Aude: es el riesgo de saber. Dicho riesgo se ha convertido en nuestros días en una angustia abrumadora, sobre todo si el riesgo se entiende como el dominio por el hombre de las fuerzas de la naturaleza.

En estos contextos se ha desarrollado ese conocimiento geológico enseñado en los distintos Centros, donde convergen los saberes de las ciencias naturales. Es un tema importante estudiar estas influencias para saber de qué forma la transmisión del conocimiento geológico en nuestras aulas ha estado a la altura de los conceptos que presidían el momento histórico contemplado.

En la actualidad el conocimiento del mundo físico, después de Newton y Einstein, sigue proponiéndonos nuevos misterios y corremos el riesgo para una inteligencia individualizada de caer en la época del oscurantismo. Sólo si sabemos como hemos llegado al conocimiento actual, es decir, en el análisis de la historia de la ciencia, podemos ver como la especialización nos obliga a reunir los

distintos conocimientos dando nacencia al trabajo en equipo, que hoy preside toda organización científica. De todo ello surge una nueva filosofía sobre las ciencias geológicas, por eso en un paso más de especialización sería interesante el estudio del desarrollo filosófico de las ideas geológicas en el transcurso de sus enseñanzas. Es decir, el estudio de los presupuestos filosóficos de las distintas hipótesis geológicas.

Estoy seguro que en este complejo panorama Vdes. sabrán progresar para que la ciencia sea más humana y la humanidad tranquilice su conciencia sabiendo que lo que transmitimos es útil para el hombre y posible para continuar el progreso, y en este sentido quiero terminar con esas palabras de San Agustín: "Busquemos como quienes van a encontrar, y encontremos como quienes aún han de buscar, pues, cuando el hombre ha terminado algo, entonces es cuando empieza".

Y nada más, Señores. Les agradezco su atención y declaro clausurada la V Reunión celebrada en nuestro País por la Comisión de Historia de las Ciencias Geológicas.

\* \* \*

A continuación insertamos los trabajos premiados en la V.ª Reunión Científica.

## LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA Y CIENCIAS CONEXAS EN ESPAÑA (\*)

### 1. Introducción y definiciones

El deseo del hombre de conocer el mundo donde vive y la necesidad de materias primas de origen mineral, fueron las causas fundamentales o gérmenes de la geología.

Sus primeros pasos como ciencia, tienen lugar en los albores del siglo XIX, con la estratigrafía mineralógica de Abraham Teófilo Werner (1750-1817), las teorías plutónicas de James Hutton (1726-1797), la anatomía comparada de Frederic Cuvier (1777-1838), los estudios de William Smith (1789-1839) al relacionar el extracto con el fósil y situar éste en el espacio y tiempo. Importante fue la frase de Antonio de Ulloa (1716-1795) a mediados del siglo XVIII "Son las petrificaciones marinas, el conocimiento demostrativo de los acontecimientos del mundo".

Escribía el eminente geólogo Fernández de Castro (1874). "La geología misma es una ciencia moderna que han visto nacer los maestros de los que hoy enseñan todavía esta rama de las ciencias naturales en muchas cátedras y academias." Las ciencias que le precedieron, tuvieron otras denominaciones, de las cuales vamos a dar sus definiciones, antes de considerar la historia de su desarrollo.

(\*) Prof. Dr. J. M. López de Azcona, Comisión Nacional de Geología (España). Primer Premio de Comunicaciones presentadas. V.ª Reunión Científica. Madrid, 1974.

*Mineralogía.*

La definía el Conde Peñaflores (1778). "Enseña los indicantes de las minas, la dirección de sus ramificaciones, sus variedades, graduación de sus calidades, los medios de desahogar y ventilar los subterráneos, el arte de asegurar las excavaciones, para precaver de todo riesgo a los mineros, facilita el hallazgo de los tesoros escondidos en las entrañas de la tierra, su extracción y aprovechamiento con la mayor seguridad, utilidad y economía."

*Orictognosia.*

Según el Prof. Abraham Teófilo Werner (1750-1817) de la Real Academia de Freyberg. "Es la parte de la mineralogía que comprende la doctrina de las relaciones y propiedades sensibles de los minerales mecánicamente simples." Podemos considerarla sinónimo de la actual Mineralogía.

*Geognosia.*

Según el Ing. Guillermo Schulz (1800-1877), Inspector General de Minas de España, "Es la ciencia que trata y define lo relativo a la estructura y situación respectiva de las proporciones grandes de la corteza". El sinónimo a la Geología Descriptiva.

*Docimasia.*

Según el Prof. José Duro y Garcés (1794-1856). "Es el arte de ensayar en pequeño los diversos minerales, para tener conocimiento de las materias útiles que contienen y proporciones de los elementos que las acompañan."

*Petrefactología.*

Según el Prof. Rafael Amar de la Torre (1802-1874). "Se ocupa del estudio de los petrefactos, cuerpos orgánicos parcial o totalmente transformados en inorgánicos, que se encuentran en la superficie o en el interior del globo." Podemos considerarla sinónimo de la actual Paleontología.

2. *Primeras enseñanzas*

Son varias las obras de romanos y griegos, escritas durante los dos siglos precedentes a la era de Jesucristo en las que se relatan multitud de observaciones referentes a materiales minerales que les podían ser útiles, así como de los trabajos de laboreo y beneficio de los mismos.

Estos escritores tenían que estar íntimamente relacionados, con una enseñanza práctica que debería profesarse, quizás inconscientemente en aquellos tiempos. Durante el período de dominación árabe (711-1492), cultivadores de todas las ciencias, dominaban el arte de alumbrar aguas, de explotar y labrar piedras y metales, describir los efectos de los mismos, la utilización de las aguas minerales y descripciones fisicogeográficas.

Este espíritu de observación y aprender, también lo tenían los cristianos y fue extendido a América a finales del Siglo XV. Consecuencia de los descubrimientos de sustancias minerales, realizadas por los españoles en América y de las valiosas y amenas descripciones de geografía física, se inició a principios del siglo XVII un movimiento ascendente para aprender y estudiar ciencias naturales, en aquella época en que estas ciencias tenían en España un carácter descriptivo, e incluso cartográfico como el "Mapa de la Región aurífera del Perú", de Diego Méndez (1574), cuando ninguna nación pensaba salir de sus fronteras para estudiar la naturaleza. En el afán de conocer las ciencias naturales se observa una postración durante el primer tercio del siglo XVIII. La introducción de la paleontología en España se debe al Dr. Clarasid (1738), según se desprende de su discurso leído en la Regia Academia Médica Matritense titulado "Punto académico. Singularidades de la Historia Natural del Principado de Cataluña". La difusión de los adelantos de las ciencias se logra por las obras impresas, como la del Fray Benito Jerónimo Feijóo y Montenegro titulada "Teatro crítico" (1726-39) con el consiguiente desengaño de muchos errores geológicos comunes del vulgo contemporáneo, autor adelantado por muchos conceptos al siglo en que vivió. Sus obras fueron un impulso en el estudio de las ciencias naturales con un carácter más reflexivo y severo.

3. *La enseñanza durante el siglo XVIII*

Las primitivas enseñanzas organizadas comienzan en España en el siglo XVIII y se orientaron hacia lo que se conocía con la denominación de "mineralogía" campo íntimamente ligado con la minería, según la definición de Peñaflores, reproducida en capítulo anterior. En aquella época hubo intentos particulares y estatales, todos dignos de considerarse por haber sido los precursores de su enseñanza en nuestro país.

Cuando todavía no se profesaba oficialmente la mineralogía en Europa, la Sociedad Vascongada de Amigos del País, organizada en 1764, fija su atención principalmente en el laboreo de minas y su beneficio, así como en los conocimientos complementarios de estas actividades, hechos plasmados en sus estatutos (1773) quedando fundado su Seminario por R. C. (26 marzo 1778) la que establece cátedras de química, mineralogía, metalurgia y dispone la formación y manutención de un fosilario o gabinete mineralógico. El centro alcanzó un prestigio elevado por la calidad de sus profesores e investigaciones realizadas. En

los laboratorios se practicaron los primeros análisis de la "platina" y se descubrió el volframio por el profesor de mineralogía Fausto de Elhuyar y de Zubice.

Pone España su mira en el Virreinato de Nueva España, donde organiza el gremio de la minería (R. C. 1 de julio 1776) y establece que el Real Tribunal de Minería diese los títulos de Peritos Facultativos de Minas y de Peritos Beneficiadores. Para ejecutar este programa se creó el Real Seminario (1776), su funcionamiento comenzó en enero de 1792, con profesores tan valiosos como Elhuyar y Andrés Manuel del Río Fernández descubridor en los laboratorios del Seminario del eritronio o vanadio.

La Escuela de Almadén, primera oficial en la metrópoli, queda establecida (R. O. 14 de julio 1777), al nombrar director de las minas a Enrique Cristóbal Storr, con la obligación de enseñar a los jóvenes matemáticos de la Península y a los venidos de América, la mineralogía y la geometría subterránea de acuerdo con el ofrecimiento hecho (1776) a Carlos III.

Se designó un traductor oficial de obras de mineralogía, Juan Graef (fallecido en 1781) con el fin de poder seguir los progresos de las publicaciones editadas en otros idiomas.

En 1788 se independiza la cátedra de mineralogía, encomendándose a Juan Martín Hoppensack quien la profesaba diariamente y durante seis horas con teoría y prácticas; posteriormente (R. O. 12 junio 1804) a Diego de Larrañaga. Los alumnos se denominaban cadetes del regimiento de la "Corona de Nueva España", al que estaban agregados y concedido el grado de Alférez al ser ingenieros. No siempre tenían la denominación de ingenieros (R. O. 1 abril de 1796), lo corriente era de "geometras subterráneos" y "delineadores" según la especialidad seguida.

Propone al Rey, Gaspar Melchor de Jovellanos (1789), se estableciese en Asturias la enseñanza de la mineralogía, erigiendo una escuela teórico práctica (R. O. 24 agosto 1792), se ordena su organización orientada al laboreo y beneficio de las minas, iniciándose las clases de mineralogía en el Real Instituto Asturiano (1.º enero 1796), con tres cursos.

Nuevamente se piensa en el resto de América y (R. O. 1785), dispone Carlos III la organización de una manera análoga a la dada en Nueva España.

En la Ensenada de la Cabada (Santander), existía una fábrica de cañones, donde dispuso Carlos III al establecimiento de una Escuela de Mineralogía, con un período floreciente durante la última década del XVIII, posteriormente abandonada y destruida.

El Real Gabinete de Historia Natural creado por iniciativa de Antonio de Ullón (1752), tuvo medios para promover una cátedra de mineralogía, y su director José Clavijo Fajardo propuso (1798) la designación de Cristiano Herrgen como profesor, fue discípulo predilecto de Abraham Gottlob Werner y orientó sus enseñanzas hacia la aplicación minera.

La última Academia de Minas creada oficialmente fue la de Riotinto (Huelva), como consecuencia del plan de enseñanza preparado por Francisco Angulo (R. O. 15 noviembre 1799), con cinco ramas o departamentos, al igual que se establecían ahora para Almadén. Una de las ramas era la química mineralógica, completada con colecciones de minerales principalmente españoles y su correspondiente laboratorio.

En 1798 dan comienzo las enseñanzas de Perito Minero en el Colegio de Guanajuato (Nueva España), fundado en 1786.

Como orientación histórica de la enseñanza de la mineralogía, citamos las fechas de creación de algunas de las escuelas extranjeras: Freiberg, 1767, Schemnitz, 1770, San Petesburgo, 1772, París, 1778, Saint Etienne, 1816, Lieja, 1835, provincial de Mons, 1847, Londres, 1851.

4. *La enseñanza en el siglo XIX*

En este siglo alcanzó una difusión grande la enseñanza de las ciencias geológicas, tanto superiores como las elementales o aplicadas. En todas las provincias españolas interesaban las riquezas minerales y por ello, deseaban estableciesen sus enseñanzas. En el año 1808 propusieron José García Rodrigo y Leonardo Vidal y Garriga la creación de una cátedra de química y mineralogía en Sevilla. La regencia del Reino (11 agosto 1811) establece en Cuba la misma ordenanza minera que en Méjico, lo que lleva implícito la creación de las enseñanzas de la minería.

La ley general de Instrucción Pública (29 junio 1821), presenta dos novedades; establece en Madrid la Escuela Politécnica de donde pasan sus graduados a las Escuelas de Aplicación de Ingenieros de Minas; Canales, Puertos y Caminos; Geógrafos y Construcción Naval. Manda establecer escuelas especiales de minería en Zacatecas, Guanajuato, Tasco, Santa Fé de Bogotá, Tegucigalpa de Comayagu. Entre las cátedras de estas escuelas figuraba la docimástica, la mineralogía, la geognosia y el arte de minas. Esta ley en su mayor parte no se cumplió.

El clérigo José María Viedma (1825), propuso la creación de una cátedra de mineralogía en Granada y se ofreció para profesarla.

Al aprobarse la Instrucción Pvisional de Minas (18 diciembre 1825), quedan creadas en Madrid varias cátedras relacionadas con el ramo, reorganizadas las de Almadén y establecido en Madrid un gabinete de mineralogía. El primero que desempeño en Madrid la cátedra de química docimástica fue José Duro Garcés (1828) y su Ayudante Manuel Gómez Arnau, domiciliándose la enseñanza en la calle del Lobo, 21, pasando en 1830 a Florín, 1. En 1928 se inicia el museo mineralógico que había de pasar a la Escuela de Minas, con la adquisición de colecciones en Alemania, Filipinas, etc.

Muchas de las orientaciones contemporáneas que hemos visto establecerse en la docencia, tenían precedentes en los centros de enseñanza del siglo pasado, así ocurrió con los proyectos y tesinas, al establecerse (R. O. 8 agosto 1831) en Almadén la obligación de redacción por parte de los alumnos de memorias técnicas, las cuales había establecido del Río en México en la última década del XVIII.

El Reglamento del Real Cuerpo Facultativo de Minas (R. O. 21 septiembre 1833), establece en su plantilla un profesor y un ayudante de Química Docimástica en la Dirección, que fueron los existentes, un ayudante de laboratorio y un profesor de Mineralurgia en Almadén que fue Lorenzo Gómez Pardo. Este investigador informó (21 agosto 1834), sobre la necesidad de que existiesen en Madrid, cuatro profesores y dos ayudantes de las disciplinas siguientes: química mineral y análisis, mineralogía y geognosia, laboreo de minas, metalurgia. Con el objetivo del desempeño de las cátedras por las primeras figuras de la ciencia y contar con más medios, se dispone el traslado a Madrid de la Escuela de Aplicación de Almadén (R. D. 23 abril 1835), inaugurándose en 7 enero 1836. Figuran en su claustro Rafael Amar de la Torre en mineralogía y geognosia y Lorenzo Gómez Pardo afecto a docimasia y preparación de minerales. Los planes de la escuela eran para formar ingenieros especialistas en mineralogía y geognosia, mecánica aplicada, docimasia, metalurgia y laboreo de minas. En Almadén quedaba funcionando una Escuela Práctica de geometría subterránea y minería y se disponía la creación de otra análoga en Vera (Almería).

Se organiza la ingeniería en cuatro inspecciones (R. D. 30 abril 1835): Minas, Caminos, Geógrafos, Bosques, quedando en suspenso las dos últimas hasta que existiesen sus escuelas, en la reorganización posterior (R. D. 30 abril 1836) se suprime Geógrafos. Para facilitar el acceso a estas carreras, se organiza el Real Colegio Científico (R. D. 19 noviembre 1835), donde se enseñarían las disciplinas comunes.

La Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, siempre adelantada de la ciencia en Cataluña, inauguró (3 noviembre 1835), enseñanzas gratuitas de mineralogía y geología, con reglas para apreciar la riqueza de los minerales, su importancia y utilidad de su beneficio, profesadas por José Antonio Llobet y de laboreo de minas por Francisco Peradaltas. Las clases tenían lugar los martes, jueves y sábados, las primeras por la mañana y las segundas por la tarde, para facilitar su compatibilidad.

Las enseñanzas en minas se organizan (R. D. 20 enero 1836) a base de un año preparatorio en el Real Colegio y dos normales de conocimientos comunes, a los que seguían tres en la Escuela de Minas y dos de prácticas en minas. Los oficiales alumnos, al finalizar estudios alcanzaban el título de Aspirantes al Cuerpo de Minas y los libres el de Maestros Peritos de Minas. La enseñanza de la geología y geognosia para Caminos se cursaban en la

Escuela de Minas (R. O. 4 noviembre 1836). La enseñanza de la paleontología la inicia Amar (R. O. 15 septiembre 1839) orientada al conocimiento de las especies fósiles o petrefactos más frecuentes y característicos.

El plan de estudios de la Escuela Práctica de Almadén es reorganizado (O. R. 24 febrero 1841), en tres cursos, con el título de "Capataces examinados", orientados a lograr unos maestros prácticos que conozcan bien las sustancias minerales objeto del laboreo, o minerales de beneficio, así como sus matrices e indicantes. Decía en la inauguración del curso Casiano de Prado (1.º octubre 1841), "La minería no es una arte de gabinete, es preciso frecuentar las montañas y las minas", "cada mina ofrece una lección viva".

El aumento de interés en el conocimiento y composición de las sustancias minerales, obligan a la creación en la Dirección General de Minas de la Cátedra de química analítica y docimasia (R. D. 23 diciembre 1834) a la que se destina a Luis de la Escosura, y en el reglamento (7 junio 1844) se dispone, sean efectuados en la escuela gratuitamente, cuantos ensayos de minerales soliciten los particulares. El número de cursos es aumentado a cuatro (R. O. 9 noviembre 1845), con nuevas asignaturas. Se dispone (O. 28 julio 1846) el cumplimiento de la base 70 de la Instrucción de Minas, para que los Distritos mineros, remitan colecciones de minerales y geológicas con el objeto de establecer en la Escuela de Minas el "Gabinete de minerales de España".

Queda dispuesto el establecimiento de una escuela práctica de minería en Asturias con dos cursos (R. O. 15 de septiembre de 1844), la enseñanza del primero es ubicada en Gijón y la del segundo en Langreo (R. O. 14 noviembre 1845), en la cual se profesaría la mineralogía y la geognosia.

Creada la escuela preparatoria (R. D. 6 noviembre 1848) para Caminos, Minas y Arquitectos, donde seguían dos cursos, había tres posibilidades de estudios en el ramo de la minería: seguir dos cursos para ser Director de Laboreo, u otros dos para Director de Fundición o los cuatro para Ingenieros de Minas. Las asignaturas relacionadas con la Geología eran profesadas: la mineralogía por Naranjo lo mismo que la paleontología; geología Pellico, sustituido en 1849 por Policarpo Cía, a quien sucedió Matías Menéndez de Lúcar y en 6 de junio de 1866 Justo Egozcue y Cía, posterior Manuel Abeleira y en 26 de octubre de 1868 es designado Manuel Pellico y Molinillo; la docimasia por Cutolf este último sustituido en 1850 por Amalio Maestre; química analítica Luis de la Escosura, sucedido por José Giménez y Perfecto María Clemenci.

Creada la Escuela de Agricultura (R. D. 2 noviembre 1849) se dispone en su plan de enseñanza (R. D. 8 septiembre 1850) la inclusión de la geología en el segundo curso.

Complemento de las enseñanzas de geología en la Escuela de Minas, eran los trabajos de campo o campamen-



tos inaugurados en 1850 en el distrito de Hiendelaencina, siendo los últimos celebrados los de Cartagena (1863 y 1864), suprimiéndose por falta de consignación.

Establecida en Mieres del Camino una escuela Práctica de Minas (1 diciembre 1853) es inaugurada en abril de 1855, dando a sus alumnos título de Capataz.

La Escuela de Preparatoria no lograba que sus alumnos adquiriesen el nivel en Ciencias Naturales, para seguir la rama de minas, por ello se suprimió y sustituyen sus estudios por un curso de preparatoria (R. D. 31 agosto 1855). La necesidad de un mejor conocimiento del terreno y los materiales para la edificación, promueve la inclusión de la mineralogía y la química en el segundo curso de la carrera de arquitectura (R. O. 24 enero 1855). La Ley de Instrucción Pública de Claudio Moyano (9 septiembre 1857), con ligeras modificaciones, estuvo vigente durante un siglo en muchos de sus aspectos. Las ciencias naturales se estudiaban de la siguiente manera. En la primera enseñanza los elementos de la Historia Natural. De las seis facultades, en la de Ciencias con secciones de Exactas, Físicas y Naturales la mineralogía y la geología. En la de Medicina y Farmacia sólo se pedía la mineralogía. En las Escuelas Superiores de Minas, Caminos, Montes, Agrónomos, Industriales y Arquitectos se profesaba la mineralogía y la geología.

Consecuencia de la Ley anterior fue la reorganización de planes de estudios en todos los centros superiores. El de minas lo fue en cinco cursos (21 septiembre 1859) de la forma siguiente: 3.º mineralogía profesado por Felipe Naranjo y Garza sustituido en enero de 1861 por Policarpo Cía, docimasia por José Grande, 4.º curso Paleontología por Matías Menéndez de Lúcar quien también explicaba la geología y la Paleontología aplicada, y existían en el mismo curso la preparación de menas.

En las restantes Escuelas Técnicas, de Caminos, Montes, Agrónomos e Industriales (R. D. 20 de septiembre 1859) sus alumnos debían cursar en la facultad de Ciencias, mineralogía con nociones de Geología. Es interesante en los reglamentos de las Escuelas Técnicas, la inclusión en los mismos de los cuestionarios detallados de las asignaturas. El Plan de la Facultad de Ciencias consistía (R. D. 11 septiembre de 1858) en dos años de bachiller en Ciencias donde se cursaba mineralogía con nociones de geología. Después dos cursos de licenciatura y el de doctorado. En la Licenciatura de Naturales se estudiaba ampliación de la mineralogía y geognosia y en el doctorado paleontología y geología.

La necesidad de nuevas Cátedras y Laboratorios, impuesta por la Ley de Educación, obligaron a la Escuela de Minas a mudarse en 1860 a Conde de Barajas, 8, al palacio que fue de Fernán Núñez.

En los últimos cuarenta años del XIX, se sucedieron múltiples actualizaciones de planes y criterios sobre centros de enseñanza. La Escuela de Capataces de Minas de Asturias se traslada a Sama de Langreo (R. O. 2 abril

1861), de donde pasa a Oviedo (R. O. 24 abril 1869) y de allí a Mieres (R. O. M. Fomento 23 julio 1874).

La Ley General de Instrucción Pública de 1857, se extiende a Cuba (R. D. 15 junio 1863), en ella las ciencias geológicas, sólo se estudian en sus elementos como asignaturas preparatorias, realizando los alumnos unas pruebas de suficiencia ante un tribunal especial en el que intervenían los ingenieros del Distrito de La Habana, pasando a realizar los estudios superiores a la Escuela de Minas de la Península. En la Escuela Superior de Arquitectura (R. D. 30 noviembre 1864) exigían el estudio de la mineralogía con nociones de geología en la Facultad de Ciencias y dentro de los cuatro años de especialidad, se cursaba en el segundo la mineralogía. En la de Caminos, Canales y Puertos, con seis años de especialidad (R. D. 10 septiembre 1865), les enseñaban en el 3.º la mineralogía y geología.

Dispuesta por el Ministerio de Fomento la creación de una escuela de capataces de Minas (R. O. 1.º enero 1865) en Cartagena, en unos momentos florecientes de aquella región minera, se inaugura en 1871. La carrera era de dos cursos: en el 1.º se cursaba mineralogía y preparación mecánica de minerales; en el 2.º docimasia. La escuela desapareció a los pocos años, por dificultades en los créditos

En unos momentos que por falta de alumnado, estaban las facultades de ciencia a punto de suprimirse, se reorganiza las enseñanzas de ingeniería (R. D. 24 octubre de 1866), estableciendo los estudios de tres cursos de ingreso en las facultades de ciencias y los específicos en las escuelas. Estos eran tres años para Caminos cursando en el 3.º geología y paleontología. Tres años Minas, con mineralogía en el 1.º y geología y paleontología en el 3.º Dos años Montes con geología y paleontología en el 2.º Tres Industriales con mineralogía en el 1.º Este plan no llegó a implantarse.

Con la misma fecha se reorganizan los estudios de Ciencias. En la facultad se seguían dos cursos para ser bachiller en ciencias, en el 1.º la mineralogía. La licenciatura se alcanzaba en dos cursos: en el caso de las Naturales tenían en el 1.º complementos de la mineralogía. El doctorado consistía en un curso, explicándose para el de Naturales geología y paleontología. Los estudios de medicina y farmacia (R. D. 7 noviembre 1866) consistían en cuatro cursos de licenciatura y uno de doctorado, siguiéndose en el 1.º la asignatura de Materia Mineral, que era una especie de aplicaciones de los minerales y sus productos derivados a la medicina y farmacia.

Declarada la libertad de la enseñanza preparatoria para el ingreso en las escuelas de ingenieros (D. 23 febrero 1868), la cual duró hasta la Ley de Educación de 1957, figuraba en los primitivos programas de la misma la historia natural. En las escuelas especiales se seguían cuatro cursos.

Nueva reorganización de la enseñanza en las facultades universitarias (D. 25 octubre 1868). Al bachiller en artes,

para serlo en Ciencias, entre las asignaturas que debía cursar figura la mineralogía con nociones de geología. La Facultad de Ciencias, con sus tres secciones clásicas, pedía a los Bachilleres en Ciencias para ser Licenciados en Naturales, ampliación de mineralogía y geognosia y en el doctorado paleontología y geología. Los Bachilleres en Ciencias tenían que cursar mineralogía con nociones de geología, para ingresar en farmacia y durante la licenciatura seguían materia farmacéutica mineral.

Establecida la libertad de enseñanza en 1869, se crean una serie de centros como fueron: Escuela General de Agricultura para la enseñanza de peritos agrícolas en la finca de "La Florida" (D. 27 enero 1869). Para pasar a Ingeniero Agrónomo entre otras asignaturas seguían mineralogía con nociones de geología. En la Escuela Libre Profesional de Huelva se crea la de Peritos de Minas con cátedras específicas como la de preparación de minerales y en Linares (Jaén) la de Capataces de Minas, con tres cursos explicándose: En el primero, elemento de mineralogía y geología. En el segundo, elementos de docimasia. En el Tercero, preparación de minerales, principalmente los de plomo. Estas dos últimas escuelas, habían desaparecido en 1877. La Escuela de Vera fue una realidad gracias al presupuesto de 1873-74, pero también de efímera duración. En el último decenio del XIX, las escuelas de capataces de minas por orden de antigüedad eran: Almadén, Mieres, Cartagena (R. D. 4 septiembre 1883) Vera (R. O. 1 enero 1890) y Linares (R. D. 18 noviembre 1892).

La supresión del grado de Bachiller en Ciencias en las facultades, deja únicamente el de Artes, con la denominación única de Bachiller (Ley 7 mayo 1870).

El nuevo Reglamento (R. D. 16 noviembre 1871) de la Escuela Superior de Agricultura, incluye la mineralogía, entre las materias obligatorias para ingreso en la sección de ingeniería. Dada la denominación de Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos (R. O. 16 agosto 1876), les incluyen en el ingreso un examen de mineralogía y geología.

Reorganizada la facultad de Ciencias (D. 2 junio 1873) en secciones de matemáticas, física y química, naturales. A los de física y química, se les pone la asignatura de cristalografía matemática y química mineralógica a cursar en naturales. Para naturales serán asignaturas obligatorias: uranografía, química mineral, mineralogía y litología, geología, y electivas: cristalografía matemática, química mineralógica y paleontología.

La reforma de estudios de farmacia (R. D. 24 septiembre 1886), exige en el preparatorio la mineralogía y en la licenciatura en el primer grupo la mineralogía aplicada a la farmacia y en el cuarto la materia farmacéutica mineral.

La Comisión del Mapa Geológico queda obligada (R. D. 10 febrero 1888) a la formación de colecciones de minerales, rocas y fósiles para dotar a los establecimientos de enseñanza.

Las enseñanzas de Ingeniero Agrónomo se organizan en un curso preparatorio y cuatro de especialidad (R. D. 1

octubre 1890), cursándose en el primero la Petrografía y geología agrícola. Este plan es reformado (R. D. 19 enero 1894) suprimiendo dichas asignaturas y creando la profesión de Licenciado en Administración Rural, con dos cursos de dicha escuela. En los cuatro cursos a seguir en la Escuela Especial de Ingenieros de Montes, después del ingreso, se establece y fija el programa de las asignaturas de mineralogía y geología aplicadas (R. D. 6 julio 1894). Iniciado un plan descentralizador de la enseñanza, se restablece las facultades de ciencias en Granada, Sevilla y Valencia (R. O. 2 agosto 1895).

##### 5. La enseñanza en la primera mitad del siglo XX

La enseñanza de las ciencias geológicas desde todos sus aspectos, al comienzo del siglo XX, continuaba centralizada, sólo se profesaban, de manera amplia, en Madrid y en dos centros; La Escuela Especial de Ingenieros de Minas y la Sección de Naturales de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central. En varios centros superiores de enseñanza, existían disciplinas indispensables para los profesionales que alcanzaban los títulos. En las Escuelas de Capataces de Minas las enseñanzas tenían preferentemente un carácter práctico.

Para más claridad de este capítulo, seguiremos el desarrollo de los planes de enseñanza por profesiones.

En el grupo de las ingenierías los estudios de geología son los siguientes: En Agrónomos tuvo diversas variaciones en sus planes de estudios y en todas existen las enseñanzas de mineralogía y geología agrícolas, con diversas denominaciones. En Caminos le dan a la geología en sus diversos planes una orientación hacia la construcción. En Montes unas veces se incluye la mineralogía, pero en todos la geología con una orientación forestal. La enseñanza de la geología en arquitectura, se sigue en las facultades de ciencias. En las disciplinas de los diversos planes de Minas figuran siempre la mineralogía, petrografía, paleontología, geología general, criaderos minerales e hidrología subterránea.

Entre las escuelas de capataces o peritos, se estudia la geología práctica, aplicada a su especialidad en las agrícolas. Las escuelas de Capataces de Minas siguen incrementándose, se crean las de Huelva (R. D. 22 febrero 1901), Bilbao (R. D. 19 diciembre 1913), Bélmez, todas con ingreso y tres cursos, estudiando en ellas mineralogía y geología, así como prácticas de seguimiento y explotación de filones, dentro de las minas. La denominación de las escuelas se cambia a Ayudantes Facultativos de Minas y Fábricas Metalúrgicas (R. O. 30 noviembre 1914), concretándose (R. D. 13 noviembre 1930) las que tenían vida: Almadén, Mieres, Cartagena, Linares, Huelva, Bilbao y Bélmez y actualmente de Ingenieros Técnicos de Minas. El incremento de las actividades mineras en varias zonas obligaron a crear las de Manresa (29 octubre 1942), León (20 diciembre 1943), Torrelavega (13 ju-

lio 1955), la de Vera se restableció (4 de octubre 1935) sin resultados prácticos.

En la Universidad se crea (R. D. 4 de agosto 1900) en la facultad de ciencias, la sección de química. En el plan de naturales sorprende la supresión de la paleontología, estableciéndose para el doctorado en Ciencias Naturales (R. D. 28 febrero 1913) como asignatura obligatoria la antropología. Las asignaturas geológicas de la sección de naturales son (R. D. 7 octubre 1921) cristalografía, mineralogía, petrología, geografía física y geología. En la de farmacia se pedía especies farmacéuticas de origen mineral, denominadas posteriormente mineralogía aplicada a la farmacia (R. D. 19 mayo 1928).

Las enseñanzas superiores de Geología, como profesión, se cursan actualmente en las Universidades Clásicas y en las Universidades Politécnicas. En las Universidades clásicas en sus facultades de Ciencias y en ella lo comenzaron como Secciones de Ciencias Naturales en Madrid, ampliándose a Barcelona (R. O. 19 septiembre 1910). Estas Secciones (D. 2 julio 1954) se dividieron en Sección de Geológicas y Sección de Biológicas, creándose sucesivamente secciones de geología en Granada (D. 22 julio 1958), Oviedo (D. 22 julio 1958) y Salamanca (O. 9 marzo 1968). Por Decreto de 12 de julio de 1973, se abre la posibilidad de que las Secciones de Geológicas puedan ser elevadas a Facultades de Geología.

En los organismos integrados en las Universidades Politécnicas se cursan las ciencias geológicas como Ingeniería de Minas, primero en Madrid y posteriormente en Oviedo (D. 16 julio 1959), creándose la especialidad de Geología y Geofísica en ambas escuelas (D. 19 enero 1967).

##### 6. Bibliografía

EUGENIO MAFFEI y RÚA FIGUEROA: *Centenario de la Escuela de minas de España 1777-1877*. Imp. y Fundación de M. Tello, Madrid, 1877, 300 págs.

AGUSTÍN J. BARREIRO, O. S. A.: *El Museo Nacional de Ciencias Naturales*. C. S. de I. C. Madrid, 1944, 184 páginas.

JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA y JOSÉ MESSEGUER y PARDO: *Contribución a la historia de la geología y minería españolas*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1964, 150 págs.

#### PRIMEROS CIENTO CINCUENTA AÑOS DE LA ESPECIAL ENSEÑANZA GEOLOGICO-MINERA EN RUSIA (\*)

I. La Unión Soviética se extiende sobre un gran territorio de Europa y Asia, ocupando más de la sexta parte de tierra firme de nuestro planeta.

(\*) Prof. Dr. V. V. Tikhomirov de la Academia de Ciencias de Moscú. URSS, 2.º Premio de Comunicaciones presentadas. V.ª Reunión Científica. Madrid, 1974.

Dentro de los límites de este espacio se distribuyen diferentes zonas geológicas en las que se encuentran rocas las más antiguas hasta las más modernas, con toda clase de yacimientos minerales que contienen todos los elementos químicos que se conocen en la Naturaleza.

El empleo práctico de minerales, como evidencian los monumentos arqueológicos, comenzó en el territorio de la URSS desde el momento que apareció el primer hombre. Durante milenios se acumulaban empíricamente los conocimientos sobre las propiedades de los minerales y menas, forma de su explotación que nos facilitasen el descubrimiento de sus yacimientos.

En la época de formación del Estado ruso, creación de ciudades y desarrollo de los oficios mecánicos, surgieron condiciones apropiadas para el rápido progreso en el modo del empleo de las materias minerales y la búsqueda de nuevos yacimientos.

Un gran paso adelante en el desarrollo de la producción de la industria minera, así como la expansión de los trabajos de exploración y prospección, fue dado hacia los siglos XVII y XVIII, durante el reinado de Pedro I, destacado estadista de Rusia. En el año 1700 por edicto Ukas del zar Pedro I fue elaborada la ley minera. La exploración y prospección atrajo muchos entendidos del pueblo. Entonces, las empresas tenían un grupo especial de "informadores mineros" explotadores.

Los especialistas en la rama de la producción minera y geólogos, en esta época, no se preparaban en Rusia. Los puestos se completaban con los capataces o maestros, que recibían su cualificación durante sus muchos años de servicio en las empresas existentes, de las personas que habían sido enviadas para su formación a las viejas regiones mineras de Europa y Escandinavia, y también los especialistas que se invitaban o contrataban del extranjero.

Con la creciente demanda de personal especializado, apareció la necesidad de crear especiales entidades de enseñanza. Las primeras escuelas aparecieron en 1721 en tres de las fábricas del Ural, y dieciséis años después se abrieron otras escuelas similares en todas las grandes fábricas estatales de los Urales.

En estas escuelas se obtenía una preparación general, ya que las asignaturas especiales no se enseñaban allí entonces.

Pero fue muy significativo el que las promociones salientes tuvieran unos conocimientos básicos, que entonces eran muy escasos y de ellos, posteriormente, surgieron sobre la práctica trabajadores cualificados de la minería.

Los primeros especialistas con enseñanza superior geológica salieron de las aulas de la Universidad, organizada ante la Academia de Ciencias de Petersburgo, creada en 1724. La Universidad académica, que existió hasta los años 1760, creaba especialistas-naturalistas de amplio

perfil, algunos de los cuales se cualificaban después en las ramas de la geología y minería.

Un suceso importante en la historia de formación de especialistas científicos en Rusia lo constituyó la creación de la Universidad de Moscú, en el año 1755, fundada por proyecto y participación enérgica del gran sabio ruso M. V. Lomonosov. En los primeros decenios de su existencia, la Universidad de Moscú no preparaba geólogos, pero de las promociones de la entonces Facultad de Medicina recibían una amplia enseñanza de las ciencias naturales y sus conocimientos en mineralogía les permitía trabajar en las ramas de geología y minería.

En tanto que la cantidad de especialistas preparados en las universidades académicas, primero, y después, en la de Moscú era escasa, la necesidad de geólogos y mineros cualificados se hacía en Rusia más aguda. Debido a esto fue tomada una importante resolución de resolver el problema acuciante del abastecimiento de personal cualificado en la creciente industria minera de Rusia. Con este fin, en el año 1773 se organizó la Escuela de Minas en Petersburgo.

En el tiempo de su creación era la tercera del mundo, entre las entidades de enseñanza superior de este tipo, después de la de las Academias de Minas de Freiberg y Berlín, fundadas en los años 1765 y 1770, respectivamente.

Institutos análogos en otros países de Europa y América se crearon mucho después.

La duración de la enseñanza en la Escuela de Minas era de ocho años, de los cuales, los primeros cuatro cursos eran de preparación. Las personas que recibían enseñanza en la Escuela de Minas (más tarde, Instituto) estaban obligadas a trabajar en el sistema del servicio de minería por un tiempo no inferior a diez años. Dos terceras partes de los alumnos estaban bajo la completa manutención estatal, los demás se pagaban su alimentación, vestuario y enseñanza.

En los primeros años, después de la organización de la Escuela de Minas en Petersburgo, muchos de sus alumnos salientes y profesores se dirigían a la Academia de Freiberg, donde tenían la posibilidad de perfeccionarse en la experiencia de la antigua industria minera sajona.

II. A pesar de los serios e importantes esfuerzos que se tomaban en Rusia para aumentar la cantidad de especialistas en las ramas de la geología y minería, el rápido desarrollo de la industria minera, dictaba la necesidad de ampliar la enseñanza geológico-minera. Hacia principios del siglo XIX, a las escuelas de formación general que funcionaban en todas las regiones mineras, se unieron cinco más, creadas en los Urales, en 1806, todas ellas de tipo elevado. En ellas, además de la preparación de enseñanza general, se recibían conocimientos especiales de mineralogía, metalurgia en el arte minero y el relativo al estudio geológico y geodésico (denominado

marksheiderskiy). No obstante, y debido a la falta de profesorado, estas escuelas, al cabo del tiempo, fueron cerradas.

Al mismo tiempo, el número de escuelas de enseñanza de tres y cuatro años de aprendizaje en las regiones mineras, se seguían ampliando durante todo el siglo XIX. En estas escuelas ingresaban los hijos de los capataces y otros empleados subalternos de la minería. En casos aislados, se organizaban escuelas domingueras, donde se continuaba la enseñanza a los obreros jóvenes y adultos, y también otras escuelas femeninas para las hijas de los maestros y capataces de las fábricas mineras.

Con el fin de mejorar la calidad de los especialistas y la creación de un único sistema de enseñanza, en 1852 fue publicada una disposición especial para las entidades de enseñanza del Ural convertido entonces en la mayor región de abastecimiento al país de productos de la industria minera.

Conforme a esta posición, en todas las fábricas y en los grandes pueblos se formaron escuelas primarias o escuelas "fabriles", y en cada distrito minero, una escuela de minas del distrito y un colegio femenino. En Ecaterinburgo fue fundada la Escuela de Minas de los Urales.

Aunque los colegios o academias se organizaban en todos los distritos mineros, no se debieran considerar como tales establecimientos de enseñanza y preparación de especialistas de la geología y minería, de todas formas, estas cubrían en una gran parte la escasez del personal técnico bajo y obreros cualificados.

Conjuntamente con estos establecimientos, la expansión de los conocimientos geológicos entre la gente rusa la facilitaban los cursos especiales de ciencias naturales, que estaban incluidos en los programas de la enseñanza media, aún en el siglo XVIII. En 1804 se incluyeron clases de mineralogía en el programa de la mayoría de las escuelas, y más tarde, después de diez años de interrupción, la enseñanza de las ciencias naturales fue incluida nuevamente en los Colegios Reales, primero, desde 1835, y algo después, en los institutos, a partir del año 1852.

Pero es evidente que ni los colegios ni los institutos eran capaces de preparar geólogos o mineros cualificados. Tales especialistas superiores los preparaba, principalmente, la Escuela de Ingenieros de Minas, formada en el siglo XIX del Colegio de Minas de Petersburgo. Algunos geólogos salieron por estos años también de las universidades rusas, surgidas medio siglo después de la de Moscú.

Estas universidades son la de Derbtse (Tazta), organizada en 1802, Vilnus (1803), Kazán (1804), Jarsco (1805), Petersburgo (1819), Kiev (1834). Y, aunque en las universidades no se preparaban especialmente geólogos o ingenieros de minas, en los departamentos de las facultades de física y ciencias exactas se enseñaban asignaturas geológicas, suficientes para que algunos de sus

alumnos más destacados en estas pudieran especializarse en el futuro en geología.

De estos alumnos surgieron un gran número de geólogos y algunos fueron destacados sabios.

También la Escuela de Ingenieros de Caminos, fundada en 1810, destacaba entre las de enseñanza superior por su preparación geológica. Aquí se explicaba un curso de varios problemas geológicos con temas, que en nuestros días se independizaron en una rama especial como es la geotécnica.

No obstante, la cantidad de geólogos que salían conjuntamente de las Universidades y Escuela de Ingenieros de Caminos, en la primera mitad del siglo XIX, era menor que las promociones anuales de la Escuela de Minas. Esta tenía, a principios del siglo XIX, 100 estudiantes, hacia 1810 el número se elevó a 160, y para 1830 eran casi 500.

Además de estas instituciones, una nada despreciable labor en la expansión de las ciencias geológicas la llevaban a cabo las asociaciones de ciencias naturales, algunas de las cuales se dedicaban, parcial o totalmente, a la investigación geológica.

Los esfuerzos realizados en Rusia durante el siglo XVIII y sobre todo en la primera mitad del XIX para el abastecimiento de especialistas a la industria minera tuvieron pleno éxito. Hacia la mitad del XIX, el número de geólogos e ingenieros de minas se incrementó mucho, con lo que los distintos mineros fueron abastecidos de especialistas y las escuelas superiores tenían un número suficiente de profesores.

III. La enseñanza de las asignaturas geológicas en las instituciones superiores de Rusia correspondía al nivel general de la ciencia geológica en cada una de las etapas.

El siglo XVIII fue la época de la implantación de la geología científica. Fue entonces cuando se marcaron varias de sus tendencias e ideas principales, que con la evolución de la ciencia se constituyeron en ramas independientes de la geología o en sus más grandes problemas, cuyo estudio se continúa hasta nuestros días. En Rusia, este proceso se manifestó con bastante claridad, y el progreso de la geología teórica se resolvió con la unión del creciente volumen de las investigaciones prácticas y el desarrollo general de la ciencia.

En los primeros años de existencia del Colegio de Minas sólo se tenía el curso de mineralogía, que incluía también algo de petrografía, yacimientos minerales y paleontología. Al cabo de algún tiempo se destacó la geología general (geognosia) como asignatura independiente, y hacia los años del 1820 la paleontología y paleofo-tánica.

Una de sus mayores atracciones lo constituyó el museo organizado en 1787 y completado sistemáticamente con colecciones que venían del extranjero y de distintos distritos mineros de Rusia.

El museo se transformó varias veces, con lo que mejoraba su sistema de exposición. Hacia el 1820 se componía de seis departamentos, en los que se distribuían las muestras de minerales y rocas, según sus propiedades físicas. Un importante procedimiento de enseñanza práctica lo constituía una mina artificial, en cuyas paredes los alumnos observaban las propiedades características de la disposición normal o perturbada de las rocas, diferentes tipos de mineralización, etc.

Para juzgar sobre el nivel de la enseñanza de la geología en este tiempo es necesario conocer los textos que utilizaban los especialistas. En los primeros años del período descrito, o sea a mediados del siglo XVIII, en Rusia, igual que, posiblemente, en los otros países, no se tenían aún textos geológicos. Las obras de M. V. Lomonosov, que aparecieron por aquellas fechas, que abarcaban distintas partes de la geología teórica y aplicada, se ajustaban al especialista y no servían por tanto para la enseñanza.

Los primeros textos geológicos comenzaron a aparecer en Rusia a finales del XVIII y comienzos del XIX. Eran manuales de mineralogía de gran amplitud y comprendían cuestiones, que más tarde se hicieron independientes, de petrografía, paleontología, estudio de yacimientos minerales y geología general.

El final del siglo XVIII y comienzo del XIX en Rusia transcurrió como en la mayoría de los países de Europa, bajo la influencia de la obra neptunística de A. G. Verner, que encontró su reflejo en los textos rusos de este tiempo. Pero a partir de 1810 en los manuales se incluían hechos reales en forma de apéndices u observaciones, que contradecían al clásico neptunismo, y se daban recomendaciones sobre su verificación en condiciones de campo de algunas de las principales condiciones. Esto contribuía a que los jóvenes geólogos recibieran el hábito de admitir de un modo crítico las hipótesis en moda y comprobar en la práctica hasta las ideas más ampliamente difundidas.

Es natural que los manuales de enseñanza del primer tercio del siglo XIX, reconocida como la época heroica de la ciencia geológica, se envejecían pronto. Pero aún así algunos textos rusos de aquel tiempo, como, por ejemplo, el "Manual de Mineralogía", en dos tomos, de D. I. Socolov (1832), describía las ideas más avanzadas y contenían tantos datos reales, que su uso se continuó durante treinta años.

Una gran importancia en la preparación de los geólogos rusos la tuvo la obra del mismo autor "Curso de geología general", en tres tomos, publicada en 1839. En este manual se dedicaba mucha atención a la estratigrafía y al estudio de los yacimientos, donde, además, se presentaban no sólo las consideraciones más nuevas en estos temas, sino que también se exponían algunas conclusiones, que se conservaron en la geología hasta nuestros días.

Un gran capítulo lo dedicó a temas que sólo muchos decenios después se constituyeron como cursos independientes de geología histórica y litología.

Las cuestiones teóricas de este manual se apoyaban en las ideas de estudio vulcanológico, que entonces triunfó plenamente sobre el neptunismo. Al cabo de tres años, D. I. Skolov, habiéndose conocido la obra clásica de C. Lyell, publicó un nuevo trabajo, escrito bajo la gran influencia de las opiniones del sabio inglés, que facilitó la rápida difusión de las ideas más avanzadas de la ciencia geológica de aquel tiempo (lucha con catastrofismo; el método actual, estudio del metamorfismo y otros) en Rusia.

Aproximadamente por aquellos mismos años, o sea en la primera mitad del siglo XIX, fueron publicados otros muchos trabajos de autores rusos (J. G. Zemdfitsky, E. K. Gofman, E. I. Eijvald y otros) de mineralogía, geología y paleontología, que tuvieron méritos al igual que fracasos.

La serie de libros de este período de ciento cincuenta años (o sea, hasta 1870) la concluye I. F. Levakovskiy (1861-1863) construida sobre el proceso ininterrumpido del desarrollo de la naturaleza, cuya idea domina en la bibliografía geológica rusa desde los tiempos de M. V. Lomonosov (desde mediados del siglo XVIII). Esta obra contiene muchos datos de geología histórica, tectónica, magmatismo, estudio de la evolución y otros que testimonian la inclusión de las nuevas corrientes más importantes de la geología y biología en los cursos de enseñanza de los años 1860.

En análisis de la bibliografía rusa de enseñanza, publicada durante este siglo y medio, demuestra los avances significativos que acontecieron en estos años. En mineralogía, el lugar de las descripciones defectuosas fue ocupado por otras de mayor calidad y dispuestas en un orden lógico y, además, aparecieron las primeras tentativas de dar conclusiones teóricas sobre temas como génesis de los minerales y rocas. Son grandes, igualmente, los avances observados en los textos de geología general. Si en los límites entre los siglos XVIII-XIX en ellos predominaba el neptunismo verneriano, que en breve se comenzó a criticar violentamente por sus estudios desacreditados, también fueron apareciendo manifestaciones, basadas en el empleo del método actual y para solucionar las cuestiones teóricas comenzaron a atraerse los más nuevos descubrimientos científicos de otras ramas de las ciencias naturales. Un puesto muy destacado en los manuales lo ocuparon los problemas geológicos generales. Además, las manifestaciones comenzaron a apoyarse cada vez con más convencimiento en los datos reales. En los manuales rusos de geología, siempre se encontraban reflejadas las ideas progresistas de la época, y en particular, a raíz de la publicación del "Manual" de Lyell, y más tarde también del "Origen de las especies" de Ch. Darwin, en los textos entraron los principales pen-

samientos más destacados, expuestos por estos sabios ingleses.

Durante el tiempo descrito cambió singularmente la forma de construcción de los manuscritos. El material se disponía más sistemáticamente y visiblemente se incrementaba la cantidad de ejemplos tomados de la geología de Rusia.

IV. En conclusión, es necesario observar que durante los ciento cincuenta años desde el momento que se organizaron los primeros colegios (en 1721) en las fábricas mineras de los Urales comenzó el rápido desarrollo de la enseñanza geológica en Rusia, que facilitó el gran progreso en el conocimiento de la formación geológica y riquezas minerales del gran territorio del Estado ruso. Los triunfos de la ciencia geológica en Rusia recibieron el reconocimiento general, y muchas de las obras de los geólogos rusos comenzaron a traducirse en Europa Occidental. El más importante papel en el desarrollo y expansión de los conocimientos geológicos en Rusia lo jugaron, como ya fue dicho, las instituciones de enseñanza superiores, que preparaban especialistas altamente cualificados, como geólogos e ingenieros de minas, cuyas investigaciones favorecían la consecución de una gran autoridad para la geología rusa, que en la segunda mitad del siglo XIX ocupó un puesto honorable en la ciencia mundial.

Instituto Geológico de la Academia de Ciencias de la URSS.

15 de abril del año 1974.

#### BREVE HISTORIA DOS SERVICOS GEOLOGICOS EM PORTUGAL (\*)

Os Serviços Geológicos em Portugal contam já mais de um século de existência. E curiosa e longa a sua história: passaram por várias transformações e interrupções das actividades, desde a sua criação. Pode dizer-se que tiveram a sua origem em 1849 com a portaria de 31 de Janeiro que encarregou CHARLES BONNET dos estudos geológicos, propostos pela Academia de Ciências de Lisboa. É de 2 de Maio do mesmo ano o Decreto que legaliza definitivamente "o examen e exploração geológica em mineralógica das províncias do continente do reino, em conformidade com as instruções que fazem parte deste mesmo decreto".

C. BONNET parece ter vindo para Portugal como responsável da direcção técnica das Minas de Buarcos e de outras

(\*) Profs.: F. Moitinho de Almeida e A. Barros e Carvalho. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos. Lisboa, Portugal. Tercer Premio de Comunicaciones presentadas. V.ª Reunión Científica. Madrid, 1974.

explorações mineiras pertencentes ao Conde de Farrobo. De 1846 a 1857, esteve no Algarve, em pequisas mineiras o que lhe permitiu estudar aquela província, elaborou um trabalho ("Description géographique et géologique de la province de l'Algarve") que foi apresentado à Academia das Ciências em 1848 e publicado numa "Memória", dois anos mais tarde.

Em 21 de Dezembro de 1848 foi criada uma Comissão Geológica presidida por BONNET, a qual deveria principiar a funcionar em Fevereiro de 1849. Em 21 de Maio de 1849 foram nomeados, para fazerem parte da Comissão, JOAQUIM JULIO PEREIRA DE CARVALHO (Doutor em Filosofia e Engenheiro de Pontes e Calçadas) a JOSE MARIA DA PONTE E HORTA (2.º tenente de Artilharia); deste modo, BONNET ficou a dispor de dois ajudantes, além dum desenhador e de verbas insignificantes (3.000 reis anuais para encargos da Comissão, incluindo os seus honorários) afim de levar a cabo a difícil tarefa, que consistia em:

a) Fazer uma descrição geológica do país, das matérias úteis para construção, dos estratos que podessem fornecer combustível, das minas metalíferas e das fontes minerais, devendo a descrição ser acompanhada de uma carta geológica com cortes e perfis;

b) Organizar colecções mineralógicas e geológicas;

c) Rectificar os erros encontrados na carta geográfica, levantada pelo conselheiro Mariano Miguel Franzini e nela corrigir a direcção das montanhas e das pequenas ribeiras e indicar as suas nascentes;

d) Recolher os objectos entomológicos e conchiliológicos, que se podessem obter, sem todavia se afastar do fim principal da sua comissão;

e) Enviar ao Ministério dos Negócios do Reino as descrições, cartas e rectificações, que fossem executadas e, semestralmente, um relatório das dificuldades que se apresentassem na realização dos trabalhos, dos meios mais fáceis de as remediar, do serviço que já estivesse feito e do tempo que se presumisse faltar ainda para a sua completa execução;

f) Enviar à Academia todas as colecções que se recolhessem, e de ir a Lisboa de três em três meses para as classificar.

Era de factor tarefa gigantesca; O MARECHAL DUQUE DE SALDANHA (\*), então ministro do Reino, que muito se interessava pelos assuntos da geologia, e mais tarde o Conde Tomar, concederam-lhe numerosas facilidades.

(\*) Em 1845 o MARECHAL DUQUE DE SALDANHA, encontrando-se Embaixador em Viena de Austria, publicou um livro intitulado: Concordância das ciências naturais e, principalmente, da Geologia com o Génesis, fundada sobre a opinião dos Santos Padres e dos mais distintos teólogos, (Extraída de um trabalho do marechal sobre a filosofia de Schelling).

A 29 de Maio de 1849 principia BONNET as suas viagens em que iria percorrer inicialmente a parte do Alentejo, situada a sul de Setúbal e de Évora, e a vertente setentrional das montanhas do Algarve. Apresenta ao Ministério, em 1852, o original da carta geográfica do Alentejo e do Algarve na escala de 1.833.333, a partir do levantamento efectuado na escala de 1.200.000 e uma "história dos trabalhos da Comissão", além dum grande número de cortes e panorâmicas das principais montanhas, que deveriam constituir um atlas, mas que não chegou a ser preparado. As colecções enviadas entao à Academia parecerem desaparecidas.

Observou P. CHOFFAT ao analisar a obra de BONNET sobre o Algarve: "no que se refere à estratigrafia apresenta um notável progresso..."; mais adiante lembra que é de toda justiça ter em consideração os relatórios enviados ao Ministério e, ainda, que a carta do Alentejo a 1:800.000, serviu de base a CARLOS RIBEIRO para o primeiro traçado da carta geológica desta província.

Os trabalhos de BONNET ficaram suspensos, por "Decreto de 9 de Junho de 1855" até que o Governo resolva se devem continuar e quais as modificações que convém introduzir. Assim se extinguiu o primeiro serviço geológico de Portugal e que era designado, naquele tempo, por "Comissão Geológica e Mineralógica", "Comissão Geológica do Reino", "Comissão Geológica" ou, ainda, "Comissão Geológica de Portugal", de que foi seu Presidente C. BONNET. "Deve dizer-se que representou de modo conveniente o seu papel, pois criado na infância duma nova época de actividades públicas, produziu o que lhe foi possível, serviu de experiência e mostrou a necessidade de se manter e de se melhorar tal espécie de organismo" (Carrington da Costa).

Aquele Serviço é um dos mais antigos, pois quando foi criado, apenas existiam na Europa os da Inglaterra (1837), da Irlanda (1837) e da Austria (1849), enquanto que na América o primeiro serviço geológico oficial foi criado nos Estados Unidos em 1820. O do Canadá data de 1843.

Convém lembrar que o despertar do interesse pelos estudos geológicos em Portugal data do último quartel do sec. XVIII, a que ficaram ligados vários nomes. DOMINGOS VANDELLI, que foi sobretudo botânico, veio para Portugal em 1755, chamado pelo Marquês de Pombal, como professor do "Colégio dos Nobres" e mais tarde da Universidade de Coimbra. Num pequeno trabalho, intitulado "De Vulcano Olisiponensi et Montis Erminii", que data de 1870 e foi publicado no primeiro volume das "Memórias da Academia de Lisboa", refere-se à presença do granito e do basalto das diferentes regiões do país, concluindo terem existido vulcões notáveis.

É de 1778 o primeiro trabalho que pode ser considerado como um estudo geológico sobre Portugal. Trata-se das cartas escritas por Dolomieu a Faujas de Saint Fond, publicadas num trabalho deste último. Aquele naturalista, que esteve em Lisboa de passagem, aproveitou a sua esta-

dia para estudar o basalto da região, tendo-se pronunciado a favor da sua origem eruptiva e desculpou-se pelo facto de apresentar ideias tão contrárias de às do seu tempo; estava-se numa época em que se apunham plutonistas e neptunistas.

De 1797 a 1799, dois naturalistas alemães LINK e HOFFMANSEK percorrem a Espanha e Portugal, afim de estudarem a flora, mas Link estudou também a geologia de Portugal, tendo publicado em 1801, em Leipzig, uma descrição geognóstica do conjunto do país. Contudo, declarou-se partidário duma origem aquosa do basalto!

Em 1816, JAMES SOWERBY determinou, provavelmente, os primeiros fósseis portugueses a comprovar a existência do terciário nas margens do Tejo.

Entre 1820 a 1838, o BARAO D'ESCHWEGE que foi "Intendente Geral de Minas e Metais do Reino de Portugal e Algarve", publica algumas notícias sobre as minas e a geologia do país e que apareceram publicadas, em parte, nas memórias da Academia de Lisboa. São sobretudo tentativas para estabelecer o sincronismo dos terrenos dos arredores de Lisboa, com os da Europa Central, baseados principalmente na analogia petrográfica; representa já um notável progresso em relação a LINK.

Com DANIEL SHARPE, de 1832 a 1853, os conhecimentos geológicos em Portugal toman um impulso notável. Pode dizer-se que este geólogo foi o fundador da paleontologia portuguesa. Devem-se-lhe numerosos trabalhos publicados acerca dos terrenos antigos da província do Douro e do Secundário, entre os rios Vouga e Sado.

Publica a primeira carta dos arredores de Lisboa, em 1841, e a dos arredores do Porto, em 1849. A ele se deve, também, o primeiro esboço geológico geral do país.

Descreveu fósseis de S. Pedro da Cova, Valongo e do Mesozóico ao norte do Tejo, publicou, também, notas sobre as formações antracólicas e silúricas do Buçaco. Foi devido ao Buçaco que SHARPE veio a conhecer CARLOS RIBEIRO, em 1849! através duma longa troca de correspondência, este último geólogo defendia as possibilidades da existência de carvão na parte ocidental da Beira. Desta estreita e profícua colaboração surgiram as bases do estudo estratigráfico português. Disse CHOFFAT: "CARLOS RIBEIRO deve ser considerado como um discípulo de SHARPE, porque foram as publicações do sábio inglês que serviram de base aos seus estudos, tendo mantido com ele uma aturada correspondência...; mas o discípulo foi rapidamente muito além do mestre, no conhecimento da geologia portuguesa".

SHARPE poderia ser considerado o fundador da geologia estratigráfica em Portugal; no entanto, os seus trabalhos, excluindo as descrições paleontológicas, são apenas de valor histórico. É de facto a CARLOS RIBEIRO que cabe a glória de ter sido o primeiro a reconhecer a verdadeira sucessão dos terrenos do nosso país e a fixar-lhes as idades.

De pois desta ligeira digressão histórica, pelo período anterior à criação do primeiro Serviço oficial, voltemos

à evolução deste, interrompida com a suspensão dos trabalhos que foram cometidos a BONNET. Vai iniciarse o período áureo da geologia portuguesa, devido sobretudo aos esforços de CARLOS RIBEIRO (1857-1882) e NERY DELGADO (1857-1908) que, muito justamente, são considerados os verdadeiros fundadores da Geologia em Portugal.

Quando da criação do Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria, em 1852, foi pouco depois decretado, em 30 de Setembro do mesmo ano, que na 2.ª Repartição da Direcção Geral de Obras Públicas, se destinasse a 4.ª secção aos assuntos relativos a "Minas, Pedreiras e Trabalhos Geológicos". Esta secção ficou a ser chefiada por CARLOS RIBEIRO, então capitão graduado de artilharia, ficando BONNET dele dependente. Ia terminar a acção orientadora da Academia.

Três figuras de cientista ficaram então a trabalhar em estreita colaboração: ISIDORO EMILIO BAPTISTA, professor da Escola Politécnica, da cadeira de Montanística e Docimária, e vogal do Conselho de Obras Públicas e Minas. CARLOS RIBEIRO, chefe da secção de Minas dos Trabalhos Públicos e F. A. PEREIRA DA COSTA, professor da Escola Politécnica, da cadeira de Mineralogia e Geologia.

C. RIBEIRO fora incumbido da elaboração da lei de Minas, que veio a redigir em colaboração com PEREIRA DA COSTA. O trabalho ficou concluído em pouco tempo, e a lei, de 31 de Dezembro de 1852, vigorou sem modificações por largo tempo.

Graças aos esforços daquelas personalidades, é então organizada, em 8 de Agosto de 1857, a "Comissão dos Trabalhos Geológicos do Reino", que tinha sido criada por decreto de 31 de Dezembro de 1852.

No Art.º 5.º do referido decreto, estabelece-se que equele "Comissão" será incorporada na Comissão dos Trabalhos Geodésicos do Reino e da qual ficará formando uma secção especial funcionando independentemente em todos os trabalhos e correspondendo-se directamente com as corporações científicas nacionais e estrangeiras, assim como, com os Inspectores e mais engenheiros de minas do Serviço do Estado; porém, na sua administração e em todas as relações com o Governo, as duas comissões reunidas tendo por chefe o Director dos Trabalhos Geodésicos do Reino". Era este, então, o general FILIPE FOLQUE, grande amigo de C. RIBEIRO e que tanto a ajudara nos seus tempos de estudante, em Lisboa.

Neste Decreto são nomeados para aquela Comissão, que aparece na lei com a designação de "Comissão Geológica do Reino", CARLOS RIBEIRO e PEREIRA DA COSTA, como directores. JOAQUIM FILIPE NERY DELGADO, então simples alferes em engenharia, virá a ficar como adjunto, tendo permanecido 51 anos naquela instituição, 26 dos quais como seu director. É também nesta altura que ingressa o professor da Escola Politécnica ANTONIO AUGUSTO DE AGUIAR, figura de político que chegou a fazer parte do

Governo, ficando encarregado dos trabalhos químicos (análises de rochas e minerais) e fotográficos (1862-1864).

Ia deste modo ter início o fulgurante progresso das Ciências Geológicas no nosso País que terminaria com a morte de NERY DELGADO (1908). Apenas a actividade brilhante de P. CHOFFAT, permitiu, ainda, manter bem vivo o facho da Geologia até ao seu falecimento ocorrido em 1919.

Aquela instituição científica entrou, depois, em declínio que durou muitos anos.

A Comissão Geológica iniciou as suas actividades em Novembro de 1857, começando pelo reconhecimento da Península de Setúbal e passando, em seguida, ao Algarve.

As colheitas de material obtidas nestas excursões iam-se acumulando em casa de PEREIRA DA COSTA, na rua de S. Roque, onde inicialmente funcionou a Comissão, até que em Abril de 1859 o Governo resolveu instalá-la no andar superior do extinto Convento de Jesus (já então ocupado pela Academia Real das Ciências de Lisboa) onde ainda hoje se encontra.

Em Fevereiro de 1868 é dissolvida a Comissão, mas os estudos geológicos prosseguiram com CARLOS RIBEIRO e NERY DELGADO. Em Dezembro deste mesmo ano, PEREIRA DA COSTA, separado por fortes desinteligências de C. RIBEIRO, conseguiu que as colecções geológicas (\*), biblioteca, laboratório químico, instrumentos e mobiliário fosseem incorporados no Museu Nacional da Escola Politécnica.

Conta-nos NERY DELGADO que "intrometendo-se a política no assunto, valendo-se PEREIRA DA COSTA das suas relações com o Ministro das Obras Públicas, que então era Sebastião Lopes de Calheiros o Menezes (anterior Director de Escola entregando aos lentes da 7.ª cadeira a direcção dos estudos geológicos), passaram para este estabelecimento científico, por Decreto de 23 de Dezembro de 1868, todos os materiais de estudo reunidos pela extinta Comissão Geológica, livreria, colecções e mobília. Só mais tarde, em 1869, a livreria foi devolvida; as colecções não voltaram para a Secção Geológica, de modo que a melhor parte do estudo feito ficou inutilizado, pelo menos para aqueles que o haviam executado e que tiveram portanto de recomeçar quease todo a trabalho".

Perante equele facto, CARLOS RIBEIRO e NERY DELGADO, que tinham sido incumbidos, após a dissolução do Comissão, de continuarem os estudos relativos à Carta Geológica e de fazerem um relatório sobre a arborização do

(\*) A mais importante colecções eram as dos fósseis silúricos, cefalópodos e branquópodos do Secundário, especialmente do Jurássicos; dos fósseis cretácicos e terciários. As colecções paleontológicas adquiridas no estrangeiro continham 9.000 exemplares pertencendo principalmente aos terrenos terciários, cretácicos e jurássicos. Tinham sido, igualmente, adquiridas no estrangeiro as colecções litológicas com 1.800 amostras e a colecção mineralógica com 2.504 exemplares.

geral do país (\*\*), assim como, do estudo das espécies fósseis dos diversos andares do sistema paleozóico, viram-se na impossibilidade de prosseguirem os trabalhos, até à criação de uma nova Direcção dos Trabalhos Geodésicos, Topográficos, Hidrográficos e Geológicos do Reino, em Dezembro de 1869, de que passou a fazer parte a Secção dos Trabalhos Geológicos (5.ª secção).

CARLOS RIBEIRO ficou à testa deste serviço oficial, até à sua morte que sobreveio em Novembro de 1882. NERY DELGADO foi quem lhe sucedeu.

Aquele organismo contou ainda com o seguinte pessoal científico nos seus quadros: J. BERKELEY COTTER, F. PEREIRA CABRAL, R. WITTNICH, A. BENSUADE e F. PAULA e OLIVEIRA. A partir de 1878 passou a colaborar PAUL CHOFFAT, professor agregado da Escola Politécnica Federal de Zurich, que foi incumbido, em 1879, de estudar os terrenos mesozóicos.

A partir de 1884 o professor WENCELAU DE SOUSA PEREIRA DE LIMA, figura de vulto na ciência e na política passou a prestar a sua colaboração, dedicando-se especialmente aos estudos de Fitopaleontologia.

Começou, deste modo, uma actividade científica normal que deu início a uma época esplendorosa da geologia portuguesa que, na altura, andava a par da dos mais avançados países da Europa. Foi sob a égide de NERY DELGADO que esta situação prestigiosa es manteve, ainda, durante 26 anos.

Mais tarde, por Decreto de 28 de Julho de 1886 foi criada a Comissão dos Trabalhos Geológicos, dependente da Direcção Geral dos Trabalhos Públicos a das Minas, tendo sido substituída, em 1892, pela Direcção dos Serviços Geológicos (1899-1901), Comissão dos Serviços Geológicos (1901-1918) e, finalmente, pelos actuais Serviços Geológicos (1918 em diante).

Foi, de facto, um período áureo da geologia em Portugal aquele em que as figuras de CARLOS RIBEIRO e NERY DELGADO foram incontestavelmente os seus principais animadores e obreiros. Foram eles os autores da primeira Carta Geológica de Portugal, na escala de 1.500.000, publicada em 1876 (vide anexo). Que esforço gigantesco representa, se atendermos aos escassos recursos e às grandes dificuldades daquele tempo, esta primeira tentativa de um mapa geológico de conjunto do nosso País.

A Carta Geológica foi totalmente revista, completada e actualizada, por NERY DELGADO e PAUL CHOFFAT. Trabalho que foi praticamente refeito e que deu origem à nova edição de 1899.

Data de 1865 a publicação do 1.º volume das "Memórias", que contém o trabalhos de BERNARDINO A. GOMES sobre a "Flora fóssil do terreno carbonifero das vizinhan-

(\*\*) Publicado em 1868 com o título "Relatório acerca de arborização geral do país, apresentado a Sua Excelência o Ministro das Obras Públicas, Comércio e Industria em resposta aos quesito do artigo 1.º do Decreto de 21 de Setembro de 1867.

ças do Porto, Serra do Bussaco e Moinho d'Ordem próximo de Alcácer do Sal".

O primeiro fascículo das "Comunicações" foi dado à estampa em 1885, já depois da morte de C. RIBEIRO. Inclui, além de estudos originais, extractos de trabalhos que foram publicados, anteriormente, no "Jornal de Ciências Mathematicas, Physicas e Naturais", de 1883 a 1885, publicado pela Academia das Ciências de Lisboa.

Merece ser referida a realização da 9.ª Sessão de Congresso International de Antropologia e de Arqueologia pré-histórica, que esteve reunida em Lisboa, em 1885, graça à categoria de CARLOS RIBEIRO, internacionalmente reconhecida, o qual já em congresso anterior, o de Paris de 1878, entusiasmara os cientistas presentes com as suas descobertas sobre os vestígios de indústria humana "na época terciária". Aquele Congresso foi um êxito e a atestação estão as distinções que C. RIBEIRO recebeu tais como: o grau de oficial da Legião de Honra e o voto de agradecimento que a Academia de Ciências de Lisboa deliberou lançar na acta, por motivo daquela reunião internacional. Também, não poderá ser esquecido o nome de NERY DELGADO que neste Congresso desenvolveu uma actividade importante, que através de comunicações, intervenções e relatórios, quer pelo seu dinamismo e brilhantismo que muito contribuíram para que o congresso tenha sido um sucesso, tanto mais que C. RIBEIRO já nessa ocasião começava a sentir os efeitos da terrível doença, a que dois anos mais tarde viria a succumbir.

Com o desaparecimento de NERY DELGADO (1908), P. CHOFFAT (\*\*\*) continuou a animar os Serviços que, por sua morte, haviam de cair em longa letargia. Três nomes ficaram para sempre ligados na vida dos Serviços Geológicos: C. RIBEIRO, NERY DELGADO E P. CHOFFAT. Estes três homens não foram rivais, mas antes colaboradores, que se sacrificaram com nobreza e generosidade a um mesmo ideal: os seus nomes não podem ser separados (E. Fleury). E, ainda, segundo Fleury;: "a morte acabou por reunir esses três homens que tiveram a mesma dedicação e o mesmo entusiasmo pela ciência: honraram a Ciência e, também, as suas Pátrias".

A obra realizada pela pleiade de cientistas, que com aquelas três figuras trabalharam infatigavelmente, com dedicação e tenacidade, sobretudo numa época em que as dificuldades eram muitas, é deveres notável e exemplar, sendo forçoso reconhecer, sem sombra de dúvida, que eles prestaram um serviço inestimável ao País. Bastará para isso compulsar as "Memórias" e as "Comunicações" dos Serviços Geológicos, especialmente o "Índice geral" publicado no suplemento do tomo XII e o "Catálogo das Publicações" de 1969, para se avaliar a extraordinária actividade no sector da geologia portuguesa, nesse período esplendoroso da vida dos Serviços.

(\*\*\*) P. CHOFFAT chegou a ser convidado, em 1909, para chefiar os Serviços pelo ministro BARJONA DE FRITAS, tendo declinado o cargo por motivo de saúde. (Arq. Serv. Geol.)

Algumas figuras vieram enriquecer aquele grupo insansável e cujos nomes é de justiça lembrar: VICENTE DE SOUSA BRANDAO que veio substituir o professor ALFREDO BENSUADE, outro elevado expoente da ciência, na secção de Mineralogia; F. LUIS PEREIRA DE SOUSA, figura de prestígio nas Ciências da Natureza e que deixou obra notável nos domínios da Petrografia, Estratigrafia do Carbónico e da Sismologia.

Os Serviços Geológicos, tal como hoje existem, foram criados em 13 de Junho de 1918 (Decreto 4641). Este diploma extinguiu a anterior "Comissão dos Serviços Geológicos" transferindo as suas atribuições e pessoal para a Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos. O seu Art. 11 constituiu dois Serviços: a Repartição de Minas e os Serviços Geológicos. Outra atribuição veio, portanto, atingir gravemente os Serviços, depois de ter perdido o seu ilustre director e impulsor, F. NERY DELGADO (1908).

Já P. CHOFFAT (1909) observara que a história da Geologia em Portugal se poderia dividir em dois períodos: os primeiros 27 anos que correspondem à época em que o Serviço Geológico oficial estava ligado à Direcção dos Trabalhos Geodésicos e, o segundo período, em que se perdeu essa ligação. CHOFFAT não deixou de fundamentar minuciosamente o com muito interesse esta sua verificação. Mais recentemente, pronunciando-se sobre este mesmo assunto, escreveu J. OLIVEIRA SIMÕES (1923): "A actual organização dos Serviços Geológicos é deficientíssima e de forma alguma satisfaz às exigências desta espécie de trabalhos que demandam uma autonomia e independência quase ilimitada e um número elevado de pessoas edóneas e especializadas, que se dediquem a qualquer dos variados ramos destes Serviços".

Os Serviços conheceram, depois, uma época de instabilidade e decadência, com mudanças sucessivas dos seus directores, agravada com o desaparecimento de CHOFFAT, em 1919, que só iria terminar em 1935.

De 1935 a 1949 foi director dos Serviços Geológicos o Eng. ANTONIO VIANA que veio dar vida nova àquele estabelecimento oficial, sobretudo, por ter sabido rodear-se de bons colaboradores. São bem conhecidas as figuras de AMILCAR DE JESUS (1927-1954), de E. FLEURY (1913-1958) e de C. FREIRE DE ANDRADE (1919-1956), já falecidos. Outros, felizmente ainda vivos, como J. CARRINGTON DA COSTA, ORLANDO RIBEIRO, CARLOS TEIXEIRA, J. COTELO NEIVA, MARIANO FEIO, G. ZBYSEWSKY, DECIO THADEU, etc. nomes prestigiosos a quem se deve o resurgimento da geologia portuguesa nos últimos tempos. Apenas ZBYSEWSKY pertence ao quadro dos Serviços: tendo vindo para Portugal em 1937, não deixou desde então de dar contributo natável para o renascimento da cartografia geológica no nosso país.

O Art. 11 do Decreto anteriormente referido, estabelece a competência dos Serviços Geológicos:

- 1.º Geologia pura; petrografia;
- 2.º Paleontologia;

3.º Geologia aplicada tanto ao estudo mineiro, como hidrológico e agrícola. Num parágrafo único, determina: Os Serviços Geológicos devem proceder à elaboração das cartas geológicas e à continuação do levantamento da carta mineralógica do país.

Já o Art. 81, do Decreto de 24 Outubro de 1901, estabelecia como objetivos da extinta "Comissão dos Serviços Geológicos", o seguinte:

a) A publicação de monografias, memórias ou quaisquer outros trabalhos científicos, relativos aos assuntos a cargo dos Serviços Geológicos, elaborados pelos seus pessoal técnico ou seus colaboradores natos ou accidentais;

b) A publicação da Carta Geológica do País;

c) Os trabalhos necessários para preparação e publicação de cartas geológicas em grande escala, de diversas regiões do país, acompanhadas das respectivas "Notícias explicativas";

d) O estudo duma determinada região sob um ponto de vista especial e utilitário;

e) Quaisquer outros trabalhos de geologia pura ou aplicada, superiormente ordenados;

f) Os estudos arqueológicos e pré-históricos que se relacionam com os trabalhos de geologia

Cabe ainda aos Serviços:

— A promoção da colheita, catalogação e valorização científica adequada de quaisquer estudos ou resultados de interesse geológico, sobretudo de sondagens, realizados por entidades particulares ou serviços oficiais, de acordo com o Decreto nº 39669 (20 de Maio de 1954)

— A conservação e valorização das suas colecções de Paleontologia, Estratigrafia, Mineralogia, Petrografia, Geologia aplicada, Arqueologia de Quaternário e Arqueologia mineira;

— A preparação de colecções de minerais, rochas e fósseis, destinadas a serem oferecidas a estabelecimentos de ensino;

— A elaboração de trabalhos de geologia aplicada e estudos de fundações de edificios e de outras obras (tais como barragens, pontes, estradas, etc), de captações de águas subterrâneas, de exploração de materiais de construção e de outros produtos industriais, de problemas agrícolas, etc, quando solicitados por outros serviços públicos ou mesmo particulares

Quanto à organização, os Serviços Geológicos compreendem actualmente várias secções: Estratigrafia e Paleontologia; Mineralogia e Petrografia; Geologia pura e aplicada (incluindo a cartografia geológica); Arqueologia mineira e do Quaternário; Museu; Biblioteca

No Museu estão agrupadas criteriosamente as colecções de paleontologia, estratigrafia, mineralogia, petrografia, geologia aplicada e de arqueologia, referentes ao território português do continente e ilhas adjacentes. São sobretudo colecções organizadas de acordo com a índole dos Serviços e que servem de base aos seus trabalhos.

A biblioteca é mais valiosa do país, na sua especialidade, pois encerra um grande número de obras (livros, revistas, cartas geológicas, etc.), nacionais e estrangeiras extremamente raras. Ela tem sido enriquecida ao longo de muitos anos com a aquisição, permuta e oferta de numerosas publicações. Hoje, ainda, mantém troca de publicações com entidades científicas, em número de cerca de 1.500.

Cabe, finalmente, dizer alguma coisa sobre o papel desempenhado pelos Serviços Geológicos em Portugal no que se refere ao ensino.

As figuras eminentes, de cientistas e professores, que foram passando pelos Serviços ao longo de gerações sucessivas, permitiram não só manter uma actividade prestigiosa da geologia portuguesa, como também, criar uma "Escola" que marcou profundamente os Serviços Geológicos, conferindo-lhe características peculiares que se manifestam na índole e estilo dos seus trabalhos. Ainda, hoje, se nota um louvável esforço no sentido de se não perder essa feição tradicional.

Embora, os Serviços Geológicos, não sejam, um estabelecimento oficial voltado para o ensino, nem por isso deixaram de ter influencia nele e de dar-lher o seu contributo:

1. As ligações estreitas mantidas com as Escolas Superiores tanto nacionais como estrangeiras, desde a origem dos Serviços, concretizaram-se através de planos de investigação e de trabalhos, realizados conjuntamente, e da estreita colaboração havida com docentes universitários. Muitos dos colaboradores nacionais e do pessoal técnico dos Serviços foram, ao mesmo tempo, professores do ensino superiores;

2. A experiencia e os conhecimentos adquiridos pelos mestres universitários, por intermédio de trabalhos efectuados para os Serviços, com a utilização das suas colecções, material e pessoal, além da valiosa biblioteca, permitiram áqueles uma preciosa aquisição e valorização da sua bagagem científica, sobre a geologia do nosso país, de grande utilidade para o ensino que era ministrado nas escolas;

3. As numerosas e valiosas publicações, as cartas geológicas editadas pelos Serviços e outra documentação disponível, foram sempre utilizadas como base indispensável do ensino das Ciências Geológicas em Portugal. Também se publicaram diversas teses de doutoramento, nacionais ou estrangeiras.

4. A biblioteca, com o seu recheio de muito valor, esteve sempre à disposição dos estudiosos. Também, o Museu com as suas colecções preciosas tem servido, frequentemente, como meio de iniciação dos alunos de diversas escolas, que deste modo tomaram directamente conhecimento com as numerosas espécies do nosso território. Muitas vezes, professores e alunos tiveram as suas aulas no próprio Museu, não sendo raro que elementos

dos pessoal técnico dos Serviços colaborassem, também, nesta missão de ensino.

5. A preparação de pessoal, a organização de exposições, excursões, estágios, reuniões científicas foram outras tantas formas de participação no ensino;

6. A preparação de numerosas colecções mineralógicas, petrográficas e paleontológicas que depois foram oferecidas a diversos estabelecimentos de ensino representaram, ainda, valioso contributo para o ensino da geologia no nosso país.

#### *Apêndice sobre cartografia geológica em Portugal*

A publicação da primeira Carta Geológica de Portugal foi executada em duas épocas diferentes: um pequeno número de exemplares foi impresso em 1876 afim de figurar na Exposição Internacional de Filadélfia, onde mereceu uma medalha; a segunda tiragem, a mais importante, teve lugar em 1878, embora contendo algumas correcções em relação à primeira, conservou a data de 1876.

C. RIBEIRO lançou nos anos de 1848 a 1853, sobre a carta corográfica do Coronel Wilde, as primeiras linhas e manchas que deveriam representar dum modo nuito geral a distribuição das grandes massas minerais que compoem o solo das duas Beiras.

("Breve notícia do contribuição físico e geológica da parte de Portugal compreendida entre os vales do Tejo e do Douro". *Jornal Sc. Mat. Phy. Nat.* II., p. 243, 1870.)

Quando se tratou de lançar sobre as cartas de Neves Costa, de Bonnet e de Baptista Lopes os dados obtidos nas excursões de campo, verificouse a impossibilidade de chegar a um resultado satisfactorio devido ao desacordo que estas cartas apresentavam entre si. Foi por isso necessário elaborar uma carta geográfica geral do país, na escala de 1:500.000, trabalho que foi cometido à Direcção-Geral dos Trabalhos Geodésicos, contribuindo a Comissão Geológica com metade da despesa.

Foi sobre este mapa, de FILIPE FOLQUE, que C. RIBEIRO e NERY DELGADO lançaram os limites geológicos, figurando este esboço, minucioso e em grande parte exacto, na exposição de Paris de 1867. É com algumas alterações, sobretudo no que se refere aos terrenos paleozóicos, que surge a primeira edição da Carta, já referida de 1876.

A NERY DELGADO e a P. CHOFFAT se deve a publicação da nova edição da Carta Geológica de Portugal, a 1:500.000, totalmente refundida, publicada em 1899.

Na exposição de Paris de 1900 além desta Carta, figurou um painel de folhas de 1:100.000, das regioes mesozóicas ao norte do Sado. O júri atribuiu medalhas de ouro aos seus autores e um grande prémio aos Serviços Geológicos.

A última adição desta Carta, coordenada por C. TEIXEIRA é de 1972.

A cartografia geológica portuguesa conta mais dum século de progressos. Nos primeiros tempos fizeram-se mapas, bastante incompletos, que acompanhavam alguns estudos regionais: de Sharpe sobre os arredores de Lisboa (1841) e dos arredores de Porto (1849) e de JOSE P. REBELO DE ANDRADE, sobre o "distrito Winhaterio do Alto Douro" (1848); C. BONNET fez um levantamento do Algarve (1850), C. RIBEIRO um esboço da área norte de Lisboa (18573 e outro do Alentejo (entre Tejo e Algarve), à escala aproximada de 1:750.000.

Foi sobre a "Minuta de uma carta do reino de Portugal para a defesa geral do dito Reino" de NEVES COSTA (1840), à escala aproximada de 1:750.000, que D. SHARPE e C. RIBEIRO lançaram os limites das formações com pormenor suficiente para se distinguirem os grandes conjuntos em que se divide o país. Este mapa nunca se publicou, mas os elementos deste foram utilizados por MOTITZ WILLKOMM num livro, publicado em 1852, em Leipzig, intitulado "Die Strand und Steppengebiete der Iberischen Halbinsel", que contém um mapa geológico da Península.

A "Carte Géologique de l'Espagne et Portugal" de Verneuil e Collomb, na escala de 1:500.000, com duas edições (1864 e 1868) mostra geologia do nosso território, baseada em trabalhos de Sharpe e em esboços comunicados aos autores por C. RIBEIRO.

Com a publicação do mapa corográfico de 1:100.000 foi possível fazerem-se levantamentos de pormenor, tendo C. RIBEIRO e NERY DELGADO levantado as folhas n.º 27 e 28 (Lisboa-Cascais e Lisboa-Setúbal): foram impressas em 1866 e 1867, mas só foram distribuídas em 1949, por ocasião de XVI Congresso Internacional de Geografia reunido em Lisboa.

Mais tarde foram publicadas diversas cartas elaboradas por P. CHOFFAT, como sejam:

— A Carta hipsométrica de Portugal (1906), cuja "Notícia" inclui um esboço da Carta Tectónica de Portugal a 1:1.000.000;

— Cartas regionais da Serra da Arrábida (1:25.000 e 1:20.000), dos arredores de Leiria-Batalha (1:80.000) e da Serra de Buarcos-Verride (1:100.000);

— Também se deve a P. CHOFFAT a preparação dos mapas geológicos dos arredores de Lisboa e da Serra de Sintra, na escala de 1:20.000 e que em grande parte serviram de base às quatro folhas, na escala de 1:50.000, que constituem a "Carta Geológica dos Arredores de Lisboa", cuja primeira folha saiu em 1935 (Cascais) e depois, sucessivamente, em 1937 (Sintra), em 1944 (Loures) e em 1950 (Lisboa) e em 1940 a "Carta Geológica de Lisboa" na escala de 1/50.000.

Graças aos trabalhos de G. ZBYSZEWSKI e de CARLOS TEIXEIRA, e de outros colaboradores dos Serviços, iniciados em 1940, foi possível começar a publicação regular das folhas de 1:50.000 que se verificou a partir de 1952, com a publicação da folha 31-A (Santarém).

## Nuevo Director del Instituto Geológico y Minero de España

*EL ACTO DE TOMA DE POSESION ESTUVO PRESIDIDO POR EL SUBSECRETARIO DE INDUSTRIA QUIEN PRONUNCIO UN IMPORTANTE DISCURSO, EN EL QUE ANUNCIO UN PLAN NACIONAL DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MINERALES*

El pasado 30 de septiembre, en un sencillo acto en la sede del Instituto Geológico y Minero de España, tuvo lugar la toma de posesión del nuevo Director del IGME, Pedro Fontanilla Soriano. Presidió el Subsecretario del Ministerio de Industria—Sr. Lavilla—, a quien acompañaban el Director General de Minas e Industrias de la Construcción—Sr. Oliveros—, y otros altos cargos del Ministerio de Industria.

Tras la lectura por el Secretario General del IGME—Sr. Badillo Díez—de las órdenes de cese y nombramiento, el Sr. Lavilla Alsina tomó juramento al nuevo Director quien substituye en su cargo a José Ignacio Izaguirre.

A continuación de las palabras de despedida pronunciadas por el Sr. Izaguirre, el nuevo Director se refirió en su discurso a las inversiones realizadas en investigación minera, las cuales alcanzaron en el bienio 1972-73 los 1.300 millones de pesetas y seguirán incrementándose en el presente año y en los próximos. Concluyó su intervención con el ofrecimiento de su máximo esfuerzo y dedicación a la labor del Instituto, pidió la colaboración de

cuantos en él trabajan y el apoyo de sus superiores del Ministerio de Industria.

Posteriormente, el Subsecretario del Ministerio de Industria tras poner de manifiesto la normalidad de estos actos de relevo dentro del contexto de la Administración Pública y resaltar las virtudes personales y profesionales de los directores entrante y saliente, dijo, entre otras cosas, "El Ministerio de Industria, con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España—que en este año cumple el 125 Aniversario de su fundación—, está desarrollando los estudios de un Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales para situar al país en condiciones de atender la demanda creciente de nuestro desarrollo en este sector".

El nuevo Director del Instituto es Dr. Ingeniero de Minas, y pertenece al Cuerpo de Ingenieros de Minas del Ministerio de Industria. Ha prestado servicio en la Delegación del Ministerio de Industria de Santa Cruz de Tenerife y posteriormente en el Ministerio de Planificación del Desarrollo donde desempeñó los cargos de Director del programa de Industrias Extractivas y Básicas y secretario adjunto de la Comisión de Minería no Energética.

## Noticias

### ENERGIA

#### POLEMICA EUROPEA SOBRE LAS DIVERSAS TECNICAS DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO

Es preciso aumentar el porcentaje del uranio-235 contenido en el uranio natural, en una proporción de un 0,7 por 100 aproximadamente, siendo esta la misión de las instalaciones de enriquecimiento.

Tres son los métodos puestos a punto hasta el momento presente para llevar a cabo la separación de ambos isótopos: el de difusión gaseosa, el de centrifugación gaseosa y el de inyección a chorro.

Para que resulte rentable una instalación de enriquecimiento por el proceso de difusión gaseosa ha de tener como mínimo una capacidad de separación anual del orden de las 9.000 toneladas de uranio, lo que requiere unos gastos de instalación de 140.000 a 160.000 millones de pesetas. Además, se necesita una central de energía eléctrica auxiliar con una potencia de 2.500 Mw, lo que supone una potencia eléctrica doble de la que pueden suministrar las centrales eléctricas nucleares más potentes de hoy día. Y el tiempo de construcción de la misma sería como mínimo de cinco años.

Para que resulta rentable una instalación de enriquecimiento por el proceso de centrifugación sería suficiente una capacidad anual de separación de unas 1.000 toneladas de uranio. Los costes de instalación ascenderían entonces a unos 12.000 millones de pesetas y la potencia eléctrica necesaria sería del orden de los 30 a 35 Mw. Otra ventaja que puede ofrecer el proceso de centrifugación es que, conforme aumente la demanda de uranio enriquecido, se puede ir ampliando la instalación de forma sencilla, sin que se requiera, por tanto, construirla desde un principio con dimensiones mayores a las precisas. Su construcción se puede completar en unos tres años.

Para que el enriquecimiento del uranio por el método de inyección a chorro sea rentable, tendría que tener una capacidad anual de separación de 2.500 toneladas, con un consumo de corriente de unos 1.000 megavatios. Su construcción requeriría unos tres años.

El 27 de noviembre de 1973 Francia hizo pública su decisión de llevar a cabo la construcción de una instalación de enriquecimiento por el sistema de difusión gaseosa. A este proyecto se han sumado Bélgica, España, Italia y Suecia. Su coste total se calcula en 12.000 millones de francos y su capacidad máxima de tratamiento será de 13.500 toneladas/año de uranio natural, con un rendimien-

to de 9.300 millones de "unidades de trabajo de separación". En este proyecto Francia participa con el 47,5 por 100, Italia con el 22,5 por 100 y los otros tres países participantes con el 10 por 100 cada uno. La construcción de la instalación se llevará a cabo en Tricastin cerca de la instalación actual de Pierrelatte, en el valle del Ródano.

Para las empresas de aprovisionamiento de las centrales nucleares, el precio a que resulta el kilogramo de combustible por uno u otro procedimiento constituye el factor decisivo en sus deliberaciones sobre los contratos a realizar. Parece ser que el kilogramo de combustible por el sistema URENCO se elevaría a 120 DM (unas 2.760 pesetas), por el sistema de difusión de EURODIF a los 230 francos franceses (unas 2.760 pesetas). Los norteamericanos lo ofrecen a 36 dólares/kilogramo, es decir, a unas 2.160 pesetas, con un aumento anual del 2 por 100 y posibilidad de un aumento mayor en los próximos años, y, por último, la Unión Soviética lo ofrece con una rebaja del 4 al 5 por 100 respecto al precio norteamericano.

#### RECONVERSION DE INDUSTRIAS AL CARBON

Con la escasez del petróleo y sus productos hay renovado interés por otras fuentes de energía, entre ellas las nucleares, hidroeléctricas, geotérmicas, solares y de las mareas. El rendimiento más inmediato sin embargo es la vuelta al carbón mineral. En la mayor parte de las zonas urbanas se han dejado sin efecto los estrictos reglamentos para el control atmosférico que vedaban el uso de combustibles con gran proporción de azufre. En consecuencia, muchas calderas están reconvirtiéndose para el uso de carbón. Además, se construyen en la actualidad nuevas plantas para gasificación del mismo. Por ejemplo, la Steinkohlen-Elektrizität AG de Essen, Alemania, está ampliando su planta gasificadora de Lurgi con fines de alimentación de una central eléctrica de turbinas a vapor y de gas carbón con capacidad de 800 megavatios. No obstante, si subiera de repente y en gran escala el consumo industrial del carbón sería necesario una vasta expansión del mineraje del mismo.

#### LOS COMBUSTIBLES FOSILES

De acuerdo con los datos aportados por la OCDE, el consumo total de combustibles fósiles en Europa occidental y Estados Unidos experimentará, entre 1968 y 1980, un aumento del 66 por 100 (230 por 100 en Japón), en

tanto que el nivel de contaminantes gaseosos, de no adoptarse ninguna medida al respecto, habrá crecido en 80 por 100 al término de la presente década. Dado el enorme volumen de las inversiones necesarias para evitar esto último, y los diversos aspectos internacionales de la contaminación, el citado Organismo aboga por la implantación en nuestro continente de una política conjunta que siga las orientaciones fundamentales de la política industrial adoptada por la CEE, en virtud de las cuales jamás se favorece a un sector industrial en perjuicio de otros.

### HIDROCARBUROS

#### EL GAS NATURAL DE LA UNION SOVIETICA

La Unión Soviética ha firmado varios acuerdos comerciales con países de Europa occidental para el suministro a los mismos de gas natural durante un período de veinte años. Se trata de la República Federal Alemana, Italia y Finlandia, países a los que enviará durante dicho período de tiempo gas natural por una cuantía de 120.000 millones de metros cúbicos en el caso de la República Federal, 100.000 millones de metros cúbicos en el de Italia y 28.000 millones de metros cúbicos en el de Finlandia. Actualmente, se encuentra en tratos también con Francia, a la que suministrará gas natural a cambio de la prestación de ayuda técnica francesa a la industria del gas soviético y del envío de equipos y material para el tendido de líneas de suministro.

#### HOLANDA INTENSIFICA LA EXPLORACION DE PETROLEO

La escasez del petróleo ha intensificado las actividades de sondeo en el lecho del Mar del Norte. La Netherlands Offshore Company de La Haya ha recibido un contrato de la Texaco para exploraciones al sur del yacimiento de Brent. Se trabajará a una profundidad de unos 110 metros desde la embarcación para perforaciones Duplus. La Netherlands Offshore además utilizará este verano su barco Orca con el fin de tender dos oleoductos para la Shell/Esso.

#### EFFECTOS MUNDIALES DE LA CRISIS DEL PETROLEO

La subida hasta el cuádruple del precio del petróleo crudo está afectando a todas las empresas industriales. El aumento de los costos, así como las escaseces de energía, lubricantes, productos petroquímicos, plásticos, abonos artificiales y otros derivados del petróleo, están dando fuerte pábulo a la inflación. El incremento de los ingresos por el

petróleo beneficiará a las naciones productoras árabes, así como a Irán, Venezuela, Indonesia, Brenei y Bolivia. Sin embargo, para el resto del mundo, 1974 será un año en que se impondrá una estricta conservación de la energía y la necesidad de aprovecharla hasta su máximo rendimiento.

### REUNIONES CIENTIFICAS

#### PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL MERCURIO EN BARCELONA



Se inauguró en Barcelona el Primer Congreso Internacional del Mercurio, organizado por el Instituto "Emilio Jiménez" de la Universidad de Barcelona, el Consejo de Administración de las Minas de Almadén y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Las sesiones de trabajo se celebraron en el Palacio de Congresos de Montjuich, abordándose diversos aspectos científicos de la Geología y Prospección del Mercurio: su minería, preparación de minerales, sistema de recuperación del mercurio, compuestos químicos y análisis, y otras cuestiones relacionadas con el único metal líquido de la Naturaleza a temperatura ambiental. Destacan, dentro del Congreso, tres conferencias plenarias a cargo de los profesores Goldwater (USA) y Emerson (Inglaterra) y del español Sierra, auténticas autoridades en los problemas del mercurio. Asisten un total de quinientos congresistas pertenecientes a veinticinco países, entre ellos, representantes de la Unión Soviética, Africa del Sur, Yugoslavia, Canadá, Estados Unidos, Méjico, Japón y otros países europeos. La ceremonia inaugural ha sido presidida por el Ministro de Hacienda, don Antonio Barrera de Irimo, Vicepresidente segundo del Gobierno español.

#### CONGRESO INTERNACIONAL GEOLOGICO EN EL CAIRO

Se ha celebrado en El Cairo un Congreso Internacional Geológico, organizado por la Administración egipcia. Asistieron más de un centenar de famosos geólogos, y representantes de los principales organismos mineros y petrolíferos de los Estados Unidos, la Unión Soviética, la Gran Bretaña y Alemania Federal. Además de los expertos de Egipto, la nación que invitaba.

El doctor Ruchdy Said, presidente de la Administración egipcia de las mediciones geológicas y del organismo minero, declaró que los participantes en el Congreso tenían entra sus principales objetivos el de proceder a un examen detallado del porvenir de los estudios geológicos, en toda la extensión del territorio egipcio, así como los problemas que son suscitados por un examen de los estudios hechos y las documentaciones aportadas para pro-

bar que los desiertos egipcios tuvieron gran importancia económica durante muchos siglos; y que es posible volver a realzar su valor.

Se sabe que una gran parte del desierto del oeste de Egipto se compuso en otros tiempos de tierras fértiles y productivas. Incluso se dio a veces el caso de que los recursos de su suelo podían suplir los productos de las zonas regables del Nilo durante los años de sequía. Posteriormente ocurrió que el uso abusivo de la tierra, la supresión del arbolado, los cambios climáticos, etc., fueron haciendo que muchos campos ricos y verdes del Sahara egipcio acabaron por convertirse en tierras resacas y áridos arenales.

Ahora, sin embargo, el moderno esfuerzo egipcio va haciendo surgir otra vez zonas agrícolas en pleno desierto, allí donde pueden extraerse y utilizarse aguas subterráneas suficientes.

#### IX CURSO DE HIDROGEOLOGIA "NOEL LLOPIS"

Organizado por el Departamento de Geología Económica (C.S.I.C.), Dirección General de Obras Hidráulicas (M. O. P.), Departamentos de Estratigrafía y de Geomorfología y Geotectónica (Universidad Complutense, Facultad de Ciencias, y ENADIMSA (I.N.I.). Se desarrollará (D. m.), del 14 del próximo mes de enero al 19 de junio de 1975 el IX Curso de Hidrogeología "Noel Llopis", destinado a licenciados e ingenieros. El curso comprenderá unas ciento cincuenta horas de clases teóricas, unas cincuenta horas de clases prácticas, unas veinte horas dedicadas a conferencias y visitas especializadas, así como unas 15 salidas de campo. Durante el curso se realizarán sucesivos "test" de aprovechamiento extendiéndose al final del curso el certificado de aprovechamiento sólo a aquellos alumnos que hubiesen superado aquellas pruebas o, en su defecto, el "test" final al que tendrán derecho.

#### ECONOMIA

##### PLANTA DE FABRICACION DE DIOXIDO DE MANGANESO

La firma griega "Tekkosha" ha constituido una empresa conjunta con la japonesa "Mitsubshi" para la fabricación de dióxido de manganeso por electrólisis. La nueva compañía, denominada "Tekkosha Hellas", dispondrá de un capital social de 6 millones de dólares, del que el 65 por 100 corresponde a "Tekkosha" y el 35 por 100 a "Mitsubishi". La planta para la producción del dióxido de manganeso, con una capacidad de 12.000 toneladas/año, será instalada en Saronicus, calculándose que comenzará

a funcionar en 1975. Para 1977 se ampliará su capacidad de producción a 24.000 toneladas/año y posteriormente hasta 36.000 toneladas/año. Se espera exportar el 80 por 100 de la producción a otros países europeos.

##### FABRICA DE CEMENTO PARA LA REPUBLICA DOMINICANA

Cementos Nacionales, S. A. contribuirá a la autosuficiencia de la República Dominicana en materia de cemento con la construcción de una fábrica, a un costo de 34,5 millones de dólares, en San Pedro de Macoris, unos 70 kilómetros al este de Santo Domingo. La nueva empresa será financiada por el Banco de Exportación-Importación de los EE. UU., el Chemical Bank, el Chase Manhattan Bank y la International Finance Corporation.

##### TECNOLOGIA QUIMICA JAPONESA PARA CHINA

Tres compañías japonesas trabajan actualmente en China en el diseño y la construcción de fábricas de productos químicos. La Sumitomo Chemical construirá, a un costo de 46,1 millones de dólares, una planta de polietileno de densidad baja para 180.000 toneladas anuales; la Toyo Engineering tiene ya en vías de construcción una instalación para etileno con capacidad de 300.000 toneladas por año; y la Toyo, con la Mitsui Toatsu Chemical, construirá una planta por valor de 40 millones de dólares capaz de producir por día 1.000 toneladas métricas de amoníaco y 1.600 de urea.

##### PLANTA DE FABRICACION DE DIOXIDO DE TITANIO

La firma norteamericana "Du Pont" se encuentra en tratos con Irlanda para el establecimiento en Cork, al sur de país, de una planta de fabricación de  $TiO_2$ , con una capacidad de producción de 100.000 toneladas anuales. La calidad de los pigmentos de dióxido de titanio aseguran la buena acogida del producto norteamericano en los mercados europeos, lo que ha llenado de inquietud a los fabricantes de este pigmento del continente.

#### CONTAMINACION

##### LA ATMOSFERA EN BILBAO

Científicos españoles al servicio de la firma IBM están elaborando un modelo matemático de las condiciones atmosféricas en Bilbao en el que se relacionan las emisiones

de contaminantes con el estado atmosférico en dicha ciudad. Una vez desarrollado el modelo y comprobada su exactitud por cotejo de los datos calculados con los reales, será utilizado, mediante un ordenador electrónico, para poder predecir el nivel de contaminación de la atmósfera en esta ciudad, y a partir de ello requerir de la industria el empleo, en los días que sea necesario, combustibles "más limpios" y, por consiguiente, más costosos. Este modelo fue descrito ya con ocasión de celebrarse en Roma un Congreso de la Federación Internacional de Sociedades de Tratamiento de la Información.

#### NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

##### LAS CENIZAS DEL CARBON DE LAS TERMICAS ASTURIANAS PRODUCIRAN ALUMINA Y CEMENTO

Por el Instituto de Química Aplicada de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oviedo, que dirige el profesor Pertierra, se han dado por finalizadas las investigaciones conducentes a un importante aprovechamiento de las cenizas resultantes de la combustión de los carbones utilizados en las centrales termoeléctricas, para obtener de las mismas importantes cantidades de alúmina y otros subproductos.

El profesor Pertierra que en 1928 fue el primer español que obtuvo petróleo a partir del carbón asturiano, ha informado a este corresponsal que, en vista de los positivos resultados de la investigación de referencia, puede afirmarse que las mencionadas cenizas de sólo cuatro térmicas asturianas, que arrojan un volumen de ochocientas mil toneladas anuales, podrían proporcionar no menos de doscientas cincuenta mil toneladas de alúmina también por año. Así se conseguiría un importante logro económico, por una parte dado el alto precio que esta materia está alcanzando en los mercados internacionales, y por otro lado se mejorarían las condiciones ambientales de los lugares próximos a las citadas plantas termoeléctricas, que ahora no son excesivamente buenas, puesto que gran parte de las cenizas resultantes de la combustión carbonífera son lanzadas directamente al aire, desde hace ya bastante tiempo.

El doctor Pertierra, que ahora ha alcanzado su jubilación como catedrático de Química Orgánica de la Universidad ovetense, ha afirmado también que es más que posible y resultaría muy rentable, tal y como va evolucionando el mercado del producto que nos ocupa, beneficiar la alúmina existente en las tremendas escombreras que ocupan las inmediaciones de los pozos hulleros asturianos, que tanto afean el paisaje de éstos, y que hasta a veces constituyen un peligro grave para la seguridad de los poblados. En efecto, las citadas escombreras tienen también

una notable riqueza en alúmina que llega hasta un 32 por 100, de manera que podrían explotarse perfectamente en este sentido, lográndose de paso una cierta autonomía nacional con respecto a los países productores de bauxita, que según parece van camino de imitar a los árabes, en cuanto a una progresiva e imparable tendencia a elevar los precios de sus materias primas.

Circunstancia curiosa a añadir en ambos casos de aprovechamiento, en que tanto las cenizas termoeléctricas, como las escombreras de las minas pueden ser también materia prima para la fabricación de cemento, una vez que se las haya utilizado para la extracción de la alúmina.

##### GASES DE COMBUSTION CONVERTIDOS EN MATERIA PRIMA

Un reactor húmedo-seco, con utilización de lechada de cal, absorbe el 98 por 100 del dióxido de azufre de los gases de combustión y produce, en el proceso, un polvo que puede transformarse en pellas o briquetas utilizables en la producción de cemento, construcción de caminos y de pisos. La cal pulverizada se compone mayormente de sulfitos, sulfatos y carbonatos. El reactor de gases Flakt-Nateko permite el uso de calderas alimentadas con petróleo de alta proporción de azufre.

##### SAL BOMBEADA A UNA PLANTA QUIMICA

En su búsqueda de gas natural en Epe, cerca de la frontera entre Alemania y Holanda, los explotadores de una firma alemana dieron con un yacimiento de sal con espesor de 300 metros a una profundidad de 1.100 metros. Al imposibilitarse el mineral de este yacimiento por los medios ordinarios, la Deutsche Solvay Werke lo está convirtiendo en salmuera, y bombeándola por una tubería con extensión de 60 kilómetros hasta su planta de Rheinberg, en la cual se utilizará para la producción de sosa y cloro. Se cree que esta tubería para salmuera es la más larga de Europa.

##### NUEVA INSTALACION DE MINERAL DE HIERRO EN BRASIL

Esta combinación de trituradora y sistema transportador elabora mineral de hierro procedente del yacimiento de Aguas Clara, cerca de Belo Horizonte, Brasil. El mineral, que contiene un 69 por 100 de hierro, se acarrea por camión desde la mina adyacente hasta la trituradora giratoria de 150 centímetros y se reduce a una dimensión nominal de 20 centímetros. A continuación el material se transporta hasta una pila por medio de un transportador, y de la misma hasta otra instalación trituradora de

"circuito cerrado" para operaciones adicionales de trituración, cribado, lavado y almacenamiento. El producto se transporta por ferrocarril hasta la terminal marítima de la bahía Sepetiba, isla Guaiba, 600 kilómetros al sur, para su carga en barcos de acarreo al granel. A cargo de la explotación del yacimiento de Aguas Claras está la Mineracoes Brasileiras Reunidas, S. A.

#### APLICACIONES NUEVAS DEL CARBÓN

Entre las investigaciones que se llevan a cabo en varios países para encontrar aplicaciones nuevas al carbón figuran las del Centro de Investigaciones del Carbón, de Gran Bretaña, el cual depende de la Junta Nacional del Carbón ("National Coal Board") en Stoke Orchard (Gloucestershire).

Se investigan dos técnicas para la "digestión" del carbón. La primera consiste en su "digestión" en un disolvente líquido, para lo cual se calienta el carbón con aceite de antraceno a unos 450° C, bajo una presión de 3 a 4 atmósferas. Este proceso da lugar a un lodo o barro que, por filtración, produce un 90 por 100 de carbón líquido y un residuo sólido constituido fundamentalmente por terrones de carbón sin disolver y algo de materia mineral.

El segundo método implica su "digestión" en un gas. Este método, en vías de desarrollo actualmente, de momento con un rendimiento del 30 al 35 por 100. Consiste en tratar el carbón con una corriente gaseosa a temperatura y presión elevadas. Por la acción de esta corriente, se disuelve el carbón y es arrastrado por ella hasta un condensador, donde el carbón precipita de nuevo separándose del gas. Para llevar a cabo este proceso es suficiente cualquier gas o corriente gaseosa de obtención económica. No se requiere el pulverizado ni el secado previo del carbón, no se precisa la filtración del líquido final y el carbón líquido obtenido tiene un peso molecular inferior al carbón líquido procedente del proceso de extracción con disolvente líquido, lo que facilita su posterior tratamiento químico. El equipo de investigadores ha centrado sus trabajos sobre el carbón líquido conseguido por el proceso de extracción con disolvente, quienes han logrado ya obtener dos productos de uso comercial habitual: electrodos de carbón para los hornos de arco eléctrico y fibras de carbón.

Las ventajas que ofrece este carbón respecto al carbón para electrodos logrado a partir del petróleo es un contenido menor de cenizas (que en el proceso de "digestión" por vía gaseosa resulta todavía inferior), conduciendo, por tanto, a la consecución de un material para la fabricación de electrodos relativamente puro.

La principal ventaja del carbón líquido obtenido por el proceso "Stoke Orchard" para la fabricación de fibras de carbón es que resulta una materia prima mucho más económica que el poliacrilonitrilo utilizado actualmente en la fabricación de estas fibras. Para ello, el carbón líquido se

hila por extrusión en fibras múltiples, con las que seguidamente se producen fibras de carbón sencillas de un diámetro comprendido entre 0,005 y 0,050 mm. y con la superficie de las mismas oxidada para formar un revestimiento infusible sobre ellas, que impida la fusión de las fibras durante el consecuente proceso de carbonización. Este se lleva a cabo en atmósfera inerte y a unos 1.000° C, con lo cual se obtienen fibras cuyas propiedades mecánicas son inferiores en cuanto a rigidez que las de las fibras obtenidas a partir del poliacrilonitrilo. Sin embargo, si se eleva la temperatura por encima de los 2.500° C al mismo tiempo que se estiran las fibras, se obtienen fibras de carbón tan resistentes y rígidas como cualquiera de las fibras actualmente disponibles en el mercado.

Los investigadores del laboratorio de "Stoke Orchard" estiman que, para mediados de la década de 1980, la "National Coal Board" británica se hallará en condiciones de producir entre 50.000 y 100.000 toneladas anuales de este carbón líquido.

#### GASIFICACION DEL CARBÓN

En todo el mundo se investiga la posibilidad de evitar extraer el carbón a la superficie, esto es de convertirlo en gas en la misma mina. No se consiguió resolver totalmente el controlar por completo la reacción que se produce dentro de la mina. El principio de este método es muy simple: se provoca el incendio del carbón y luego se extrae el gas acumulado.

Sin embargo, ocurre que los estratos de carbón se carbonizan o destilan, pero no arden el tiempo suficiente y, por ello, no se convierte en gas todo el carbón. Por otra parte, existe el peligro de que el óxido de carbono se filtre por alguna fisura a los pozos vecinos en que trabajan mineros. En los Estados Unidos se planea provocar una explosión atómica subterránea en una mina de carbón aislada, al objeto de gasificar luego los estratos de carbón. Pero a juicio de los peritos en la materia, se trata de un experimento de valor más teórico que práctico.

Mayores son las perspectivas de éxito del procedimiento Lurgi, esto es gasificando el carbón con una presión de 30 superatmósferas. Hasta ahora se han construido 14 de estas instalaciones en un total de nueve países y solamente sobrevivieron en aquellos países en que el carbón es barato, en donde cuesta poco su extracción, a saber en la India, en la República Democrática Alemana, en Checoslovaquia y en Corea.

Un gran complejo en construcción está radicado en Four Cornes, en Nuevo México y a cargo de la El Paso Natural Gas Comp, convertirá al año ocho millones de toneladas de carbón en 2.500 millones de metros cúbicos de gas. De esta forma se neutralizará la carencia de gas natural. La producción comenzará ya en 1977. Otros dos

complejos Lurgi serán comenzados en breve, y de aquí a 1990 funcionarán en USA seis plantas Lurgi, presupuestada cada una en 350 millones de dólares.

El procedimiento Lurgi está técnicamente anticuado, en teoría, se sigue aplicando para llenar el paréntesis que queda hasta que se descubran nuevas técnicas.

Hacia finales de este decenio, cuando se hayan construido las últimas instalaciones Lurgi, comenzará la construcción del primer complejo hygas, esto es el método combinado, calculándose que en los años ochenta funcionarán en Estados Unidos 35 instalaciones de este nuevo tipo, de forma que en 1990 habrá en el país unas 40 grandes instalaciones de gasificación de carbón, cada una de las cuales producirá anualmente 2.500 millones de metros cúbicos de gas. El coste será de unos 50.000 millones de dólares y la producción de unos 100.000 millones de metros cúbicos de gas. Actualmente, las necesidades del país se estiman en 630.000 millones de metros cúbicos.

#### DESALACION DE AGUAS

El Centro estatal australiano de investigaciones científicas CSIRO ha puesto a punto un nuevo proceso para la desalación de aguas salobres con un contenido de sal que puede ser hasta seis veces el del agua potable. El proceso consiste en bombear el agua salada a través de un cilindro relleno de bolitas de plástico, que captan la sal por ionización. Este proceso tiene sobre otros la ventaja, de tipo económico, de que las "perlas" de plástico, una vez saturadas de sal, pueden ser lavadas con agua caliente para volver a entrar en servicios, manteniendo un período de utilización de dos a cinco años. Un ciclo completo de desalación se lleva a cabo de cuarenta a sesenta minutos. El montaje de una instalación de este tipo, para una producción diaria de 500 m<sup>3</sup> de agua, cuesta unos 250.000 dólares australianos (23 millones de pesetas).

#### FISICA ATOMICA

##### LA NUEVA PARTICULA "QUARK"

Tras repetidas observaciones de la radiación espacial, los científicos W. Kellermann, G. Brooke y J. Baruch, pertenecientes al Departamento de Física de la Universidad de Leeds, consideran posible la existencia de una nueva partícula atómica, denominada "quark", con menor carga y masa muy superior a la del protón. Para confirmar o rechazar esta hipótesis, dos equipos de físicos, de las Universidades de Nottingham y Durham respectivamente, repetirán en fecha próxima las experiencias llevadas a cabo en Leeds.

#### INVESTIGACION ESPACIAL

##### EL SATELITE GEOS

La "British Aircraft Corporation" (BAC) ha firmado recientemente un contrato con la Organización Europea de Investigación Espacial (ESRO) para el desarrollo y construcción del primer satélite geostacionario europeo (GEOS).

Durante los tres años de duración del programa previsto en dicho contrato (cuyo coste de financiación asciende a 1.700 millones de pesetas aproximadamente), colaborarán con la BAC quince empresas de diez países europeos.

Los datos aportados por GEOS, una vez puesto en órbita, servirán para medir los campos eléctricos y magnéticos de la magnetosfera, así como la distribución y densidades de las partículas existentes en ésta.

##### SONDA PLANETARIA HACIA VENUS

De acuerdo con los programas de actuación preparados por la NASA, de Estados Unidos, en mayo de 1978 será enviada una sonda planetaria de 381 kilogramos hacia Venus. Al llegar a las proximidades de este planeta, en diciembre del mismo año, se desprenderán de ella cuatro pequeños satélites artificiales que penetrarán en la densa atmósfera venusiana, para transmitir nuevos datos sobre la composición y estructura de tal atmósfera, y la naturaleza del campo de radiaciones existente en sus estratos inferiores. Una vez liberados los satélites, la sonda portadora seguirá transmitiendo informaciones hasta su destrucción al impactar con la superficie de Venus.

#### VARIOS

##### SALVAMENTO MINERO

La Comunidad Europea ha aprobado dos proyectos de investigación sobre la seguridad en el trabajo en el laboreo de las minas de carbón. El primer proyecto responde al título de "Salvamento de los mineros bloqueados mediante el empleo de grandes perforaciones" y cuenta con una subvención de 234.000 unidades de cuenta. Para el segundo, titulado "Rescate de bloqueados", se ha previsto su financiación con otras 317.000 unidades de cuenta. Se han aprobado también otros cuatro programas de investigación técnica para los que se destinan 6,07 millones de unidades de cuenta. Estas cantidades se obtendrán por medio de impuestos sobre el sector industrial minero.

# Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>ORO</b>			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	286
Bolsa de Engelhard	N	g	287
<b>PLATA</b>			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	8,11
Bolsa de Nueva York	N	g	8,18
<b>PLATINO</b>			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	356-373
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	342-351 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	336-344

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 agosto
<b>HIERRO</b>			
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 <sub>2</sub> , máx 5,9 % humedad	N	t	816 FOB-Lago
Old range	N	t	831 FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, %, máx. 8,32 % SiO <sub>2</sub> , máx. 9,7 %	N	t	894 FOB-Lago
Old range	N	t	908 FOB-Lago
Gruesos para horno Siemens	N	t	— FOB-Lago
Sinterizados de taconita	N	t	— FOB-Lago
Nódulos de taconita	N	t	— FOB-Lago
Pellets de hierro natural	N	t. u. Fe	23,05 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	45,42 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	25,55 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>COBALTO</b>			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	464 D-U.K.
Precio productor	L	kg	477 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	490 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	483 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	477 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	846 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	841 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	509 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	347-362 D-UK

Menas y concentrados:

Las menas de este metal no aparecen normalmente en el mercado libre, ya que las compañías explotadoras normalmente son también beneficiarias. Las únicas menas que alguna vez aparecen en el mercado son las canadienses y en este caso el precio se calcula en dólares por libra de cobalto contenido FOB Ontario (FOB ON). Los precios completamente nominales marcados por el estado canadiense, para favorecer el desarrollo minero son los siguientes:

Menas de 10 % de Co	N	kg Co cont	73,33 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	89,05 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	102 FOB-ON

**CROMO**

Metal:

En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	kg	187
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	265 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	226 D
Fundido al vacío	N	kg	254 D

Menas y concentrados (Cromita).

Se trata de mineral básicamente seco, sujeto a penalidades si no existen suficientes garantías; los términos de los contratos de compra (sujetos a negociaciones) son generalmente más bajos que la cotización en el mercado. En cada caso se tiene en cuenta la relación de cromo a hierro contenida en el mineral (ratio).

Ruso, fragmentos apelmazados, mín 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio, 3,5:1	L	t	2.884-3.461 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.884-3.461 FOB
Turco, cocentrado 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.308-2.769 FOB
Ruso, 54/56 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio 4:1, tomando como base para su precio el de ratio 4:1 del 48 %	N	t	3.058-3.346 FOB-E
Turco, 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio 3:1	N	t	3.407 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , sin ratio	N	t	2.669-2.954 FOB-E

**MANGANESO**

Metal:

Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	52.026-54.694 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	52,79 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	56,61 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>Menas y concentrados:</b>			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	66,34-69,23 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	62,56-67 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO <sub>2</sub> , en gránulos	L	t	6.270-7.070 CIF-E
70/75 % MnO <sub>2</sub> , en terrones mezclados	L	t	8.671-10.005 CIF-E
<b>MOLIBDENO</b>			
Metal:			
Polvo	L	kg	614-614
Polvo de reducción hidrógena, 99,95 % Mo	N	kg	— FOB
Menas y concentrados:			
Climax (mineral de la American Metal Climax Inc), mín 85 % MoS <sub>2</sub> (durante 1972 vendieron mineral de 95 % MoS <sub>2</sub> cont)	L y N	kg Mo cont	261 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	254-267 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	229-265 FOB
<b>NIQUEL</b>			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 4 t	L	t	233-583 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	240-787 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	218-776 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	223-578 D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	235 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	220 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	225 p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	299-318 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	n. a FOB-f
Francés refinado	F	kg	237 FOT
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	315-367 e-w
Japonés	J	kg	258 e-w
Menas y concentrados.			
Según contenido en níquel, tomando como base de discusión el precio del níquel en cátodos de 99,9 % con deducciones que dependen de las impurezas y de los gastos de tratamientos. No existe una fórmula internacional de compra, las compañías compradoras estudian cada caso en concreto.			
<b>VANADIO</b>			
Metal:			
Sólo se cotiza como ferroaleaciones.			
Menas y concentrados:			
Pentóxido, fundido mín 98 % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	215 CIF
Pentóxido, fundido mín 98 % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	346 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	— FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportación USA).	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	242 FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>VOLFRAMIO</b>			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	1.075 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.226-1.443 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO <sub>3</sub>			
	L	t. u. WO <sub>3</sub>	6.336-6.537 CIF-E
Volframita I:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.923 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.496 CIF-E
Volframita II:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.443 CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	6.190 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.763 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.683 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	867-894 D-UK
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.227-1.307 D-UK
<b>ALUMINIO</b>			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	72.238 D
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	45,80 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	54.250
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	48,41 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	48.224 D
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	49.945 D
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	49,61 CIF
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	58.029-59.363 CIF-E
Mín 99,7 % Al	L	t	59.363-60.697 CIF-E
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> empaquetada, en lotes de 20 t	L	t	8.838 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	10.767

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a granel.	L	t	3.151-3.414
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a granel	L	t	5.252
<b>CINC</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn ...	L	t	60.489 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	44.022 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 4,5 £/t)	L	t	61.129 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	61.556 D-UK
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	47,83 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	48,85 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	49,10 D-USA
<b>Alemán del oeste:</b>			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	48.174-58.590
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	48.608-62.930
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	47,49 FOB-C
<b>Francés:</b>			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	44,49 FOT
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	45,93 FOT
<b>Italiano:</b>			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	48,24-74,29 e-w
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	48,51-74,29 e-w
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del productor.</b>			
Sulfuro del 52 % Zn	L	t	11.167 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	13.641 CIF-E
<b>COBRE</b>			
<b>Metal:</b>			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	102.435 FOB-f
Cátodos (L.M.E.)	L	t	99.714
Productores USA	N	kg	111
<b>Alemán del oeste:</b>			
electrolítico	G	t	100.245-101.339
Cátodo	G	t	96.565
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.</b>			
Menas del 15 % Cu	L	t	11.411
Menas del 20 % Cu	L	t	16.309
Menas del 25 % Cu	L	t	21.209

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>ESTAÑO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	498-783 e-w
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	538 D
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn	L	kg	470 e-s
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.</b>			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	74.411 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	126.290 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	184.063 CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	312.417 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	340.825 CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	365.764 CIF-E
<b>PLOMO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	31.206 e-w
Producido en USA	N	kg	31,17 D
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>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.</b>			
Concentrados de 70 % Pb	L	t	13.996 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	17.537 CIF-E
<b>Metales secundarios</b>			
<b>ANTIMONIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Regulos inglés, 99,5 % Sb, lotes 5 t	L	t	163-415 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	16-750 D-UK
Importado 99,6 % Sb	L	t	293.480-320.160 CIF
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	286 FOB
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	340 FOB
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	331 CIF-NY (e)
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	357 FOT
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	350-393 e-w
Japonés	J	t	295.895 e-w
<b>Menas y concentrados:</b>			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.846-1.961 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.961-2.077 CIF-E
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	166.750 D-UK
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	174.754 D-UK
<b>BERILIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Polvo 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	13.484 FOB
Aleaciones de aprox. 4 % Be y resto de Cu, en lingotes de 5 lb y en lotes 336 lb, se añade el Cu al precio de cotización de ese día	L	kg	15.296 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>Menas y concentrados:</b>			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.781-1.972 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO (n) ...	N	t. u. BeO	1.908 CIF-USA
<b>BISMUTO</b>			
<b>Metal:</b>			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	L	kg	1.145 e-w
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.145 e-w
Francés, mín 99,95 % Bi ...	F	kg	1.527-1.622 FOT
Mercado internacional, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	1.172 CIF
<b>Menas y concentrados:</b>			
Oxido, mín 60 % Bi ...	L	kg Bi cont	(n) CIF
<b>CADMIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Barras mín 99,95 % Cd., en lotes de tonelada ...	N	kg	541-547 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	530-543 CIF
Barras en el mercado libre ...	L	kg	530-543 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	550 FOT
<b>Menas y concentrados.</b>			
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.			
<b>CIRCONIO</b>			
<b>Metal:</b>			
<b>Esponja, polvo o placas:</b>			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	1.018-1.399 FOB
Calidad comercial ...	N	kg	700-890 FOB
<b>Menas y concentrados (Zircon):</b>			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO <sub>2</sub> ...	L	t	36.018-41.354 CIF-E
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO <sub>2</sub> ...	L	t	22.936-26.214 CIF-E
<b>LITIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes, mín 99,9 % Li, en lotes de 1000 lb ...	N	kg	1.085-1.114 FOB-NY
<b>Menas y concentrados:</b>			
Amblygonita 6/8 % Li <sub>2</sub> O, en base al 8 % ...	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	— CIF-E
Lepidolita 3/3,5 % Li <sub>2</sub> O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	— CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li <sub>2</sub> O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	1.601-2.001 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li <sub>2</sub> O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	1.601-2.001 CIF-E
<b>MAGNESIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg en lotes mínimos de 10 t ...	L	t	101.384 D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de agosto
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	117.392 D
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	103.518 D-UK
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	131.933 D-UK
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	120.727 D-UK
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	124.062-126.730 CIF
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	102 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	83,12 FOB
<b>Menas y concentrados.</b>			
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.			
<b>MERCURIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Mercado europeo, en frascos de 76 lb ...	L	f	15.865-16.153 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	16.672-17.769 CIF-NY
<b>Menas y concentrados.</b>			
Las menas no se comercian, ya que son siempre tratadas por los países productores.			
<b>NIOBIO O COLUMBIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Calidad metalúrgica 99,5/99,8 % Nb, dependiendo del tamaño de los lotes:			
Polvo y perdigones ...	N	kg	2.816-5.724 FOB-USA
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.289-3.180 FOB-USA
<b>Menas y concentrados:</b>			
Columbita mín 65 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , de ratio Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 10/1 ...	L	kg. Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	210-229 CIF-E
Pirocloro, mín 50 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	N y L	kg Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	216-229 FOB-C
Columbita 65 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , de ratio Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 10/1 (n) ...	N	kg	204-216 CIF-USA
<b>TANTALIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	3.944-5.216 CIF-USA
Láminas dependiendo de la pureza ...	N	kg	6.016-9.922 CIF-USA
Varillas dependiendo de la pureza ...	N	kg	4.343-7.633 CIF-USA
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>Tantalita:</b>			
Mín 60 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	L	kg Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	1.743-1.908 CIF-E
Mín 25/40 %, tomando como base 30 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	L	kg Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	1.717-1.845 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>TITANIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	154
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	374-520 D
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	242 D
<b>Menas y concentrados:</b>			
Rutilo 95/97 % TiO <sub>2</sub> , empaquetado ...	L	t	22.938-26.214 CIF-E
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO <sub>2</sub> ...	L	kg	2.348-2.529 CIF-E
Rutilo, mín 96 % TiO <sub>2</sub> , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	33.077-34.985 D
Ilmenita, mín 54 % TiO <sub>2</sub> ...	N	t	3.123 FOB
Escorias canadienses, mín 70 % TiO <sub>2</sub> ...	N	t	3.407 FOB

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
---------------------------	---------	--------	------------------

**ARSENICO****Metal:**

Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada L t 200.100-166.800

**Menas y concentrados.**

El arsénico es obtenido como subproducto en las metalurgias del cobre, cinc y otras menas.

**CESIO**

Mín 99,5 %: lotes de 1-277 g ...	N	g	80,77-208 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	31.802-34.983 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.442-28.622 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	19.081-22.262 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.721 FOB
Mín 99,9 %: lotes de 1-277 g ...	N	g	104-231 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	38.163-41.343 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	31.808-34.983 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	24.170-27.986 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	15.901 FOB

**Menas y concentrados:**

Polucita, mín 24 % Cs<sub>2</sub>O ... L t. u. Cs<sub>2</sub>O 1.654-1.734 FOB

**GALIO****Metal:**

Mín 99,99 %: lotes hasta 999 g ...	N	g	57,69 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	46,15 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	40,38 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	37,50 FOB
Mín 99,999 %: lotes de 5-10 kg ...	N	g	63,46 FOB

**Menas y concentrados.**

Las menas de esta sustancia no se cotizan en el mercado internacional, ya que todo el galio que se produce en el mundo, se obtiene como subproducto en los procesos de tratamiento de la bauxita y las menas de cinc.

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>GERMANIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo ...	L	kg	16.141 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	16.903 D
<b>Menas y concentrados.</b>			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
<b>HAFNIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Esponja ...	N	kg	9.541 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	15.265 FOB
<b>Menas y concentrados.</b>			

Las menas de hafnio no se comercializan, ya que todo el metal que se produce se obtiene separándolo del circonio después de la metalurgia de éste.

**INDIO****Metal:**

En barras, mín 99,97 % de pureza, en lotes de 100 troy on ...	L	kg	9.872 D
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	10,18

**Menas y concentrados.**

El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.

**RENIO****Metal:**

Polvo, mín 99,99 % Re ...	L	kg	93.285
Polvo en el mercado USA ...	N	kg	85.867

**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 cupríferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.

**RUBIDIO****Metal:**

Mín. 99,5 %: lotes de 1-227 g ...	N	g	80,77-208 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	49.983-38.163 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.442-28.622 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	19.081-22.262 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.721 FOB

**Menas y concentrados.**

El rubidio producido se obtiene de la metalurgia del cesio y otras menas, por esta razón no se cotizan sus menas en el mercado.

**SELENIO Y TELURIO****Metal, Selenio:**

Polvo grado comercial, mín 99/99,5 % Se ...	N	kg	2.290
De alta pureza, mín 99,9 % Se ...	N	kg	2.670

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb ...	L	kg	2.290
Otras procedencias ...	L	kg	3.307-3.435 CIF
<b>Metal, Telurio:</b>			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te ...	L	kg	1.145
Barras, mín 99,5 % Te ...	L	kg	1.145
Polvo, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.145
Placas, en lotes de 150 lb ...	N	kg	—

**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	945 CIF
------------------------------	---	----	---------

**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 agosto
<b>URANIO</b>			
Concertado de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , base de contratación ...	L	kg O <sub>3</sub> O <sub>8</sub> cont.	1.272-1.654 FOB-f
Hexafluoruro ...	L	kg O <sub>3</sub> O <sub>8</sub> cont.	1.145-1.527
<b>TORIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Polvo y pellets (*) ...	N	kg	1.908
<b>Menas y concentrados:</b>			
Monacita: por ser mineral de tierras raras su precio se especifica en estas últimas.			
<b>TIERRAS RARAS:</b>			
<b>Metal:</b>			
Cerio, mín 99 % neto ...	L	kg	3.530 D-UK
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	2.671
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	21.626
Gadolinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	281.630
Itrio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	17.809
Lantano, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	4.452
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	12.721
Samarium, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	15.901
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>Monacita:</b>			
Mín 60 %, óxido TR torita ...	L	t	12.288-13.926 CIF-E
Mín 55 %, óxido TR ...	L	t	12.498-13.304 CIF

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>Xenotima:</b>			
Mín 25 % Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	L	kg	282-636 CIF
Mín 60 % Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*) ...	N	kg	1.717 CIF
Mín 90 % Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*) ...	N	kg	4.440 CIF
<b>Basnasia:</b>			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	50,88-63,61 CIF
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	38,16 FOB
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	44,52 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>AZUFRE</b>			
USA para la exportación, mín 99 % S ...	N	t	2.044-2.101 FOB-Golfo
Brillante ...	L	t	2.271-2.442 FOB-Golfo
Brillante sólido ...	L	t	(n) CIF-E
Brillante líquido ...	L	t	1.987-12.044 FOB-Golfo
Oscuro ...	N	t	2.044-2.158 CIF-E
Resto del mundo, líquido ...	L	t	1.987-2.271 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	

**BARITA****En bruto:****Calidad químicos y para vidrio:**

Escogido a mano, mín 95 % BaSO <sub>4</sub> , máx 1 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	1.876-2.023 FOB
Magnéticas o de flotación, mín 96 % BaSO <sub>4</sub> , máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.195 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.081-1.336 FOB-Golfo
Importadas en fragmentos, 90/98 % BaSO <sub>4</sub> , a granel ...	L	t	1.334-1.601 CIF

**Molidas:**

En húmedo, mín 95 % BaSO <sub>4</sub> , a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.817-5.089 FOB
En seco, de grado para lodos, 83/93 % BaSO <sub>4</sub> , 3/12 % Fe, 4,2/4,3 peso específico, en lotes de camiones ...	N	t	2.544-2.990 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.972 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO <sub>4</sub> , mín 99 % a 240 mesh, en lotes de 10 t ...	L	t	6.003-6.679 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	3.202-3.735 CIF-pe.

**Micronizadas:**

Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	7.337-7.604 D-UK
-------------------------------	---	---	------------------

**BORATOS**

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	9.605 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	12.273 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	16.942 D-UK
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	14.140 D-UK
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	3.785 FOB
Deshidratado, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	6.965 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N	t	4.007 FOB
65 % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N	t	5.788 FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	L	t	1.673-1.788 FOB
<b>CELESTITA</b>			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % SrSO <sub>4</sub> , a granel, molido 240 mesh	L	t	3.835 e-w
<b>ESPATO FLUOR</b>			
Metalúrgico, mín 70 % CaF <sub>2</sub>			
Reino Unido	L	t	1.969-2.626 D-UK
USA en pellets	N	t CaF <sub>2</sub> cont	3.779 FOB
Mejicano	N	t CaF <sub>2</sub> cont	3.180 FOB-barco
Cerámico, mín 85 % CaF <sub>2</sub> :			
Reino Unido, molido 93/95 %	L	t	3.545-4.070 CIF
USA, 88/90 %	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.372-4.713 FOB
95/96 %	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.656-5.110 FOB
97 %	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.940-5.451 FOB
Acido, material seco, mín 97 % CaF <sub>2</sub> :			
Reino Unido, embolsado	L	t	4.002-4.989 D-UK
USA, en bruto	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.457-5.451 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.344 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF <sub>2</sub> cont	5.536 FOB-m
importado en Europa	N	t CaF <sub>2</sub> cont	5.089-5.725 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF <sub>2</sub> cont	3.817-3.944 FOB
<b>FOSFATOS</b>			
USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL	N	t	1.272 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	1.527 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	1.749 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	1.908 FOB-m
Argelino y Turco, 65/68 % BPL	L	t	2.059-2.077 CIF
Australiano, 83 % BPL	L	t	1.703-1.818 FOB
Marroquí, 73 % BPL	L	t	3.808 CIF
Ruso, apatito concentrado, 39 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L	t	(n)

NOTA: BPL = Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> = 0,458 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>GRAFITO</b>			
Alemán	N	t	12.980-74.997 FOB
Madagascar	N	t	10.096-30.287 FOB
Noruego	N	t	6.923-11.538 FOB
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	11.538-20.191 FOB
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	16.412 FOB-C
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	13.786 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.110 FOB-C
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	16.412 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.110 FOB-C
80/83 % C	L	t	7.878 FOB-C
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.110 FOB-C
80/83 % C	L	t	7.878 FOB-C
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.595 FOB-C
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.731 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	1.385 FOB-m
<b>NITRATOS</b>			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	8.272 D-UK
<b>PIRITAS</b>			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	254-318 FOB
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	692-865
<b>POTASAS</b>			
Cloruro de potasio, 60 % K <sub>2</sub> O:			
Europa, standard, a granel	L	t	3.282-3939 CIF
USA, standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	40,71 FOB-Fla
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	44,53 FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K <sub>2</sub> O:			
Canadiense:			
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	29,26-29,90 FOB-C
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	32,44 FOB-C
Granular	N	t. u. K <sub>2</sub> O	33,71 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	37,53 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	33,08 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	38,80 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	40,07 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	35,67 FOB-NM
Granular	N	t. u. K <sub>2</sub> O	36,89
Cloruro de potasio, 62/63 % K <sub>2</sub> O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K <sub>2</sub> O	33,08 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K <sub>2</sub> O	36,26 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K <sub>2</sub> O, a granel	N	t. u. K <sub>2</sub> O	(n) FOB-Fla
<b>SAL COMUN</b>			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	427 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	659 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.063 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar.	L	t	820 e-w

Minerales no metalicos	Mercado	Unidad	Precio de agosto
<b>VERMICULITA</b>			
USA ... ..	N	t	1.590-2.417 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo ... ..	N	t	3.500-4.453 CIF-AT
En crudo, embolsada ... ..	L	t	(n) CIF
<b>WOLLASTONITA</b>			
Para pinturas:			
P <sub>1</sub> , 99,7 % menor 325 mesh ... ..	L y N	t	5.055 CIF-E
P <sub>4</sub> , 99,95 % menor 325 mesh ... ..	L y N	t	5.515 CIF-E
Para cerámica:			
C <sub>1</sub> , 96,5 % menor 325 mesh ... ..	L y N	t	4.989 CIF-E
C <sub>6</sub> , 79,2 % menor 325 mesh ... ..	L y N	t	4.924 CIF-E
C <sub>101</sub> , 2 % menor 200 mesh ... ..	L y N	t	4.858 CIF-E
Para mastique:			
F <sub>1</sub> , 78 % menor 325 mesh ... ..	L y N	t	5.318 CIF-E

## NOMENCLATURA

## CALIDAD

(n): Nominal, indica que al ser insuficiente en negocio, no sirve como base para una cuantificación real.

GIRM: Agrupación de importadores de metales.

## MERCADO

L: Londres, base del mercado europeo.  
 N: Nueva York, base del mercado americano.  
 B: Bélgica.

C: Canadá  
 F: Francia.  
 G: Alemania del Oeste.  
 I: Italia.  
 J: Japón.  
 SA: Sudáfrica.

## UNIDAD

Troy on: onza troy=0,3110 g.  
 lb: libra=0,4535 kg.  
 t: tonelada métrica.

st: tonelada corta=0,907 t.  
 lt: tonelada larga=1,016 t.  
 f: frasco=76 lb.  
 picul.: picul=133,5 lb.  
 tu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada.  
 stu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada corta.  
 ltu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada larga.  
 lb "x" cont.: libro de "x" contenido.  
 kg "x" cont.: kg de "x" contenido.  
 t "x" cont.: tonelada de "x" contenido.

## PRECIO

(n): nominal, indica el nivel de precio probable, sin confirmación.  
 n.a: precio no disponible.  
 £: Libra Esterlina.  
 \$: Dólar USA.  
 \$A: Dólar Australiano.

\$C: Dólar Canadiense.  
 \$M: Dólar Malayo.  
 DM: Marco Alemán.  
 F: Franco Francés.  
 FB: Franco Belga.  
 l: Lira Italiana.  
 Rand: Rand Sudafricano.  
 Yen: Yen Japonés.

## PUERTOS

N. Y.: Nueva York.  
 Lago: Lago Superior.  
 ON: Lago Ontario.  
 UK: Reino Unido.  
 Golfo: Golfo de México.  
 H: Huelva.  
 S: Setúbal.  
 Fla.: Florida.  
 Ca.: California.  
 N. M.: Nuevo México.  
 At.: puerto Atlántico.

## FORMA DE ENTREGA

FOB: Franco a *bordo*, el vendedor asume todos los riesgos hasta que queda puesta la mercancía a bordo. Cuando aparece el nombre del puerto, el vendedor asume toda la responsabilidad hasta la puesta a bordo en ese puerto, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro puerto, es éste el que corre con los gastos.  
 FAS: Franco en el *muelle* de embarque.  
 FOT: Franco sobre *camión*.  
 CIF: El vendedor asume los gastos de la fórmula FOB más los gastos del seguro y flete hasta el puerto de destino.  
 CIF-E: CIF en puerto Europeo.  
 CIF-USA: CIF en puerto USA.  
 CIF-X: CIF en lugar X.  
 D: Franco en el domicilio del comprador  
 D-X: D en el lugar X, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro lugar correría con los gastos de traslado.

d-p: punto de entrega.  
 e-w: ex warehouse=puesto en fábrica o almacén.  
 p.e: libre de gastos hasta el punto de entrada en el país.  
 f: fábrica.  
 m: mina.  
 r: refinería.  
 (e): aranceles de aduanas adicionales.  
 (i): incluidos los aranceles de aduanas.

## Información legislativa

## PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
172	15028	19-VII-74	Ind.	CANCELACION del permiso de investigación minera que se cita en la provincia de Burgos.
176	15360	24-VII-74	Ind.	OTORGAMIENTO y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca
176	15361	24-VII-74	Ind.	OTORGAMIENTO y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
176	15360	24-VII-74	Ind.	RESOLUCION por la que se rectifica anuncio relativo al permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Lugo.
180	15651	29-VII-74	Ind.	OTORGAMIENTO y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Soria.
185	16046	3-VIII-74	Ind.	Se hace pública la caducidad del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Cuenca.
189	16356	8-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Cáceres.
189	16356	8-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Cuenca.
189	16361	8-VIII-74	Ind.	CANCELACION del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Málaga.
191	16566	10-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Guipúzcoa.
191	16567	10-VIII-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Segovia.
192	16662	12-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la zona "Gerona Dos", comprendida en la provincia de Gerona.
192	16662	12-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
192	16663	12-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de León.
193	16751	13-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la zona "Ampliación a Badajoz Veintisiete", comprendida en la provincia de Badajoz.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
193	16751	13-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones Directas de explotación para minerales radiactivos en la zona "Badajoz Veintiocho", comprendida en la provincia de Badajoz.
193	16751	13-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la zona "Zona 33, Río Vívar", comprendida en la provincia de Sevilla.
194	16829	14-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO y titulación de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
195	16910	15-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se dispone el levantamiento de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la "Zona 34.", Chantada", comprendida en las provincias de Lugo, Orense y Pontevedra.
195	16910	15-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
196	16959	16-VIII-74	Ind.	LEVANTAMIENTO de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la zona "León Uno", comprendida en la provincia de León.
197	17052	17-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Cuenca.
198	17144	19-VIII-74	Ind.	LEVANTAMIENTO de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la zona "León-Dos", comprendida en la provincia de León.
208	18027	30-VIII-74	Ind.	CADUCIDAD de la concesión directa de la explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
208	18026	30-VIII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Gerona
210	18219	2-IX-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Santander.
218	18755	11-IX-74	Ind.	Permisos de investigación.—Decreto de cesión de CEPSA a SPANGOC de un 10 por 100 de titularidad indivisa en las cuadrículas 47, 51 y 65 de Zona III (Sahara).
218	19756	11-IX-74	Ind.	Permisos de investigación.—Decreto por el que se aprueba el contrato de cesión de "Hespería" y "Monsbacher" a "Challenger" y "Banesto" de unas participaciones del 24 por 100 y 15 por 100, respectivamente, en la titularidad de los permisos "Orión 1 a 10" y convenio de colaboración entre las partes.
<b>HIDROCARBUROS</b>				
188	16278	7-VIII-74	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de SHELL, a CAMPSA, administradora del monopolio de petróleos y el convenio de colaboración que regulará las relaciones entre ambas Compañías en los permisos de investigación de hidrocarburos "Mar Cantábrico A, B, C. D. F y G".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
201	17413	22-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia a los permisos de investigación de hidrocarburos cuadrículas 22-a, 30-a, 39-a, 43-a y 60-a en zona III (Sahara).
<b>RESERVAS</b>				
203	17598	24-VIII-74	Ind.	ORDEN por la que se establece la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los radiactivos e hidrocarburos fluidos, en la zona "La Rábida", de la provincia de Huelva.
<b>VARIOS</b>				
179	15575	27-VII-74	Ind.	RESOLUCION por la que se dispone la inclusión en la Lista Oficial de Explosivos Industriales para Usos Civiles de un nuevo tipo denominado amonita número 2-RT, a petición de "Unión Explosivos Río Tinto, S. A.", en su fábrica del Galdácano (Vizcaya).
182	15810	31-VII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a doña Adelaida Benito Potous y a don José María Llanos de Viñals un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de Llarench, en término municipal de San Vicente de Montalt (Barcelona), con destino a riegos.
188	16279	7-VIII-74	Ind.	DECRETO por el que se establece un plan de ampliación de refino de crudos de petróleo hasta el año 1980.
192	16656	12-VIII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización a don Valentín y a don Ramón Canudas Torrento para aprovechar aguas subálveas del río Llobregat, en término municipal de Gironella (Barcelona), con destino a abastecimiento.
194	16819	14-VIII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a don José Hernández Hernández para continuar perforación de galería emboquillada en la margen izquierda del Barranco de Dornatijo, en monte de propios del Ayuntamiento de La Orotava (Tenerife).
197	17025	17-VIII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización a don Antonio Platero González para aprovechar aguas subálveas del río Seco, en término municipal de Frigiliana (Málaga), con destino a riegos.
198	17132	19-VIII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a don Gregorio Regalado Ramos para ejecutar, en el monte de propios del Ayuntamiento de Los Realejos (Santa Cruz de Tenerife), la continuación de una galería para alumbramiento de aguas subterráneas.
200	17310	21-VIII-74	GOB.	RESOLUCION por la que se registra el agua mineromedicinal "Peñaclara", de Torrecilla en Cameros (Logroño), y se autoriza su envasado.
200	17312	21-VIII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede un aprovechamiento de aguas subálveas del río Tordera, en término municipal de Palafolls, a favor del Ayuntamiento de Calella, con destino al abastecimiento de la población.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
208	18026	30-VIII-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la declaración minero-medicinal de las aguas del manantial que se cita, Delegación Provincial de Murcia.
209	18122	31-VIII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don José Jiménez Martín un aprovechamiento de aguas subálveas del río Seco, en término municipal de Nerja (Málaga), con destino a riegos.
210	18210	2-IX-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a "Aislantes y Conductores Es-maltados Boadas, S. A.", un aprovechamiento de aguas subálveas de la riera Riudevittla, en el término municipal de Riudellots de la Selva (Gerona), con destino a abastecimiento y usos industriales.
210	18207	2-IX-74	O. P.	RESOLUCION por la que se autoriza a "Netales Sintetizados, S. A." y "Electra Molíns, S. A.", para aprovechar aguas subálveas de la riera de Cervelló, en término municipal de San Vicente dels Horts (Barcelona), con destino a usos industriales.
211	18303	3-IX-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la legalización otorgada a la Comunidad de Aguas "El Niágara" de las obras ejecutadas en la galería emboquillada sobre el nivel del mar en el barranco del Niágara o del Fraile, en término municipal de Guía de Isora (Santa Cruz de Tenerife) y autorización a la misma Comunidad de Aguas para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de monte de propios de dicho Ayuntamiento.
211	18304	3-IX-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a don Gabriel Alvarez Hernández para continuación de una galería para alumbramiento de aguas subterráneas en el barranco del Cerco, en término municipal de Los Realejos (Santa Cruz de Tenerife).
213	18454	5-IX-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad de Aguas "Salto de Las Cañas" para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en la margen derecha del barranco Cadenas del Agua, en monte de propios del Ayuntamiento de Tijarafe (Santa Cruz de Tenerife).
216	18656	9-IX-74	O. P.	RESOLUCION por la que se accede a la rehabilitación de la concesión otorgada a don Juan Barenys Xatruck y don Juan Esteban Barenys Pérez para aprovechar aguas subálveas del torrente de Vespella o Salomó, en término municipal de La Riera de Gayá (Tarragona).
218	18738	11-IX-74	P. GOB.	CARBON.—Decreto sobre el régimen de concierto en la minería del carbón.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA

IVES PEYRE: *Géologie d'Antequera et de sa Région (Cordillères bétiques-Espagne)*. Travaux du Lab. de Geol. Mediterranee. París-Grignon, 1974, 528 págs.

Este trabajo es un estudio detenido de parte de las provincias de Málaga, Sevilla, Córdoba y Granada. Con tal fin, lo divide en las seis partes siguientes: La Región del Chorro, La Zona de Colmenar, la Cadena Alta, La Región del Torcal, La Región del Trías de Antequera, Las Regiones Subbéticas.

Comienza la obra con una presentación donde considera las regiones naturales, con su litología y morfología de una manera sumaria, el clima, la hidrografía, las vías de comunicación, la historia, una introducción geológica subdividida en dos apartados, A. Lugar en las Cordilleras Béticas de la zona estudiada, B. Aspecto histórico de los progresos geológicos en la región estudiada. Por último destaca los caracteres principales, de cuanto ha tratado.

Cada una de las partes la estudia por sectores y establece las conclusiones en conjunto para cada una de ellas.

Por conclusiones generales, las agrupa en tres apartados: Significación de las formaciones de Benamejí, Subbética, los "flyschs".

Da una información bibliográfica con 74 citas. —L. DE A.

### GEOFISICA

FRANCOIS RIGOT-MULLER: *Mesure des caracteristiques dynamiques de la diffusion atmospherique*. CEA-R-4501. Saclay, 1974, 68 págs.

Propone el autor un método nuevo, para el estudio de la difusión atmosférica de los contaminantes, encima de los sitios reales, y con la dimensión verdadera, donde el desarrollo dinámico aporta conceptos originales.

Como justificación del método, considera los fundamentos teóricos de la difusión y los diferentes modelos en el caso de la atmósfera. Asimila la atmósfera a un filtro lineal aleatorio, al cual aplica el método de identificación de los procesos. La respuesta impulsional del filtro, la

traza en el plano concentración de contaminante 6 tiempo. Discute los límites del método y su campo de aplicación; introduce las nociones de estacionalidad y de ergodismo. Relata un cierto número de experiencias de difusión realizada con varias condiciones y establece enseñanzas sobre la influencia de los obstáculos, la rugosidad del suelo, el cálculo del coeficiente de difusión longitudinal y de la velocidad de transporte. Describe brevemente el instrumental utilizado para la valoración de las concentraciones, las mediciones meteorológicas y el cálculo de correlación.—L. DE A.

### MINERALOGIA

SMITH, J. V., Universidad de Chicago, USA: *Minerales feldespatos*. En tres volúmenes. Con la colaboración editorial de SMITH, B. F. Volumen 2. Propiedades químicas y texturales. 211 figuras; XI, 690 págs., 1974. En tela Tamaño 24×16 cm. Berlín-Heidelberg-Nueva York. Springer. Verlag. ISBN 3-540-06516-4.

Este tomo contiene un número mayor de figuras pero menor de páginas que el primero de esta espléndida monografía de los feldespatos. Sus características de presentación, calidad del papel, etc, son las mismas en ambos volúmenes.

Este segundo volumen comprende las partes 3 y 4. La 3 contiene los capítulos 13 y 14. La parte 4 contiene los capítulos 15 a 20.

El capítulo 13 describe las técnicas analíticas, su precisión y exactitud. Las distintas técnicas comprenden: las aplicadas específicamente a los feldespatos; gravimetría, colorimetría, rayos X, micropruebas electrónicas, espectrográficas, análisis con el espectrómetro de masas y otras.

El capítulo 14 estudia las propiedades químicas y abarca una extensa cantidad de cuestiones.

La parte 4 está dedicada al crecimiento, difusión, defectos y crecimientos intercalares. Y comprende los capítulos 15 a 20.

El capítulo 15 hace un repaso general de los fenómenos y procesos por estudiar.

El capítulo 16 trata de la difusión y distribución en varios grupos de los átomos: tetrahedrales, de oxígeno, etcétera.

El capítulo 17 trata del crecimiento y sus defectos.

El capítulo 18 estudia las maclas y las estructuras afines, su génesis, su nomenclatura, las maclas de las plagioclasas, las maclas de los feldespatos alcalinos.

El capítulo 19 estudia la constitución simultánea de dos o más feldespatos, íntimamente ligados unos con otros. Primeramente se hace una breve revisión histórica de las *pertitas*; siguen luego los experimentos de síntesis de las *pertitas* y a continuación se describen las intercalaciones simultáneas en las plagioclasas.

El capítulo 20 estudia la formación simultánea de los feldespatos con otros minerales. Se detallan los casos más importantes (mirmequita, esferulitas, granofiros, granitos gráficos, nefelina-feldespato, larwiquita y otras asociaciones).

La obra se termina con varios índices (materias, nombres, localidades, tipos de rocas, situación de las figuras en el texto, tablas).

Como en el tomo I, cada capítulo lleva una nutrida bibliografía específica.—J. G. LL.

## CRISTALOQUIMICA

J. L. AMORÓS y M. CANUT-AMORÓS: *Análisis de la densidad electrónica de los cristales*. Mem. R. Acad. Cienc. y Artes de Barcelona, XLII, núm. 1, 72 págs. 1973.

El análisis gaussiano del factor de difracción atómico permite la separación de la densidad electrónica interna y externa de los átomos. Partiendo de este concepto, se estableció un método de análisis de la densidad electrónica de los cristales, denominado "selected electron shell" (S.E.S.). Para comprobar el valor del método propuesto, así como su validez general, lo han aplicado al estudio de la densidad electrónica del cloruro sódico, antraceno, antraquinona, benceno, hexamina, diamante, germanio, silicio y varias aleaciones. La investigación de los autores demuestra la aplicabilidad y generalidad del mismo. Han estudiado la función potencial electrónica del benceno, de la hexamina y del cloruro sódico.—L. DE A.

## ANALISIS MINERAL

JEAN CLAUDE OBERLIN: *Microanalyse par reactions nucleaires et par excitation atomique a l'aide de particules chargées de basse energía*. Application a l'analyse dan le vegetaux. CEA-R-4544. Saclay, 1974, 110 págs.

Utiliza el microanálisis por reacción nuclear y excitación atómica para determinar la distribución espacial del flúor, calcio y potasio, en las agujas de Abies Alba. El elemento contaminante de flúor, se determina por la reacción nuclear  $^{19}\text{F}(p, \alpha)^{16}\text{O}$  a la resonancia de 1.350 keV. Simultáneamente se midan el calcio y el potasio por su radiación X característica debida a la excitación por protones. El instrumental experimental está constituido principalmente por un acelerador de 2 MeV y un conjunto de detectores para partículas cargadas y para rayos X de energía débil (detector Si(Li) de 200 eV de resolución cuando está asociado al acelerador). Muestra la distribución espacial de los elementos F, Ca, K en las agujas de abeto y según el autor se desenvuelven las primeras ideas que permiten establecer una correlación entre el elemento necrosante y los que constituyen el tejido inicial de la planta.

Trata de otras aplicaciones ya conocidas de la espectrometría X, como las de alfarería, para determinaciones de procedencia de las arcillas utilizadas, a la canalización estructural de los cristales, etc.—L. DE A.

FRANCIS NORDMANN: *Contribution a l'etude de la détermination de traces d'elements légers dans des métaux légers dans de métaux alcalins par activation au moyen de photons gamma et de particules chargées*. CEA-R-4539. Saclay, 1974, 108 págs.

Estudia los diversos medios de activación utilizados de una manera general para determinar los elementos ligeros por fotones  $\gamma$  y partículas cargadas, considera con más detalle la valoración del carbono y del oxígeno en el sodio y en cesio por activación con fotones y la del azufre con protones. Determina numerosas curvas de activación. Estas permiten, por una parte la determinación de la sensibilidad teórica de los métodos, por otra evaluar las interferencias debidas a las reacciones parásitas principales. Estudia la influencia de la matriz, de importancia considerable en el caso del sodio. Describe los métodos de utilizados para establecer los patrones y considera más detenidamente la posibilidad de recurrir al patrón interno en el caso de valoración con fotones. Traza las curvas patrón. Para hacer posible la aplicación de estas técnicas de una manera general, a la valoración de contenidos, que denomina ínfimos, pone a punto con perfeccionamientos suyos, procesos de separación radioquímicos para los casos del sodio y del cesio: del carbono 11, del oxígeno 15, del flúor 17 y 18 y del cloro 34. Las leyes alcanzadas con el sodio son de  $0,25 \times 10^{-6}$  para el carbono,  $0,3 \times 10^{-6}$  para el oxígeno y de  $0,6 \times 10^{-6}$  para el azufre; los valores relativos al cesio son superiores  $1 \times 10^{-6}$  para el carbono y de  $8 \times 10^{-6}$  para el oxígeno. Según el autor con estas técnicas se han podido observar concentraciones igualmente bajas en los metales alcalinos.—L. DE A.

CLAUDE HUMBERT-DROZ, FRANCOIS BALARD, JEAN LECLER: *Concentration de traces de gaz dans l'air par distillation*. Rapp. CEA-R-4523, 1974, 18 págs.

La instalación construida y descrita ahora permite destilar cantidades de gas a partir de un volumen de 400 decímetros cúbicos, con el objeto de concentrar los gases raros, los hidrocarburos ligeros y el hidrógeno. El instrumento está orientado hacia la concentración de isótopos gaseosos estables y radiactivos contenido en el aire.—L. DE A.

CLAUDE KERTESZ: *Dosage du strontium et des ses impuretes dans les solutions d'un atelier pilote de purification*. Rapp. CEA-R-4463, 1974, 98 págs.

El problema planteado es el análisis de estroncio purificado, con impurezas de las familias de los alcalinos térreos y de la plata. Considera tres casos diferentes.

1.º Análisis de soluciones conteniendo los alcalinos térreos y la plata con leyes cercanas. Efectúa una separación cromatográfica con resina catiónica donde la elución selectiva de los constituyentes la realiza con malonato de amonio, con gradiente de concentración. Evita la precipitación del malonato de plata conduciendo la plata al estado de complejo aniónico soluble. Las fracciones recuperadas se valoran con técnica conductimétrica, aplicada en disoluciones muy diluidas.

2.º La valoración radiométrica del estroncio 90, la efectúa por destello en disolución. La valoración, en presencia del itrio 90, requiere el trazado de dos curvas: variación del factor de aporte del itrio 90 y rendimiento en función del debilitamiento luminoso. Es comparable a la utilizada en la separación del itrio-90.

3.º Para las soluciones ricas en estroncio, conteniendo los alcalinos térreos y la plata al estado de impurezas, considera su valoración por espectroscopia de emisión con el método de Breckpot. Las curvas patrones de magnesio, calcio y bario, son valederas por un método estándar.—L. DE A.

## BIOGRAFIA

LANE A MACQUER: *Dictionary of Scientific Biography*. Vol. VIII, "American Council of Learned Societies". Editor Charles Scribner's Sons, New York, 1973.

Iniciamos el comentario con la misma observación, efectuada a los tomos anteriores de esta magnífica pero incompleta obra, el reducido número de biografías de españoles. En el presente sólo figuran la del cosmógrafo Juan Bautista Lavanha nacido en Lisboa y fallecido en Madrid,

la del matemático aragonés Gaspar Lax, la del granadino al-Hasan ibn Muhammad al-Wazzan al-Zayyati al-Gharnati conocido también por Leo el Africano (y no como figura en el diccionario "the African" y el alquimista mallorquín Raimundo Lulio al que pone como "Ramón Lull" y da confundida la fecha de nacimiento).

Entre los biografiados que cultivaron materias relacionadas con nuestro Boletín figuran:

Lang, Karl Nikolaus (Lucerna, 1670-1741), paleontólogo. Con aportaciones importantes en el campo de los fósiles marinos, en un momento en que sorprendía encontrar estos restos en las montañas suizas.

Lapparent, Albert-August Cochon de (Bourges, 1839-1908), geólogo. Describió y denominó la monzonita, estudió detenidamente la región de Bray y fue uno de los tres geólogos franceses que estudió el túnel de enlace entre Inglaterra y Francia. Son populares sus tratados de geología y mineralogía.

Lapworth, Charles (Faringdon, 1842-1920), geólogo. Se dedicó principalmente a los terrenos paleozoicos y fue un gran especialista en grafitolites.

Larsen, Esper Signius J. R. (Astoria, 1879-1961), geólogo. Cultivó principalmente la petrografía, estableciendo un catálogo de interrelaciones de propiedades ópticas y composición química. También encontró plomo en los circones el que acertadamente consideró como radiogénico.

Lartet, Edouard Amant Isidore Hippolite (St. Guiraud, 1801-1871), paleontólogo. Descubrió el primer fósil antropomórfico denominado Pliopithecus y estudió las migraciones de los mamíferos en épocas recientes.

Lartet, Louis (Castelnau-Magnoac, 1840-1899), geólogo. Entre sus publicaciones figura el estudio de las calcitas con *Lychnus* de las cercanías de Segura (Aragón) y varios de los Pirineos.

Lavoisier, Antoine-Laurent (París, 1743-1794), geólogo. Conocido generalmente como químico, trabajó también en el campo de la geología como lo evidencia en su teoría de la tierra, donde considera los cambios experimentados por el globo.

Lawson, Andrew Cowper (Anstruther, 1861-1952), geólogo. Investigó las correlaciones entre las rocas paleozoicas y en el campo de la isostasia principalmente su aplicación al diastrofismo.

Lazarev, Petrovich (Moscow, 1878-1942), geofísico. Dentro de la geofísica su atención estuvo en las técnicas magnéticas para descubrimiento de minerales de hierro, cercanos a la superficie.

Leakey, Louis Seymour Bazett (Kabete, 1903-1972), paleontólogo humano. Aunque sus descubrimientos son objeto de acaloradas controversias, todavía se admite su descubrimiento del "homo habilis" y del "homo erectus" así como una antigüedad de la especie humana superior a 1,7 millones de años.

Leconte, Joseph (Liberty Country, 1823-1901), geólogo. Contribuyó al concepto de la estructura y origen de las

cadena montañosas, génesis de los metales y períodos cruciales de la historia de la tierra.

Lehmann, Johann Gottlob (Langenhennersdorf, 1719-1767), mineralógogo y geólogo. Fue el primero que trató de estudiar una explicación fisicoquímica del origen de los minerales y de la importancia de los estratos en la historia de la tierra.

Lehmann, Otto (Konstanz, 1855-1922), cristalógrafo. Descubrió los cristales líquidos y estudió detenidamente la estructura de la materia por medio del microscopio.

Lenz, Emil Khristianivich (Dorpat, 1804-1865), geofísico. Determinó la densidad específica y temperatura del agua del mar hasta 2 kilómetros de profundidad y fue el primero en establecer la salinidad elevada del Atlántico en comparación con la del Pacífico.

Leonardo da Vinci (Vinci, 1452-1519), geólogo. Este notable cultivador de la anatomía, tecnología, mecánica y matemáticas también colaboró en la geología, describiendo la configuración de la corteza terrestre. Estudió los fenómenos de erosión y deposición y consideró el principio catastrófico, realizando interesantes observaciones sobre los procesos de fosilización.

Leonhard, Karl Casar von (Rumpenheim, 1779-1862), mineralógogo y geólogo. Demostró el origen volcánico de los basaltos y a él está dedicado el aluminosilicato de calcio denominado "leonhardita".

Lesley, J. Peter (Philadelphia, 1819-1903), geólogo. Trabajó ampliamente en el campo de la geología en Pennsylvania.

Lesquereux, Leo (Fleurier, 1806-1889), palentólogo. Autor de una obra monumental sobre la flora carbonífera de Pennsylvania.

Levinson-Lessing, Franz Yulevich (St. Petersburg, 1861-1939), geólogo y petrólogo. Dio las bases científicas de la separación o diferenciación magmática.

Levy, Serve-Dieu Abailard (conocido por Armando) (París, 1795-1841), mineralógogo. Descubrió varias especies minerales, realizando descripciones muy precisas de las formas cristalinas.

Lhwy, Edward (Cardiganshire, 1660-1709), paleontólogo. Estableció una teoría sobre la fosilización, combatida por Ray.

Lindgren, Waldemar (Kalmar, 1860-1939), geólogo. Estableció conceptos modernos de las provincias metalogénicas.

Link, Heinrich Friedrich (Hildesheim, 1767-1851), geólogo. Expone que el estado líquido es la forma originaria de la materia de la cual se deriva el estado sólido.

Linnaeus (o von Linne), Carl (Sodra Rashult, 1707-1778), geólogo. Conocido fundamentalmente como botánico, estableció una base para la clasificación del reino mineral, da mucha importancia a la estructura cristalina y puede considerarse como un pionero de la cristalografía. También concibió un modelo de la tierra y su desarrollo.

Lister, Martin (Radclive, 1639-1712), geólogo. Participó activamente en la controversia de la naturaleza de los fósiles

silés y conchas petrificadas. Correlaciona los caparzones fósiles con las rocas, como base de la estratigrafía. Fue uno de los promotores de la cartografía geológica.

Logan, William Edmond (Montreal, 1798-1875), geólogo. Descubrió el fósil supuesto "Eozoon" en las rocas precámbricas de Canadá, debido a un origen metamórfico.

Lohest, Marie Joseph Maximin (Liege, 1857-1926), geólogo, mineralógogo y paleontólogo. Fueron tema de sus interesantes estudios los peces fósiles y el medio en que vivieron. Colaboró al descubrimiento en 1886 a un hombre fósil característico de Neanderthal.

Lonsdale, Kathleen Yardley (Newbridge, 1903-1971), cristalógrafo. Contribuyó a interesantes progresos en la cristalografía por medio de los rayos X.

Lonsdale, William (Bath, 1794-1871), geólogo. Por medio de los corales devónicos, estableció la separación del carbónífero.

Lossen, Karl August (Kreuznach, 1841-1893), geólogo y petrólogo. Estudió y cartografió las Montañas del Harz.

Love, Augustus Edward Hough (Westonsuper-Mare, 1863-1940), geofísico. Al examinar el modelo matemático de Rayleigh, establece uno nuevo y descubre las ondas denominadas de "Love".

Lugeon, Maurice (Poissy, 1870-1953), geólogo. Prestó importante contribución a la geología alpina y sus estudios estructurales.

Lyell, Charles (Kinnordy, 1797-1857), geólogo. Explicaba los fenómenos geológicos inspirado en las condiciones modernas o contemporáneas. Introdujo los términos. eoceno, mioceno, y plioceno. Estudió profundamente la antigüedad del hombre.

Lyman, Benjamin Smith (Northampton, 1835-1920), geólogo. Contribuyó a la confección del primer mapa geológico de Japón.

Lyman, Chester Smith (Manchester, 1814-1890), geólogo. Estudió geológicamente la región del volcan Kilauea.

Macculloch, John (Guernsey, 1773-1835), geólogo. Cartografió geológicamente a Escocia. Hizo una clasificación de rocas en dos grandes grupos, las primarias que podían ser sin estratificación (granitos) o estratificadas (gneises y esquistos) y las secundarias.

Maclure, William (Ayr, 1763-1840), geólogo. Prácticamente inició sus trabajos geológicos en España en el período 1820-24. Prestó especial interés a los fenómenos volcánicos y sostenía que los metales convertidos en vapor, podían penetrar, incluso donde no era posible para las lavas.

Entre las omisiones más destacadas figura las de: el promotor industrial Marqués de Larios, el botánico Blas Lázaro e Ibiza, el anatómico José Letamendi, el ictiólogo Luis Lozano y Rey, el matemático Alberto Lista y Alarcón, el arqueólogo Antolín López y Peláez y el geólogo promotor del Mapa Geológico Nacional de España, Francisco de Luxan y Martín Romero. Como en notas anteriores, expresamos nuestra esperanza de que en los tomos del apéndice se subsanen estas omisiones.--L. DE A.

# 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