

En este número:

- Estratigrafía del Cretácico en el sector de Llanera (Depresión mesoterciaria central de Asturias).
- Las formaciones Anteordovícicas del Anticlinal de Valdelacasa.
- Comercialización del Niobio y Tantalio.
- Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote).
- Trace analysis of noble metals in water by selective ion exchanger and emission spectrography.
- El yacimiento de alunita de Negredo (Segovia). Consideraciones sobre su génesis.
- Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S)<sub>2</sub>.
- Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales.
- Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXV, Cuarto Fascículo. Julio - Agosto 1974

# boletín geológico y minero

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





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



**geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos**

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

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

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

**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.

# 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

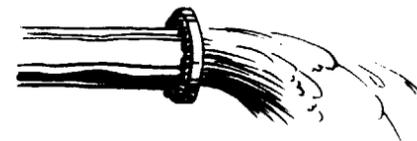
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

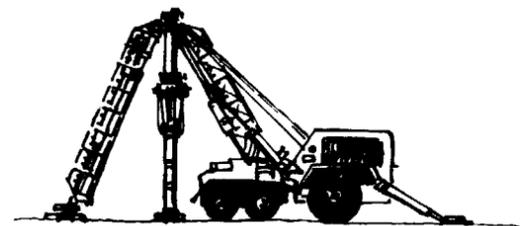
Tno. 2 59 78 04



### Investigacion Geologica



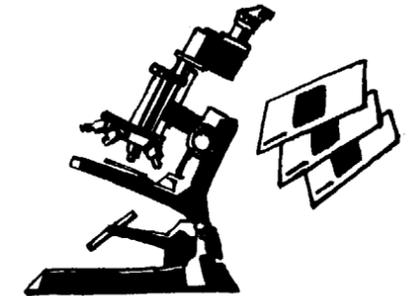
### Hidrogeologia



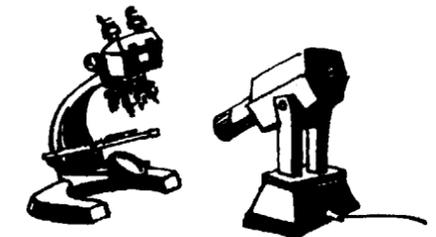
### Perforacion



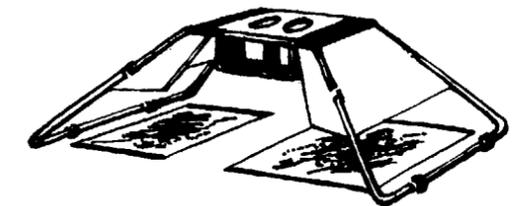
### Mineria



### 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 ALCOCER, 5, 3.º-C**

**Telg. "CHRISTENSA"**

**MADRID-16. Tel. 250 34 04**

# COLECCION REGLAMENTOS

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

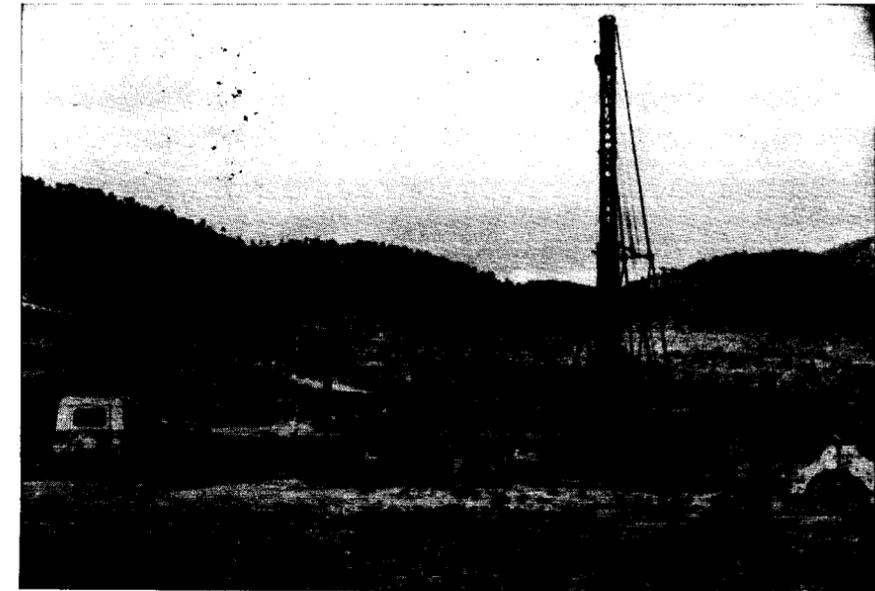
## VOLUMENES PUBLICADOS

1. Reglamento de Minería (agotado).
2. Reglamento de Aparatos Elevadores.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 100 ptas.
3. Reglamento de Recipientes a Presión.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 100 ptas.
4. Reglamento de Recipientes a Presión.—Apéndice, 15 ptas.
5. Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.—100 ptas.
6. Reglamento de Verificaciones Eléctricas.—1.ª edición (agotado).
7. Reglamento de Seguridad en la Industria Frigorífica.—1.ª edición (agotado).
8. Reglamentación de Talleres de Reparación de Automóviles.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 30 ptas.
9. Reglamentación de Talleres de Reparación de Automóviles.—Apéndice, 30 ptas.
10. Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados (agotado).
11. Normalización de Conservas Vegetales.—50 ptas.
12. Reglamento del Servicio Público de Gases Combustibles.—30 ptas.
13. Reglamento Electrónico para Baja Tensión.—1.ª edición (agotado). 2.ª edición, 100 ptas.
14. Normas Básicas de Instalaciones de Gas en Edificios Habitados.—2.ª edición, 30 ptas.
15. Reglamento de Seguridad en la Industria Frigorífica.—2.ª edición, 50 ptas.
16. Reglamento de Verificaciones Eléctricas.—3.ª edición, 60 ptas.
17. Reglamento de Aparatos Elevadores—3.ª edición.—En prensa.

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

MADRID - 1

# SONDEOS RODES



## SONDEOS PARA

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

**ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.**

**ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.**

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

★ ★ ★

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

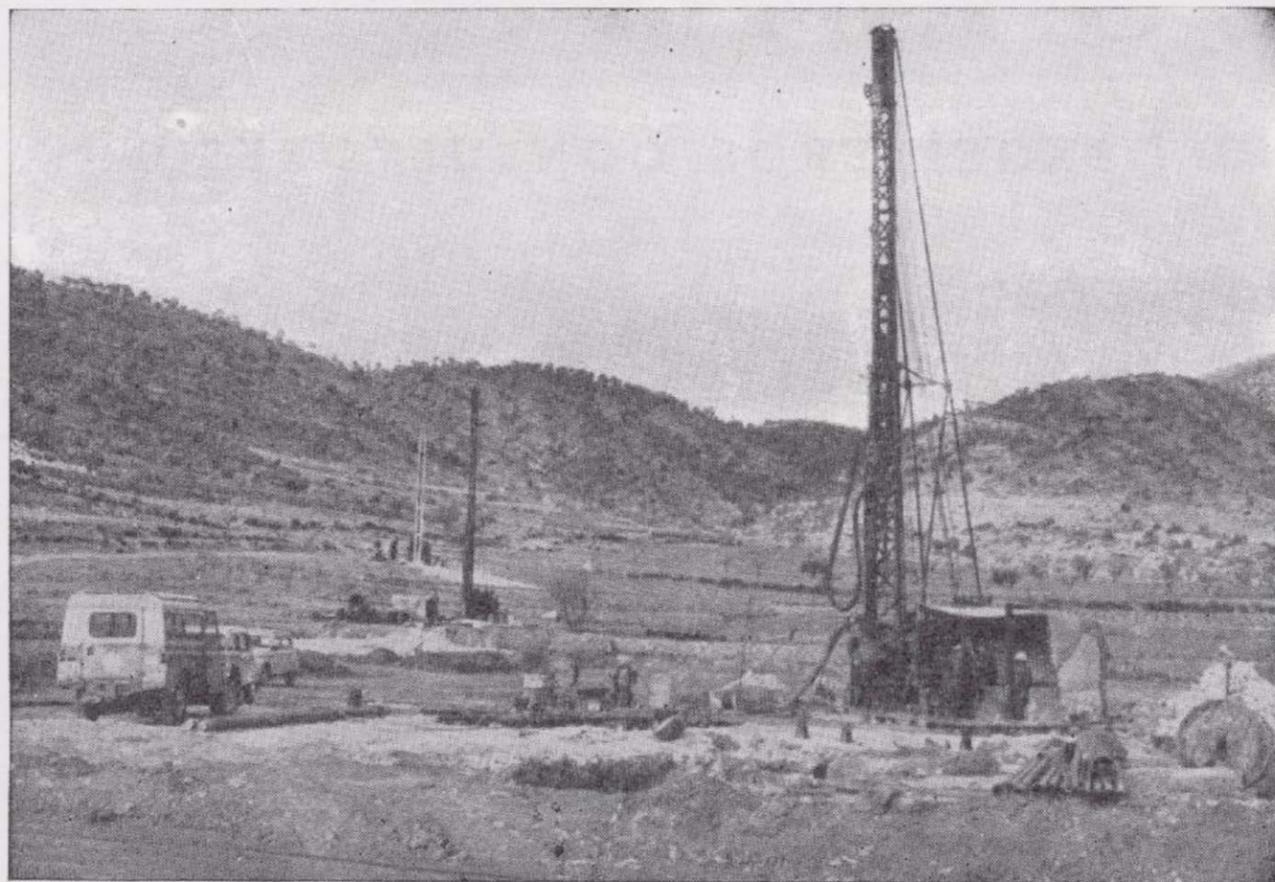
★ ★ ★

**ERNESTO RODES MARTI**

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

**VILLENA (Alicante)**

# SONDEOS RODES



**SONDEOS PARA**

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

**ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.**

**ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.**

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

★ ★ ★

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

★ ★ ★

**ERNESTO RODES MARTI**

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

**VILLENA (Alicante)**

# GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

# ACABA DE APARECER



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 2001 - 276 22 01 - MADRID-1

ACABA DE APARECER

LA  
INDUSTRIA ESPAÑOLA  
EN 1973



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

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



## **TERRATEST, S. A.**

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

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

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

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

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

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

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

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

TERRATEST  
SU  
AUXILIAR  
EN LA  
INVESTI-  
GACION  
MINERA



## TERRATEST, S. A.

**Estudios Geológicos y Geofísicos.** - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radio-métricos. 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.

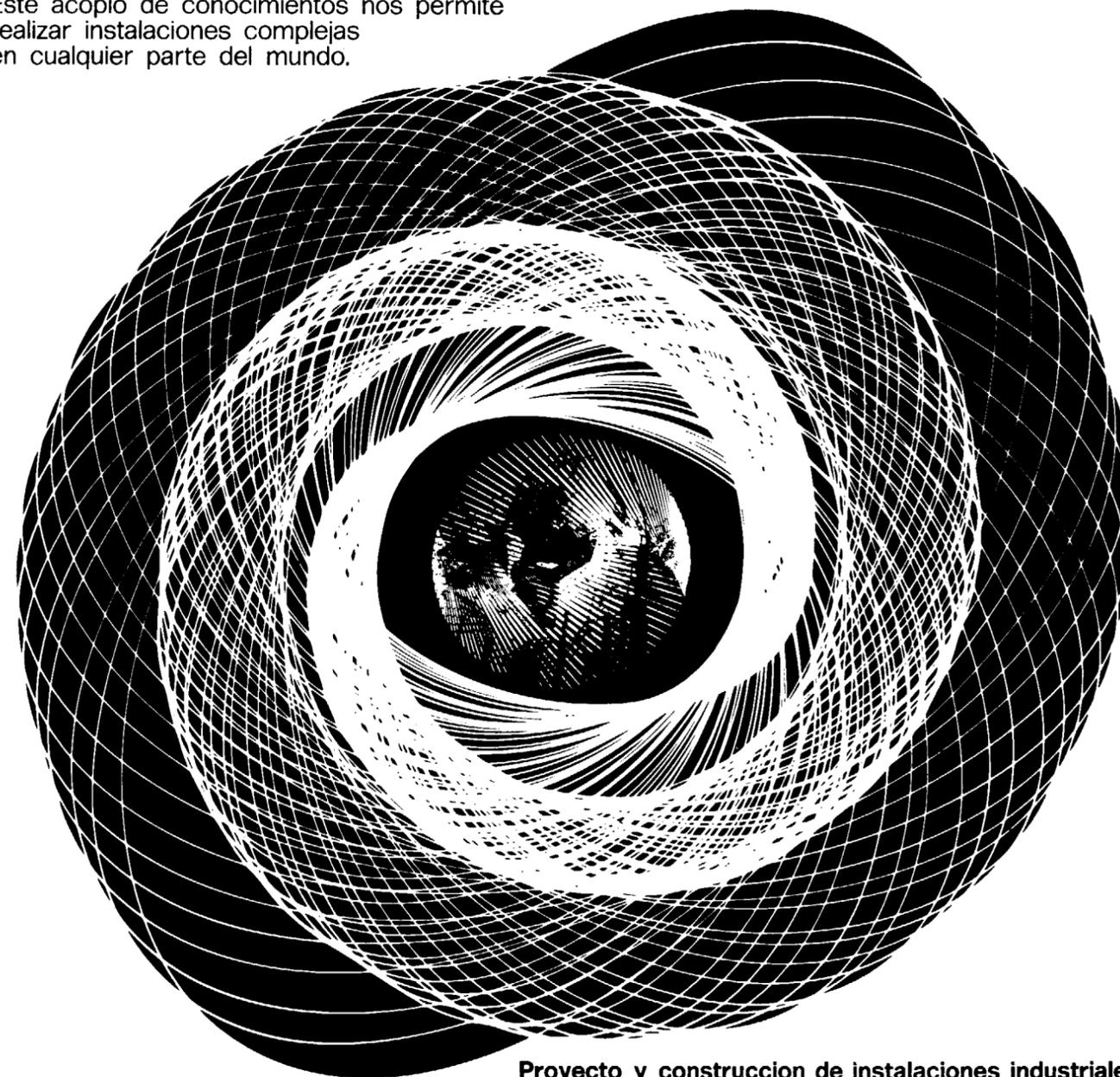
**TERRATEST, S. A.** Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

# 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

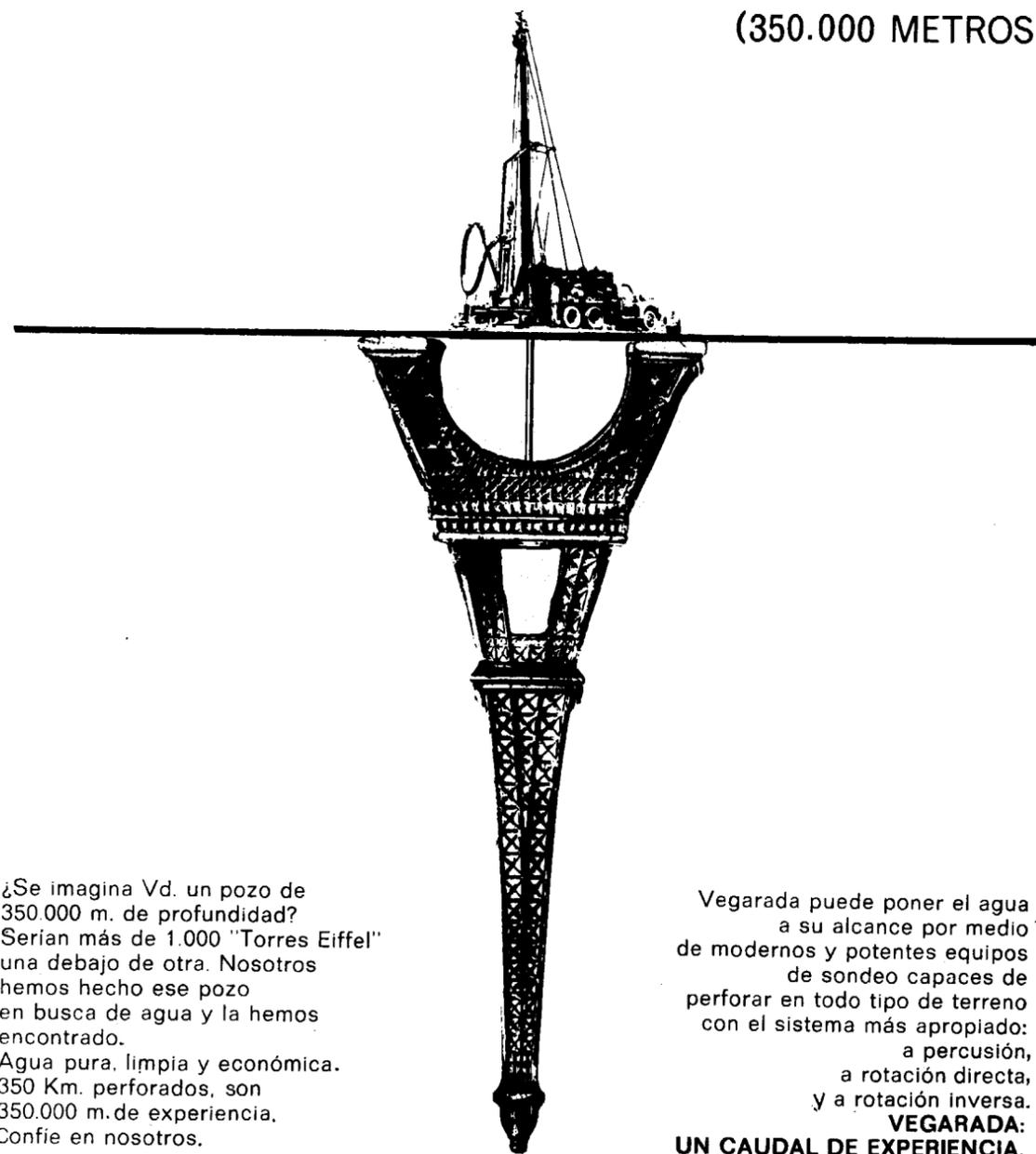
Asociada de

**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

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



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

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



**Vegarada**  
perforaciones

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

Tomo 85  
Fascículo IV  
Julio - Agosto 1974

# Boletín Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	M. GUTIÉRREZ CLAVEROL: Estratigrafía del Cretácico en el Sector de Llanera (Depresión mesoterciaria central de Asturias) ...	1
	F. MORENO SERRANO: Las formaciones Anteordovícicas del Anticlinal de Valdelacasa ...	10
<b>Minería</b>	IGME. DIVISIÓN DE MINERÍA: Comercialización del Niobio y Tantalio ...	15
<b>Energía</b>	A. ALONSO, R. ORTIZ, E. R. BADIOLA y J. YUGUERO: Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote) ...	27
<b>Geonucleónica</b>	R. BUIJLE y F. J. HAFTKA: Trace analysis of noble metals in water by selective ion exchanger and emission spectrography ...	35
<b>Geoquímica</b>	F. CAÑADA GUERRERO: El yacimiento de alunita de Negredo (Segovia). Consideraciones sobre su génesis ...	44
<b>Estudios de Minerales y Rocas</b>	A. LA IGLESIA, M. A. CABALLERO y F. MENÉNDEZ DEL VALLE: Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S) <sub>2</sub> ...	50
	A. LA IGLESIA FERNÁNDEZ, J. L. MARTÍN VIVALDI y A. POZZUOLI: Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales ...	56
	M. MUÑOZ y R. VEGAS: Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba ...	64
<b>Información</b>	Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XIX Campamento para Prácticas de Geología "Benasque" 1973.—Ciclo de Conferencias sobre las actividades del IGME en el III Plan de Desarrollo Económico y Social.—Noticias.—Mercado de Minerales y Metales.—Información legislativa.—Notas bibliográficas ...	78

### 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

Anticlinal devoniano de la Tuca Alta (Macizo del Posets, Pirineo Central, 2.905 m.)  
replegado por una segunda fase.

Foto: L. M. Ríos

Depósito legal: M. 3.279.-1958

---

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

## Estratigrafía del Cretácico en el sector de Llanera (Depresión mesoterciaria central de Asturias)

Por M. GUTIERREZ CLAVEROL (\*)

### RESUMEN

El estudio de los testigos de un sondeo ubicado en la región noroccidental de la Depresión Mesoterciaria central de Asturias (alrededores de Llanera), ha permitido el establecimiento de una detallada columna estratigráfica general, representativa de esta zona.

Se pone de manifiesto la presencia de Beduliense, Gargasiense, Vraconiense, Cenomanense inferior-medio, Turonense inferior, Coniaciense medio-superior y, probablemente, Santoniense, destacándose las peculiaridades estratigráficas que presentan en este área los materiales cretácicos.

Con la información proporcionada mediante el estudio de las microfacies calcáreas, se hace una interpretación del medio deposicional y una estimación energética.

### INTRODUCCION

En la Depresión Mesoterciaria Central de Asturias se distinguen un conjunto de sectores o áreas restringidas (GUTIÉRREZ CLAVEROL, 1972 y 1973), dentro de las cuales, el denominado de Llanera ocupa el extremo noroccidental (fig. 1).

Los materiales cretácicos de este sector (fig. 2) se disponen bordeando las estribaciones septentrionales de la Sierra del Naranco, apoyándose, en discordancia muy marcada, sobre el Paleozoico que constituye dicha elevación. Quedan recubiertos hacia el N por los depósitos del Eoceno superior-Oligoceno, lo que motiva el que ocupen una reducida extensión superficial y presenten un área aflorante de dimensiones alargadas según la dirección WNW-ESE.

Encierra esta zona notorias dificultades de observación, en especial al W del meridiano de San Cucao de Llanera, donde la exposición geológica es muy deficiente, dificultando un reconocimiento estratigráfico y cartográfico detallado.

En la presente nota se pretenden establecer los

elementos estratigráficos de detalle de esta zona, fundamentando las observaciones en los datos extraídos de un sondeo de reconocimiento hidrogeológico que, con 255 metros de profundidad, atravesó la columna cretácica y llega a alcanzar los materiales paleozoicos.

### DATOS BIBLIOGRAFICOS

Los primeros autores que se ocuparon de esta región no establecieron, con claridad, el límite Cretácico-Terciario, incorporando al primero todo el paquete de materiales.

En época más reciente, ALMELA y RÍOS (1962) cartografiaron la zona y atribuyen al Cenomanense las calizas que forman el anticlinal del túnel de ferrocarril de Lugo de Llanera.

Por su parte, LLOPIS LLADO (1965) reconstruye una columna general del Cretácico por los alrededores de Cayés, reconociendo el Beduliense, Gargasiense y Turonense. Apunta la existencia de una laguna estratigráfica que comprendería al Albense y todo el Cenomanense, explicando una emersión de la plataforma litoral durante esta época.

(\*) Laboratorio de Geología General y Estructural. Escuela Superior de Minas de Oviedo.

TORRES ALONSO (1971), en su tesis doctoral, cartografía, a escala 1:50.000, los bordes de la Depresión en esta zona de Llanera.

NUEVAS APORTACIONES

Los reconocimientos superficiales, dadas las características ya expuestas sólo permiten levantar series muy fragmentadas, lo que obligaba a hacer arriesgadas y subjetivas interpolaciones.

El estudio de los testigos de un sondeo emplazado en el kilómetro 2,5 de la carretera C-634, de

finir los distintos tramos y punto de apoyo para sentar las correlaciones con otras series cretácicas (figs. 3 y 4).

La estratificación se mantiene subhorizontal, con lo cual, los espesores de los litotopos cortados son reales. La columna obtenida ha sido:

Muro: Caliza de montaña, en disposición subvertical.

1) 1,11 m.—Conglomerado amarillento. El esqueleto está formado por una arenisca de cemento calcáreo con textura "en mosaico" y el cemento es micrítico. En la zona de contacto de los elementos con el cemento hay una alteración ferruginosa.

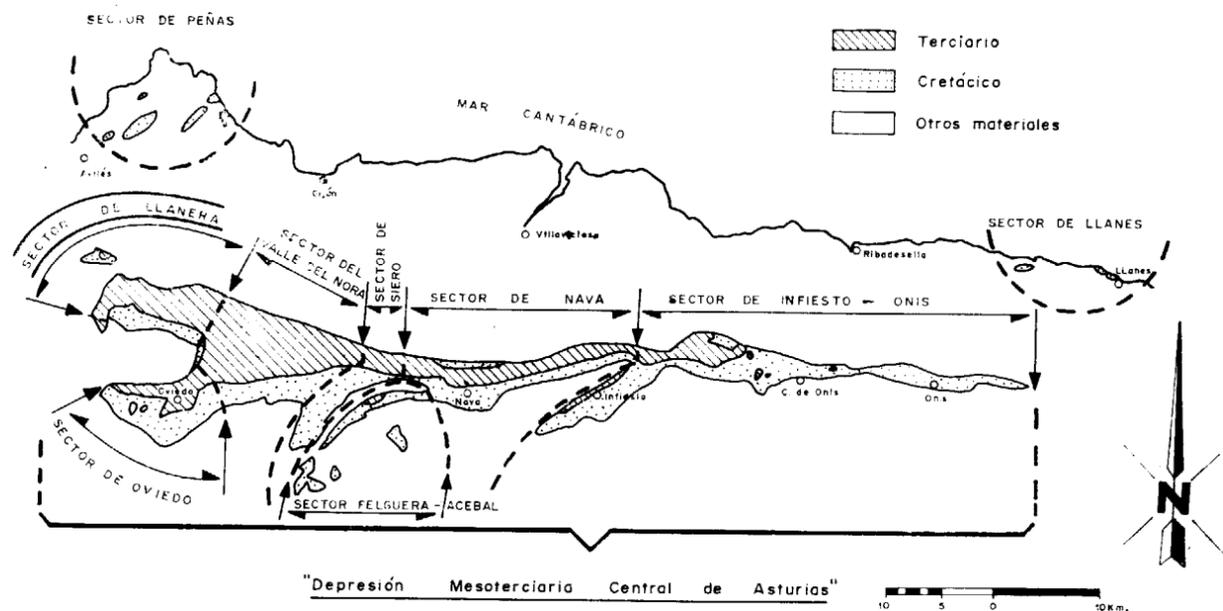


Figura 1

Representación esquemática de los sectores considerados en la Depresión Mesoterciaria Central de Asturias

Lugones a Avilés, en las proximidades de Coruña, ha permitido poder establecer una columna estratigráfica muy precisa y detallada del Cretácico de este sector.

Las observaciones verificadas sobre este sondeo, a partir de 135 muestras estudiadas, se han expresado gráficamente, a manera de "log", con la finalidad de ver las posibles variaciones verticales y detectar algún parámetro orientativo, útil para de-

2) 9,89 m.—Arenas de grano fino, gris amarillento.

3) 6,50 m.—Arenisca calcárea, algo glauconítica, de grano subanguloso, bien clasificada. El tamaño medio oscila entre 105-150 micras, aumentando el centil hacia el techo (1050 micras). Algún lignito y piritizaciones.

Presencia de *Miliolidae* y *Valvulinidae*, algunos glauconitizados en la parte superior del tramo.

4) 23,0 m.—Areniscas calcáreas de grano grueso y subanguloso y abundante glauconita redondeada, que pasan hacia arriba a calizas con grandes Rudistos. Contienen lignitos, moteado de limonita y laminaciones cruzadas.

Las calizas presentan una microfacies de biomicritas y micritas fosilíferas (calizas wackestone), con *Dictyoconus pachimarginalis* SCHROEDER, *Simplorbitolina ex. gr. manasi-conulus*, *Sabaudia*

gunos niveles abundantísimos, piritita, limonita, algo de glauconita y ámbar. Laminaciones cruzadas y estilolitos. Las areniscas poseen buena clasificación y los granos de cuarzo, con tamaño medio algo decreciente hacia el techo (de 150 a 90 micras), son subangulosos, y localmente, con cemento dolomítico. Las microfacies observadas en los tramos calcáreos son bastante variables: oosparitas fosilíferas, biomicritas arenosas y biomicrosparitas areno-

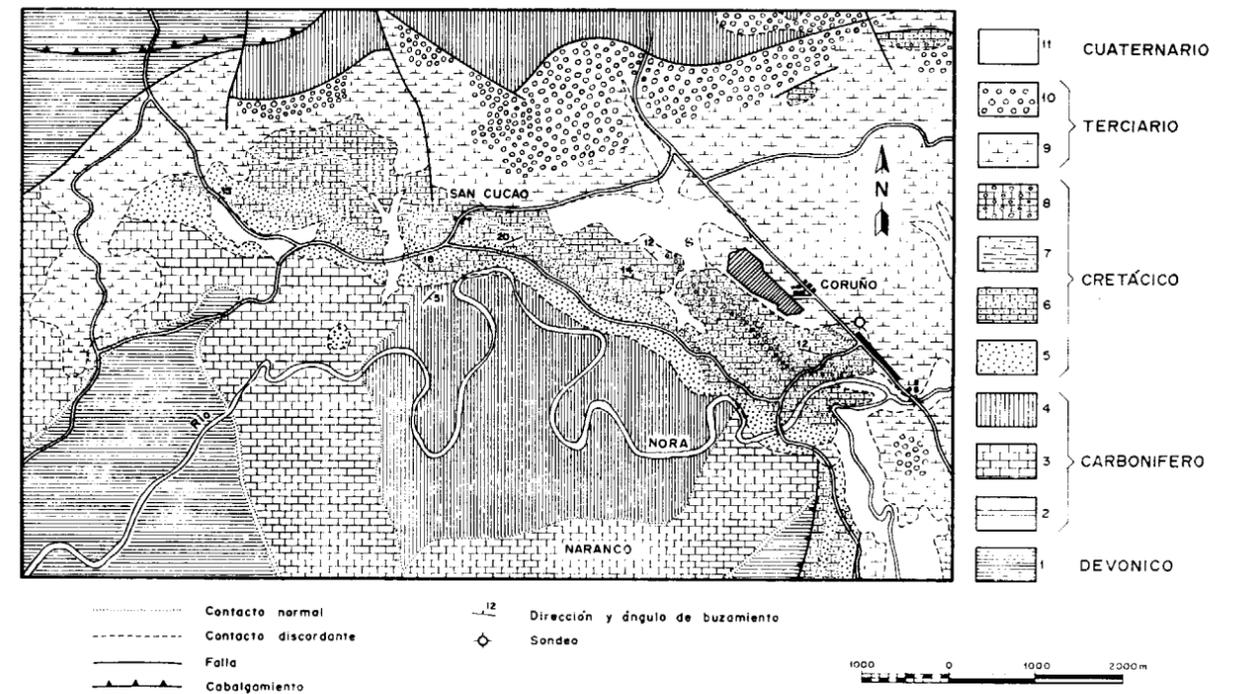


Figura 2

Mapa geológico del sector de Llanera y unidades periféricas

- |   |   |
|---|---|
| 1. Materiales devónicos indiferenciados.                | 7. Serie arcillo-arenosa.                             |
| 2. Serie griotte.                                       | 8. Calizas arcillosas y margas nodulosas (Turonense). |
| 3. Caliza de Montaña.                                   | 9. Serie margosa.                                     |
| 4. Pizarras, areniscas y calizas westfalienses.         | 10. Conglomerado de Posada.                           |
| 5. Arenas y arcillas.                                   | 11. Cuaternario indiferenciado.                       |
| 6. Calizas arenosas, dolimíticas y areniscas calcáreas. |   |

*minuta* (HOFKER), *Orbitolina*, nov. sp. (?), *Cuneolina* sp., *Miliolidae*, entre ellos *Quinqueloculina*, *Texularidae*, *Haplophragmium*, Algas Dasyclada-ceas (*Acicularia*) y Codiáceas (*Boueina*) a los que acompañan restos de Lamelibranquios, Equinodermos y algún Gasterópodo.

5) 41,70 m.—Alternancia de areniscas calcáreas, calizas y alguna intercalación de margas arenosas, tonos grises. Frecuente presencia de lignitos, en al-

sas recristalizadas (packstone, grainstone), conteniendo, los niveles superiores: *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana aperta* (ERMAN), *Orbitolina* (*Neorbitolina*) *conica* subs. *convexa* DANILOVA, *Cuneolina* sp., *Miliolidae*, *Texularidae* y otros pequeños *Valvulinidae*, Algas Rodofíceas (*Lithophyllum*), Algas Codiáceas (*Arabicodium*, *Boueina*), *Lituolidae* arenáceos, Políperos, algún Gasterópodo, radiolas de Equinodermos y fragmentos de Moluscos.

6) 26,75 m.—Calizas algo arenosas, amarillentas y grisáceas, con hiladas de margas arenosas y areniscas calcáreas. Abundantísimos lignitos, algunas piritas, limonita y, hacia el muro, glauconita. Buenas laminaciones cruzadas. Granos de cuarzo subangulosos-subredondeados con peor clasificación que en los tramos anteriores.

Microfacies de bioesparitas dominantes, alguna biomicrita (calizas grainstone, c. wackestone), conteniendo *Orbitolina cóncava*, escasos ejemplares de *Neoraiquia* (posiblemente *Neoraiquia convexa* (DANILOVA)), *Ovalveolina ovum* D'ORB., *Praealveolina*, *Trocholina*, *Marssonella*, *Miliolidae*, *Valvulinidae*, *Haplophragmoides greigi* (HENSON), *Pseudocyclammina* y otros grandes *Lituolidae*, *Lagenidae*, abundantes Algas calcáreas (*Acicularia*, *Neomeris pfenderae* KONISHI y EPIS, *Macroporella*), *Lithothamnium*, Briozoos, Políperos (hacia el techo), Gasterópodos, Equinodermos y Lamelibranquios.

7) 36,05 m.—Alternancia de calizas, calizas arenosas y areniscos calcáreas, algunas dolomíticas, amarillentas, con pequeñas intercalaciones (0,15-0,50 m.) de limos arcillosos y arenas limosas. Hacia la base del tramo las calizas se presentan algo nodulosas. En el techo presencia de "hard ground". Laminaciones cruzadas.

Microscópicamente, se trata de bioesparitas, parcialmente recristalizadas (calizas grainstone), con algún nivel de biomicrita y micritas fosilíferas (calizas wackestone). Gran cantidad de *Orbitolina cóncava* en el tramo basal, *Praealveolina* (entre ellas *Praealveolina* cf. *ibérica* REICHEL), *Orbitolina* sp., *Cuneolina*, *Nummoloculina* (*Planispirina*), *Tritaxia*, *Lenticulina*, *Marssonella*, *Textularidae*, *Lituolidae*, *Miliolidae*, *Lithothamnium*, Briozoos, Lamelibranquios, Equinodermos, Gasterópodos y Ostrácodos.

8) 32,50 m.—Calizas arcillosas y margas nodulosas grises, con abundante glauconita e intercalaciones de limos arcillosos y arenas limosas. Laminaciones cruzadas, estilolitos y "slumpings".

Los metros basales presentan una microfacies de bioesparitas y biopelmicrita (calizas grainstone), conteniendo: *Hedbergella* (?), *Rotalidae*, *Miliolidae*, *Valvulinidae*, *Textularidae*, *Marssonella*, *Pseudocyclammina* y otros *Lituolidae* arenáceos, *Lagenidae*, Briozoos, Gasterópodos, Políperos, Moluscos, Equinodermos y Ostrácodos.

El resto del tramo está constituido por biomicritas y biopelmicritas (calizas wackestone), con

*Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Hedbergella*, posiblemente *Hedbergella* cf. *paradubia* (SIGAL), *Miliolidae*, *Haplophragmium*, *Pseudocyclammina*, pequeños *Textularidae*, abundantes Gasterópodos, Algas (*Acicularia Neomeris*, *Macroporella*), Briozoos, Lamelibranquios y radiolas de Equinodermos.

9) 10,35 m.—Calizas arenosas verde-amarillentas con hiladas (0,40 m.) de arenas limo-arcillosas y limos arcillosos conteniendo nódulos calcáreos. Mucha glauconita. Las calizas son biomicritas (calizas wackestone), con *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), abundantes Gasterópodos, *Rotalidae*, *Valvulinidae*, *Textularidae*, *Miliolidae*, Algas calcáreas (*Acicularia Macroporella*) *Lituolidae*, Briozoos, Ostrácodos, fragmentos de Equinodermos y Lamelibranquios.

10) 9,65 m.—Areniscas calcáreas, calizas arenosas y algún nivel de limos arenosos. Tramos dolomíticos.

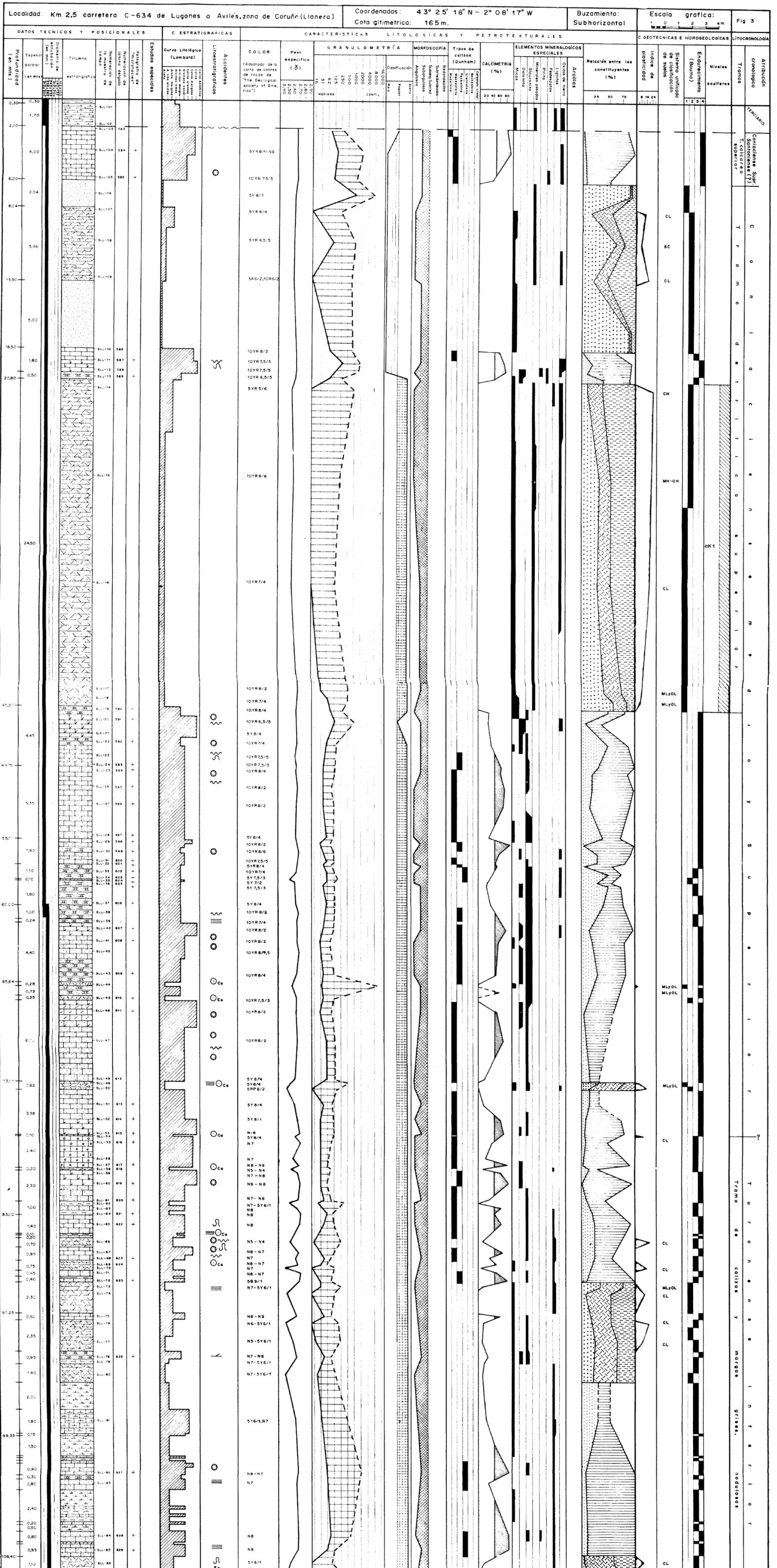
En los cinco metros basales dominan calizas packestone algo dolomíticas, con intraclastos y algún pellet, presencia abundante de glauconita. Contienen escasos Briozoos.

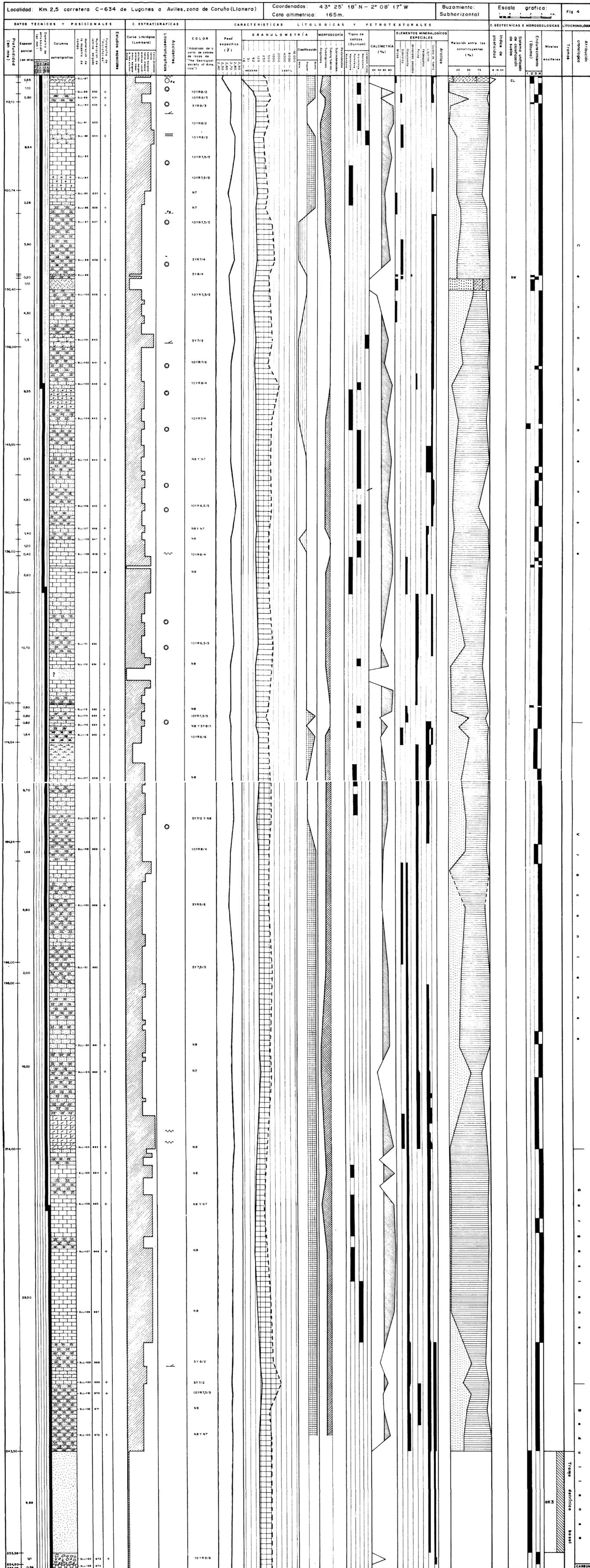
El resto del tramo está formado por areniscas calcáreas, algunas de ellas dolomíticas, glauconíticas bien clasificadas, con un centil y grano medio muy constantes (150 y 60 micras, respectivamente). Son prácticamente azóicas, apareciendo sólo algunos *Miliolidae*.

11) 1,90 m.—Caliza de aspecto marmóreo, arenosa, localmente arenisca calcáreo-dolomítica. Glauconita.

Microfacies de bioesparita con intraclastos (caliza packestone), conteniendo *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Marssonella*, *Trocholina* (?), *Lituolidae*, *Valvulinidae*, *Rotalidae*, Gasterópodos Briozoos, Algas Dasycladaceas, Lamelibranquios, radiolas de Equinodermos y algún Ostrácodo.

12) 5,35 m.—Calizas muy arenosas, amarillentas. Abundantes estilolitos rellenos de material arcilloso. Se trata de biopelmicritas evolucionando hacia el trecho de oomicritas fosilíferas (calizas wackestone). En el nivel superior abundan los oolitos, con morfología variada, excéntricos, deformados, asociados. Como microfósiles aparecen *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), escasas *Globotruncana*, *Valvulinidae*, *Anomalinidae*, *Langenidae*, *Li-*





*tuolidae*, *Textularidae*, Coralarios, Gasterópodos, Equinodermos y Lamelibranquios.

13) 4,45 m.—Calizas arenosas y areniscas calcáreas, amarillentas, con glauconita y moscovita. Niveles dolomíticos. Estilolitos y "slumpings". Posee buena clasificación. El tramo basal contiene *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Hedbergella*, *Rotalidae*, *Valvulinidae*, Algas, Equinodermos, Ostrácodos y Lamelibranquios.

14) 24,50 m.—Arenas limo-arcillosas, arenas limosas y arcillas limosas, en general muy micáceas.

15) 2,30 m.—Tramo de gran variación petrográfica. El metro basal está formado por dolomía grainstone con abundante cuarzo (alguno metamórfico), moscovita, plagioclasas y frecuentes óxidos de hierro. Aparece, en la parte media, un "hard ground" y, hacia el techo, micritas, fosilíferas (calizas wackestone), de aspecto noduloso conteniendo *Valvulinidae*, *Miliolidae*, Ostrácodos y espículas de Equinodermos.

16) 12,50 m.—Dominio detrítico constituido por arenas limo-arcillosas y arenas blanquecinas y rojizas. Alguna mica.

17) 4,00 m.—Calcilulitas de tonos ocre-amarillentos, presentando una microfacies de biomicritas con algo de esparita (caliza wackestone), pasando, hacia el techo, a micrita con algunos pellets, fósiles y litoclastos (caliza mudstone). Los litoclastos están formados por cuarzo (siendo abundante la variedad metamórfica) y algún feldespatos, parcialmente alterado a sericita. Frecuentes óxidos de hierro y fenómenos de neoformación de esparita.

Contienen *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Globotruncana*, *Rotalidae*, *Idalina antiqua* D'ORB, *Glomospira*, *Miliolidae*, *Lagenidae*, *Textularidae*, Gasterópodos, Ostrácodos, fragmentos de Rudistidos, Lamelibranquios y Algas.

Techo: Terciario.

A una distancia de poco más de 100 metros del sondeo descrito, se ha realizado otro, menos trascendente, pues, con una profundidad de 100 metros sólo llegó al comienzo del tramo 8.

La litología de los materiales es prácticamente similar a los del sondeo anterior, a excepción de tres pequeñas variantes:

— Aumento del espesor del Terciario (12,80 m.). Hecho lógico teniendo en cuenta la ubicación de ambos sondeos, el descrito en el límite cartográfico-

co Cretácico-Terciario y este último situado al Norte del mismo, en plena cuenca terciaria.

— Desaparición del tramo 17, primero cortado en el primer sondeo, lo que prueba el carácter discordante del Terciario sobre el Cretácico.

— Angulo de buzamiento del orden de 30°, muy fuerte en comparación con la subhorizontalidad del sondeo anterior.

## CONCLUSIONES

A) El espesor total de los materiales cretácicos alcanza los 252,50 metros, con la siguiente afiliación cronoestratigráfica:

### *Beduliense:*

17,50 m. (Tramos 1, 2 y 3).—Conglomerados, arenas y, hacia el techo, areniscas calcáreas. Incluido en el Aptense inferior en relación con el tramo siguiente.

### *Gargasiense:*

23,00 m. (Tramo 4).—Areniscas calcáreas, biomicritas y micritas fosilíferas.

La presencia de *Simplorbitolina manasi-conulus* CIRY y RAT y de *Dictyoconus pachimarginalis* SCHROEDER, localizan a este tramo en el Aptense superior.

Facies de plataforma interna con energía moderada.

### *Vraconiense:*

41,70 m. (Tramo 5).—Areniscas calcáreas, oosparitas fosilíferas, biomicritas y bimiocrosparitas arenosas, con abundantes lignitos, pirita y algún resto de ámbar.

*Orbitolina (Mesorbitolina) texana aperta* (ERMON) y *Orbitolina (Neorbitolina) conica subs. convexa* DANILOVA, tienen una dispersión vertical del Albense superior al Cenomanense más inferior.

Facies de plataforma interna con energía moderada a débil resguardada por una barrera con microfacies de energía moderada a fuerte.

### *Cenomanense inferior-medio:*

62,80 m. (Tramo 6 y 7).—Bioesparitas con algún nivel de biomicritas y micritas fosilíferas. En la

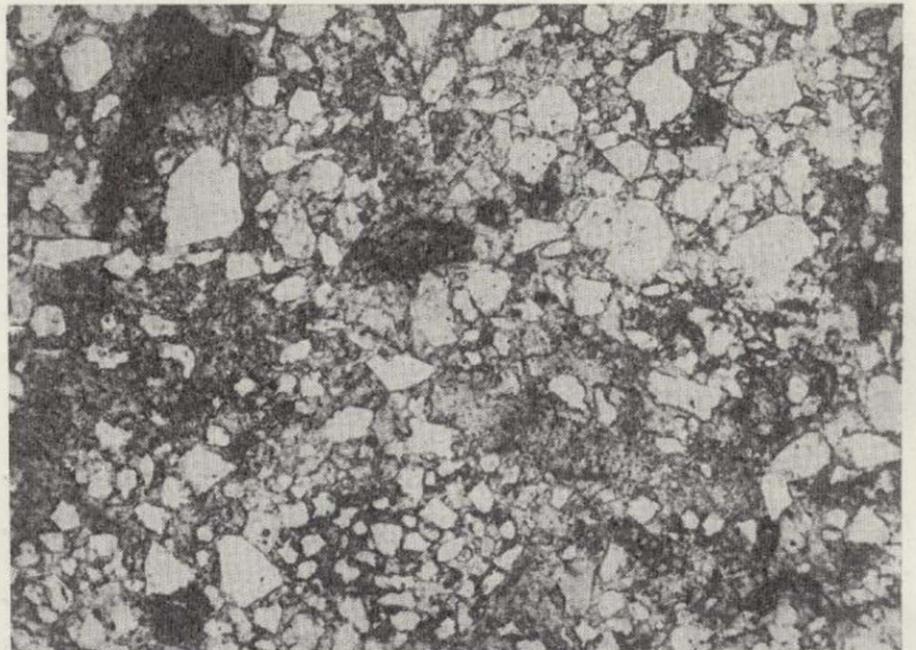
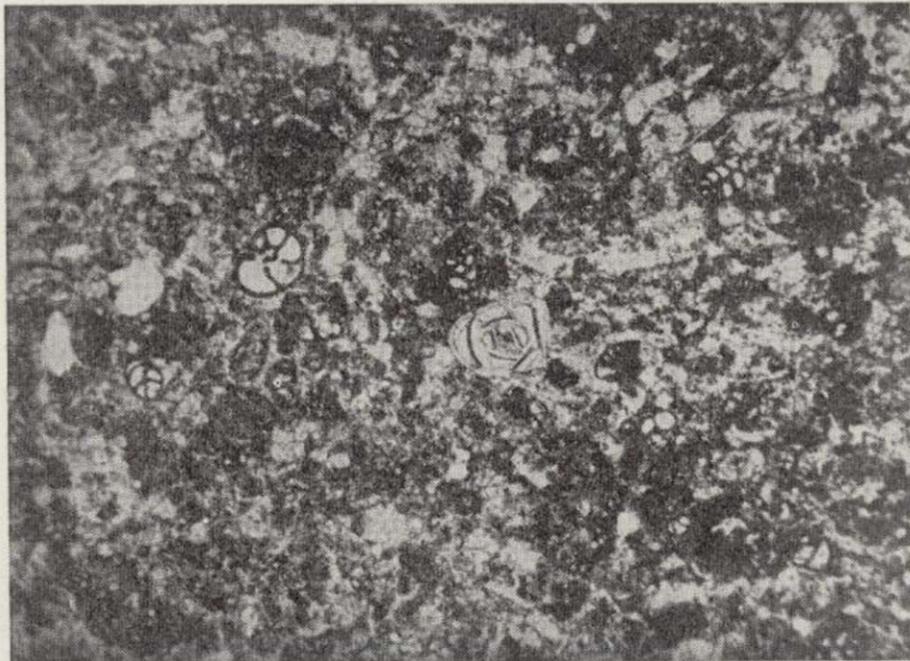
Muestra 672.—Arenisca calcárea, con granos subangulosos de cuarzo presentando inclusiones orientadas.

Bastante glauconita y lignitos.

Algún *Miliolidae* y *Valvulinidae* glauconitizados. Beduliense.

242 metros de profundidad.

(NP×10).



Muestra 665.—Biomicrita con recristalaciones de esparita (caliza wackestone).

*Quinqueloculina*, *Dictyoconus pachimarginalis* SCHÖDER, Ostrácodos, *Rotalidae*, *Textularidae*, *Sabaudia minuta* (HOFKER), Lamelibranquios, Equinodermos y Algas calcáreas (*Acicularia*).

Gargasiense.

219,35 metros de profundidad.

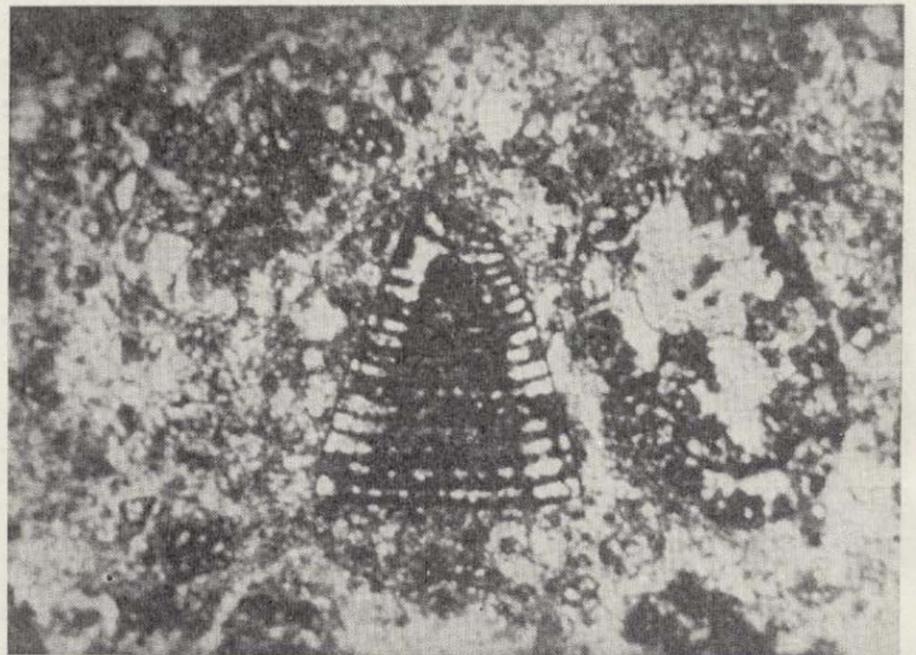
NP×10).

Muestra 664.—Biomicrita arenosa (caliza wackestone) algo recristalizada, con algún lignito. Aspecto de *Simplorbitolina ex. gr. manasi-conulus* y *Lituolidae*.

Gargasiense.

216,40 metros de profundidad.

(NP×10).



Muestra 661.—Ooesparita fosilífera, muy arenosa.

*Orbitolinidae*, Gasterópodos, *Valvulinidae* y Algas (entre ellas, *Boueina*).

Vraconiense.

204,00 metros de profundidad.

(NP×10).

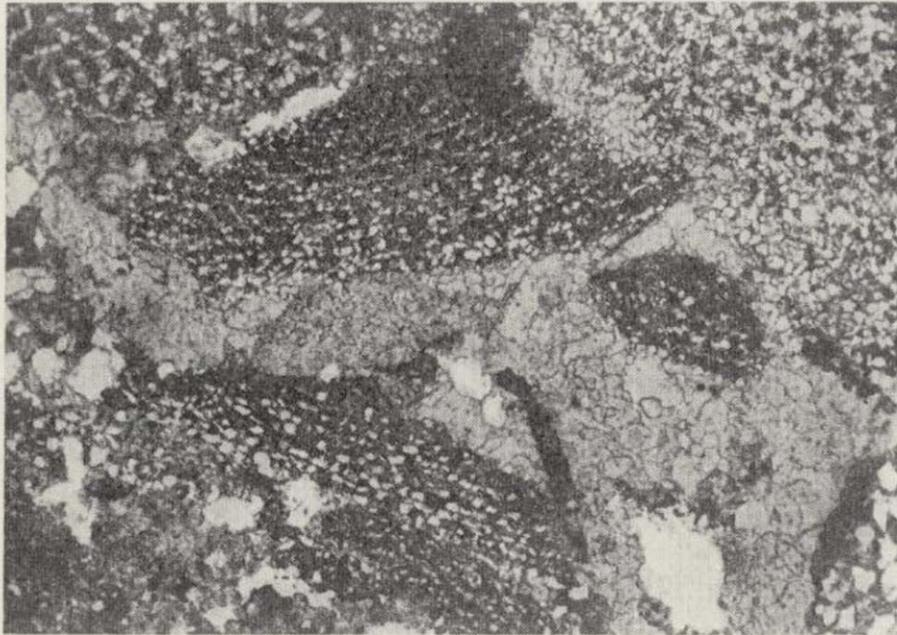
Muestra 657.—Arenisca con cemento calcáreo, granos subangulosos y bien clasificada.

Contiene abundantes *Orbitolinidae*, atribuibles a *Orbitolina* (*Neoiraquia*) *conica* subs. *convexa* DANILOVA.

Vraconiense.

182,00 metros de profundidad.

(NP×10).



Muestra 643.—Caliza muy arenosa (caliza wackestone).

Numerosas *Orbitolinas* del grupo de *Orbitolina conca-va* parcialmente reemplazadas por arena.

Cenomanense inferior-medio.

143,00 metros de profundidad.

(NP×10).

Muestra 630.—Bioesparita algo recristalizada (caliza grainstone). *Nummuloculina* (*Planispirina*) —esquina inferior izquierda— *Praealveolina* cf. *ibérica* REICHEL, *Cuneolina*, *Textularidae*, *Valvulinidae*, *Lamelibranchios*, *Ostrácodos*, *Marssonella* y *Miliolidae*.

Cenomanense inferior-medio.

111,10 metros de profundidad.

(NP×10).



Muestra 617.—Biopelmicrita (caliza wackestone) con recristalizaciones de dolomita.

*Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), Briozoos, Gasterópodos y Algas calcáreas (*Acicularia*, *Neomeris*, *Macroporella*).

Turonense inferior.

79,35 metros de profundidad.

(NP×10).

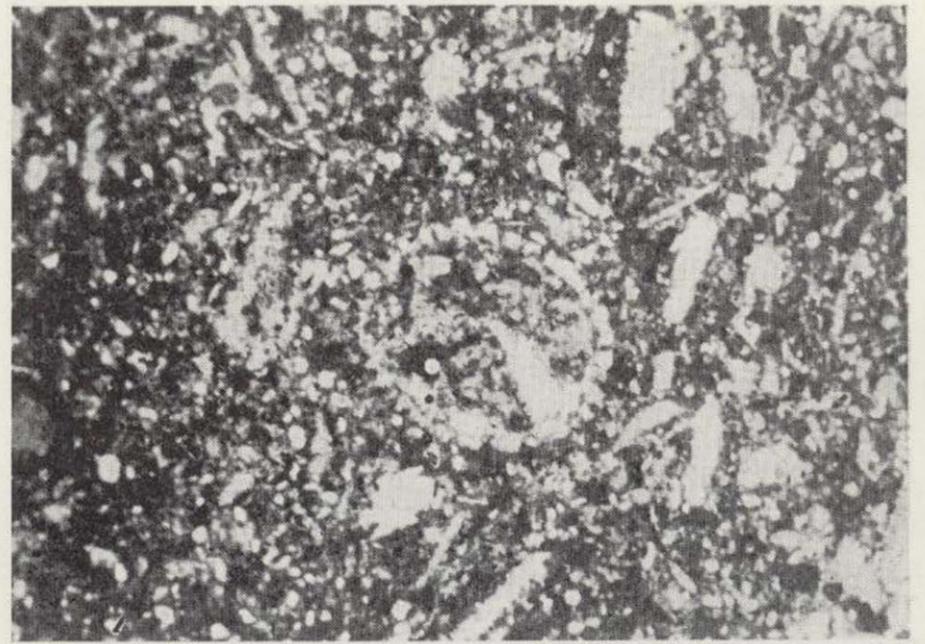
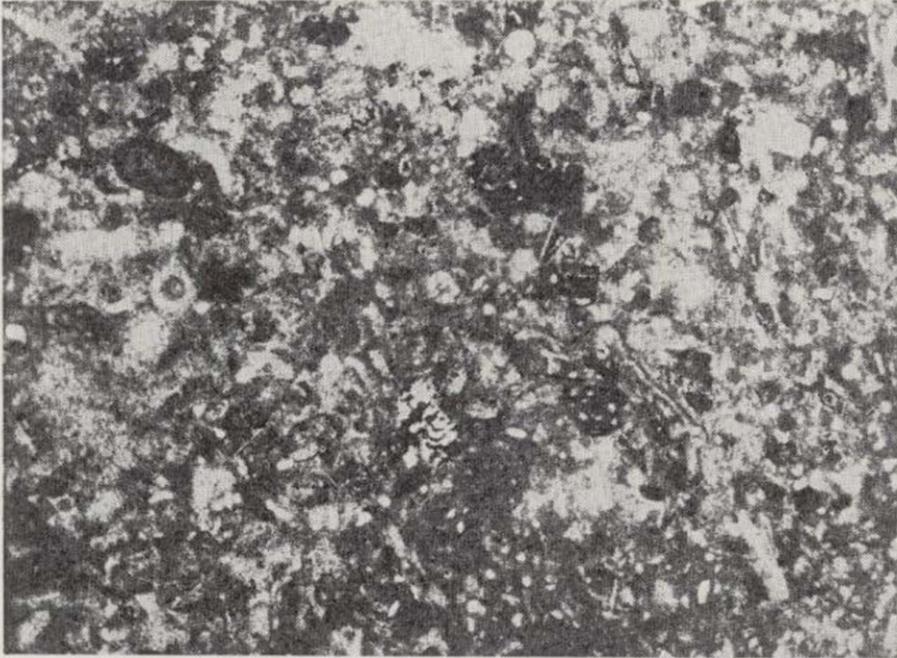
Muestra 616.—Biomicrota (caliza wackestone) Glauconita.

*Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), resto de Equinodermos y Algas.

Turonense inferior.

77,55 metros de profundidad.

(NP×10).



Muestra 611.—Biomiorita (caliza wackestone), algo dolomítica. Glauconita, *Marsonella*, *Lituolidae*, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Valvulinidae*, *Textularidae*, *Bolivinopsis*, fragmentos de Equinodermos, Lamelibranquios, Briozoos y Ostrácodos.

Coniaciense medio-superior.

67,80 metros de profundidad.

(NP×10).

Muestra 594.—Oomicrita fosilífera con algunos pelets, arenosa (caliza wackestone). Glauconita.

Fragmentos de Equinodermos, *Lituolidae*, *Lagenidae*, alguna *Globotruncana*, *Textularidae*, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN) Briozoos, algún Gasterópodo, Ostrácodos y Algas (*Acicularia*).

Coniaciense medio-superior.

60,00 metros de profundidad.

(NP×10).



parte inferior del tramo abundantísima presencia de lignitos. En el techo un "hard ground".

La aparición de *Orbitolina cóncava* (LAMARCK), *Ovalveolina ovum* D'ORB., *Praealveolina cf. iberica*, REICHEL, *Nummoloculina* (= *Planispirina*) y de las Algas: *Neomeris pfenderas* KONISHI y EPIS y *Macroporella*, datan al conjunto como Cenomanense.

Microfacies dominante del intermareal, aunque con influencia del supramareal y de la plataforma interna con energía moderada.

*Turonense inferior:*

32,50 m. (Tramo 8).—Biomicrotas y biopelmicrotas nodulosas. Abundante glauconita. *Pithonella*

Muestra 616.—Biomicrota (caliza wackestone) Glauconita.

*Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), resto de Equinodermos y Algas.

Turonense inferior.

77,55 metros de profundidad.

(NP×10).



Muestra 611.—Biomicrota (caliza wackestone), algo dolomítica. Glauconita, *Marsonella*, *Lituolidae*, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Valvulinidae*, *Textularidae*, *Bolivinopsis*, fragmentos de Equinodermos, Lamelibranquios, Briozos y Ostrácodos.

Coniaciense medio-superior.

67,80 metros de profundidad.

(NP×10).

Muestra 594.—Oomicrita fosilífera con algunos pelets, arenosa (caliza wackestone). Glauconita.

Fragmentos de Equinodermos, *Lituolidae*, *Lagenidae*, alguna *Globotruncana*, *Textularidae*, *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN) Briozos, algún Gasterópodo, Ostrácodos y Algas (*Acicularia*).

Coniaciense medio-superior.

60,00 metros de profundidad.

(NP×10).



parte inferior del tramo abundantísima presencia de lignitos. En el techo un "hard ground".

La aparición de *Orbitolina concava* (LAMARCK), *Ovalveolina ovum* D'ORB., *Praealveolina cf. iberica*, REICHEL, *Nummoloculina (=Planispirina)* y de las Algas: *Neomeris pfenderas* KONISHI y EPIS y *Macroporella*, datan al conjunto como Cenomanense.

Microfacies dominante del intermareal, aunque con influencia del supramareal y de la plataforma interna con energía moderada.

Turonense inferior:

32,50 m. (Tramo 8).—Biomicrotas y biopelmicrotas nodulosas. Abundante glauconita. *Pithonella*

*sphaerica* (KAUFMANN), *Herbergella cf. paradubia* (SIGAL) (especie típica del Turonense inferior) y *Rotalidae*, entre otros.

Microfacies de plataforma interna-externa, con energía moderada.

Coniaciense medio-superior:

71,00 m. (Tramos 9, 10, 11, 12 y 13 y probablemente 14, 15 y 16).—Dominio muy variable: Biomicrotas, bioesparitas, biopelmicrotas, oomicritas fosilíferas, areniscas calcáreas con arenas y arcillas. *Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), *Rotalidae*, *Globotruncana*, *Herbergella* y frecuentes Algas.

Facies que oscilan entre plataforma interna y supramareal.

Coniaciense superior-Santoniense (?):

4,00 m. (Tramo 17).—Biomicrotas con algo de esparita y micritas.

*Pithonella sphaerica* (KAUFMANN), *Globotruncana*, *Rotalidae*, *Idalina antiqua* D'ORB, *Glomospira*, *Miliolidae*, *Lagenidae*, *Textularidae*, *Gasterópodos*, Ostrácodos fragmentos de Rudistos, Lamelibranquios y Algas.

La presencia de *Idalina antiqua* podría hacer subir este tramo hasta el Santoniense.

B) Reducida representatividad del tramo detrítico basal, abarcando exclusivamente los 11 metros inferiores del Beduliense, en comparación con los

sectores vecinos (en la región de Oviedo, alcanza hasta el Cenomanense).

C) Deposición en este sector del conglomerado basal, lo que denota que el dominio sedimentario de este conjunto detrítico es más extenso de lo que indican sus límites aflorantes y confirma su ubicación al sur de los materiales Jurásicos (Gutiérrez Claverol, 1972).

D) La datación de los materiales suprayacentes al conglomerado como Gargasienses, limitan a éste, lógicamente, al Aptense inferior.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMELA, A., y RÍOS, J. M.: *Investigación del Hullero bajo los terrenos Mesozoicos de la Costa Cantábrica (zona de Oviedo - Gijón - Villaviciosa - Infiesto)*. Publ. Empresa Nac. Adaro de Inv. Min., 1 vol., 159 páginas, 1 lágs., 1 map. 1:500.000, Madrid (1962).
- GUTIÉRREZ CLAVEROL, M.: *Estudio geológico de la Depresión Mesoterciaria central de Asturias*. Tesis doctoral, inédita, 5 tomos, 1 map. geol. 1:50.000, cortes, microfacies, varios cuadros, Oviedo (1972).
- GUTIÉRREZ CLAVEROL, M.: *El Cretácico de la Depresión Mesoterciaria central de Asturias*. "Bol. Geol. Min.", Madrid (in litt) (1973).
- LLOPIS LLADÓ, N.: *Estudio geológico de la región del norte de Llanera (Oviedo)*. "Bol. Inst. Geol. Min. Esp.", t. 76, 152-232 págs., 2 figs., 2 láms., Madrid (1965).
- TORRES ALONSO, M.: *Estudio geotécnico general de la zona central de Asturias*. Tesis doctoral, inédita, 9 tomos, 1 map. geol. 1.50.000, cortes, maps. geotéc. y varios cuadros, Oviedo. (1971).

Recibido: Enero 1974.

## Las formaciones Anteordovícicas del Anticlinal de Valdelacasa(\*)

Por F. MORENO SERRANO (\*\*)

### RESUMEN

La presente nota constituye un primer avance sobre las series anteordovícicas del Anticlinal de Valdelacasa.

En base a la división de las mismas en cuatro unidades fundamentales ya establecidas anteriormente por otros autores en esta misma región, se señalan algunas de sus características y variaciones laterales, incluyendo alguna serie detallada, acompañando al trabajo un esquema de la situación geográfica de los afloramientos.

### ABSTRACT

This communication is an advance about Anteordovician series of Valdelacasa Anticline.

In the basis of the subdivision established by others authors in four main unities, we study some features and lateral changes of these series; and we include a scheme of the geographical outcrops situation.

### INTRODUCCION.

El anticlinal de Valdelacasa es una amplia estructura de gran desarrollo longitudinal que proporciona excelentes afloramientos para el reconocimiento y estudio de las series objeto de este trabajo.

Ha servido de base, en varias ocasiones, para el progresivo esclarecimiento de la estratigrafía del anteordovícico. Lotze (1956-1958-1961) hace referencia por primera vez, a la existencia de formaciones precámbricas en esta región ("Capas de Valdelacasa"). Posteriormente, en su obra "El Cámbrico en España" (1961), da una estratigrafía resumida y concisa en la que considera como Precámbricas todas las capas aflorantes por debajo de una serie conglomerática de transición de por lo menos 1.000 metros de espesor, y como cámbricas las pizarras y areniscas, dolomías y calizas y pizarras arcillosas, que, según este orden, se sitúan hasta la serie transgresiva superior de cuarcitas y pizarras ("Capas intermedias").

Llopis Lladó y Sánchez de la Torre (1963) publi-

(\*) Trabajo presentado en la II Reunión sobre Geología de SO de la Península Ibérica.

(\*\*) Cátedra de Geodinámica Interna. Facultad de Ciencias. Universidad de Madrid.

can una estratigrafía detallada de la serie de transición y proponen una edad Precámbrica para la misma.

Bouyx (1970), en su obra sobre el Anteordovícico de Ciudad Real, da una serie muy detallada de un tramo de unos 20 metros dentro de esta serie de transición y señala la semejanza de facies con la "serie superior", definida por él, en el valle del río Esteras, y que allí aparece claramente discordante sobre las "Capas de facies Alcudia" (1). Señala también este autor la identidad de facies entre "Capas Valdelacasa" y las "Capas Alcudia".

R. Vegas (1971) viene a acuñar una serie de términos para denominar las distintas unidades de las series cámbricas de esta región y hacerlas susceptibles de correlación con otras equivalentes del Macizo Hespérico.

J. R. Parga y R. Vegas (1972), en sus síntesis sobre el Precámbrico Español, hace referencia de manera resumida a las series que nos ocupa.

Aparecen con un ligero metamorfismo epizonal (presencia de clorita) con metamorfismo de contacto superpuesto en las proximidades de las intrusiones graníticas.

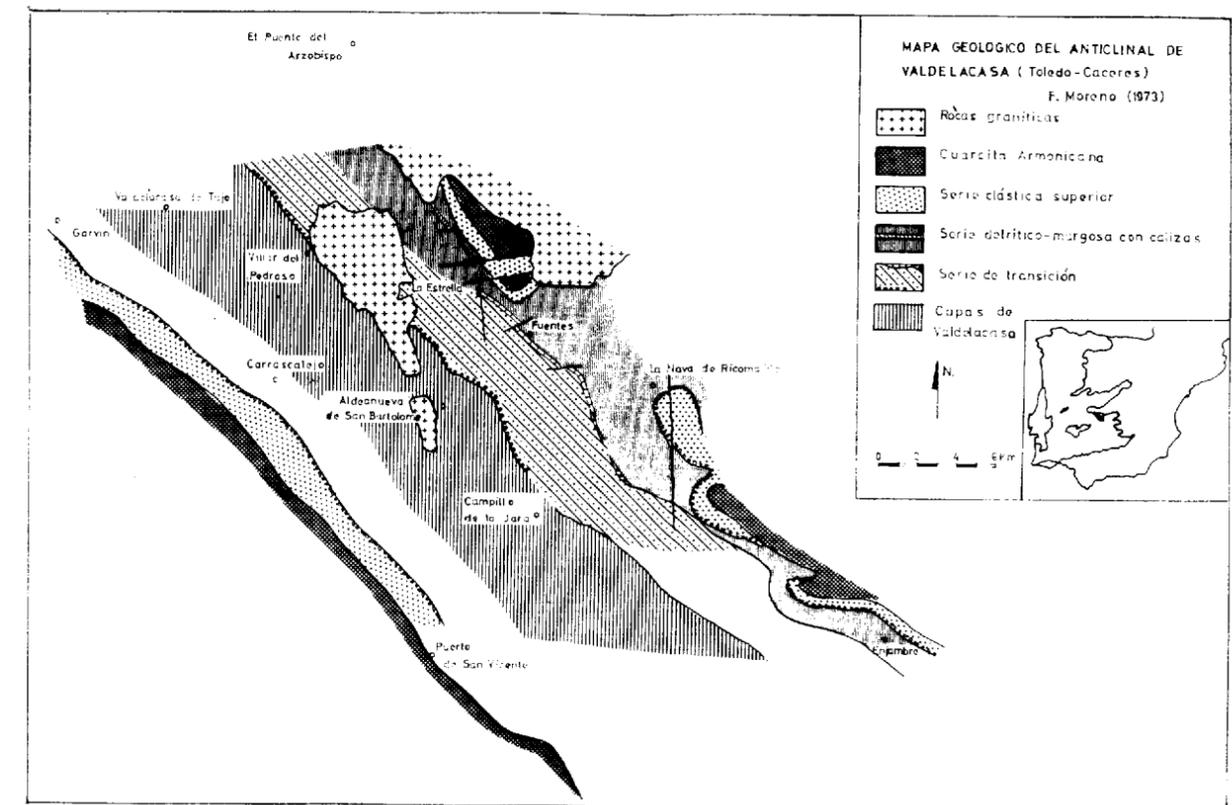
(1) Posteriormente esta discordancia ha sido puesta de manifiesto en el mismo valle de Alcudia por V. Crespo y J. Rey (1971).

Se encuentran afloramientos en los que son visibles por, lo menos, dos fases de plegamiento. A mayor escala se observan pliegues de dirección NW-SE y pliegues de dirección aproximada N-S, junto con otros de eje vertical, que, en algunos puntos, aparecen claramente asociados a las fracturas de desgarre (decrochements).

La esquistosidad es más o menos penetrativa, siendo de fractura o de flujo, dependiendo del conjunto litológico al que afecte. Tenemos también, pues, en esta región una influencia de la litología en la situación de los niveles estructurales.

ra, pueden observarse bajo el nivel de conglomerados de Carrascalejo del flanco Sur del anticlinal los siguientes tramos:

— Serie rítmica que comprende grauvacas y esquistos pelíticos en finas alternancias; dándose a mayor escala, alternancias también de tramos de predominancia grauvácica con tramos esencialmente pelíticos. Cada tramo tiene de 8 a 15 metros de espesor. En los tramos grauvácicos puede verse que están compuestos por secuencias con granoclasificación, visible a simple vista; cada secuencia comprende un término samítico (grauva-



La fracturación corresponde a una serie de fallas en dirección (decrochements) ENE-WSW, que dan desplazamientos relativos importantes, junto con otro sistema N-S bien visible, pero que no produce desplazamientos apreciables.

### LAS CAPAS DE VALDELACASA.

Siguiendo la carretera del puerto de San Vicente a Campillo de la Jara, en el talud de la carrete-

cas) de 0,1 a 0,3 metros de espesor y un término pelítico menos potente.

Este tramo, que aflora durante dos kilómetros, es asimilable a la facies "Alternancia de esquistos y grauvacas", descrita por Bouyx en el Valle de Alcudia.

— Esquistos pelíticos, con finos lentejones de grauvaca y arenisca, que progresivamente se hacen más homogéneos, pero bandeados en ocasiones. Afloran a lo largo de un kilómetro.

— Tramo de cuarcitas en paquetes de 10 a 15

metros de espesor, alternando con niveles de grauvacas finas y bandeadas.

— Los dos primeros tramos se han podido seguir lateralmente hasta Carrascalejo.

#### SERIE DE TRANSICION.

Conjunto detrítico, que comprende:

— Cinco niveles importantes de conglomerados de 5 a 10 metros de potencia cada uno. Compuestos por cantos de hasta 15 cm. de diámetro mayor, de cuarzo, cuarcita negra, grauvacas y esquistos pelíticos.

— Grauvacas y esquistos pelíticos, formándose secuencias de orden menor (escala decimétrica) y mayor (escala métrica).

La potencia del conjunto es de unos 1.500 metros.

Sólo se han encontrado afloramientos de esta formación en el flanco Norte del anticlinal. Siguiendo a los mismos, se han podido observar las siguientes variaciones laterales:

— Disminución hacia el Este del contenido en conglomerados.

— El espesor global de la formación, nos aventuramos a decir de momento, permanece constante, en contra del adelgazamiento hacia el Este señalado por Llopis Lladó y Sánchez de la Torre (1963).

Apuntamos, también aquí, el posible carácter transgresivo y discordante de esta serie, puesto de manifiesto, no obstante, en su equivalente del valle de Alcudia, ya que comienza con un nivel de 10 metros de conglomerado que parece apoyarse sobre las capas de Valdelacasa, formación más homogénea y monótona. Esta separación neta de ambos conjuntos ha sido vista en la carretera de Puente del Arzobispo a Valdelacasa del Tajo, y dos kilómetros al norte de Aldeanueva de San Bartolomé.

#### EL PASO DE LAS SERIES DE TRANSICION A LAS SERIES DETRITICO-MARGOSAS CON CALIZAS. EL NIVEL CONGLOMERATICO-CALCAREO DE FUENTES.

De la serie de transición, pasamos, de forma aparentemente gradual, a las facies más finas de la base de la serie detrítico-margosa mencionada, en el norte de la zona, pero desde La Estrella hacia el Este, a lo largo de unos siete kilómetros de afloramiento,

se intercalan un tramo de calizas y conglomerados silíceos-calcáreos, que alcanza su máximo desarrollo en su corte con en el río Uso (Este de Fuentes). Este tramo separa las facies de esquistos finos y margosos superiores, de las facies conglomeráticas y grauváquicas de la serie de transición; a unos 80 metros hacia el muro de este nivel, aparecen los niveles conglomeráticos descritos en el apartado anterior.

Una serie de cierto detalle en el punto donde este nivel alcanza su máximo desarrollo, da los siguientes términos:

#### Techo. Serie detrítico margosa.

— 8 metros de conglomerado calcáreo: grandes bolos de caliza de hasta medio metro y algunos menores y escasos, de grauvacas, esquistos y cuarcitas. Matriz escasa, pelítica. En la base de este tramo aparecen impresiones de cantos.

— 3 metros de arenisca y esquistos pelíticos de grano grueso.

— 1,5 metros de caliza.

— 0,5 metros de areniscas y esquistos bandeados.

— 1 metro de conglomerados calcáreos análogo al primero.

— 6 metros de esquistos y areniscas de grano fino, débilmente bandeados.

— 25 metros de caliza oscura en fractura fresca y muy ferruginosa.

— 1 metro de brecha calcárea cuarcítica muy hoquerosa y limonitizada.

#### Muro. Areniscas y cuarcitas.

En La Estrella este nivel presenta:

— 3 metros de calizas basales.

— 5 a 1 metros de conglomerados y brechas silíceas y calcáreas de grano fino.

La variación, pues, hacia el Oeste, es esencia, una disminución de la potencia y tamaño de grano, manteniéndose los términos carbonatados en la base y los detríticos en el techo.

Más al Oeste de La Estrella, no hemos podido seguir de momento este nivel.

Hacia el Este, se asocia con grauvacas, y los términos carbonatados terminan acuniándose. Así, en el arroyo de Los Molinos de Riofrío, sólo encontramos como separación de las series de transición, de las pelíticas y margosas superiores, un tramo de unos 15 metros de grauvacas masivas.

#### LAS SERIES DETRITICO MARGOSAS CON CALIZAS

— 700 metros de esquistos pelíticos, calco esquistos y esquistos silíceos en algunos niveles. El conjunto es muy homogéneo y de tonos grises.

— 150 metros de grauvacas, areniscas y esquistos bandeados subordinados.

— 20 metros de calizas blancas y rosadas en fractura fresca, totalmente distintas de las descritas anteriormente.

Esta serie aflora en la ladera Oeste de Sierra Ancha. El nivel de calizas puede seguirse hacia el Oeste, hasta su contacto con el granito, y hacia La Estrella se adelgaza progresivamente, hasta desaparecer.

Casi directamente sobre las calizas comienza en Sierra Ancha la serie clástica superior.

Esta serie hacia el Este carece de calizas y aparece como un conjunto muy homogéneo, con algunos términos más detríticos y grauváquicos. Afloramientos en la Nava de Ricomalillo y a lo largo del flanco norte del anticlinal, hasta el Enjambre.

Fuera de esta zona, en los Navalucillos (sur de los Navalmorales), aflora exactamente la misma serie descrita al principio. Allí, las grauvacas y areniscas infrayacentes a las calizas tienen un desarrollo quizá mayor, y presentan abundantes ripples. Igual ocurre con las calizas que aparecen en dos tramos, uno inferior de unos 80 metros en el cual se intercalan calcoesquistos y otro superior de unos 8 metros de potencia. Por encima se continúan los esquistos pelíticos grises, a lo largo de unos 200 metros hasta un conglomerado cuarcítico de las series superiores.

Para nosotros, esta serie es el equivalente de la "Serie Verde", estudiada por A. Aparicio (1971), más al NE.

#### LAS SERIES CLASTICAS SUPERIORES

Presentan su máximo desarrollo en el flanco Sur, y comprenden el nivel de conglomerados de Carrascalejo y la serie Garvín (Vegas, 1971).

Hemos podido seguir el nivel de Carrascalejo desde Gárvín hasta Puerto de San Vicente. La composición del mismo es la de unos esquistos silíceos, duros con cantos dispersos de cuarzo, cuarcita y caliza, bien agrupados en niveles preferentes.

La serie Garvín es una alternancia rítmica de areniscas, cuarcitas y esquistos subordinados hasta la cuarcita Armoricana.

En el flanco Norte, desde la Nava de Ricomalillo a La Enjambre, encontramos los equivalentes, con ciertas variaciones de facies.

Al Oeste de La Enjambre, en el arroyo de Fresno-sillo, la columna estratigráfica es la siguiente:

— Techo cuarcita armoricana.

— 250 metros de cuarcitas, areniscas y esquistos de colores blancos y rosados. Es una serie muy rítmica, predominando las cuarcitas en algunos tramos.

— 25 metros de conglomerados cuarzosos, cantos de hasta 10 cm. de diámetro mayor.

— 60 metros de esquistos pelíticos de grano grueso de tonos grises.

— 10 metros de conglomerado con cantos de cuarzo y cuarcita negra y de menor tamaño que los cantos de nivel anterior.

Muro: Serie detrítico margosa inferior.

#### CONCLUSIONES

La asimetría de afloramientos de esta amplia estructura anticlinal, parece un hecho evidente. Pese a que el flanco Sur no ha sido suficientemente estudiado, podemos decir que las series de transición y detríticos margosas, que afloran en el flanco Norte, no han aparecido, de forma evidente, en los rápidos reconocimientos hechos en el flanco Sur; no excluyéndose la posibilidad que bajo el nivel transgresivo de Carrascalejo, afloren algunos tramos equivalentes a las series mencionadas.

Igualmente en el valle de Alcudia, las series conglomeráticas y las series carbonatadas de Hinojosa, sólo afloran en el flanco Norte, ya que en Las Tiñosas (flanco Sur), las series ordovícicas se apoyan directamente sobre las capas "Facies Alcudia" (2).

R. Vegas (Tesis Doctoral, 1972), pone también de manifiesto la asimetría de afloramientos de alguna de las estructuras anticlinales estudiadas por él en el SW Español.

El carácter transgresivo y discordante de las series clásticas superiores y de la cuarcita armoricana, es un hecho que se desprende de la observación cartográfica. Corresponden estas discordancias a las fases Toledánica e Ibérica, Lotze (1961).

Se anuncia, asimismo, el posible carácter transgresivo de la serie de transición, en base, a que su posible equivalente en el Valle de Alcudia es allí

(2) En el citado anticlinal la relación de las series conglomeráticas y las series carbonatadas con las potentes series esquistos-grauváquicas, aparece menos clara que en nuestro caso.

discordante, y algunas observaciones no concluyentes, realizadas en la zona.

El nivel conglomerático calcáreo de Fuentes, situado entre la serie de transición y la serie detrítico margosa superior, ha de tener un significado preciso, desconocido de momento para nosotros. Podría tratarse de una sedimentación carbonatada en un medio agitado, situado en una zona de umbral donde se produjera cierta interrupción en la sedimentación normal.

La división definitiva en tramos de las capas de Valdelacasa, y el desarrollo y composición de la serie de transición hacia las zonas situadas más hacia el SE, quedan aún por establecer.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALÍA MEDINA, M.; CAPOTE, R., y HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: *Rasgos geológicos y tectónicos de la Sierra Morena oriental y sus estribaciones meridionales en la transversal de Moral de Calatrava (Ciudad Real) a Villanueva del Arzobispo (Jaén)*. "I Congr. Hispano luso americano de geología económica", 1, 3-14 (1971).
- APARICIO YAGÜE, A.: *Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo*. "Est. Geol.", 27, 5, 369-414 (1971).
- BOUYX, E.: *Contribution a l'étude des Formations Anteor-doviciennes de la Meseta meridionale (Ciudad Real et Badajoz)*. "Mem. del Inst. Geol. y Min. de España", 73 (1970).
- CAPOTE, R.; GUTIÉRREZ ELORZA, M., y VEGAS, R.: *Observaciones sobre la estratigrafía y tectónica de las series precámbricas y paleozoicas del E de la provincia de Cáceres*. "Bol. Geol. y Min.", 82, 2, 147-151 (1971).

- CAPOTE, R., y HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: *Los materiales preordovícicos de Despeñaperros (Sierra Morena oriental)*. "Est. Geol.", 27, 171-175 (1971).
- CRESPO, V., y REY, J.: *Contribución al estudio del valle de Alcuía*. "Bol. Geol. y Min.", 82, 6, 512-515 (1972).
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., y VEGAS, R.: *Consideraciones sobre la estratigrafía y tectónica del E de la provincia de Cáceres*. "Est. Geol.", 27, 177-180 (1971).
- LLOPIS LLADO, N., y SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.: *Sur la stratigraphie du Précambrien du Sud-ouest de Puente del Arzobispo (provincia de Cáceres. Espagne)*. "C. R. Som. Soc. Geol. de France", 5, 152 (1963).
- LOTZE, F.: *Das Kambrium Spaniens*. "Math. Nat. Klasse", 6, 1, 283-498 (1961).
- LOTZE, F.: *Präkambrium Spaniens (Literaturbericht, 1956-1965)*. "Zbl. Geol. Palaont.", 1, 5, 989-1006 (1966).
- PARGA, J. R., y VEGAS, R.: *Problems and discussion on Precambrian Series of the Hesperic Massif (Western Iberian Peninsula)*. "Geol. Rdsch.", 61, 1, 44-68 (1972).
- PASTOR GÓMEZ, V.: *Ensayo sobre la paleogeografía de la península Ibérica durante el Precámbrico superior y el Paleozoico*. "I Congr. Hispano luso americano de geología económica", 1, 295-308 (1971).
- VEGAS, R.: *Las formaciones precámbricas de Sierra Morena occidental. Relación con las series anteordovícicas de Almadén, Don Benito y Cáceres*. *Ibid.*, 26, 225-231 (1970).
- VEGAS, R.: *Precisiones sobre el Cámbrico el centro y sur de España. El problema de la existencia de Cámbrico en el valle de Alcuía y en las sierras de Cáceres y norte de Badajoz*. "Est. Geol.", 27, 5, 419-425 (1971).
- VEGAS, R.: *Las formaciones preordovícicas de Extremadura y Sierra Morena occidental*. "Tesis. Universidad de Madrid" (1972).

Recibido: Septiembre 1973.

## Comercialización del Niobio y Tantalio

Por IGME. DIVISIÓN DE MINERÍA

### 1. INTRODUCCION

El niobio y el tantalio, denominados igualmente desde 1949 columbio (Cb) y tántalo (Ta), son dos elementos de características y propiedades muy similares y que, además, se suelen encontrar asociados en los depósitos minerales.

Hasta hace relativamente pocos años los usos y las características del niobio y el tantalio estaban restringidas a simples ensayos y análisis de laboratorio. Sin embargo, desde comienzos de la II Guerra Mundial, la tecnología aplicada, a imperativos de la seguridad, dio un gran empuje no sólo en el descubrimiento de las aplicaciones de estos metales, sino, como consecuencia, en el campo de la geología, metalurgia, etc., que conducen a su obtención.

Desde 1903, año en que se inició el uso comercial del niobio y el tantalio, hasta nuestros días se han descubierto múltiples propiedades que los hacen aptos para su utilización en campos tan especializados como la electrónica, los ingenios nucleares, los materiales especiales y la maquinaria herramienta. Las características más señaladas de ambos metales son las siguientes:

- resistencia a la corrosión,
- resistencia al calor (son de los elementos que poseen un punto de fusión más alto),
- poder de adsorción de gases a altas temperaturas,
- baja expansión térmica,
- excelente ductilidad,
- rápida oxidación a muy altas temperaturas.

En función de toda esta serie de propiedades se deducen los usos más importantes para los que estos materiales están indicados.

— *Acero.*

El niobio y el tantalio se utilizan en la fabricación del acero primario para resolver el problema de la corrosión intergranular. Generalmente se añade el niobio al acero en la relación 10:1 con respecto al carbón, y el tantalio se añade sólo en la proporción 1/2 que el niobio (esto es debido a que el peso atómico del Ta es casi el doble que el del Nb).

— *Aleaciones de altas temperaturas.*

El niobio se utiliza como aditivo en la preparación de ciertas aleaciones complejas de acero y de metales no féreos en cantidades casi siempre por debajo del 5 por 100. Estas aleaciones están especialmente indicadas para resistir altas temperaturas.

El tantalio parece ser un sustitutivo efectivo del niobio en este tipo de aleaciones, siempre que se mantengan las relaciones de pesos.

— *Electrónica.*

Los metales del tipo de los que se están estudiando están especialmente indicados para ser utilizados en este campo. A continuación se puntualiza acerca de los usos más frecuentes.

— *Condensadores.*

Los condensadores de tantalio se caracterizan por su gran capacidad para un pequeño volumen, gran estabilidad, larga duración del almacenamiento, tolerancia a un amplio espectro de temperaturas y una corriente inversa baja.

Todas estas características han llevado consigo una rápida expansión en la utilización de este tipo de componentes con el consiguiente aumento en el consumo de tantalio.

— *Válvulas electrónicas.*

Tanto el niobio como el tantalio poseen un gran poder de adsorción, de aquí que resulten idóneos para ser utilizados en válvulas electrónicas. Calentando entre 650 y 1.000° C (temperatura normal de funcionamiento de una válvula) estos metales son capaces de absorber los gases residuales que se forman dentro de las válvulas.

— *Emisor de electrones.*

Debido al alto punto de fusión del niobio y el tantalio y a la facilidad con que son trabajados resultan especialmente interesante su papel como emisor.

Otros usos también interesantes dentro de este mismo campo son en rectificadores y en disipadores de tensión.

Si bien las características de la curva de trabajo del niobio lo hacen apto para ser empleado en la electrónica, hasta el momento ha sido más utilizado el tantalio.

— *Fabricación de equipo químico y de procesos metalúrgicos.*

Debido a las propiedades intrínsecas de estos metales, resultan muy útiles en la fabricación de maquinaria y equipo químico y metalúrgico, sobre todo en aquella que posteriormente va a estar en contacto con corrosivos químicos.

— *Otros usos.*

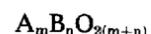
Entre las múltiples aplicaciones de estos metales se encuentran:

- ingenios nucleares,
- catálisis,
- radioisótopo, etc.

## 2. FORMAS DE PRESENTACION EN EL MERCADO.

## 2.1. MENAS Y CONCENTRADOS.

Los minerales de niobio y tantalio vienen clasificados generalmente dentro de los óxidos de los elementos metálicos. La composición química de los óxidos de Nb y Ta puede expresarse mediante la siguiente fórmula general:



donde: A es un elemento del grupo de las tierras raras; B puede ser Nb, Ta, Ti, Sn, W, Zr, Fe.

Así el niobio y el tantalio se presentan en la naturaleza como elementos accesorios en una serie de minerales, tales como la casiterita o la ilmenita, en los cuales su contenido puede considerarse como una bonificación (dependiendo de las circunstancias del mercado).

Entre todos los minerales en los que intervienen en su composición estos elementos existen dos series que propiamente se consideran menas de niobio y tantalio. Estas son la serie "piro-cloro-microlita" y la serie "columbita-tantalita".

— *Serie "pirocloro-microlita".*

Los minerales de esta serie son generalmente de color marrón, tienen una dureza entre 5 y 5,5 y un peso específico comprendido entre 4,2 y 6,4. Este peso específico se incrementa según aumenta el contenido en tantalio del mineral.

El porcentaje de niobio y tantalio varía de forma continua a lo largo de toda la serie, siendo el pirocloro el mineral más rico en niobio, y la microlita aquel que posee un porcentaje mayor de tantalio. Generalmente, los elementos de tierras raras suelen ser más comunes entre los pirocloros.

Los contenidos en pentóxidos de los minerales de esta serie oscilan entre el 38,54 y el 82,14 por 100.

## ANALISIS DE LOS MINERALES MAS IMPORTANTES DE LA SERIE "PIROCLORO-MICROLITA"

	Pirocloro (1)	Microlita (2)	Microlita (3)
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	63,64	7,74	3,64
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	—	68,43	77,00
Na <sub>2</sub> O...	4,99	2,86	1,18
K <sub>2</sub> O ...	0,60	0,29	0,15
CaO ...	18,13	11,80	12,78
F ...	4,31	2,85	1,09
H <sub>2</sub> O ...	0,47	1,17	2,00
Resto...	7,86	4,86	2,16
Total ...	100,00	100,00	100,00

(1) Mineral de Alno (Suecia). (2) Mineral de Amelia Couth House (Virginia). (3) Mineral de Wodgina (Australia).

Unidad: %.

Fuente: Elaboración propia con datos de distintas revistas.

De todos los minerales que se integran dentro de este grupo, los únicos que poseen una comercialización generalizada son aquellos que proceden de Brasil y Canadá. A escala de mercado los distintos minerales de la serie se engloban bajo la denomi-

## ANALISIS DE LOS MINERALES MAS IMPORTANTES DE LA SERIE "COLUMBITA-TANTALITA"

	Columbita (1)	Columbita (2)	Tantalita (3)	Tantalita (4)	Tantalita (5)
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	72,37	68,00	27,22	15,11	13,14
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	5,26	9,88	53,47	68,65	70,53
MnO ...	5,97	14,79	5,66	14,15	1,20
FeO ...	15,04	5,45	11,91	1,63	14,30
SnO <sub>2</sub> ...	0,67	0,88	0,44	0,48	0,82
Resto ...	0,69	1,00	1,30	0,98	0,01
TOTAL ...	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(1) Mineral de Annerod (Noruega).

(2) Mineral de Old Mike Mine (Dakota del Sur).

(3) Mineral de Tin Mountain (Dakota del Sur).

(4) Mineral de Wodgina (Australia).

(5) Mineral de Rosendal (Finlandia).

Unidad: Por 100.

Fuente: Elaboración propia con datos de distintas revistas.

nación de "pirocloro", y el contenido mínimo que se le exige es el 50 por 100 de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (la microlita, por tanto, no tiene valor comercial alguno).

— *Serie "columbita-tantalita.*

Los minerales más importantes de este grupo tienen un color negro o marrón negruzco, poseen una dureza comprendida entre 6 y 6,5 y un peso específico que oscila entre 5,19 y 8. El peso específico se incrementa de forma directa a medida que aumenta el contenido en tantalio. Existe una extensa gama de grados comprendidos entre la columbita y la tantalita, cuyos contenidos en pentóxidos combinados oscilan en tre 75,10 y 86,12 por 100.

De todos los posibles minerales que componen esta serie, tan sólo unos pocos poseen una comercialización a escala de mercado internacional. Los contenidos exigidos a estos minerales son los siguientes:

## Columbita mineral:

mín. 65 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de ratio 10:1.

mín. 65 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de ratio 8,5:1.

## Tantalita mineral:

mín. 60 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

mín. 25/40 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en base al 30 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## 2.2. OTRAS FORMAS DE PRESENTACIÓN.

Tanto el niobio como el tantalio son metales cuya aplicación fundamental es como aditivo en la preparación de aleaciones de acero. Las formas más comunes en que se comercializan estas sustancias (además de como mineral) son como ferroaleaciones y como metal.

Las aleaciones y los metales refinados se producen a partir de los mismos tipos generales de minerales. El niobio y el tantalio, que son químicamente similares aparecen, generalmente, juntos en la Naturaleza. Este hecho hace difícil la producción, tanto de niobio metal como de tantalio metal, ya que ambos elementos no son fácilmente separables. Así, pues, aquellos minerales que resultan más fáciles de separar son los que se utilizan para la fabricación de los metales, y aquellos otros que son difíciles de refinar resulta más económico fundirlos y obtener ferroaleaciones.

Los productos más importantes que se venden en el mercado y en los que en algún momento del proceso de fabricación intervienen el niobio y el tantalio son:

— *Ferro-niobio.*

Existen distintos métodos de fabricación de este producto y, en consecuencia, las especificaciones del ferro-niobio van a depender del método empleado y del fabricante. Las aleaciones llevadas a cobo en *horno eléctrico* suelen contener:

50-56 % Nb  
3- 6 % Ta  
10:1-13:1 ratio Nb:Ta  
máx. 8 % SiO<sub>2</sub>  
máx. 0,4 % C

Las aleaciones *aluminotérmicas* contienen:

58-63 % Nb  
3- 6 % SiO<sub>2</sub>  
máx. 1,5 % SiO<sub>2</sub>  
máx. 0,15 % C  
máx. 1,5 % Al

Los tamaños comerciales más utilizados para es-

tas ferroaleaciones están constituidos por granalla o polvo de los siguientes tamaños medios:

≤ 2"  
≤ 1/2"  
≤ 1/4"  
≤ 841 μ  
≤ 105 μ

Las especificaciones exigidas por el "National Stockpile" norteamericano para el ferro-niobio son las siguientes:

mín. 60 % Nb  
mín. 8:1 ratio Nb:Ta  
máx. 1,5 % Al  
máx. 0,15 % Sn  
máx. 2 % Mn  
máx. 4 % SiO<sub>2</sub>  
máx. 0,15 % C  
máx. 0,03 % S  
máx. 0,03 % P

— *Ferro-niobio-tantalio.*

Este metal, de carácter argentado, generalmente contiene:

40-45 % Nb  
15-20 % Ta  
25 % Fe  
máx. 0,3 % C

Las especificaciones requeridas para esta ferroaleación por el "National Stockpile" son las siguientes:

mín. 45 % Nb+Ta  
8:1-3:1 ratio Nb:Ta  
máx. 3 % Al  
máx. 0,15 % Sn  
máx. 3 % SiO<sub>2</sub>  
máx. 4 % Ti  
máx. 0,03 % P  
máx. 0,03 % S  
máx. 0,2 % C

Las granulometrías aceptadas en este caso son:

Tamaño I: menor a 2".  
Tamaño II: menor a 1/2".

— *Aluminio-niobio-tantalio.*

Este aditivo de utilización reciente se emplea como base en las aleaciones de titanio. Los contenidos se cifran entre los siguientes máximos y mínimos:

12-24 % Ta  
24-28 % Nb  
48-52 % Al  
1,5 % Fe  
0,5 % SiO<sub>2</sub>

— *Cromo-niobio y níquel-niobio.*

Estos aditivos se utilizan en la preparación de aleaciones de altas temperaturas; los contenidos de los mismos son:

60 % Nb+Ta  
mín. 10:1 ratio Nb:Ta  
máx. 7,5 % SiO<sub>2</sub>  
máx. 0,1 % C

Algunas formas experimentales de estos aditivos han llegado a contener hasta el 80 % de Nb y el 20 % de Cr ó Ni.

— *Oxido de niobio.*

Existen distintas calidades comerciales de polvo de pentóxido blanco, de niobio. Aunque no existe un acuerdo entre las compañías productoras para designar estos óxidos, los nombres más utilizados son: gran pureza, calidad comercial y calidad técnica o simplemente calidad o grado 1, 2 y 3 ó 98, 99 y 99,5 %.

El óxido de *gran pureza* es generalmente aquél que contiene: mín. 99,5 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (en ocasiones se emplea también para aquellos de contenido mínimo 99 %). Máximo 0,2 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Se utiliza la denominación de *calidad comercial* (commercial grade) para designar aquellos óxidos que poseen los contenidos siguientes:

99 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
0,25-0,5 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

La *calidad técnica* (technical grade) posee unos contenidos.

98 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
máx. 1 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Existen, además, otras dos calidades para la venta de los óxidos; sin embargo, poseen una menor difusión en el mercado:

97 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>      10 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
2 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>      89 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Las especificaciones sobre el tamaño de granos y polvo para los óxidos son:

≤ 74 μ  
≤ 44 μ  
entre 0,2-5 μ

— *Oxido de tantalio.*

Existen muchas calidades para la venta del óxido blanco de tantalio y la mezcla de los óxidos de niobio-tantalio; sin embargo para simplificarlas se pueden separar en tres grupos:

Gran pureza:

99,5 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
máx. 0,05 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Calidad comercial:

99 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
máx. 0,5 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Calidad técnica:

98 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
máx. 1 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

El tamaño exigido a los granos de este óxido es similar al de los óxidos de niobio.

— *Carburo de niobio.*

Existen varias calidades en que se comercializa el carburo de niobio; sin embargo, todos ellos deben cumplir unos requisitos que son los siguientes:

78-88 %  $Nb_2O_5$   
0,1-10 %  $Ta_2O_5$   
Tamaño 0,2-10  $\mu$

— *Carburo de tantalio.*

Este carburo contiene generalmente:

92,3-93,5 %  $Ta_2O_5$   
máx. 1 %  $Nb_2O_5$   
Tamaño máx. 74  $\mu$

— *Niobio metal.*

Existen, fundamentalmente, dos calidades de niobio metal que se comercializan a escala internacional:

Gran pureza:

mín. 99 %  $Nb_2O_5$   
máx. 0,5 %  $Ta_2O_5$

Calidad técnica:

97-99 %  $Nb_2O_5$   
máx. 2 %  $Ta_2O_5$

Este metal puede ser presentado de formas muy distintas, de las cuales las más comunes son:

- Polvo.
- Granalla.
- Barras y lingotes.
- Segmentos de electrodo.

— *Tantalio metal.*

No existe una denominación uniforme para los distintos tipos de este metal; sin embargo, los contenidos de las tres calidades más comunes son: 99,9 %, 99,5 % y 98,5 %  $Ta_2O_5$  y las formas de presentación más usuales: polvo, láminas y varillas.

## 3. VALORACION DE LAS MENAS

## 3.1. GENERALIDADES.

En el precio influyen, aparte de los factores propios del mercado en el momento de la operación, el metal contenido en el mineral, las impurezas del mismo, la fecha de envío y, en muchos casos, el estado presente de la mina de la que se extrae.

Entre todos los factores particulares que caracterizan el comercio de los minerales usuales para la obtención del niobio y el tantalio destaca, por su importancia, el "ratio".

— *Ratio.*

Para los minerales del tipo de los de la serie columbita-tantalita, se entiende por "ratio" la relación que existe, para un mineral dado, entre el pentóxido de niobio y el pentóxido de tantalio.

Este concepto se considera en muchas ocasiones bajo el aspecto de impurezas penalizables.

Su sentido es el siguiente:

Un mineral de niobio-tantalio del 66 % de  $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$  de "ratio" 10:1 poseerá un contenido en  $Nb_2O_5$  10 veces mayor que en  $Ta_2O_5$ , es decir:

60 % de  $Nb_2O_5$   
6 % de  $Ta_2O_5$

## 3.2. CALIDADES DEFINIDAS EN LOS MERCADOS DE LONDRES Y NUEVA YORK.

Las calidades teóricas o normalizadas que se definen en los distintos mercados alcanzan gran relieve dentro de la comercialización de un mineral.

Estas calidades son las únicas que poseen una cotización real y, por ello, el papel que juegan es el de servir de base de negociación de todas las posibles variaciones entre el mineral que se desea comerciar y las calidades teóricas.

Conviene destacar, además, que en las calidades teóricas no están definidos solamente los contenidos máximos y mínimos exigidos, sino también la forma en que dichos minerales deben ser valorados.

A continuación se incluye la forma en que se comercializan los minerales de niobio y tantalio en el mercado internacional.

— *Comercialización y fijación del precio del pirocloro.*

Este mineral (mena únicamente de niobio) no presenta problemas especiales de valoración, realizándose ésta solamente en función del contenido real que posea en pentóxido de niobio.

El contenido mínimo exigido al mineral es 50 % de  $Nb_2O_5$  y se paga por lb de  $Nb_2O_5$  contenido en condiciones FOB-Canadá o FOB-Brasil (debido a que estos dos países son los únicos productores de este tipo de mineral en calidades comerciales).

— *Comercialización y fijación del precio de la columbita.*

La columbita se valora en función de sus pentóxidos combinados contenidos. Se prefiere que estos contenidos estén por encima del 65 %, si bien en distintos momentos de la historia de esta sustancia se han comercializado como válidas otras dos calidades: la del 60 % y la del 50 % del  $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$ .

Los "ratios" teóricos definidos están comprendidos entre 8,5:1 y 12:1.

Por lo que se refiere a la forma en que se paga el mineral, ésta depende del mercado en el que se lleva a cabo la transacción.

Así, la columbita mineral del 65 %  $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$  de ratio 10:1, se paga de la siguientes maneras:

— *Mercado de Londres:*

Por lb de  $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$  en condiciones CIF-Europa.

— *Mercado de Nueva York:*

Por lb  $Nb_2O_5$  en condiciones CIF-USA.

Conviene destacar que si bien las cotizaciones se hacen en unidades diferentes, una vez unificadas éstas, el precio real del mineral resulta del mismo orden.

— *Comercialización y fijación del precio de la tantalita.*

Los contenidos de las menas y concentrados de tantalio que se comercializan en el mercado oscilan entre el 60 % de  $Ta_2O_5$  y el 20 % de  $Ta_2O_5$ ; en general no se paga la columbita que puedan contener.

De forma establecida se venden dos categorías de minerales:

— Aquellos que posean un mín de 60 %  $Ta_2O_5$  se pagan por lb de  $Ta_2O_5$  contenida en condiciones CIF-Europa.

— Aquellos cuyo contenido en  $Ta_2O_5$  se encuentra comprendido entre el 25-40 %: se valoran en base al 30 % de  $Ta_2O_5$  y se pagan por lb de  $Ta_2O_5$  contenida en condiciones CIF-Europa.

## 3.3. CONDICIONES REALES DEL MERCADO.

Hasta ahora, se han definido los tipos y calidades de minerales de niobio y tantalio que se comercializan en los distintos mercados, así como su forma de valoración y pago. Sin embargo, esta información sólo tiene la misión de orientar y servir de base en las operaciones de compra-venta que se realizan con estas sustancias.

A continuación se analizan algunas características concretas que se conocen sobre las condiciones reales en que se está moviendo el mercado en la actualidad.

— *Columbita.*

Aunque la calidad teórica de mercado define el "ratio" de los pentóxidos como 10:1, conviene señalar que, en la práctica, ninguno de los minerales conocidos con reservas suficientes que permitan una continuidad en su suministro posee un "ratio" tan alto, no llegándose generalmente a sobrepasar el límite del 7:1.

— *Tantalita.*

Este mineral presenta otra peculiaridad. En la práctica se vende como tantalita, mineral de aproximadamente 65 % de pentóxido combinado, de los cuales se requiere que al menos un 30 % sea  $Ta_2O_5$ .

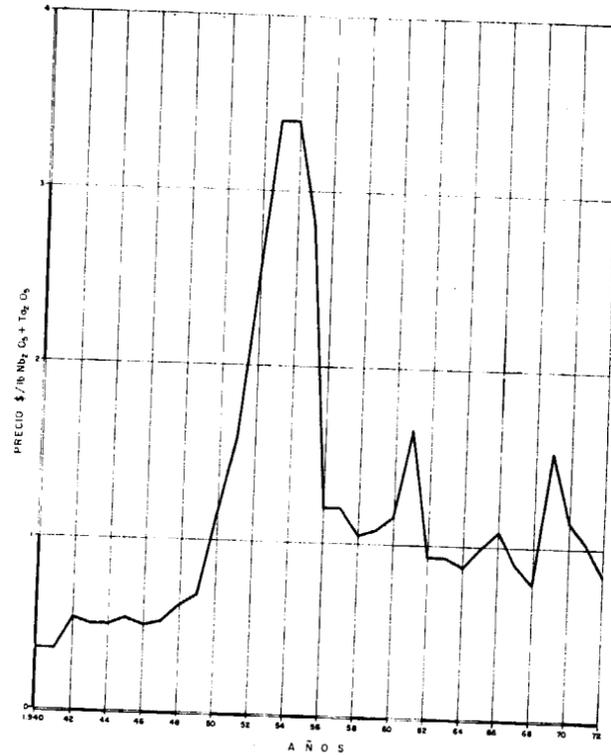


Gráfico 1

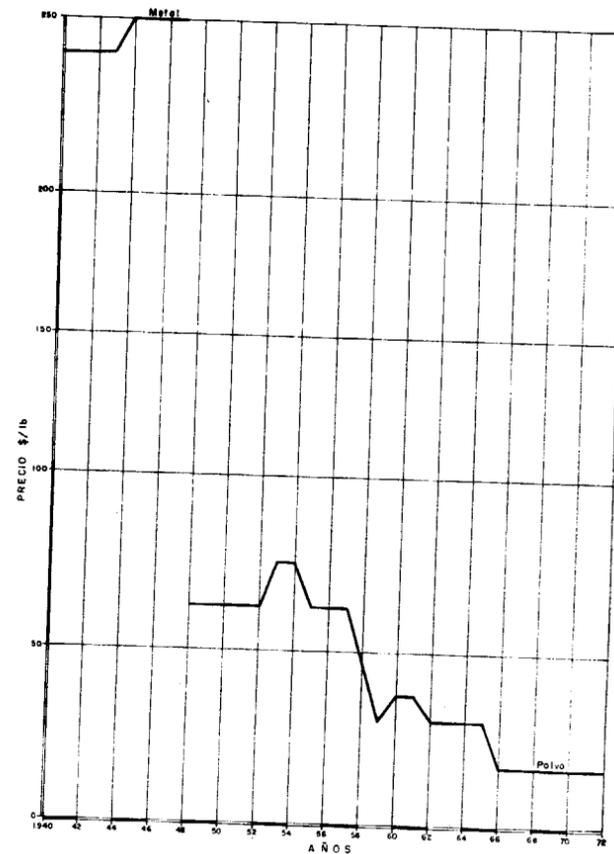


Gráfico 3

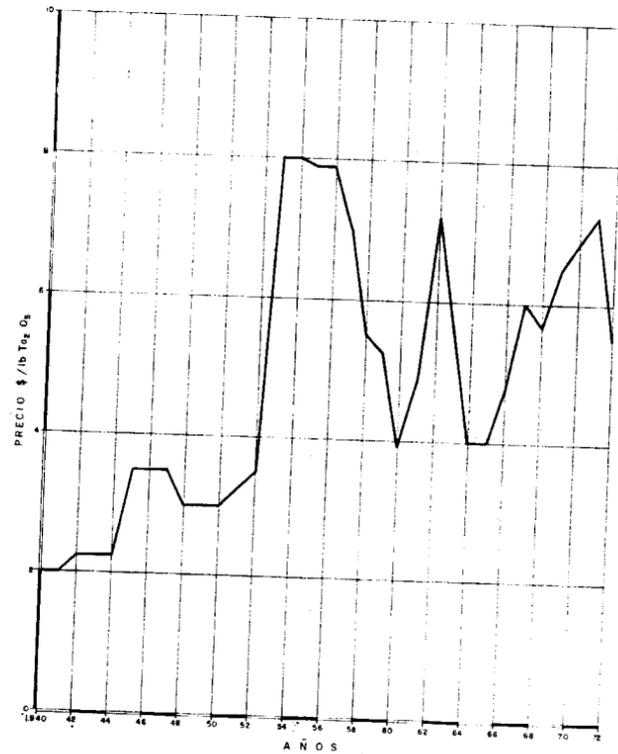


Gráfico 2

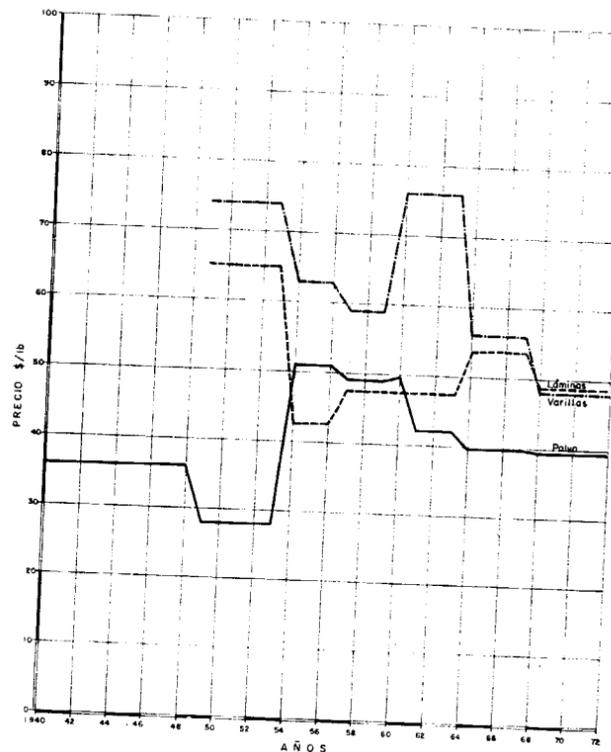


Gráfico 4

De este mineral se paga únicamente la tantalita. En ocasiones se vende también como tantalita aquella columbita cuyo "ratio" no sobrepasa la proporción 3:1/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

3.4. AGENTES.

Conviene tener en cuenta que estos minerales, en la mayoría de los casos, se recuperan como subproducto o coproducto de otras sustancias más importantes y que además existe gran heterogeneidad en el grado de estos elementos.

Estas circunstancias dificultan en gran manera la puesta en el mercado de estos productos y obliga, además, a una experta negociación del precio en función de las necesidades del momento.

Otro factor importante a ser tenido en cuenta es que la demanda de estas sustancias procede, en casi un 90 % de los productores de ferroaleaciones, los cuales consumen cantidades relativamente pequeñas de niobio y tantalio.

Todas estas características de la oferta y la demanda justifican la existencia en el mercado de niobio y tantalio de los agentes de comercio, los cuales pueden hacer frente a todas las peculiaridades que el comercio de estas sustancias lleva consigo.

El mayor consumo mundial de niobio y tantalio se lleva a cabo por los Estados Unidos, país que no posee en su territorio más que una explotación en producción. Sin embargo, gran parte de las compañías que investigan, explotan y comercian con estas sustancias son norteamericanas o subsidiarias de éstas. Este hecho resulta mucho más acusado en el caso del tantalio.

Los agentes más importantes que controlan más del 60 % del volumen total del comercio de niobio y tantalio son:

- Metal Traders Inc. (EE. UU.).
- Philipp Brothers Inc. (EE. UU.).
- Samincorp (EE. UU.).
- Metallurg Inc. (EE. UU.).
- African Metals Co. (EE. UU.).
- Standard Ore and Alloys Co. (EE. UU.).
- Tennant and Sons (EE. UU.).
- Columbian and Metals Corp. (Canadá).
- H. C. Starck A. G. (R. F. Alemana).

4. PRECIOS Y MERCADOS. ARANCELES DE IMPORTACION

En general, existen en el mercado tres tipos de productos de niobio y tantalio: minerales, ferro-niobio o ferro-tantalio y metales refinados.

Debido a que existe un exceso potencial en la oferta de los minerales de niobio, los productores prefieren contratos de compra-venta directos y a largo plazo. Existe, además, un considerable grado de heterogeneidad en los minerales, lo cual contribuye a que sea más utilizado el tipo de transacción directa.

No ocurre lo mismo con el comercio de tantalio mineral, que hasta el momento se ha encontrado siempre en manos de agentes.

4.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS PRECIOS DEL NIOBIO Y EL TANTALIO.

El precio de la columbita fue muy estable hasta el año 1950. Durante la Segunda Guerra Mundial existió un control sobre los precios establecidos por los gobiernos, pero no ocurrió lo mismo durante la guerra de Corea, durante la cual los precios alcanzaron valores muy altos.

En el año 1943, para asegurar el aprovisionamiento, el gobierno de los Estados Unidos inició la compra de mineral más pobre, tan sólo el 50 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sin ratio específico al precio de 3,40 dólares libra Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De 1952 a 1955 éste fue un precio efectivo que actuó de base. Cuando finalizó el programa de compra en 1955 se produjo una baja en el mercado, consecuencia del exceso de oferta. Superado este bache, los precios de la columbita se han ido afianzando de nuevo hasta llegar al momento actual, en el que esta sustancia posee una cotización bastante estable.

La variación en los precios desde 1939 hasta el presente para la columbita pueden observarse en el gráfico 1.

La historia de precios de la tantalita es más compleja. Junto con la columbita participó del programa gubernamental de compra después de cual los precios bajaron considerablemente. Las oscilaciones en los precios de esta sustancia han seguido una trayectoria muy paralela a la de aquel mineral. La variación desde 1939 viene reflejada en el gráfico 2.

En cuanto a la variación sufrida por los precios de los metales de ambas sustancias queda deflejada en los gráficos 3 y 4.

PRECIOS EN EL MERCADO DE LONDRES

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Columbita mineral:								
Mín. 65 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , ratio 10:1, por lotu, CIF ...	8,06-8,44 £	7,75-8,06 £	7,40-8,09 £	8,44-9,06 £	10,19-10,69 £	8,75-9,25 £	8,50-10 £	10,75-11,85 £
Pirocloro de Canadá:								
Mín. 50 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , por lb Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , CIF ...	—	1,08-1,63 £	0,92-0,08 \$	1,01-1,05 £	1,11-1,16 \$	1,15-1,20 \$	1,22-1,25 \$	1,40-1,44 \$
Tantalita mineral:								
Mín. 60 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , por lotu, CIF ...	63-71,75 £	92,75-102,12 £	82,81-94,25 £	6,67-7,33 (1)	7,12-7,62 (1)	7,50- 8(1)	6-7 (1)	6,58-7,83 (1)
Tantalita mineral:								
25/40 %, en base 30 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , por lb de Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> CIF ...	—	—	62,50-72,50 (2)	5,67-6,50 \$	6,62-7,12 \$	7-7,50 \$	5-6 \$	5,67-6,67 \$
Niobio metal:								
Polvo molido 200 mesh, por lb en lotes lt, D...	10-15 £	10-15 £	10-15 £	10-15 £	22-33 £ (3)	22-35 £ (3)	—	—
Tantalio metal:								
Polvo, por lb, en lotes de lt, D ...	10-16 £	10-16 £	10-16 £	10-16 £	22-35 £ (3)	22-35 £ (3)	—	—

(1) Precios en \$ por lb de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

(2) Precios en £.

(3) Por kg.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del "Metal Bulletin".

PRECIOS EN EL MERCADO DE NUEVA YORK

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Columbita mineral:								
65 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , lb de Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :								
Ratio 10:1 ...	1,05-1,15 \$	0,90	0,77-0,82 \$	1,03-1,08 \$	1,15-1,20 \$	1-1,05 \$	0,80-0,85 \$	1,35-1,45 \$
Ratio 8:1 ...	1-1,18 \$	—	—	—	—	—	—	—
Pirocloro:								
Por lb de Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	1,03-1,23 \$	0,955-1,07 \$	0,91-0,97 \$	0,97-1,04 \$	1,10-1,15 \$	1,07-1,12 \$	1,22-1,24 \$	1,40-1,44 \$
Niobio metal:								
99,5 % Nb, dependiendo del tamaño del lote, por lb:								
— Granalla ...	19,33-27 \$	19,33-27 \$	19,33-27 \$	19,33-27 \$	19,33-27 \$	19,33-27 \$	11-22 \$	11-22 \$
— Lingotes rugosos ...	27,33-35 \$	27,33-35 \$	27,33-35 \$	27,33-35 \$	27,33-35 \$	27,33-35 \$	16-27 \$	16-27 \$
Tantalio metal:								
Dependiendo del tamaño de los lotes, por lb:								
— polvo 99,5/99,8 % Ta	30-49 \$	32-46 \$	32-46 \$	32-46 \$	27,25-37,25 \$	27,25-37,25 \$	28,50-38,50 \$	28,62-38,12 \$
— Láminas ...	47-60 \$	36-60 \$	36-60 \$	36-60 \$	36-60 \$	36-60 \$	36-60 \$	36-60 \$
	52-65 \$	40-52 \$	40-52 \$	40-52 \$	36-50 \$	36-50 \$	36-50 \$	33,50-49-20 \$

Fuente: Elaboración propia con datos del "Engineering and Mining Journal".

## 4.2. PRECIOS EN LOS DISTINTOS MERCADOS.

Los dos mercados más importantes para el niobio y el tantalio son el mercado europeo (representado por el mercado de Londres) y el mercado americano (representado por el mercado de Nueva York).

De las tres formas en que se venden estas sustancias, los minerales y los metales son los que poseen mayor interés para un estudio de comercialización.

A continuación se incluyen dos cuadros en los que se resumen los precios de los distintos tipos, calidades y formas de presentación del niobio y el tantalio en los mercados de Londres y Nueva York.

## 4.3. ARANCELES DE IMPORTACIÓN.

Los derechos arancelarios impuestos por los distintos países a los diferentes productos de niobio y tantalio que se comercializan internacionalmente son los siguientes:

<i>Aranceles del Reino Unido</i>		
	Common-wealth %	Resto %
— Minerales de niobio y tantalio:		
— Pirocloro ... ..	Libre	Libre
— Otros ... ..	Libre	Libre
— Ferro-niobio y ferro-niobio-tantalio conteniendo en peso más niobio que tantalio ... ..	Libre	6
— Tantalio, en bruto o manufacturado y artículos de éstos:		
— Tantalio en bruto, manufacturados y desperdicios ... ..	Libre	Libre
— Otros ... ..	Libre	10
— Niobio, en bruto o manufacturado y artículos de éstos:		
— Desechos y desperdicios ... ..	Libre	Libre
— Otros ... ..	Libre	10

*Aranceles de la Comunidad Económica Europea*

	España %	Resto %
— Minerales de niobio y tantalio.	Libre	Libre
— Tantalio, en bruto o manufacturado:		
A. En bruto; desperdicios y desechos:		
— En bruto, en polvo ... ..	1,2	3
— Otros ... ..	1,2	3
B. Barras batidas, perfiles, alambres, filamentos, chapas, hojalatas y bandas ... ..	2,4	6
C. Otros ... ..	3,6	9
— Niobio:		
— En bruto; desperdicios y desechos ... ..	2,4	6
— Manufacturado ... ..	4	10
— Ferro-niobio ... ..		7

*Aranceles de los Estados Unidos*

	%
— Minerales de niobio y tantalio ... ..	Libre
— Tantalio metal ... ..	—
— Manufacturado ... ..	10,5
— En bruto ... ..	5
— Manufacturado ... ..	10,5
— Desechos y desperdicios ... ..	Libre
— Niobio metal ... ..	6
— En bruto ... ..	10,5
— Desechos y desperdicios ... ..	Libre
— Ferro-niobio ... ..	6

*Aranceles españoles*

	C. E. E. %	Resto %
— Tantalio en bruto o manufacturado ... ..	Libre	Libre
— Niobio:		
— En bruto de calidad nuclear.	Libre	Libre
— Otros ... ..	Libre	Libre

Fuente: Aranceles de Aduanas de los distintos países.

Recibido: Julio de 1974.

## Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote)

Por A. AFONSO (\*), R. ORTIZ (\*\*), E. R. BADIOLA (\*) y J. YUGUERO (\*\*\*)

## RESUMEN

Dentro del estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote), se ha desarrollado un programa de prospección termométrica dirigido a delimitar la distribución de temperaturas y la obtención de datos para evaluar las diferentes hipótesis propuestas.

## SUMMARY

Within the study the thermal anomaly of Montaña de Fuego (Lanzarote), a programme on geothermal prospection has been developed to delimit the distribution of temperatures and for the obtaintion of data with lead to evaluate the different hypothesis proposed.

## INTRODUCCION

El conocimiento de la anomalía térmica de Montaña de Fuego, en Lanzarote, data desde el descubrimiento de la isla, en 1312, habiendo suscitado gran interés durante sucesivas épocas, como se refleja en los informes existentes sobre su explotación, Benito y Comba (1946), Plan Camacho (1950), Calamai y Ceron (1970), etc., habiéndose establecido, asimismo, contactos con la Sociedad Lardarello (Pisa, Italia) entre los años 1959 y 1964, pero nunca se efectuó un estudio lo suficiente detallado. En la actualidad se lleva a cabo un amplio programa de investigación (Araña y Fúster, 1973), dentro del Plan Coordinado sobre la Evaluación de las Posibilidades de Energía Geotérmica en las Islas Canarias, dirigido por J. M.<sup>a</sup> Fúster.

(\*) Departamento de Petrología y Geoquímica. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

(\*\*) Departamento de Física del Cosmos. Universidad Complutense. Madrid.

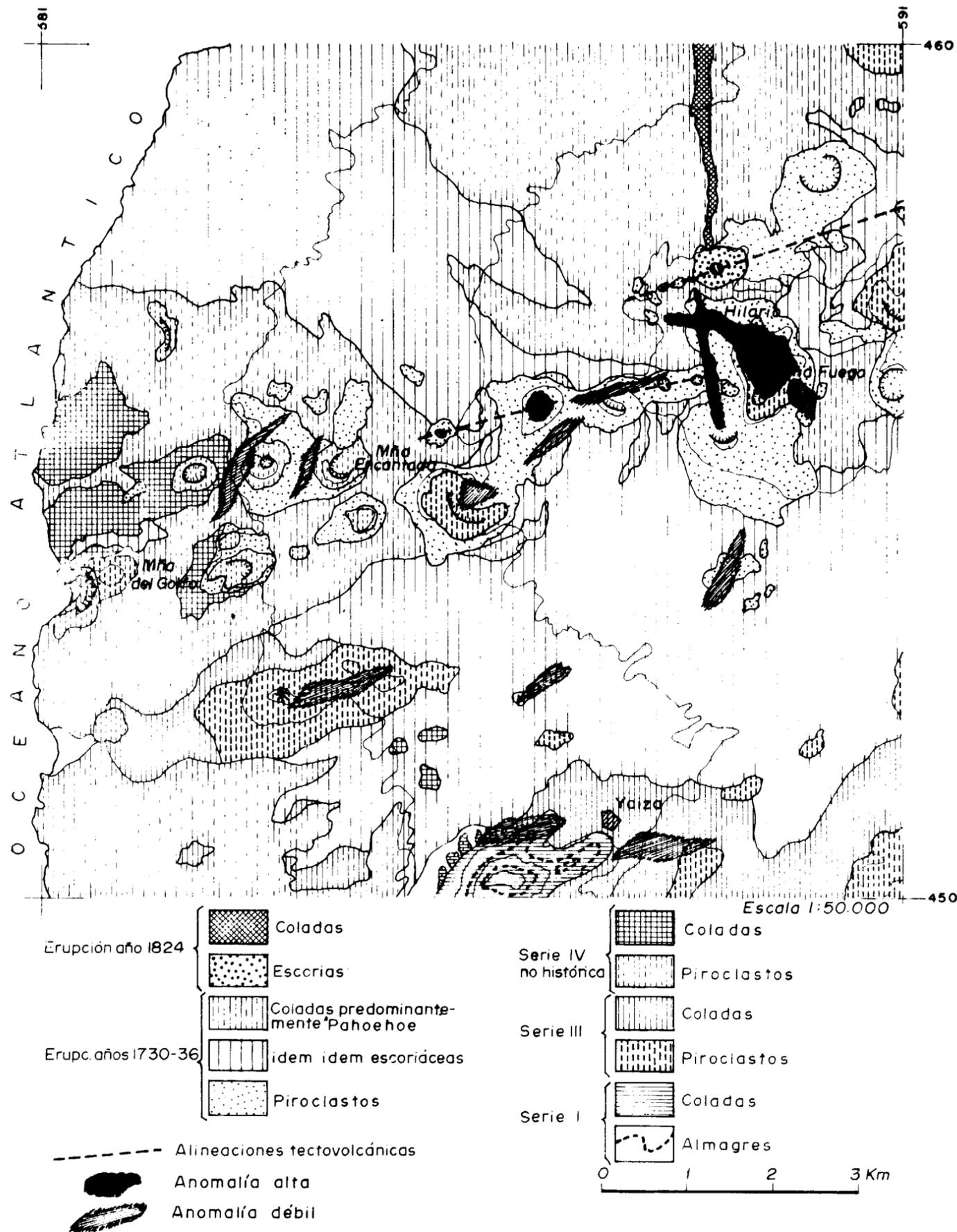
(\*\*\*) Departamento de Termología. Universidad Complutense. Madrid.

El área de la anomalía de Montaña de Fuego (figura 1) está constituida por productos volcánicos recientes (Serie IV), correspondientes a erupciones prehistóricas y dos históricas, una desde 1730 a 1736 y otra en 1824, que cubrieron la mayor parte de la zona, quedando una serie de islotes (en terminología local) de materiales volcánicos de la Serie III (Fúster et al., 1968).

Estas erupciones históricas han sido tratadas por Leopoldo Von Buch (1825), Hartung (1857), E. Hernández-Pacheco (1960), Fernández Navarro (1919), Bravo (1964).

La descripción de las erupciones de 1730-1736 están basadas en el relato del cura de Yaiza, don Andrés Lorenzo Curbelo, siendo de gran interés el señalar, que el 18 de junio de 1731, en la montaña situada encima de Mazo, se cita la presencia de nubes blancas, que pueden ser interpretadas como debidas a vapor de agua.

La erupción de 1824, de menor duración e importancia, se localiza en tres centros de emisión, El Tinguatón o Volcán Nuevo, descrito por Hartung (1857), el de Tao (Fritsch, 1867) y el del 29 de



septiembre; existiendo un relato desde el 31 de julio al 25 de octubre, escrito por don Baltasar Perdomo, cura de San Bartolomé, y transcrito en el trabajo de E. Hernández-Pacheco (1910).

El Volcán de Tinguatón, además de los productos normales en una erupción basáltica, expulsó agua hirviendo y salada, que originó dos columnas de agua, que alcanzaron unos 30 m. de altura, que E. Hernández-Pacheco (1910) considera de origen marino. En el Volcán de Tao, aunque con menor intensidad, ocurrió el mismo fenómeno.

CARACTERISTICAS VOLCANICAS

Las anomalías térmicas se localizan preferentemente en materiales volcánicos correspondientes a la serie III (Fúster et al., 1968), que corresponden fundamentalmente a conos de cinder. Petrográficamente están constituidos por basaltos olivínicos de carácter químico alcalino. Es de notar la presencia de bombas volcánicas, con núcleo de dunitas, piroxenitas y gabros, así como fragmentos de calizas, areniscas calcáreas organógenas y cuarcitas, Sagredo (1969), Fúster et al. (1969).

Las series basálticas IV (Fúster et al., 1968), en las que se incluyen las erupciones históricas, presentan edificios volcánicos de conos de cinder y extensas coladas de tipo "aa" con bloques en superficie. "Pahoehoe" y lavas cordadas, con amplia representación de hornitos, grietas y jameos (túneles volcánicos).

El estudio químico-petrográfico (Ibarrola y López Ruiz, 1967) pone de manifiesto que no existen diferencias notables entre los diversos períodos eruptivos, ya que en su mayor parte corresponden a basaltos olivínicos augíticos con algunos términos de basaltos olivínicos y oceanitas. Geoquímicamente son básicos, con pequeñas diferencias, siendo los de 1730-1736 más silíceos y menos ricos en álcalis que los de las erupciones prehistóricas de 1824, quedando en parte proyectados dentro del campo teórico de las series toleíticas (Fúster et al., 1968).

Son frecuentes la presencia de xenolitos arrancados durante la emisión y englobados bien en lavas y escorias o constituyendo el núcleo de bombas volcánicas, generalmente son rocas plutónicas de tipo gabro y ultrabásicas, como peridotitas (Sagredo, 1969), (Fúster et al., 1969), así como fragmentos de rocas sedimentarias calcáreas y cuarcíticas.

La presencia de inclusiones de rocas sedimentarias en Lanzarote, análogas a las de Fuerteventura (Fúster y Aguilar, 1965), inducen a considerar la existencia de formaciones sedimentarias en el substrato de la isla.

HIPOTESIS SOBRE EL ORIGEN DE LA ANOMALIA

En cuanto al origen del calor existe es "vox pópuli" la idea de su carácter exógeno, originado por procesos de transformación de calizas del substrato en óxido cálcico, y posterior reacción del CaO con agua de mar, formándose Ca(OH)<sub>2</sub>, con desprendimiento de calor, esta idea está fundada en la presencia de xenolitos de material calcáreo englobados en las lavas de las erupciones recientes. Asimismo ha sido propuesto que el calor es debido a la proximidad en superficie de un foco magmático, probablemente de carácter basáltico (temperatura media, 1.050 °C) y que su transporte a la superficie se llevaría a cabo por conducción.

Recientemente (Calamai y Ceron, 1970) suponen que el foco calorífero es originado por una intru-



Figura 2

Modelo geotérmico propuesto por Calamai y Cerón (1970).

sión magmática ("espina de lava fundida") y que el flujo calorífico es llevado a la superficie por corrientes convectivas de aire sobrecalentado, que penetra por las fracturas y fisuras que afectan a la Montaña de Fuego (fig. 2).

Por último (Araña et al., 1973) proponen que la anomalía térmica es debida a un sistema de convección, en el que intervendría el agua marina como fluido transmisor del calor.

## TERMOMETRIA DEL AREA

Para conocer realmente la distribución de la anomalía se trazó un plan de trabajo, que consistió en una termometría superficial y otra semiprofunda en un área de unos 20 Km<sup>2</sup> (fig. 3).

Inicialmente se efectuó la termología superficial, con termómetros de termistores (fig. 4) en toda la

ca) y fundamentalmente a que las manifestaciones térmicas en superficie corresponden a fenómenos de convección y no de conducción, lo que conduce a una fuerte dependencia de las zonas de temperaturas elevadas con la existencia de pequeñas fracturas más o menos acusadas.

Otro hecho muy significativo es la aparición de temperaturas elevadas en las degolladas y crestas

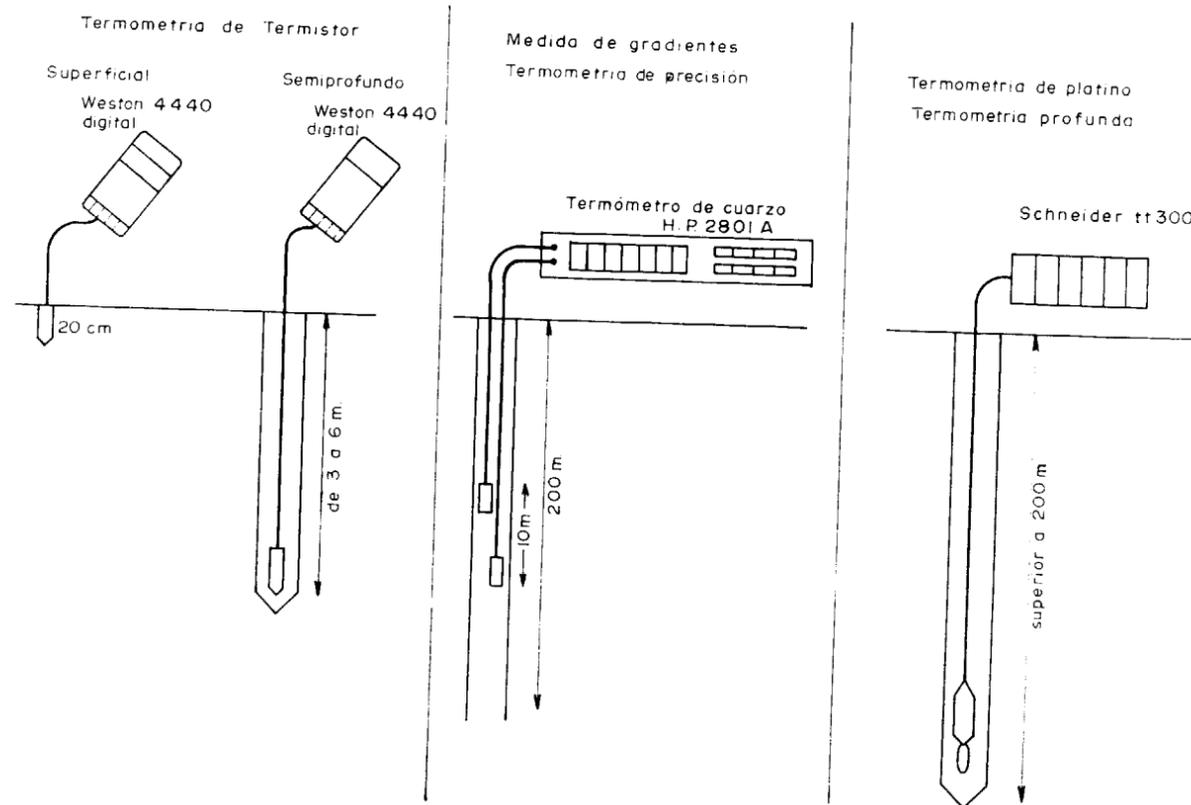


Figura 3

Métodos de prospección térmica.

zona, realizándose medidas en fracturas, grietas, etc. Independientemente de los puntos de anomalía así determinados fue de gran utilidad la concurrencia de fuertes lluvias que provocaron nubes de vapor, permitiendo localizar nuevos puntos de manifestación térmica elevada.

Los resultados obtenidos parecían en principio totalmente incoherentes, pues se obtuvieron diferencias de más de 200°C, con un pequeño desplazamiento lateral, debido, en parte, a la bajísima conductividad térmica de los materiales de la zona (esencialmente piroclastos de composición basálti-

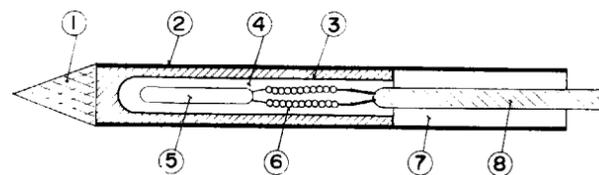


Figura 4

Termómetro de Termistor: 1. Punta de INOX.—2. Vaina exterior de INOX.—3. Vaina interior de vidrio.—4. Relleno de silicona.—5. Termistor F-21.—6. Perlas de cerámica.—7. Relleno de resina cronolita (epoxi).—8. Cable de medida (6 m.).

de los diversos cráteres, mientras que el fondo de los mismos aparece frío, fenómeno justificable, porque, generalmente, todos han sufrido derrumbamientos que han taponado los conductos de salida, mientras que en la pared del cono se conservan muchas grietas y fisuras.

Otro hecho importante es que los días de lluvia, hay cierta tendencia al incremento de la temperatura de los termómetros instalados, especialmente los que se encuentran situados en puntos de anomalía elevada. En el caso particular del situado en el Islote Hilario, ha sido superior a 50°C, y parece ser está relacionado con un aumento del calor aportado por convección, al aumentar la cantidad del fluido que interviene en el intercambio térmico debido al aporte por lluvia y al hecho de circular vapor por conductos que en tiempo seco no participaban en los fenómenos de transmisión de calor, esto pudo ser comprobado colocando un termómetro de termistor en una grieta de la ladera sur de la Montaña de Fuego, que no presentaba anomalía en tiempo seco, y que después de una copiosa lluvia superó los 70°C.

Posteriormente se han realizado unos 100 sondeos de 3 m de profundidad, en los que se ha dejado instalado un termómetro de termistores, los sondeos se han efectuado con el criterio de situarlos en puntos donde no existía manifestación térmica superficial, lo que ha permitido controlar la presencia de anomalías débiles alejadas de las zonas conocidas de anomalía térmica.

Independientemente se ha instalado en las proximidades del Islote Hilario, un termopar de cromel-alumel (a 6 m de profundidad), conectado a un registro continuo, que permite observar la evolución temporal de la temperatura en relación con la climatología.

Del estudio de las anomalías termométricas en relación al contexto geológico, se observa la aparición de depósitos salinos de carácter hidrotermal asociados a los mismos, siendo asimismo frecuentes la aparición de alineaciones de juncos en zonas cercanas a las anomalías ubicadas a lo largo de fracturas, siendo significativo que las anomalías más fuertes están relacionadas con directrices tectovolcánicas (NE E-SW W).

Conjuntamente al conocimiento de la distribución de temperaturas en el área, es de gran interés el cálculo del gradiente medio, para lo que se han utilizado sondeos mecánicos del S. G. O. P., situados dentro del área de estudio. En el sondeo S-09

(S. G. O. P.), situado en las proximidades de Tremesana y a unos 4 Km de la Montaña de Fuego, se ha dispuesto una serie de termómetros de platino, determinándose un fuerte ascenso de la temperatura (hasta 16°C) en menos de 25 m; continúa con ligeras oscilaciones durante otros 50 m y comienza a subir regularmente a razón de 0,2°C/m hasta los 145 m, donde alcanza los 26,9°C. En el sondeo S-10 (S. G. O. P.), situado en el Km 3 de la carretera de Yaiza a Tinajo, y a unos 2 Km de la Montaña de Fuego, se ha medido un gradiente similar, pero con temperaturas ligeramente superiores (27,4°C a 150 m de profundidad).

Conocido el valor del gradiente geotérmico y calculada la conductividad térmica, 0,0052 cal/s cm°C (valor medio de distintos tipos de basaltos), se ha efectuado la evaluación de las pérdidas por conducción del área de la anomalía (20 Km<sup>2</sup>) de acuerdo con los actuales gradientes geotérmicos:

gradiente geotérmico medido en basalto, 0,2°C/m.  
conductividad término del basalto,

$$0,0052 \text{ cal/scm } ^\circ\text{C}.$$

$$q = k \Delta T / \Delta l = 0,0052 \cdot 0,002 \text{ cal/s cm}^2 = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ calorías/s cm } ^\circ\text{C}.$$

$$W = 4,18 \cdot 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 = 4,34 \cdot 10^{-5} \text{ W/cm}^2 \text{ para toda la región.}$$

20 Km<sup>2</sup> (superficie aproximada de la anomalía térmica).

$$20 \cdot 10^{10} \cdot 4,34 \cdot 10^{-5} \text{ W} = 8 \cdot 68 \cdot 10^6 \text{ W.}$$

$$8,68 \text{ MW.}$$

Las pérdidas calculadas contrastan con la potencia actual de la Central Eléctrica de la Isla de Lanzarote de 1,7 MW (Informe Socio-Económico de la Caja Insular de Ahorro, 1971).

## CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos de la prospección termométrica se han efectuado diferentes cálculos teóricos que permiten evaluar la factibilidad de los diversos modelos geotérmicos planteados en función de las hipótesis anteriormente expuestas.

El posible carácter exógeno del calor, originado por procesos de transformación de calizas existentes en el sustrato en óxidos de calcio, implicaría una posterior reacción del CaO con agua de mar teóricamente se ha calculado el CaO necesario para

mantener durante un año los gradientes térmicos observados.

Si consideramos el caso más favorable de que la reacción:



se desplaza siempre hacia el  $\text{Ca(OH)}_2$  y que no existen pérdidas en el sistema, el calor desprendido debería ser equivalente al cedido al medio ambiente,  $q_{\text{anual}} = 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 3,15 \cdot 10^{-7} \text{ cal/año cm}^2 = 327 \text{ cal/año cm}^2$ , lo que supone un consumo de  $327 \cdot 56/15.540 = 1,17 \text{ gram/cm}^2$  al año.

Teniendo en cuenta que en la actualidad se calcula la extensión del campo geotérmico en más de  $20 \text{ Km}^2$  ( $2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^2$ ) se precisarían  $2 \cdot 10^{11} \cdot 1,17 \text{ gr/}$

da de terminación de 80, 50 y 150 kilómetros, y en sentido vertical 15 nudos, que corresponden a 14 kilómetros, con una banda de terminación de 30 kilómetros (Araña et al., 1973).

Con este equipo se han estudiado las distribuciones de temperaturas y su variación en el tiempo correspondientes a diversos radios de foco (fig. 5). Al compararlas con los valores reales, se deduce que el foco de las erupciones de 1730-1736 y 1824 pueden ser consideradas como un cilindro de 10 metros de radio y que a un kilómetro de profundidad las temperaturas permanecerán estacionarias ( $\cong 250^\circ \text{C}$ ), pero exclusivamente en una extensión de 150 metros de radio, lo que permitirá explicar

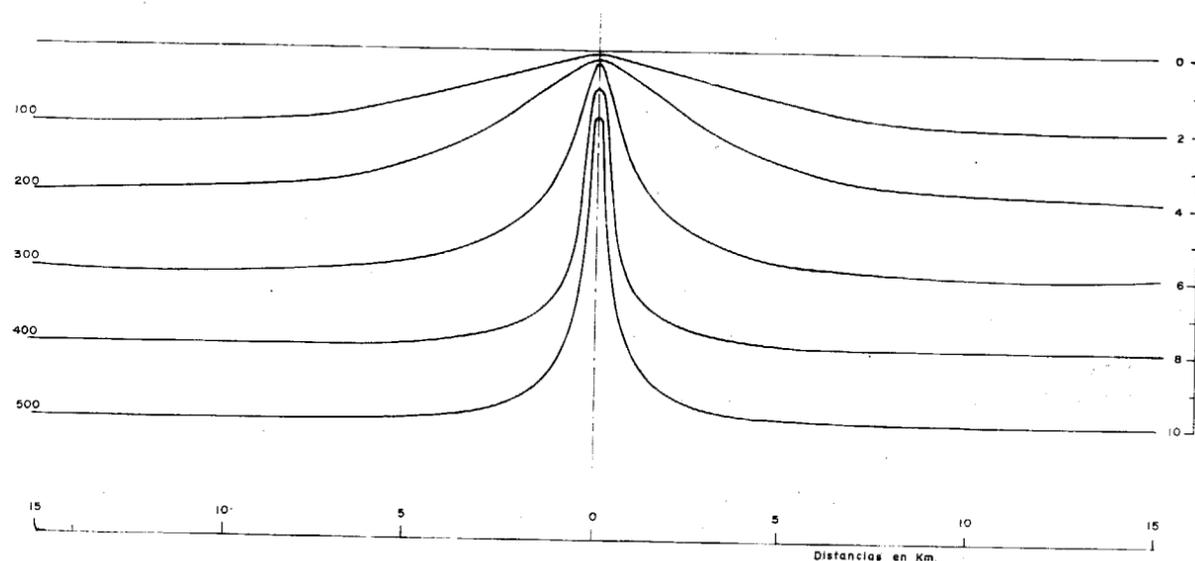


Figura 5

Distribución de isotermas correspondientes a una intrusión de 10 m. de radio, cincuenta años después de la erupción.

/año =  $2,34 \cdot 10^8 \text{ kg}$ , que suponen un consumo de  $2,34 \cdot 10,5 \text{ Tm}$  de  $\text{CaO}$ , que implicarían la existencia de un volumen muy elevado de  $\text{CaO}$ , procedente de la transformación de carbonato cálcico.

La posibilidad de una intrusión magmática próxima a la superficie, se ha tratado con la realización de un modelo analógico tipo Beuken (1937) de resistencias-condensadores, de simetría cilíndrica, quedando constituido por 23 nudos en dirección horizontal, con un discretizado fino de 10, 50, 100 y 500 m, ampliándose la red desde 1 a 15 kilómetros con espaciado de un kilómetro y una ban-

la existencia de anomalías térmicas elevadas en una zona restringida, pero no las localizadas en la superficie.

En cuanto a la factibilidad del modelo propuesto por Calamai y Seron (1970), se efectuó el estudio comparativo del contenido de vapor de agua en el medio ambiente en diferentes puntos del terreno con anomalía térmica.

La cantidad de agua en el terreno se determinó (A. García Luis, comunicación personal) con un equipo especialmente diseñado (fig. 6), consistiendo en un tubo de 3 a 6 metros de longitud perforado

en el extremo inferior y conectado a un sistema de vacío de dos tubos conteniendo reactivo Karl Fischer y un filtro de carbono activo; de este modo se pierde la cantidad de vapor de agua contenido en los gases extraídos del terreno.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que existe una diferencia muy notable entre la hu-

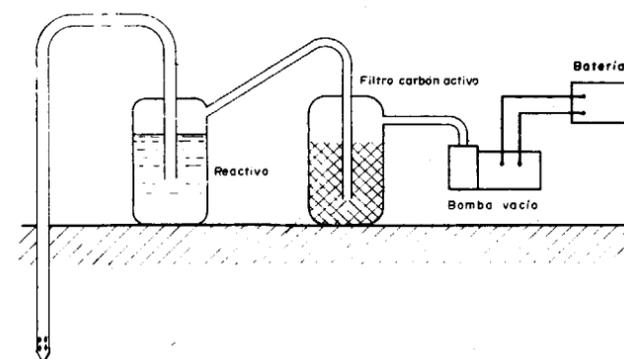


Figura 6

Esquema del mecanismo de medida de agua en el terreno.

medad del medio ambiente y la del terreno, siendo significativo que en las zonas de anomalía térmica es muy superior a la del medio ambiente, lo que induce a suponer que el vapor de agua constituye el principal agente transmisor del calor.

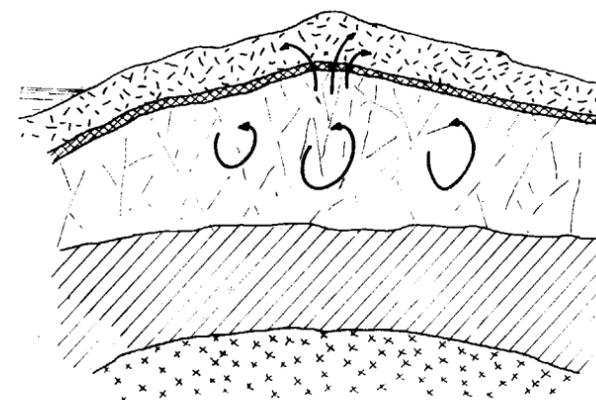


Figura 7

Modelo geotérmico propuesto.

En función de los datos obtenidos de la prospección termométrica, parece factible el modelo propuesto por (Araña y Fúster, 1973) (fig. 7) en el

que se supone la existencia de una fuente térmica (3 a 5 Km) correspondiente a una cámara magmática, sobre la que se localizaría un reservorio de agua de posible origen marino (cuya comprobación está pendiente de los análisis isotópicos) confinado entre la fuente térmica y una capa impermeable, probablemente conseguida por hialoclastitas y pillow-lavas (por similitud con el sustrato de otras islas, Fuerteventura y La Palma), formando parte de un sistema convectivo.

La aparición de fuertes anomalías térmicas en superficie estaría condicionado a la presencia de fracturas tectovolcánicas en la capa impermeable por la que se escaparía parte del vapor sobrecalentado, que explicaría la asociación existente entre las altas temperaturas detectadas y zonas de fracturas.

En la actualidad se han programado una serie de sondeos exploratorios profundos ( $\cong 600 \text{ m}$ ), dirigidos a traspasar la capa impermeable y comprobar la validez del modelo propuesto, y en caso afirmativo, delimitar la extensión del campo geotérmico para su posterior explotación.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARAÑA, V.; J. ORTIZ, R. y YUGUERO, J.: *Estudy of Geothermal anomalies in Lanzarote*. "Geothermics (Vol. 2, núm. 2) (1973).
- ARAÑA, V.; DORIA, J.; ORTIZ, R. y YUGUERO, J.: *Estudio analógico de distribución de temperaturas en una zona volcánica*. "Anales de Física y Química" (en prensa).
- BEUKEN, C. L.: *Economish Technisch Tijdschrift*, núm. 1. "Natherlands Maastricht" (1937).
- BRAVO, T.: *Geografía general de las Islas Canarias*. "Ediciones Goya", tomo I. Santa Cruz de Tenerife, 552 páginas (1964).
- BUCH, L. VON: *Physikalische Beschreibung der "Canarischen Inseln"*. Berlín (1825).
- CAJA INSULAR DE AHORROS: *Plan insular de ordenación de la isla de Lanzarote*. "Bol. II del Centro de Investigación Económica y Social". Las Palmas (1971).
- CALAMAI y CERON, P.: *Air convection within "Montaña del Fuego" (Lanzarote Islands, Canarian Archipelago)*. "U.N. Symposium on the Development and utilization of Geothermal Resources". Pisa. Paper 5/8 (1970).

- FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Las erupciones de fecha histórica en Canarias*. "R. Soc. Esp. Hist. Nat.". Mem. VII, 37-75 (1919).
- FERTSCH, K. VON: *Reisebilder von der Kanarischen Inseln*. "Pet. Geogr. Mitt. Erg." bd. 5/22, 1-44 (1867).
- FÚSTER, J. M. y AGUILAR, M.: *Nota previa sobre la geología del macizo de Betancuria, Fuerteventura (Islas Canarias)*. "Estudios Geológicos", 21, 181-197 (1965).
- FÚSTER, J. M.; FERNÁNDEZ SANTÍN, S. y SAGREDO, J.: *Geología y volcanología de las Islas Canarias (Lanzarote)*. "Instituto Lucas Mallada". Madrid (1968).
- FÚSTER, J. M.; PÁEZ, A.; SAGREDO, J.: *Significance of basic and ultramafic rock inclusions in the basalts of Canary Islands*. "Bull. Volcanologique", 33-3 pp. 665-693 (1969).
- HARTUNG, G.: *Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura*. "Neue Denkschr, allgem. Schw Gessells f.d. gesam. Naturwiss", 15/4, 168 páginas. Zürich (1875).
- HERNÁNDEZ PACHECO, E.: *Estudio geológico de Lanzarote y de las Isletas Canarias*. "Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.", tomo VI, Mem. 4, 331 pp. (1910).
- HERNÁNDEZ PACHECO, E.: *En relación con las grandes erupciones volcánicas del siglo XVIII y 1824 en Lanzarote*. "El Museo Canario". Las Palmas de Gran Canaria, 239-254 (1960).
- IBARROLA, E. y LÓPEZ RUIZ, J.: *Estudio petrográfico y químico de las erupciones recientes (Serie IV) de Lanzarote (Islas Canarias)*. "Estudios Geológicos", 23, 203-213 (1967).
- ORTIZ, R.; YUGUERO, J.; SEVILLA, M.; PARRA, R.; AFONSO, A.; ARAÑA, V.: *Prospección geotérmica en Lanzarote*. Comunicación presentada en XVI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física y Química. Oviedo, 24 al 29 septiembre (1973).
- SAGREDO, J.: *Origen de las inclusiones de dunita y otras rocas ultrabásicas en las rocas volcánicas de Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias)*. "Estudios Geológicos", 25, 189-233 (1969).

Recibido: Enero 1974.

## Trace analysis of noble metals in water by selective ion exchanger and emission spectrography.

Por R. BUIJLE y F. J. HAFTKA (\*)

### RESUMEN

Un nuevo principio analítico ha sido desarrollado para la determinación de elementos trazas en soluciones muy diluidas. Como el nombre "método de una sola bola" quiere decir, se basa en el enriquecimiento del elemento traza en una sola bola de un cambiador de iones muy selectivo, gracias a una combinación de dos métodos "baño y columna". A partir de una solución de un litro se pueden obtener factores de enriquecimiento de  $10^8$  a  $10^{10}$  que permiten la determinación de concentraciones de 1 ppt ( $=10^{-10}$  %) con ayuda de la espectroscopia de emisión. La aplicación de este principio podría ponerse en evidencia para la determinación de trazas de oro en soluciones muy diluidas.

El principio es especialmente aplicable para el agua de mar donde la eliminación de la matriz agua y de la sal es muy impresionante.

### ABSTRACT

A new analytical principle for the determination of trace elements in very dilute solutions has been developed. As the name "single bead method" says, it refers to the concentration of a trace element in one single bead of a selective ion exchanger combining the column method and the batch method. Starting from 1 l solution enrichment factors of  $10^8$ - $10^{10}$  can be obtained, so that concentrations down to 1 ppt ( $=10^{-10}$  %) can be analysed by means of very sensitive emission spectrographic methods. The usefulness of this new principle could be demonstrated by the determination of traces of gold in very dilute solutions. The method is especially applicable for sea water, where the elimination of the matrix water and salt is very impressive.

### ZUSAMMENFASSUNG

Ein neues analytisches Prinzip zur Bestimmung von Spurenelementen in sehr verdünnten Lösungen wurde entwickelt. Wie der Name "Einkornmethode" aussagt, handelt es sich um die Konzentration des Spurenelementes in einem einzigen Korn eines sehr selektiven Ionenaustauschers durch sukzessive Anwendung der Kolonnen- und Batch-Methode. Ausgehend von 1 l Lösung können Anreicherungs-faktoren von  $10^8$  bis  $10^{10}$  erreicht werden, so dass Konzentrationen bis 1 ppt ( $=10^{-10}$  %) mit Hilfe der Emissionsspektroskopie bestimmt werden können. Die Brauchbarkeit der Methode konnte durch die Goldbestimmung in sehr verdünnten Lösungen demonstriert werden. Sie eignet sich insbesondere für Meerwasser, wobei die Beseitigung der Matrix Wasser und Salz besonders beeindruckend ist.

Since the appearance of commercial ion-exchangers on resin bases in 1959 (1) many publications on the separation of matter from solution (2) have been reported. The enrichment obtained in this manner can be combined in principle with every method of analysis, even with the different branches of spectroscopy (3). Whilst ion-exchangers as sepa-

ration agents are very useful despite their relatively low specificity, the synthesis of the first selective exchanger by Skogseid (1948) (4) can be regarded as a very important event. Unfortunately (5), it is not possible to get selective resins simply by fixing a known specific precipitant on a suitable polymer as a carrier, which can explain the relatively slow progress of the development of specific ion-exchangers. It should also be mentioned that the selectivity of the specific exchanger which is the

(\*) Union Carbide European Research Associates s. a.,

subject of this work has been discovered only several years after his first preparation.

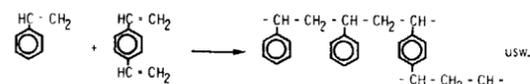
During the work with ion-exchangers, in the course of which many analytical problems could be solved at first by X-ray fluorescence and neutron activation methods, a possibility arose for developing a very sensitive method for the analysis of noble metals in very dilute solution with the help of a selective ion-exchanger and classical emission spectrography. The principle of the method is based on the fact that noble metal ions can be separated not only from the water matrix but also from the ballast of all the other ions which might be present. The noble metal ions can then be collected in *one* single small bead of the exchanger. It is obvious that this principle can be combined with other analytical methods and leads to a remarkable enlargement of existing analytical possibilities.

#### Preparation of the specific ion-exchanger.

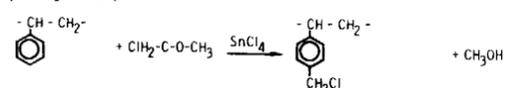
While the preparation of this exchanger, which is so far not available commercially, is described in the literature, a few remarks on its preparation

#### Synthese des Poly-Styrol-benzylisothioharnstoffs

1. Herstellung des Trägerharzes durch Suspensionspolymerisation von Styrol mit 2 % Divinylbenzol



2. Chlormethylierung der Harzperlen



3. Einführung der Thioharnstoffgruppen

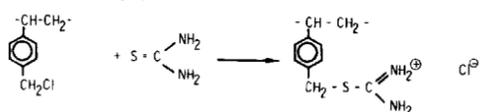
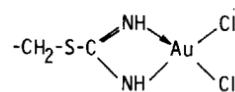
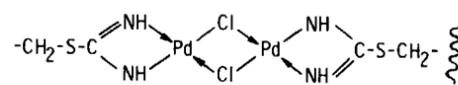


Figura 1

appear to be helpful towards an understanding of its action. The first step in the preparation consists in the copolymerization of styrene with divinylbenzene using an initiator (Fig. 1). This reaction is well-known in classical polymer chemistry; it is carried out in an aqueous emulsion and yields very fine beads of resin, which is then chloromethylated in the second stage. Finally thiourea groups are fixed via the chloromethyl groups. This resin was

first prepared by Parrish (6), but did not raise any interest for a long time due to its instability in alkaline medium which caused its hydrolysis to a mercaptane. It was G. Schmuckler (7) who detected the selectivity of the resin for noble metal ions and

Möglichkeiten der Fixierung von Edelmetallionen:



Hydrolyse in alkoholischem Medium:

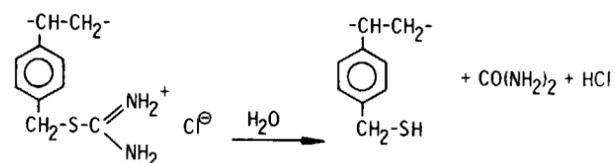


Figura 2

its ability to collect them from dilute solutions. Our experiments, covering the concentration range from 0.05 % to the ppb-region of very dilute solutions of noble metal as well of Cu, Fe, Ni, Co, and

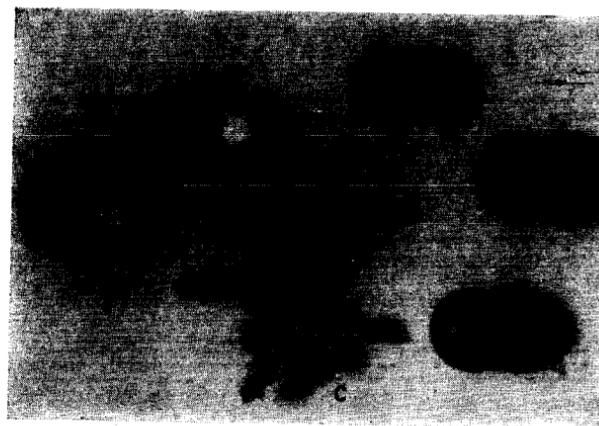


Figura 3

Sn, have confirmed and extended the results of G. Schmuckler, who has also described the formation of complexes in some cases (Fig. 2). Gold is in a special position, as Hering (8) has already

mentioned on similar occasions. The anionic complex formed primarily is not stable and leads to the formation of metallic gold, which can be seen after combustion of exchanger beads on Fig. 3 c. Contrary to the other noble metals such as Pt and Pd it

Gegenüberstellung von theoretischen und experimentellen Kapazitäten des Harzes für verschiedene Edelmetalle ( mg/100 mg Harz.)

	theoret.	
Au	0,86	0,5-1
Pt	0,85	0,56
Pd	0,40	0,32

Konzentration der Lösungen: 0,5 % Metall  
Kontaktzeit: 27 h.

Figura 4

was observed that the capacity (Fig. 4) could be exceeded, which can be explained only by additional chemical reactions. This is also the reason why the resin cannot be regenerated by a normal elution procedure.

#### Conditions for fixation in a column.

The uptake of gold depends on the concentration, environment and grain size of the resin, as shown in Fig. 5. If one plots it against  $\sqrt{t}$ , a straight line results, which indicates that diffusion in the resin beads is the rate-determining factor. By a series of column tests with a 10 ppb Au-solution conditions could be found for nearly 100 % absorption. Since 60-80 % absorption has been obtained with a flow rate of 2 cm/sec, corresponding to a contact time of only 5 sec, a tenth of this rate with a five-fold contact time has been chosen. These conditions had been realized in a column of 4 mm internal diameter, which gives with 100 mg swollen resin an effective height of 3-5-cm.

From the resin beads prepared by the above method a fraction with diameters between 300-400  $\mu\text{m}$  has been selected for further work. The weight of one bead is about 100  $\mu\text{g}$ . It is not necessary to know the weight as long as the exchange

capacity of the beads is not exceeded. The beads are easily visible by the naked eye and can be manipulated with a forceps and a steady hand.

#### Spectrochemical conditions.

In order to eliminate the evaporation of the carrier electrode, laser excitation would be the best.

Absorptionsrate in Abhängigkeit von der Korngrösse des Austauschers (Konz. 0,2 g/l)

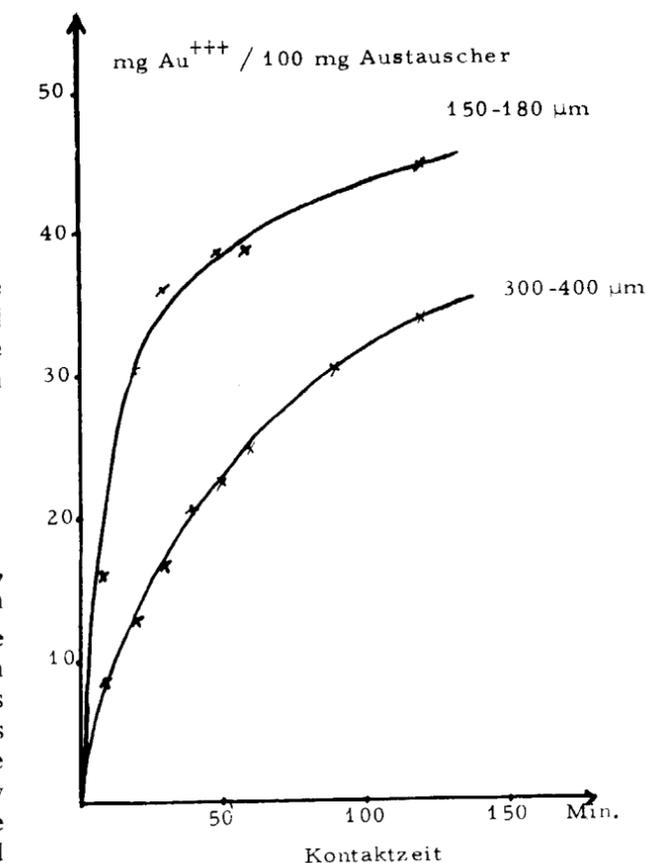


Figura 5

Since such equipment was not available adequate tests have been postponed and dc-arc excitation with graphite electrodes was used.

We have previously shown (9) that graphite electrodes with high resistivity ( $\sim 6000 \mu\Omega \text{ cm}$ ) give

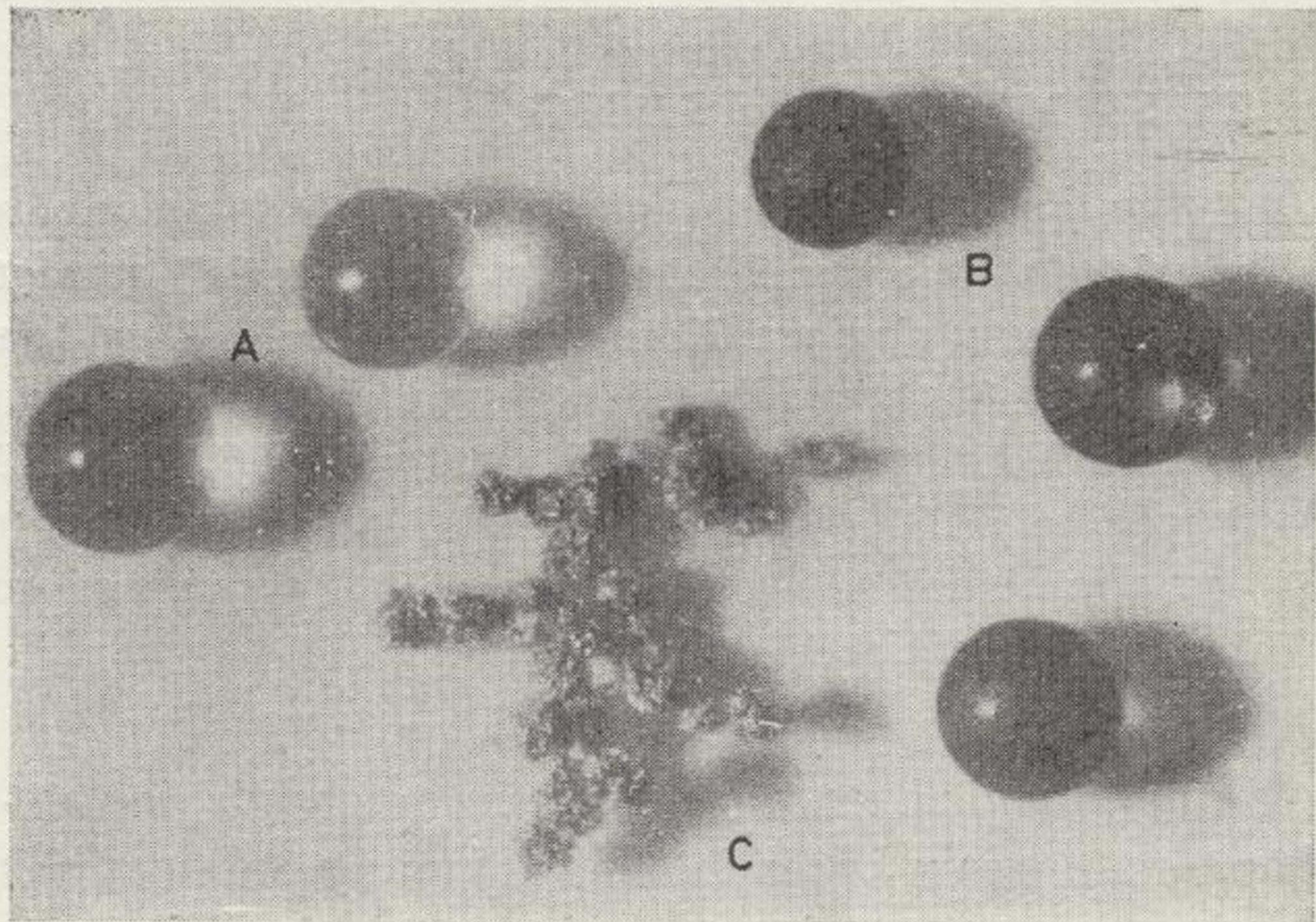


Figura 3

a better line-to-background relation and also a more quiet and reproducible burning behaviour. The same observation could be confirmed and demonstrated by the registration of the arc-voltage/time diagram, in Fig. 6.

For the spectrochemical analysis we chose an

or more resin beads in a hole ( $\phi=1$  mm, depth 2 mm, angle of the outer cone  $30^\circ$ ) of a conically shaped electrode, shown in Fig. 7. A similar electrode without hole serves as cathodic counter electrode. A large number of electrodes was tested but the electrode combination at the right side

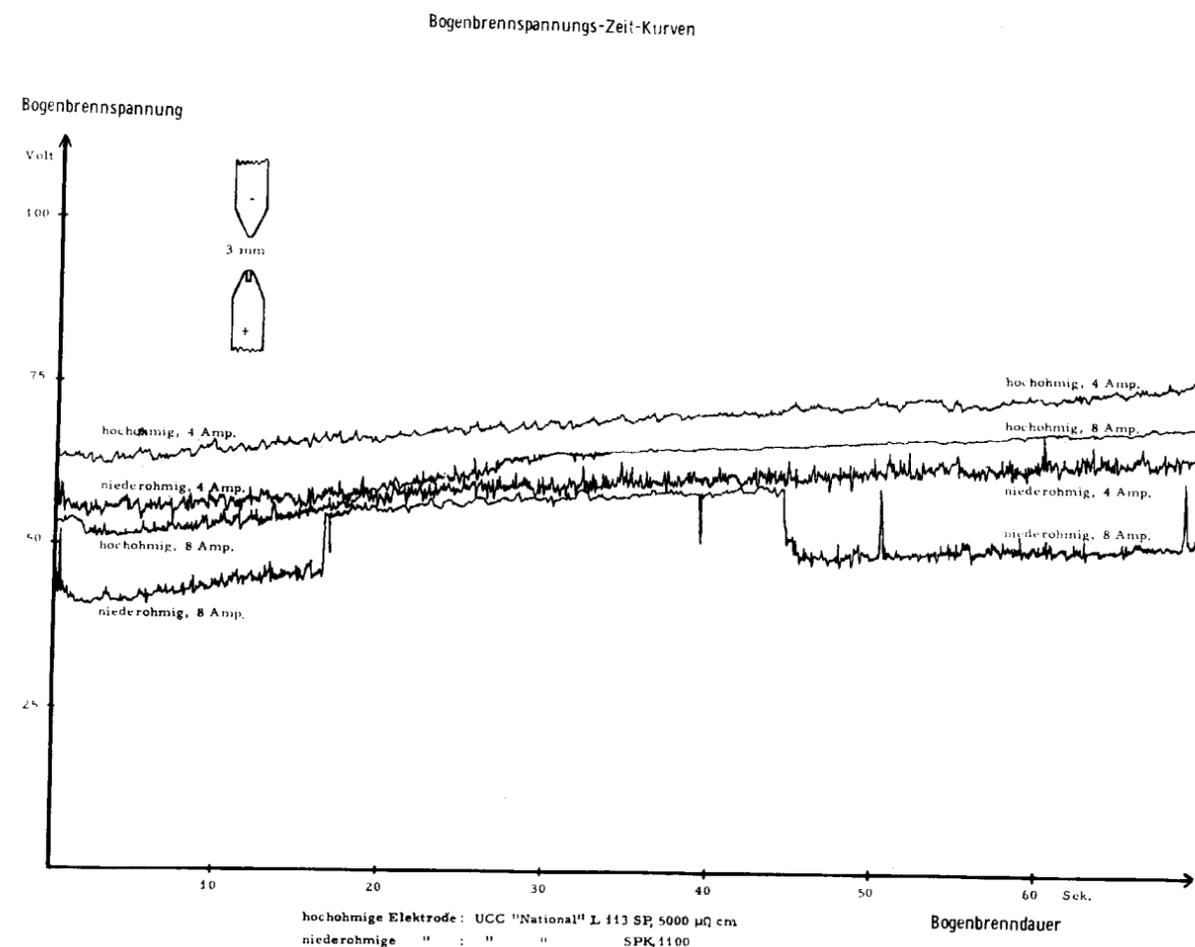


Figura 6

electrode, which gave the smallest arc-spot wandering, high temperature of the zone near the spot, and a favorable relation of sample weight to electrode consumption. During the burning period the electrode distance should vary only slightly. These conditions are fulfilled sufficiently by an electrode, mentioned in an earlier work (6), which takes one

in Fig. 7 has shown about double the intensity of the gold line (2676 Å) than the left side one.

Due to different electrode temperature distribution in the arc-spot zone and the behaviour of the spot on electrodes with different conductivities various intensity-time curves are observed, as shown in Fig. 8. The conclusion follows that high-ohmic

electrodes give the best line-to-background relationship. A 4 Amp. arc has been chosen for the analysis because the intensity remains for a long time at a high level, so that the exposure interval is not critical. Attention is paid to the filling of

#### Calibration.

The main problem of the calibration is to bring a known quantity of an element in or on a bead. This can be done either by ion-exchange as in the course of the analysis, starting from a solution of known strength (batch process with several ml) or by a complete uptake of a very small quantity of solution ( $0.1 \mu\text{l}$ ) by a dried bead. This last method is very rapid and is precise enough for trace analysis.

The procedure is very simple. The dried resin bead is placed on a hydrophobic surface (e. g. Teflon sheet). By means of a syringe  $0.1 \mu\text{l}$  of the solution is brought in contact with the bead. The bead swells up and takes up all the solution. After drying by infrared lamp or in a dessicator the bead reverts to its original dimension. Repetition of this procedure is possible without difficulty. It is possible to contact the bead even with such a quantity of solution that the swelling capacity of one bead is exceeded. Under these conditions the bead takes up all ions assisted by the natural evaporation of the liquid and there can be no reasonable doubt of the quantitative uptake of the dissolved substance, since only very dilute solutions are used and precipitation is excluded.

#### Analytical procedure.

There are two methods of fixing ions in solutions by the aid of ion-exchangers: the so-called batch method and the column method. For the first stage of enrichment the column method is preferred. The column mentioned above could be used with a flow rate range of about 50-100 ml/hr ( $\sim 0.5-1 \text{ l/cm}^2 \cdot \text{hr}$ ).

After the solution has passed through the column the ion-exchange resin is washed with deionized and doubly distilled water, dried and burned carefully in a small quartz test tube ( $\sim 5$  ml) inserted in an electric quartz tube furnace at  $900^\circ\text{C}$  using a slow flux of oxygen or helium containing 3 % oxygen.

The combustion of the resin gives no visible residue even in the case of sea water, which demonstrates the selectivity of the resins. After removing the test tube from the furnace the invisible noble

#### ELEKTRODENKOMBINATIONEN

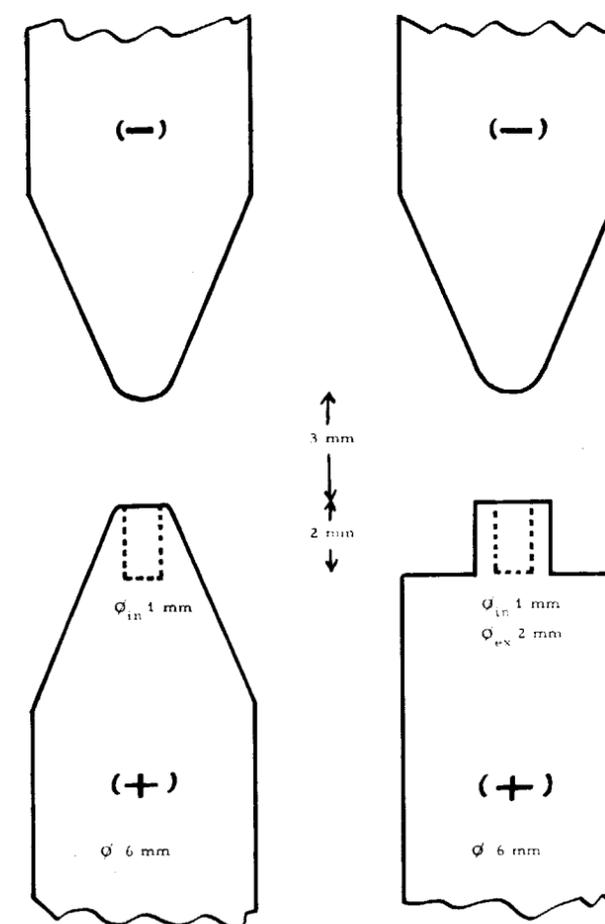


Figura 7

the electrode hole with graphite powder (Union Carbide SP3) to avoid the ejection of the resin bead, especially at the beginning of the discharge, and a too rapid burning, which causes wasteful evaporation.

metals exist in elemental form and can be dissolved in 0,2-1 ml aqua regia (electronic grade, less than 1 ppb noble metals). The acids can then be distilled out slowly by and "Electro-Bunsen" and the invisible residue dissolved in 1 ml ultra-pure water, which should be evaporated to a volumen of 0.2 ml. Now

powder in a concentration of 0.01 %. A homogeneous mixture is prepared by the addition of the Co-containing solution to the powder forming a slurry which is dried with continuous stirring. Other procedures are possible but this seems to be adequate for our conditions.

Abbogkurven für Au 2675,9 mit Elektroden verschiedener Leitfähigkeit

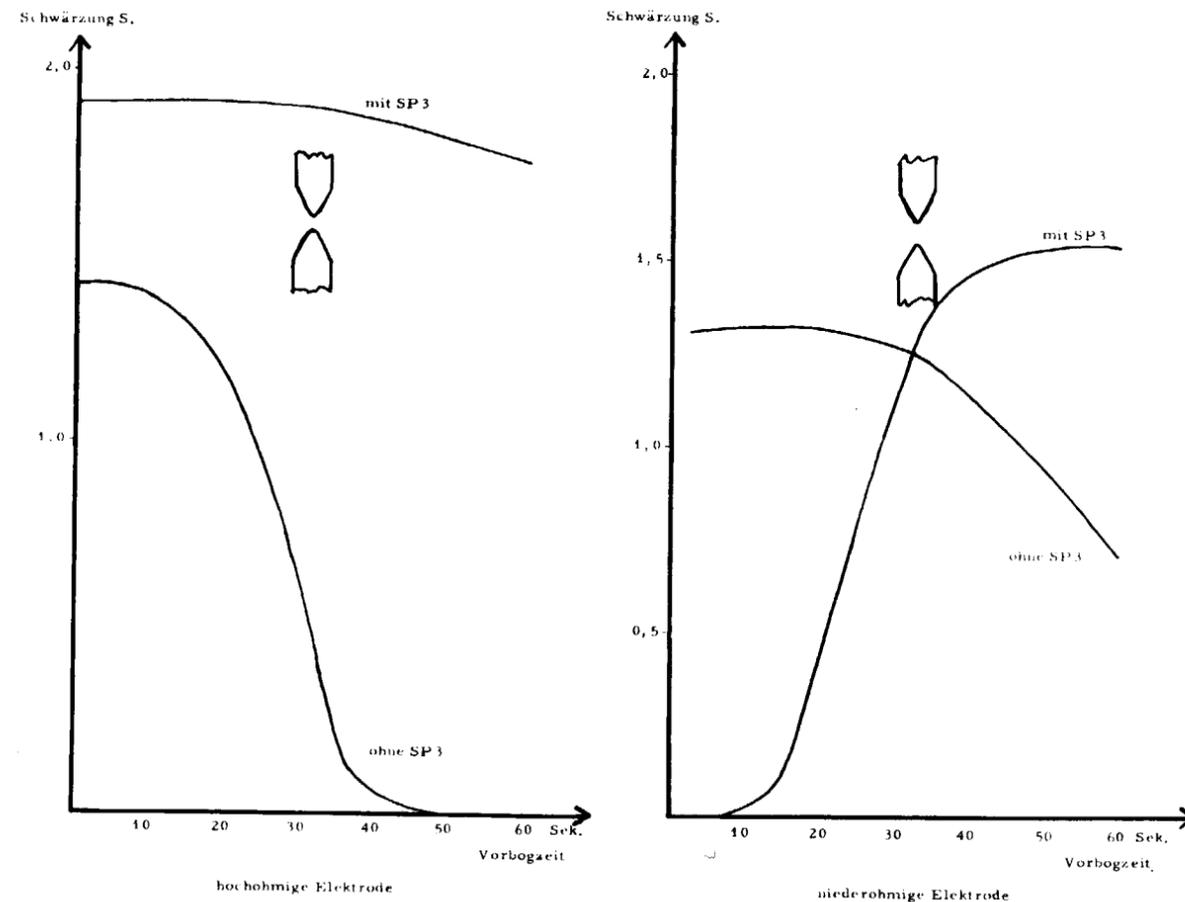


Figura 8 a

one single ion-exchange bead should be added, which is shaken for 12 hours and takes up all the noble metal ions (batch process).

As reference element in the spectroscopic sense cobalt has been chosen and added to the graphite

As shown by the calibration diagram (Fig. 9), three different gold lines with different intensities have been used covering a weight range of 4 orders of magnitude without showing any remarkable absorption effect. The gold line 2676 Å shows for

$10^{-8}$  g nearly the same intensity as the background, so that the limit of determination lies in the order of  $10^{-9}$  g, corresponding to the required precision.

After this procedure the resin bead can be taken out with a forceps and introduced in the hole of

This terminates sample preparation and the spectrochemical analysis by emission can be started. The corresponding conditions are shown in Fig. 10.

Despite the extremely low  $10^{-9}$  g range, where precision could not be high owing to the low line

Abbogkurven für Au 2675,9 mit Elektroden verschiedener Leitfähigkeit

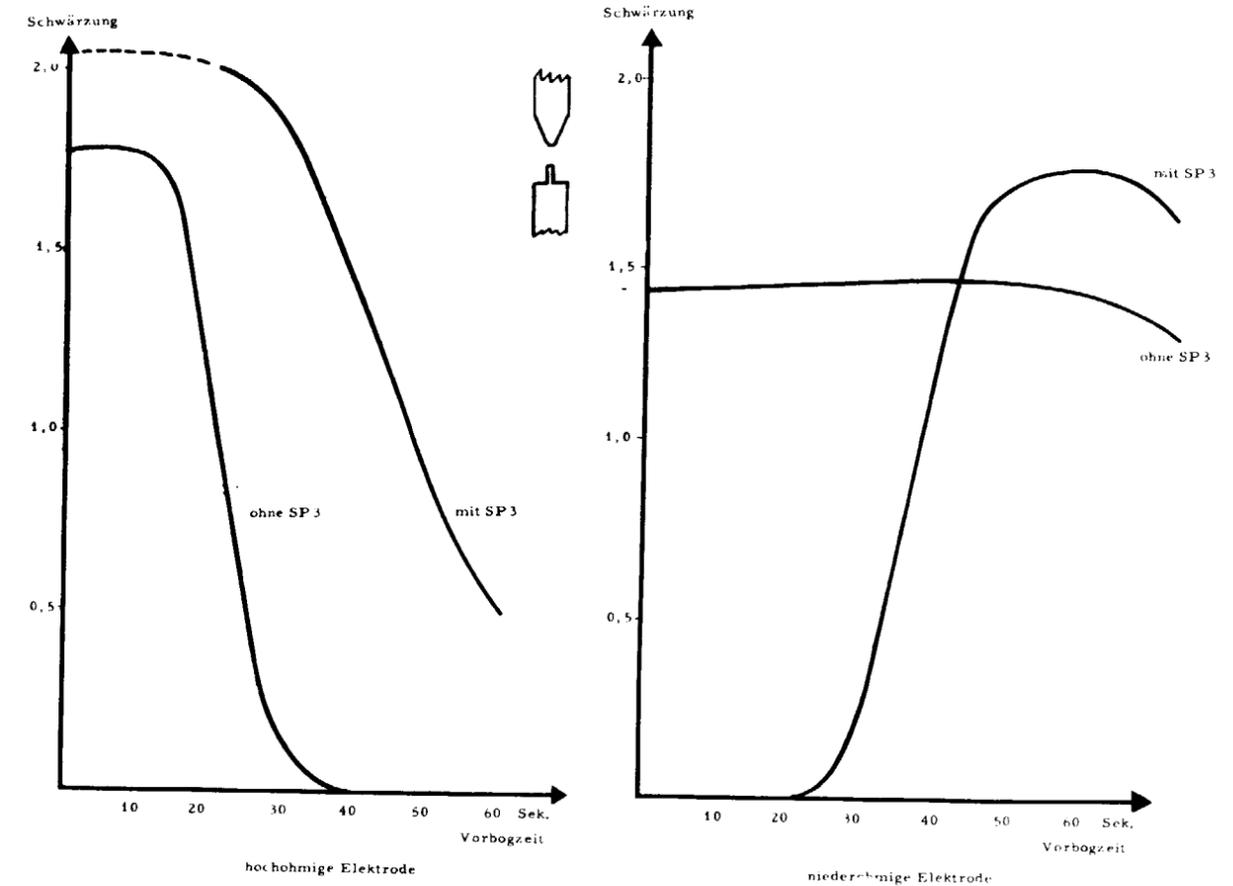


Figura 8 b

the electrode, where the drying occurs. The graphite powder (Union Carbide "National" SP3) with the reference element is also placed in the hole, pressed in with a graphite plunger. Finally, the electrode is pressed several times into graphite powder of the above quality contained in a boron carbide mortar.

intensity and the blank level of the solvents, a standard deviation of 10 % could be obtained with experience. However, it was not the aim of this experiment to develop a very precise method but to demonstrate the principle of the enrichment in a single ion-exchange bead, a very promising method

for trace analysis in solutions and such substances which can be transferred into solutions.

This method can be applied using relatively simple accessories with normal spectrographic basic

enrichment in one bead can be analysed successfully in many cases directly in one step.

Further work has been started to test the usefulness of this method by a combination of the micro-

Eichdiagramm für die Au-Bestimmung  
(Referenzlinie Co 2619, 28)

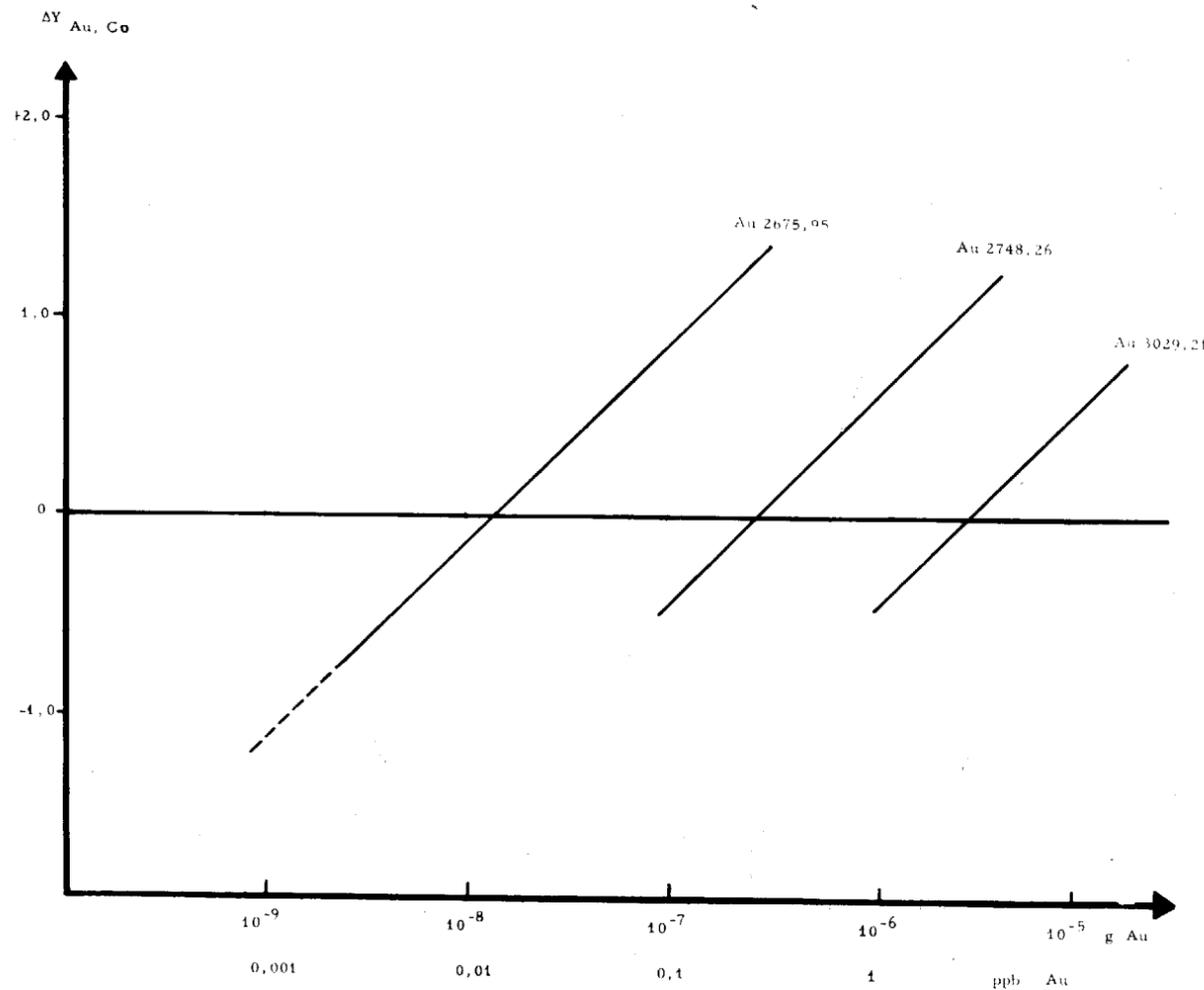


Figura 9

equipment. Starting from 1 l solution enrichment factors of  $10^8$ - $10^{11}$  can be obtained, so that concentrations down to 0.001 ppb ( $10^{-10}$  %) can be analysed. In the range of concentrations above 1 ppb the

probe, mass spectrometer, laser excitation and atomic absorption. We hope that this paper will encourage other analysts to further development.

The authors thank Messrs. J. Eloy, E. P. Jones

and W. J. Rennerts for their collaboration. Special thanks are due to Dr. G. Schmuckler of the Israel Institute of Technology for her introducing discussion.

ARL 2 m grating-spectrograph, 36600 lines/inch, 1 order slit width : 60  $\mu$

ARL-Multisource-Unit, 4 Amp. resp. 8 Amp. dc.

electrod shape (see Fig. 7) . quality ; UNION CARBIDE "NATIONAL" L 113 SP graphite powder : UNION CARBIDE "NATIONAL" SP 3 with 0,01 % Co (Merck) pre-arcing time : 10 sec.

exposure time : 20 sec.

film : Kodak SA 1

film treatment in rocking bath (20 min.)

deleopment : Kodak D 19, 4 min., 20°C

rincing bath : 30 sec. in water (with detergent)

fixing bath : Kodak Rapid Fixer with hardener, 1 min., 20°C

end rincing bath : 5 min. in water (with detergent)

drying : ARL-rapid dryer (1 min.)

Figura 10

Working condition

#### REFERENCES

- (1) Dowex Chelating resin A-1. The Dow Chemical Co., Midlang, Michigan (1959).
- (2) R. HERING: Chelatbildende Ionenaustauscher (hist. Überblick), Akademie-Verlag, Berlin (1967).
- (3) T. FUKASAWA, T. FUJII, A. MIZUIKE: Bunseki Kagaku (1968), 17, 713; H. PIETZNER, H. WERNER: Z. anal. Chem. (1966), 221, 186; L. R. P. BUTLER, J. A. BRINK, S. A. ENGELBRECHT: Transact. (Section C), Inst. Min. Met. (1967), 76, C 188.
- (4) A. SKOGSEID: Diss. Norges tekniske Hogskole, Trondheim (1946).
- (5) R. HERING: see No. [2], p. 2; E. BAYER: Angew. Chem. (1964), 76, 76.
- (6) J. R. PARRISH: Chem. & Ind. (1956), 137.
- (7) G. KOSTER, G. SCHMUCKLER: Anal. Chim. Acta (1967), 38, 179; US Patent Application No. 467995.
- (8) R. HERING: see No. [2], p. 128.
- (9) F. J. HAFTKA: Dev. Appl. Spec. (1965), 4, 533.
- (10) F. J. HAFTKA: Mikrochim. Acta, Wien (1965), 2, 331.

Recibido: Enero 1973.

# El yacimiento de alunita de Negredo (Segovia). Consideraciones sobre su génesis (\*)

Por F. CAÑADA GUERRERO (\*)

## RESUMEN

En las páginas que siguen, tras reseñar el descubrimiento del yacimiento de alunita de Negredo, se estudian sus características geológico-morfológicas y su proceso genético, paralelo al de los óxidos de hierro de la zona.

## ABSTRACT

In the following pages, after relating the discovery of the alunite deposit of Negredo (Segovia), we consider their geological and morphological characteristics.

We study, the ore genesis process, relating it, with the ore genesis of the iron oxides deposits of Madriguera-Villacorta in the area.

## I. ANTECEDENTES

En el año 1967 fuimos comisionados por el Director del Instituto Geológico para informar sobre unos yacimientos de caolín en término de Madriguera, provincia de Segovia.

En nuestro primer viaje en la zona, visitamos las explotaciones a cielo abierto muy próximas al pueblo, donde se extrae el supuesto "caolín", y junto a las cuales se purifica en unas pequeñas balsas de decantación.

Al recorrer el contorno, en la aldea de Negredo, a pocos kilómetros de Madriguera, gente del lugar nos entregó fragmentos de una roca muy blanca y de poca consistencia, que aparecía en las inmediaciones.

Nuestra primera impresión con respecto al mineral de Madriguera considerado como "caolín", teniendo en cuenta su aspecto y la formación paleozoica en que aparecía, fue la de que no se trataba de caolín sino de pizarras sericíticas muy claras, que años antes habíamos estudiado en ciertas zonas del siluriano extremeño. Los análisis quími-

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

cos y estudios por rayos X que se realizaron a continuación, confirmaron nuestra impresión.

En cuanto al mineral de Negredo, los análisis químicos realizados, y una investigación con rayos X pusieron en evidencia que se trataba de alunita, sulfato de aluminio y potasio,  $KAl_2(SO_4)_2(OH)_6$ .

La fácil descomposición al calor del  $(SO_4)_3Al_2$  en  $SO_3$  y  $Al_2O_3$ , y la solubilidad en agua del  $SO_4K_2$  restante, convertían a este mineral en una mena de  $SO_4H_2$ , de  $Al_2O_3$  y de  $SO_4K_2$ .

El informe que entonces redactamos fue presentado al Director del IGME, y también se remitió a los dueños de las minas de Madriguera, con objeto de informarles de la naturaleza del mineral que extraían.

En el citado informe, exponíamos que, aunque la alunita no fuera explotada como mena de aluminio, pues no podía competir con las bauxitas de calidad, el hecho de no contar en el país con ningún yacimiento de bauxitas utilizables, aconsejaba investigar la posible existencia de algún yacimiento explotable, cosa que actualmente está realizando una compañía privada.

## II. GEOLOGIA DE LA REGION

Los terrenos más antiguos que aparecen en el área, se atribuyen al Ordoviciense, que comienza por cuarcitas con intercalaciones de esquistos, y termina por pizarras satinadas micáceas.

En el Silúrico, se repiten aproximadamente las series ordovicienses, sumándose una potente serie de pizarras negras sericítico-grafitosas, a veces muy ricas en sulfuros, que estimamos han jugado un papel fundamental en la génesis de los minerales de hierro y aluminio de la zona, y que nos parece razonable atribuir al Llandovery-Taranon, por los graptolites —raros— encontrados, monograptus-espirograptus.

El Devónico puede estar representado por un pequeño asomo de calizas al E. de Estebanvela.

El Triásico, de facies germánica, yace sobre el Paleozoico en discordancia y está representado por el Bunt y el Keuper. Comienza el primero por un conglomerado de cantos de cuarcitas y continúa con unas areniscas micáceas violáceo-rojizas, que alternan con lechos margosos.

El Keuper aparece con su facies típica de margas, arcillas y yesos.

El Liásico, de facies nerítica y con rica fauna tiene en su base carniolas y en su parte alta margas y calizas en lajas.

El cretácico está representado por el Albense, con arenas silíceas más o menos cementadas con arcillas y caolines; el Cenomanense, con calizas margosas, margas grises y fauna abundante; y el Turo-Senonense con potentes bancadas de calizas.

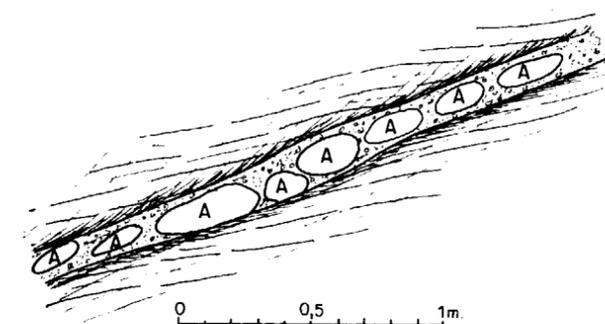
El Terciario, muy desarrollado en la zona, cubre una considerable superficie, bien con las margas y arenas del Mioceno, bien con las extensas rañas pliocenas, muy desarrolladas y potentes, a todo lo largo de la Sierra. Bajo estas formaciones terciarias están localizados tanto los yacimientos de alunitas que estamos considerando, como los de hierro de Villacorta ya conocidos desde hace mucho tiempo.

El Cuaternario, que rellena el fondo de los valles, suele estar formado por gravas y arenas cuarcíticas, que alternan con arcillas y arcosas.

## III. GEOLOGIA Y MORFOLOGIA DEL YACIMIENTO

La alunita aparece en las pizarras sericítico-grafitosas del Llandovery-Taranon, directamente bajo

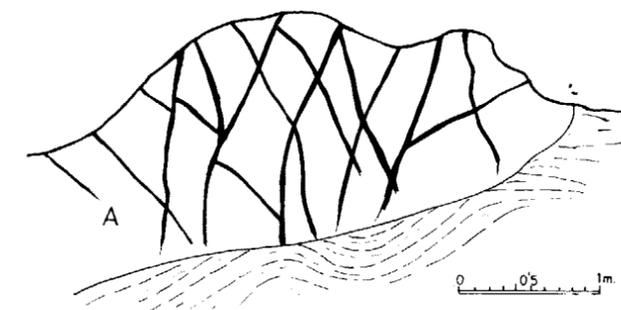
los materiales detríticos del Terciario Superior, o alojada en las fracturas de las pizarras, próximas al contacto con el Terciario. Morfológicamente el mineral se presenta en bolsadas y masas irregulares, que no llegan a formar una capa.



Fractura en pizarras rellena de alunita (A) y óxidos de hierro.

Es normal encontrarla asociada a masas de óxidos-hidróxidos de hierro, también irregulares. Unas veces es la alunita quien se aloja en fracturas y cavidades de las masas de óxidos de hierro. Otras, son los óxidos de hierro los que interpenetran masas preexistentes de alunita, en una complicada red de venas y filoncillos.

Otros, óxidos de hierro y alunita se han precipitado simultáneamente, resultando imposible precisar sus límites.

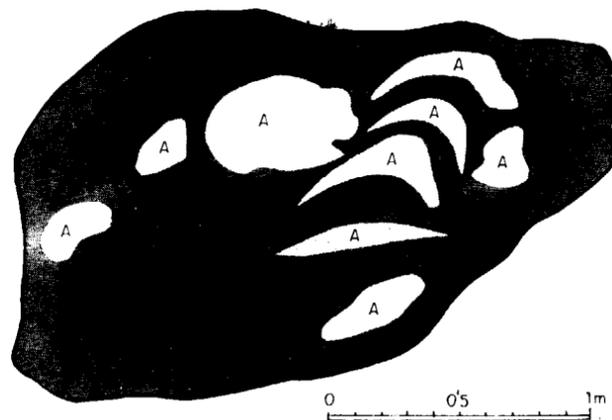


Masa de alunita atravesada por filoncillos de óxidos de hierro.

También hemos observado nódulos y pequeñas masas de alunita muy pura, alojados en fracturas producidas en las pizarras, de color muy blanco unas veces, y otras más o menos rosado. En cuanto al volumen de estas mineralizaciones que los grandes desmontes de los materiales terciarios han

puesto al descubierto, hasta el momento, por su gran discontinuidad, no parece tener gran importancia.

Desconocemos el resultado de los sondeos de investigación que están en sus comienzos. Para su emplazamiento, sería conveniente localizar las depresiones del Paleozoico fosilizadas por el Terciario detrítico, donde, teniendo en cuenta la hipótesis genética del yacimiento, que exponemos a con-



Masa de óxidos de hierro con nódulos de alunita (A).

tinuación, parece más probable que el fenómeno de alunitización, se haya producido en mayor extensión.

#### IV. SOBRE EL ORIGEN DEL YACIMIENTO

Al tratar de la génesis de la alunita de este yacimiento, habremos de hacerlo también de la de los óxidos de hierro de la zona, por estimar que ambos minerales tienen un origen paralelo.

Es normal que la alunita se presente en las zonas de alteración de los yacimientos filonianos de sulfuros (Lindgreen, 1933; Lovering, 1941, 1950; Kerr, 1955), relacionada con arcillas de elevado contenido en  $Al_2O_3$ .

También se ha encontrado acompañando a bauxitas en el zócalo profundamente alterado y caolinizado que flanquea la parte central del Níger Occidental (Greigert, 1960).

Y es conocida su relación con emanaciones volcánicas (Almería).

En la zona que nos ocupa, la alunita, conjuntamente con los óxidos de hierro, tiene otra procedencia: La potente serie de pizarras grafitico-seri-

cítico-piritosas, que atribuimos al Llandovery-Taranon, contiene pirita diseminada en gran abundancia, como puede verse en las proximidades de Santibáñez, bajo el recubrimiento terciario de la ladera N del valle.

Al mismo tiempo, estas pizarras contienen una elevada proporción de sericita, mineral rico en  $Al_2O_3$  y K, lo que nos da un origen coherente para los iones que forman los minerales que consideramos, alunita y óxidos-hidróxidos de hierro:  $Fe^{+++}$ ,  $Al^{+++}$ ,  $K^+$ , y  $SO_4^{--}$ .

#### a) Origen del $Fe^{+++}$ y del $SO_4^{--}$ .

La pirita de la formación de pizarras es la fuente de ambos iones, al oxidarse por meteorización:



Todos los iones  $Fe^{++}$  llegan a oxidarse, salvo que la solución ácida que los contiene, encuentre en su camino agentes que los inmovilice, como pueden ser carbonatos, a partir de los cuales forman ankeritas o siderosas, que a su vez, deben quedar protegidas de una ulterior oxidación.

Los iones  $Fe^{+++}$ , pueden permanecer en solución, mientras que el Ph sea inferior a 3. En cuanto el Ph es mayor que 3 el  $Fe^{+++}$ , por hidrólisis, precipitará como  $Fe(OH)_3$  hidratado, a partir del cual podrán derivarse cualquiera de los óxidos férricos, goetita, limonita, oligistos.

Esta pérdida de la acidez puede tener lugar cuando la disolución portadora atraviesa formaciones de carbonatos, dando entonces lugar a yacimientos de óxidos de hierro de tipo kárstico (Bilbao, Ojos Negros, etc.), cuya importancia estará en relación con múltiples circunstancias. También si atraviesa formaciones de silicatos, aunque este proceso sea mucho más lento. Y por último por una simple disolución en grandes masas de agua, como en nuestro caso, explicamos la formación de las extensas tablas de óxidos de Villacorta y áreas contiguas.

#### b) Origen del $Al^{+++}$ y del $K^+$ .

Como antes apuntábamos, el hecho de que la sericita sea el componente fundamental de las pizarras del Llandovery-Taranon, explica el origen de estos iones.

Esta mica, fácilmente meteorizable por hidrólisis, libera  $Al^{+++}$  y  $K^+$ , que, como vemos por los análisis adjuntos, contiene.

Pero el efecto natural de la hidrólisis, se incrementa extraordinariamente por la acción de la disolución sulfúrica.

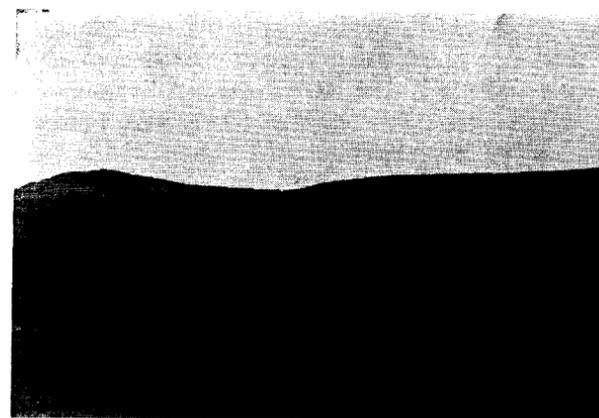
Tenemos, pues:

Por una parte soluciones de  $H_2SO_4$  y  $Fe^{+++}$ .

Por otra silicatos fácilmente alterables de Al y K.

Las soluciones sulfúricas de iones férricos pudieron llegar sin perder su acidez a cuencas lacustres donde se precipitaron hidróxidos de hierro, o en las que sedimentaron los hidróxidos que hubieran precipitado en el camino, dado el carácter coloidal del hidróxido, formándose así los estratos de óxidos sedimentarios de Villacorta y regiones próximas. O bien las soluciones sulfúricas quedaron en contacto con las formaciones de pizarras sericíticas liberando  $Al^{+++}$  y  $K^+$ , que quedaron en presencia del  $SO_4^{--}$  en concentración suficiente para dar lugar a la precipitación de alunita.

Si los aportes de  $H_2SO_4$  superan los necesarios



Las pizarras grafitico-sericítico-piritosas en el valle de Santibáñez.

para la destrucción de las micas, el  $Fe^{+++}$  podrá emigrar y tendremos masas de alunita pura.

Si los aportes de  $H_2SO_4$  fueran insuficientes, se precipitarán conjuntamente la alunita y los hidróxidos de hierro, ya que la disolución perderá acidez, por ataque a los silicatos, sin disminuir su concentración en  $SO_4^{--}$ .

Ejemplo de estas posibilidades los tenemos dentro de la zona, y están ilustrados por las fotografías y dibujos.

Es de notar, que el sodio que contienen las pizarras, se elimina en gran parte al no formar ningún compuesto insoluble con los iones en presencia, según puede verse en los análisis adjuntos.

Los desmontes realizados en el Negrodo, han puesto al descubierto masas de alunita, de gran pureza unas veces, o impurificadas otras por óxidos-hidróxidos de hierro, en todas las proporciones imaginables, que son testimonio de las diversas facetas del proceso.

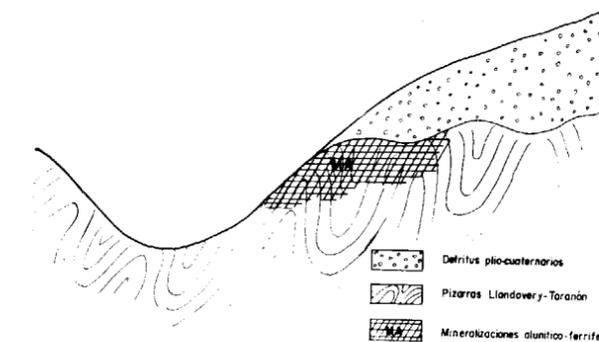


Alunita en óxidos de hierro.

#### V. POSIBILIDADES MINERAS

Es prematuro hablar de las posibilidades mineras del área.

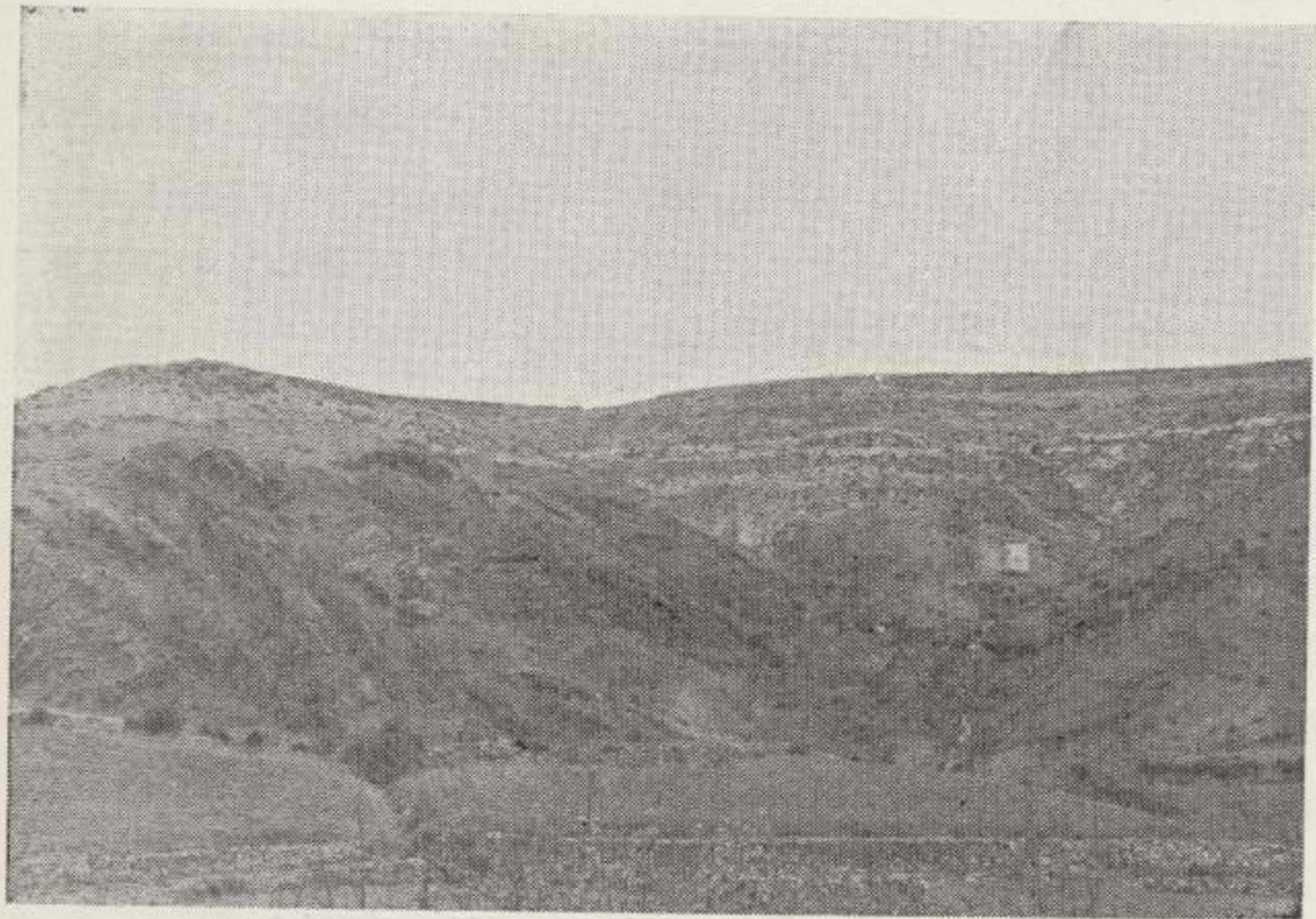
La compañía propietaria de las concesiones, ha realizado algunas investigaciones cuyo resultado



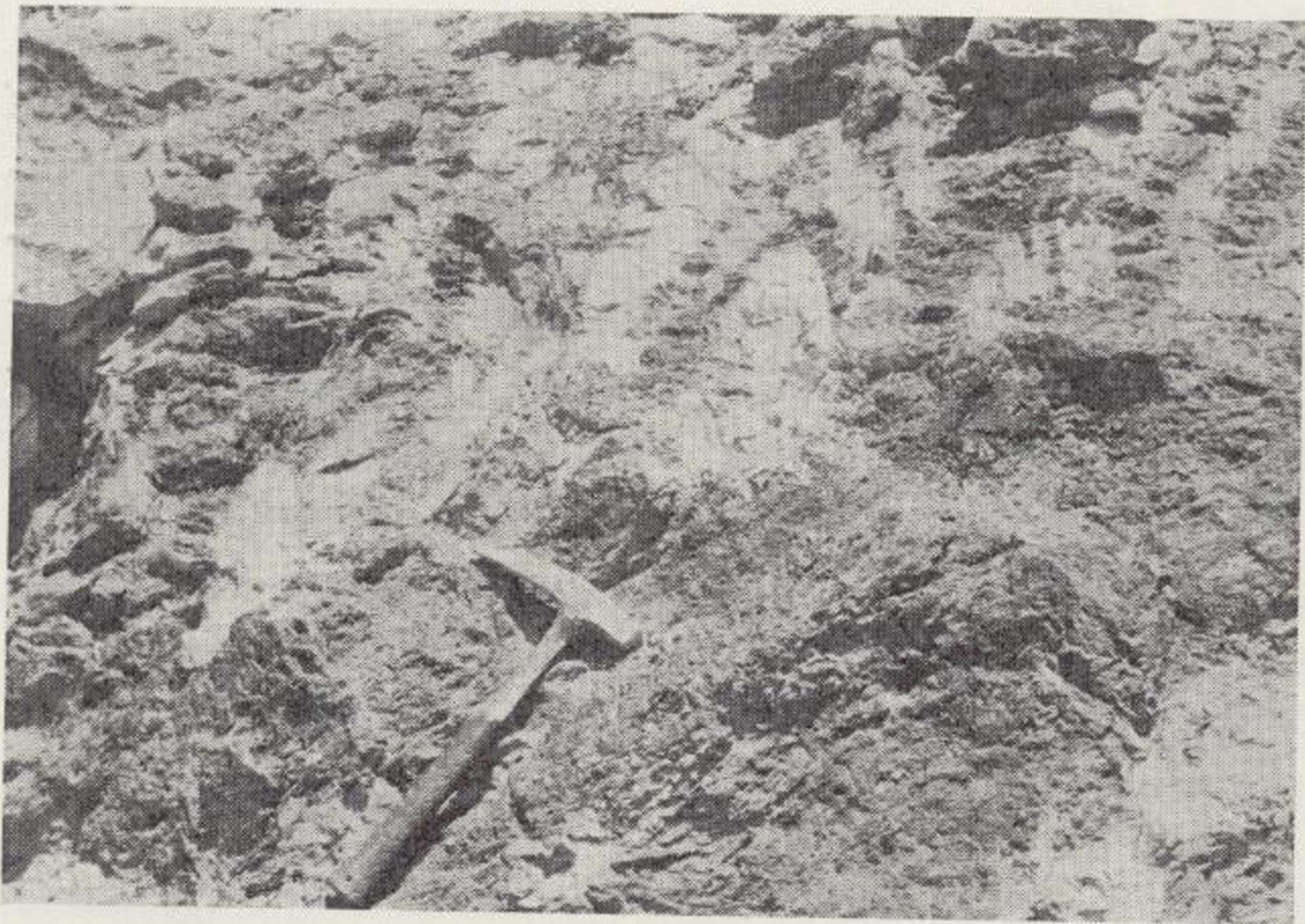
Corte del valle de Negrodo.

desconocemos, aunque han tenido que ser muy importantes si están en consonancia con los enormes desmontes llevados a cabo.

No obstante, no parecen tener importancia los



Las pizarras grafítico-sericítico-piritosas en el valle de Santibáñez.



Alunita en óxidos de hierro.

hallazgos realizados hasta ahora, pues aunque bajo los materiales detríticos pliocenos desmontados (a veces de varias decenas de metros de potencia), aparecen masas de alunita, no presentan ni continuidad ni homogeneidad como para emprender una explotación en gran escala, apareciendo siempre debajo, el sustrato paleozoico de pizarras del Llandovery-Taranon.

Hemos oído hablar de una cubicación superior a los 13.000.000 de toneladas de alunitas en una superficie de 15 hectáreas, pero esta cifra la tomamos con suma reserva, pues las características de la génesis no son favorables para tan grandes acumulaciones.

Las zonas propicias, sin embargo, no se limitan a Negredo. Hemos encontrado áreas en las proximidades de la carretera de Santibáñez a Grado, en Villacorta, Becerril y El Muyo que estimamos interesante investigar.

## VI. CONCLUSIONES

El yacimiento de alunita de Negredo, de acuerdo con lo expuesto, es un yacimiento epigenético de formación reciente, o en curso de formación, procedente de la acción de soluciones ácidas que resultan de la alteración de las piritas de la formación Llandovery-Taranon.

Está directamente relacionado con las masas de óxidos-hidróxidos de hierro depositadas en la zona que aparecen también en muchas ocasiones asociadas a la alunita.

Es de esperar que estas manifestaciones alunitíferas aparezcan en otros lugares, para cuya localización habrá que tener en cuenta, no sólo la existencia de la citada formación Llandovery-Taranon, sino también el que concurren factores topográficos que permitan una canalización y acción ulterior de las soluciones ácidas.

Para juzgar su importancia económica o minera no poseemos datos suficientes. Es de esperar que las investigaciones en marcha dilucidarán la cuestión.

## VII. ESTUDIOS ANALITICOS

Se han realizado análisis por difracción de rayos X y análisis químicos de varias muestras, obteniendo los resultados que se detallan a continuación.

### a) Estudios por rayos X.

Sus características han sido:

Radiación Cu K<sub>α</sub>.

Filtro de Ni.

Contador proporcional.

Amplificador lineal.

Registro gráfico.

Velocidad del goniómetro, 2.º/min.

	Fundamental	Accesorios
Madriguera	Sericita.	Caolín + cuarzo.
Negredo n.º 1	Alunita.	Sericita + caolín + otros.
Negredo n.º 2	Alunita.	
Negredo n.º 3	Alunita.	Sericita + caolín + cuarzo + otros.
Negredo n.º 4	Alunita.	Sericita + caolín + cuarzo + otros.
Negredo n.º 5	Alunita.	

### Análisis químicos

#### Madriguera, explotación cantera:

SiO <sub>2</sub> ... ..	52,10 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	32,91 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	3,72 %
TiO <sub>2</sub> ... ..	0,53 %
CaO ... ..	indicios %
MgO ... ..	indicios %
K <sub>2</sub> O ... ..	3,81 %
Na <sub>2</sub> O ... ..	1,27 %
SO <sub>3</sub> ... ..	indicios %

#### Negredo número 1:

SiO <sub>2</sub> ... ..	17,08 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	35,12 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0,78 %
SO <sub>3</sub> ... ..	23,25 %
K <sub>2</sub> O ... ..	6,36 %
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,27 %
Pérdida total por calcinación.	40,30 %

#### Negredo número 2:

SiO <sub>2</sub> ... ..	2,11 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	36,21 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0,77 %
SO <sub>3</sub> ... ..	36,52 %
K <sub>2</sub> O ... ..	10,13 %
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,31 %
Pérdida total por calcinación.	48,36 %

#### Negredo número 3:

SiO <sub>2</sub> ... ..	20,35 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	33,57 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	4,70 %
SO <sub>3</sub> ... ..	20,21 %
K <sub>2</sub> O ... ..	5,42 %
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,35 %
Pérdida total por calcinación.	35,25 %

#### Negredo número 4:

SiO <sub>2</sub> ... ..	19,47 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	30,42 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	6,51 %
SO <sub>3</sub> ... ..	19,73 %
K <sub>2</sub> O ... ..	7,22 %
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,53 %
Pérdida total por calcinación.	32,15 %

#### Negredo número 5:

SiO <sub>2</sub> ... ..	0,93 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	37,85 %

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0,31 %
SO <sub>3</sub> ... ..	36,33 %
K <sub>2</sub> O ... ..	9,57 %
Na <sub>2</sub> O ... ..	0,26 %
Pérdida total por calcinación.	50,13 %

### BIBLIOGRAFIA

- ALLENS, V. T. and JOHNS, V. D.: *Clays and clay minerals of New England and eastern Canada*. "Bul. Geo. Soc. Amer.", 71, págs. 75-86 (1960).
- CAÑADA, F.: *Sobre la génesis de algunos yacimientos de óxidos-carbonatos de hierro*. "Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España", núm. 87 (1966).
- CAÑADA, F.: *Yacimientos de mineral de hierro de Sierra Menera. Edad de su formación y experiencias de laboratorio que reproducen su génesis*. "Bol. Geol. y Min.", tomo 82, pág. 181-186 (1972).
- GORDON, M. and TRACEY, J. I.: *Origin of the Arkansas bauxite deposits. Problems of clay and laterite genesis*. "A. I. M. M. E. Symposium", págs. 12-34 (1952).
- KERR, P. F.: *Hidrothermal alteration and weathering*. "Geol. Soc. Am.", Paper 62, pág. 525-554 (1955).
- LINDGREN, W.: *Mineral Deposits*. New York (1933).
- LOVERING, T. S.: *The geochemistry of argillic and related types of rock alteration*. "Mines Sch". Colorado 45, páginas 231-260 (1950).
- MILLOT, G.: *Geologie des Argiles. Alterations, Sedimentologie*. "Geochimie". París, 1964 (1964).
- MILLOT, G. et BONIFAS, M.: *Transformation isovolumétriques dans es phénomènes de laterisation et bauxitisation*. "Bull. Serv. Carte Geolog". Als. Lov. 8 (1955).

Recibido: Mayo 1974.

# Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S)<sub>2</sub>

Por A. LA IGLESIA (\*), M. A. CABALLERO (\*) y F. MENENDEZ DEL VALLE (\*)

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio por difracción de rayos X, ATD, TG y espectroscopia de infrarrojos, de la forma nodular del mineral denominado villamaninita. Estos estudios, así como el análisis químico muestran que se trata de un bisulfuro de fórmula  $(\text{Cu}_{0,48}, \text{Ni}_{0,33}, \text{Co}_{0,13}, \text{Fe}_{0,06})\text{S}_2$  cuyo parámetro de celdilla es  $a_0 = 5,6911 \pm 0,0001$ , tales datos indican que no existe una relación definida entre la morfología y la relación Cu:Ni, como anteriormente se había supuesto.

El estudio térmico ha revelado que la temperatura de formación no puede ser de 550°C ya que no es estable por encima de los 425°C. Este hecho sugiere la posibilidad de emplear la villamaninita como termómetro geológico.

## ABSTRACT

This paper presents an study of the villamaninite nodular form by means of X-ray diffraction, D. T. A., T. G and infrared spectroscopy, such studies as well as the chemical analysis, define this minerals as a bisulfide with the following  $(\text{Cu}_{0,48}, \text{Ni}_{0,33}, \text{Co}_{0,13}, \text{Fe}_{0,06})\text{S}_2$  an whichcell parameter is  $a_0 = 5,6911 \pm 0,0001$ .

All above mentioned data show that it does not exist a defined relationship between the morphology and the ratio Cu:Ni, as it was supposed.

Thermal studies also show that the formation temperature for this mineral can not be 550°C taking into account that it is not stable above 425°C. This fact suggest the possibility of employing the villamaninite as a geological thermometer.

## INTRODUCCION.

Durante largo tiempo se supuso que el cobre no entraba en la red de la pirita más que de forma subordinada, con porcentajes inferiores al 0,1 por 100. Cuando la cantidad de cobre era mayor se atribuía su presencia a la mezcla mecánica de aquella con otros minerales. Se hablaba de piritas "calcopiritíferas" y no de piritas cupríferas. Sin embargo, al cobalto y níquel, por ejemplo, se les concedía la posibilidad de entrar a formar parte de la estruc-

tura para dar lugar a series isomorfas, no obstante, y aunque extraordinariamente raras, es un hecho la presencia de piritas cupríferas en ciertos depósitos minerales de Katanga (Zaire) e islas Fiji. Frenzel y Ottemann (1967), señalan la presencia de estos últimos depósitos de piritas, con contenidos en cobre del orden del 10 por 100, en este sentido, es sin duda el mineral villamaninita el más representativo, ya que el cobre puede entrar en su estructura en porcentajes próximos al 23 por 100.

La villamaninita fue descubierta por Schoeller y Powell (1920), en los depósitos de las minas "Profunda" y "Providencia" del área Cármenes-Villamanin (León, España), reconociéndole como uno de los miembros de una serie rica en cobre, níquel y

cobalto y asignándole la fórmula  $\text{S}_2(\text{Cu}, \text{Ni})$ . Posee pequeños porcentajes de hierro, cobalto y selenio, en función de la relación Cu:Ni.

Posteriormente los estudios de Randohr (1937), por difracción de rayos-X, ponen de manifiesto que se trata de un mineral con estructura similar a la de las piritas y con valor de parámetro  $a$ , comprendido entre 5,59 y 5,65 Å.

No obstante, la calificación de la villamaninita como especie mineral, pasó por una etapa de crisis tras los trabajos de Palache y col. (1944), quienes afirmaron que villamaninita es sinónimo de bravoita  $\text{S}_2\text{FeNiCo}$ , representando tan sólo un término de la serie de este último mineral, pero rico en cobre y pobre en hierro.

Estudios posteriores de Hey (1962), así como los de Ypma y col. (1968), permiten afirmar que la villamaninita es una auténtica especie mineral con propiedades físicas, químicas y estructurales características.

Dada la particularidad que ofrece la villamaninita de ser un mineral extraordinariamente raro, así como el hecho de que únicamente haya sido citado en el sector Cármenes-Villamanin (León), es interesante exponer someramente las características geológicas de la localidad tipo. En la figura 1 se muestra la cartografía geológica según De Sitter (1962),

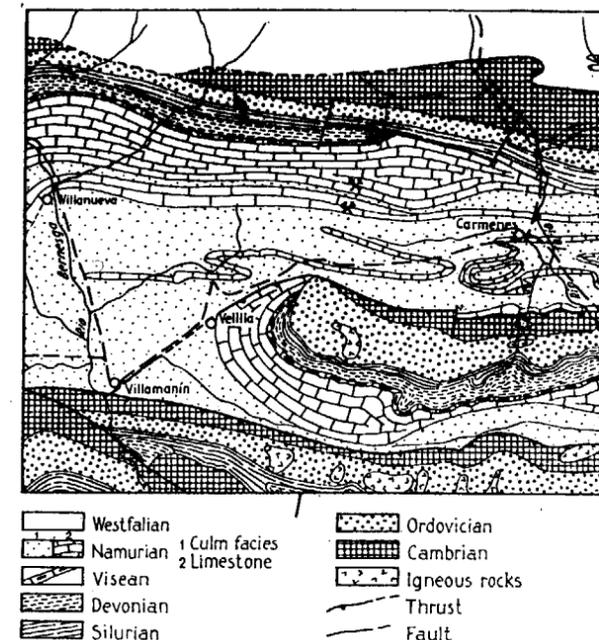


Figura 1

Mapa Geológico de la zona Villamanin-Cármenes, según DE SITTER (1962).

del área donde están situadas las minas "Profunda" y "Providencia".

Los yacimientos, se hallan enclavados dentro del marco geológico de la Cordillera Cantábrica y en la formación generalmente asignada al Namuriense, conocida con el nombre de Caliza de Montaña, y dentro de ésta, en el tramo superior de la misma, de aspecto masivo, no pudiéndose distinguir trazas de estratificación. Vilas (1971), la clasifica como una caliza bioespartica.

En el techo de la formación presenta unas zonas dolomitizadas de forma irregular, con tonalidad amarillenta oscura, donde se localizan los yacimientos citados.

La Caliza de Montaña, abarca cronoestratigráficamente en esta zona, desde el Viseense Superior o base del Namuriense, hasta el Namuriense B, según los estudios de Kullmann (1961) y Wagner (1963).

Los depósitos se presentan con una forma próxima a la cilíndrica y consistente en una serie de impregnaciones que se sumergen en profundidad. La extensión superficial, no supera los 100 metros. La villamaninita, se encuentra irregularmente distribuida y las concentraciones del mineral aparecen, bien arracimadas junto a otros sulfuros diseminados en la masa dolomítica o bien en agregados nodulares dentro de venas de dolomita. La paragénesis existente, según Evers (1967), está compuesta por villamaninita, calcopirita, pirita, marcasita, bravoita, tetraedrita y cobaltina como representantes de los sulfuros.

En nuestros estudios, hemos encontrado además: calcosina, covellina, bornita y linnesita. Son abundantes también los minerales típicos de alteración de depósitos de estas características, tales como eritrina y malaquita.

## MORFOLOGIA.

La villamaninita, se presenta bajo dos formas morfológicas bien distintas y hasta ahora relacionadas con la composición química. Los términos ricos en cobre se asimilaban a los cristales idiomorfos de color negro y hábito cúbico o cúbico-octaédrico (fig. 2). Por el contrario, los términos ricos en níquel, se asociaban a la forma nodular de tamaño variable, generalmente milimétrica. Las esférulas cortadas por un plano paralelo al ecuador, muestran una textura tabular con marcada disposición radial. Su envuelta, es de color gris acero, mientras que el interior presenta color negro brillante.

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

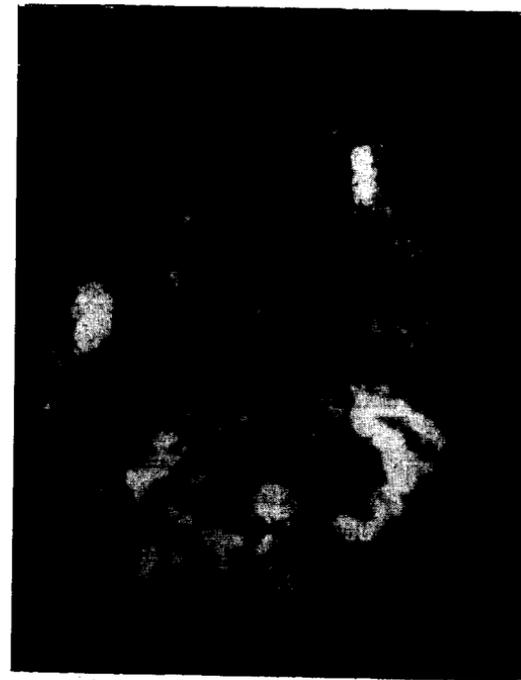


Figura 2

Cristales cúbicos de villamaninita.

A este tipo morfológico corresponden los ejemplares estudiados por nosotros (fig. 3).

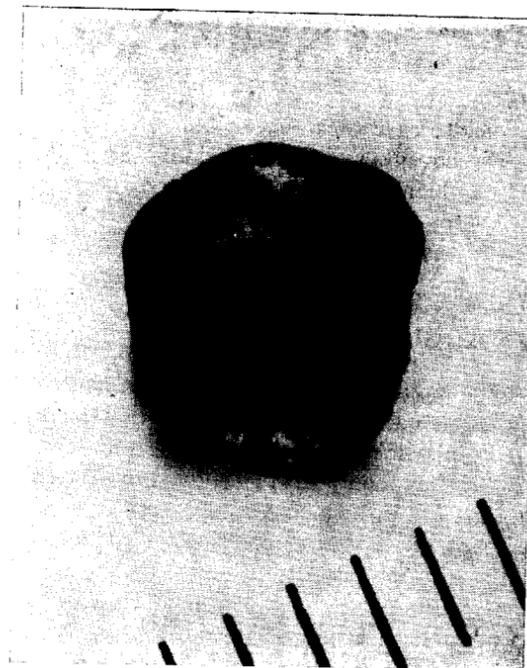


Figura 3

Villamaninita nodular (escala en mm.).

### ANÁLISIS QUÍMICO Y FLUORESCENCIA DE RAYOS-X

Los análisis químicos se han realizado mediante la técnica de absorción atómica, salvo el azufre que fue determinado gravimétricamente. Los resultados son los siguientes:

Cu 24,75 % ; Ni 15,01 % ; Co 6,10 %  
Fe 2,50 % ; S 51,69 % ; Se 0,14 %

Schoeller y Powell (1920) establecieron las fórmulas siguientes:

villamaninita idiomorfa

$$\text{Cu}_{0,426}, \text{Ni}_{0,334}, \text{Co}_{0,130}$$

$$\text{Fe}_{0,110}, \text{S}_{1,893}, \text{Se}_{0,013}$$

villamaninita nodular

$$\text{Cu}_{0,351}, \text{Ni}_{0,391}, \text{Co}_{0,159}$$

$$\text{Fe}_{0,099}, \text{S}_{1,929}, \text{Se}_{0,024}$$

Ypma y col. (1968) hacen una distinción en términos ricos en cobre y términos ricos en níquel, asimilándolos a las formas idiomorfa y nodular respectivamente. Las fórmulas que obtienen son las siguientes:

villamaninita idiomorfa

$$\text{Cu}_{0,60}, \text{Ni}_{0,14}, \text{Co}_{0,03}, \text{Fe}_{0,23}, \text{S}_2$$

villamaninita nodular.

$$\text{Cu}_{0,28}, \text{Ni}_{0,35}, \text{Co}_{0,11}, \text{Fe}_{0,36}, \text{S}_2$$

el contenido en Se lo cifran en el 0,13 por 100.

A partir de los porcentajes obtenidos, el término por nosotros estudiado responde a la fórmula:

$$(\text{Cu}_{0,49}, \text{Ni}_{0,33}, \text{Co}_{0,13}, \text{Fe}_{0,06}), \text{S}_2$$

Dado que el análisis fue hecho sobre villamaninita nodular que hasta ahora fue considerada como un término rico en níquel cabe reconsiderar, a la vista de los resultados obtenidos, esta posición, admitiendo la posibilidad de que existan términos ricos en cobre que no tienen por qué seguir estricta relación con la morfología, si bien podemos admitir una tendencia al idiomorfismo cuando la relación Cu:Ni aumenta.

### DIFRACCIÓN DE RAYOS-X.

Tenemos, pues, en nuestro caso, una villamaninita rica en cobre dado el valor que se obtiene para la relación Cu:Ni que es de 1,51. El intervalo de variación obtenido hasta ahora, para los diversos términos es de 0,73-1,86 para la referida relación.

Excluimos para el cálculo del anterior intervalo, los resultados obtenidos por Ypma y col. para la villamaninita idiomorfa, dada su dispersión respecto al resto de los puntos del diagrama de la figura 4.

Mediante la difracción de rayos-X, técnica del polvo, hemos obtenido un parámetro de celdilla  $a_0 = 5,6911 \pm 0,0001$  que se encuentra de acuerdo con los valores de los intervalos señalados por los distintos autores para los términos ricos en cobre. Confirmamos con este dato, la aseveración anterior en el sentido de que no es estricta la relación villamaninita nodular a villamaninita rica en níquel.

En la tabla número 1, se recogen las líneas e intensidades características del difractograma.

TABLA 1

Espaciados e intensidades más importantes de las líneas de difracción de la Villamaninita

d Å	I/I <sub>1</sub>	hkl
3,289	13	111
2,850	100	200
2,544	35	210
2,324	25	211
2,012	30	220
1,714	40	311
1,642	5	222
1,580	5	321
1,499	5	400

$a_0 = 5,6911 \pm 0,0001$ .

Como apuntábamos, Ramdohr (1937) asigna ya a la villamaninita una estructura tipo pirita con parámetro de celdilla  $a_0$ , que oscila para los diversos términos de la serie, de 5,59 Å a 5,65 Å.

Moh y Kullerud (1964), obtienen el grupo espacial Pa3 para compuestos sintéticos con estructura de pirita y con fórmula  $\text{S}_8\text{NiCu}_2$  y  $\text{S}_8\text{NiCu}$ . Este resultado fue confirmado por Ypma y col. (1968) en un cristal de villamaninita octaédrico, obteniendo valores del parámetro  $a_0$  comprendidos entre 5,65 Å y 5,67 Å para los términos ricos en níquel y 5,69 Å y 5,71 Å para los ricos en cobre.

La densidad obtenida por el método del picnómetro es de 4,506, este dato nos ha permitido calcular el contenido en átomos de la celdilla unidad, resultando los siguientes valores:

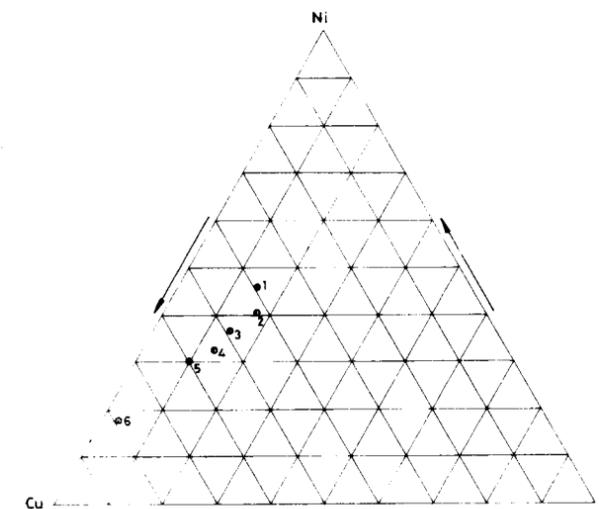
$$\text{Cu}_{1,91}, \text{Ni}_{1,27}, \text{Co}_{0,51}, \text{Fe}_{0,22}, \text{S}_{8,05} \text{ y } \text{Se}_{0,009}$$


Figura 4

Diagrama de posición de las diferentes villamaninitas estudiadas en función del contenido en Cu, Ni y Co.

- 1) Villamaninita nodular de YPMA y col.
- 2) Villamaninita nodular de SCHOELLER Y POWELL.
- 3) Villamaninita idiomorfa de SCHOELLER y POWELL.
- 4) Villamaninita nodular estudiada en este trabajo.
- 5) Villamaninita de HEY.
- 6) Villamaninita idiomorfa de YPMA y col.

En esta figura se muestra la posición que ocupa el término por nosotros estudiado, en función de los porcentajes de Cu, Ni y Co frente a los analizados por Schoeller y Powell, e Ypma y col. Como puede observarse, no existe dispersión entre nuestro término y los estudiados por los citados autores.

El estudio por espectroscopia de fluorescencia de rayos-X, pone de manifiesto la presencia de los siguientes elementos: Cu, Ni, Co, Fe, Se, Zn y Sn, estos dos últimos como trazas.

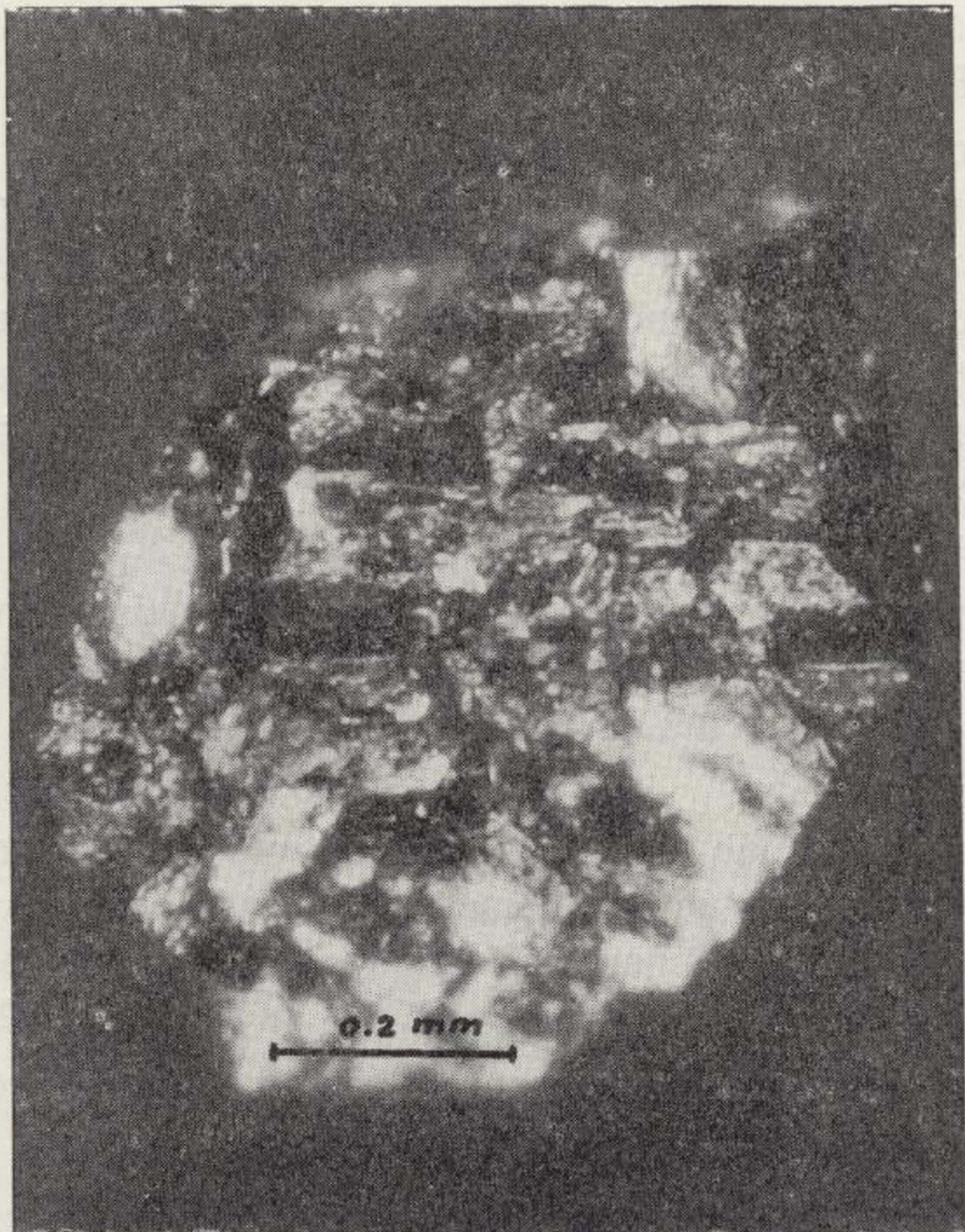


Figura 2

Cristales cúbicos de villamaninita.



Figura 3

Villamaninita nodular (escala en mm.).

### ESTUDIO POR ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO.

El análisis efectuado por esta técnica nos manifiesta un espectro típico de un sulfuro.

Entre 4.000 y 200  $\text{cm}^{-1}$  se observa una línea continua con pendiente progresiva, que representa tan sólo ligerísimas ondulaciones en las regiones de los 1.140 y 1.600  $\text{cm}^{-1}$ , esta última debida a la vibración S-S.

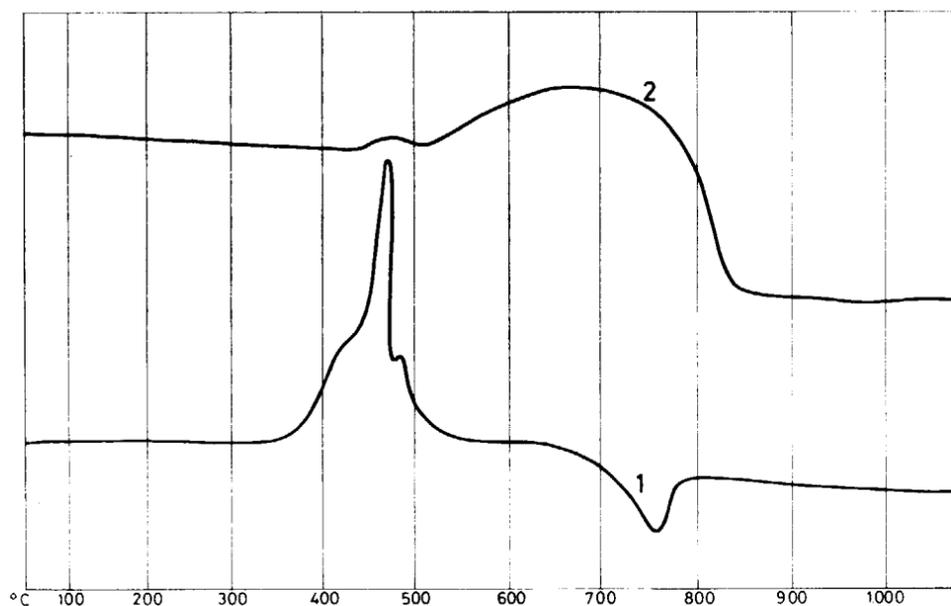


Figura 5

Diagramas térmicos de la villamaninita.

- 1) ATD.
- 2) TG.

### ANÁLISIS TÉRMICO.

El estudio de la descomposición térmica de los sulfuros complejos, presenta serias dificultades dada la posibilidad de formación de distintas fases a lo largo del proceso. Por otra parte, la bibliografía no recoge suficiente información para ayudar a interpretar los datos obtenidos. En el caso concreto de la descomposición de la villamaninita, el solapamiento de las fases, hace que algunas de ellas puedan pasar desapercibidas.

Los diagramas térmicos, se han realizado a una velocidad de calentamiento de 10° C, por minuto, y

las curvas de ATD y TG, resultantes se recogen en la figura 5.

Como puede observarse, en la curva de ATD, entre los 370 y 550° C existe una banda exotérmica que atribuimos a la oxidación del grupo bisulfuro. Esta banda es doble, con dos máximos a 470 y 480° C.

El ATD realizado en atmósfera inerte ( $\text{N}_2$ ), pone de manifiesto un efecto endotérmico-exotérmico a la temperatura de 425° C. La difracción de rayos-X

realizada a esta temperatura indica la presencia de carrollita y  $\alpha$ -millerita, como producto de descomposición de la villamaninita.

A 650° C, comienza una amplia banda endotérmica fuertemente asimétrica con su máximo a 770° C, debido a la descomposición del sulfato de cobre formado a lo largo del proceso. Esta temperatura se encuentra de acuerdo con la obtenida por Borchardt y Daniels (1957) para dicha descomposición.

La formación de sulfato de cobre, se pone de manifiesto en la curva de TG, donde se aprecia un pro-

gresivo aumento de peso desde los 510° hasta los 670° C, llegando entonces a ganar la muestra un 12,08 por 100 respecto a su peso inicial. El proceso de formación de sulfato de cobre se ha seguido por difracción de rayos-X, en cámara de alta temperatura, confirmando el aumento continuo hasta los 670° C. A esta temperatura, el sulfato de cobre comienza a descomponerse, finalizando hacia los 840° C, donde los rayos-X ponen de manifiesto la existencia como fases finales de:  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CoO}$  y  $\text{NiO}$ .

La pérdida total es de un 39,34 por 100 que se ajusta perfectamente al contenido de azufre del sulfuro.

Los datos obtenidos por el análisis térmico diferencial para la descomposición de la villamaninita, tanto en atmósfera oxidante como inerte, demuestran que ésta no es estable a presión atmosférica, por encima de 425° C, lo que contrasta con los datos obtenidos por Moh (1963), que señalan la temperatura de  $550 \pm 5^\circ \text{C}$ , como la de formación de las venas de sulfuros que contienen villamaninita.

En este sentido y a la vista de nuestros resultados, cabría reconsiderar esta posición en cuanto a la aplicación de la villamaninita como termómetro geológico.

### BIBLIOGRAFÍA

- BORCHARDT, D. T. and DANIELS, F.: *Differential Thermal Analysis of inorganic hydrates*. J. Phys. Chem. 61, 917-921 (1957).
- DE SITTER, L. U.: *The structure of the southern slope of the Cantabrian Mountains, explanation of a geological map with sections*. Scale 1:100.000 Leidse Geol. Mededelingen, 26, 222-264 (1962).

EVERS, H. J.: *Geology of the Leonides between the Bernesga and Porma rivers, Cantabrian Mountains*, NO. Spain. Leidse Geol. Med., 41, 83-151 (1967).

FREZEL, G. und OTTEMANN, J.: *Eine sulfid paragenese mit Kupperhaltigem Zonapyrit von Nukundaomu/Fiji mineral deposit*, 1, 307-316 (1967).

HEY, M. H.: *A new analysis of villamaninite*. Miner. Mag. 30, 169-170 (1962).

KULLMANN, J. *Die Goniatiles des Unterkarbons im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien)*. Abh Neues Jahrb Gess. Paläont 113, 219-326 (1961).

MOH, G.: *Sulfide Systems containing Sn*. Corneqie Inst. Washington Book 62, 197-200 (1963).

MOH, G. and KULLERUD, G.: *The Cu-Ni-S system at 100-200° C*. Amn. Rep. Geophys. Lab. Corneqie Inst., 63, 209-211 (1964).

PALACHE, C., BERMAN, H. y FRONDEL, C.: *Dana's System of Mineralogy 7th edn*. Wiley and Sons. N. York. London, Vol. 1, pp. 290 (1944).

RAMDOHR, P.: *Erzmikroskopische untersuchungen an einigen seltenen oder bisher wenig beachteten erzmineralium*. Parst. 1-3, Zbl. Miner. Abt. A, 193-211, 289-303 (1937).

SCHOELLER, W. R. and POWELL, A. R.: *Villamaninite, a new mineral*. Miner. Mag., 19, 14-18 (1920).

VILAS, L.: *El Paleozoico inferior y medio de la Cordillera Cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga*. Mem. del I.G.M.E. (1971).

WAGNER, C. H. T.: *Lower Namurian goniatites from the griotte limestone of the Cantabric Mountains Chain*. Notas y com. del Inst. Geol. y Min. de España, 69, 5-42 (1963).

YPMA, P. J. M.; EVERS, H. J. and WOENSDREGT, C. F.: *Mineralogy and geology of the Providencia Mine (León, Spain), type-locality of villamaninite*. Neues Jahrb. Min. Mho., 1974-191 (1968).

Recibido: Mayo 1974.

## Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales.

Por A. LA IGLESIA FERNANDEZ (\*), J. L. MARTIN VIVALDI (\*) y A. POZZUOLI (\*\*)

### RESUMEN

En el presente trabajo, se estudia la transformación de haloisita a zeolita A y faujasita en condiciones ambientales (35° C y una atmósfera de presión), empleando como agente atacante hidróxido sódico.

Así mismo, se establece el diagrama de formación de estas zeolitas en función de la relación molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  y de las concentraciones de hidróxido sódico.

Se estudian las zeolitas por difracción de rayos-X y se determina su porcentaje en el producto de síntesis, empleando fluorita como standar interno.

La cinética de la transformación aunque establecida sólo de manera aproximada, corresponde a una reacción consecutiva; siendo la zeolita A un producto intermedio en la formación de faujasita.

### ABSTRACT

The present paper studies the transformation of haloisite into zeolite A and faujasite, at room temperature (35° C and one atmosphere) using sodium hydroxide as solvent agent.

The formation diagram of those zeolites in function of  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  as molar relation and of the sodium hydroxide concentration is also established.

The zeolites are studied by X-ray diffraction and percentage in the product's synthesis is determined using fluorite as internal standard.

The kinetic of transformation even though it has been established in an approximate way, corresponds to a consecutive reaction, being the A zeolite an intermediate product into the faujasite formation.

Diversos autores han estudiado la formación de zeolitas en medios sedimentarios y han avanzado la hipótesis de la posible reacción entre productos arcillosos y soluciones alcalinas como origen de estas zeolitas. Ross (1) estudiando la genética de la analcima en depósitos lacustres, admite la posibilidad de formación por reacción entre silicatos hidratados de aluminio (arcillas) y sales de sodio.

Foster y Fleicht (2) en un estudio de analcima en horizontes carboníferos de Virginia, afirman que, este mineral se formó por reacción entre soluciones alcalinas y materiales arcillosos. Vernet (3), confirma la hipótesis de Ross (1) al encontrar analcima en terrenos sedimentarios del Congo, donde se encuentra asociada a la montmorillonita.

Por ello, la transformación de las arcillas en zeolita es un problema que ha preocupado a gran número de investigadores; las primeras experiencias realizadas para investigar estos procesos, son las de McCaleb (4), que obtienen analcima o filipsita tra-

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

(\*\*) Instituto di Mineralogia Università di Napoli. Italia.

tando montmorillonita con hidróxido sódico o potásico en ambiente hidrotermal. Posteriormente, Barrer (5), tratando caolinita con soluciones de hidróxido o fosfato de sodio o potasio, en condiciones hidrotermales, obtiene mezclas de feldespatos, micas y zeolitas. De Kimpe (6), tratando en autoclave montmorillonita con disoluciones de hidróxido sódico, obtiene analcima. Franco (7), por tratamiento hidrotermal de haloisita con soluciones de hidróxido sódico o potásico, obtiene: analcima, filipsita Na, nefelina hidratada, filipsita, leucita y kaliofilita.

En un intento de mayor aproximación a las condiciones naturales de formación, Aiello et al. (8), partiendo de haloisita y montmorillonita, obtiene a 80° C los términos sintéticos siguientes: la llamada zeolita-A de Breck (9), la zeolita Na-P de Taylor y Roy (10), la zeolita K-F de Barrer (11), hidrosodalita y K chabasita. Takahashi et al. (12), en un estudio similar, propone que la formación de la zeolita A, depende de la concentración de hidróxido sódico, temperatura de tratamiento, tiempo de reacción y cristalinidad del material de partida. Posteriormente, dichos autores (13) logran obtener zeolita A y faujasita por alteración de haloisita con soluciones de hidróxido sódico, estableciendo 60° C, como límite mínimo de temperatura a la que se produce la reacción, ya que al efectuar el ataque a 50° C, no consigue cristalizar ningún material.

Chesworth (14), obtiene distintos términos de la familia de las zeolitas a temperatura ambiente por hidrólisis alcalina de una amalgama de aluminio en presencia de sílice monómera; debido a las condiciones de la experiencia, no puede generalizar los resultados obtenidos, a la formación de zeolitas en la naturaleza.

En el presente trabajo, se describe un método que favorece las condiciones termodinámicas de formación de zeolitas, tratando además de aproximar lo más posible, dichas condiciones a las naturales. El método está basado en la teoría de Takahashi (12), que supone la existencia de un estado activado amorfo como primera fase de cristalización, a partir del cual, pueden surgir las distintas zeolitas sódicas, según las concentraciones de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  del medio. Los factores que favorecen el estado activado son la temperatura y el potencial químico del sistema.

Como consecuencia de ello, parece deducirse que si ambos factores disminuyen por bajo de un cierto valor, la síntesis no será posible. La bibliografía confirma en parte esta idea, ya que por debajo de 60° C es difícil la obtención de zeolitas y sólo se ha con-

seguido obtenerlas a temperatura ambiente en condiciones tan diferentes de las naturales como las empleadas por Chesworth (14), por variación del otro factor—potencial químico del sistema en cuanto al aluminio—.

Para elevar el potencial químico del sistema sin aumentar la concentración de hidróxido sódico ni la reactividad del aluminio en un sistema tan anti-natural como la amalgama del aluminio, cabe pensar que una activación del producto de partida disminuyendo su cristalinidad. Hemos elegido para este fin, una fuerte molienda de la haloisita hasta conseguir un tamaño medio de 100 Å. En estas condiciones la haloisita será fácilmente soluble en hidróxido sódico, formando el complejo activado que posteriormente evolucionará a distintos términos de la serie de las zeolitas.

### PARTE EXPERIMENTAL.

Empleamos como material de partida haloisita procedente de Eureka, arcilla standard número 13 del API. Los diagramas de la muestra natural y molida: una, dos y media y cinco horas en un vibrador de bolas de carburo de wolframio, se representan en la figura 1.

Se ha calculado el tamaño medio de los cristales para la reflexión 02, aplicando el método propuesto

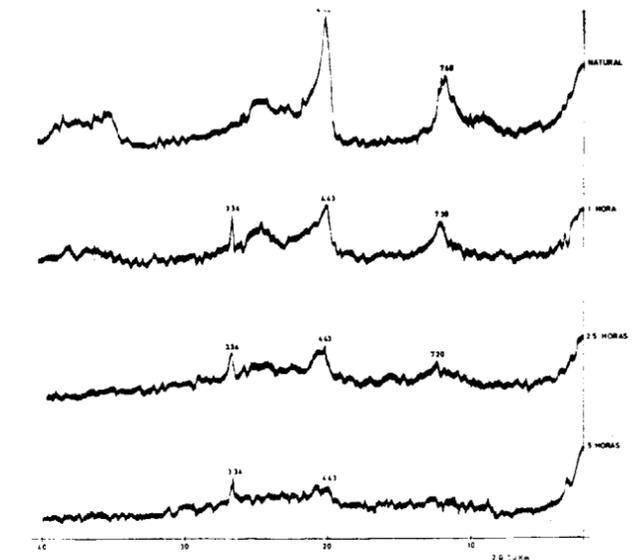


Figura 1

Diagrama de difracción de rayos X (método de polvo) de haloisita standard API número 13, sin moler y molida, una, dos y media y cinco horas en un vibrador de bolas de carburo de wolframio. Radiación  $\text{Cu K}_\alpha$  filtrada con Ni.

por Klug Alexander (15), basado en la fórmula de Scherrer, para lo cual se ha medido la anchura del pico a 4,41 en la mitad de su altura. Para determinar la contribución del difractómetro en la anchura total del pico, se ha empleado como patrón cuarzo bien cristalizado con un tamaño de partícula comprendido entre 57 y 73 micras. La distribución del tamaño medio de los cristales, medido en la reflexión 02, en función del tiempo de molienda se representa en la figura 2.

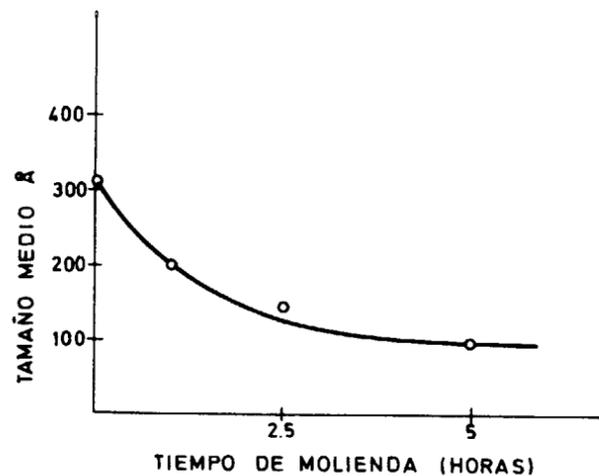


Figura 2

Representación del tamaño medio de los cristales de haloisita standard API número 13 (en Å), en función del tiempo de molienda. Los tamaños se han obtenido mediante el método de Scherrer.

Se han realizado pruebas cuantitativas de la solubilidad en disolución de hidróxido sódico en las fracciones molidas durante diferentes tiempos (una, dos y media y cinco horas), encontrando que la solubilidad no crece linealmente en función del tiempo de molienda, es decir, que la solubilidad de la molida cinco horas es muy superior a la molida dos y media horas, a pesar de ser casi equivalente el tamaño de partícula, puesto que ello debe atribuirse a una mayor amorfización para tamaños similares. Hemos empleado como material el molido durante cinco horas.

El ataque se ha llevado a cabo en ampollas de vidrio cerradas, para impedir la carbonatación del hidróxido sódico, las ampollas se han mantenido en un baño de agua tasmotatado a la temperatura de 35° C con una oscilación menor de ±0,2° C. como agente de ataque empleamos siempre 10 cc. de disolución de hidróxido sódico de concentración 1/4, 1/2, 1, 2, 3, 4 y 5 N. Con objeto de establecer el

diagrama de formación de las zeolitas en función de la relación molar Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y de la concentración del hidróxido sódico, se variaron las cantidades de haloisita empleadas. En la tabla I, se muestran los productos sintetizados para distintas condiciones de concentración de hidróxido sódico, relación molar Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (que depende de la cantidad inicial de haloisita) y tiempo de reacción.

Las zeolitas obtenidas se han identificado por difracción de rayos X (método del polvo cristalino)

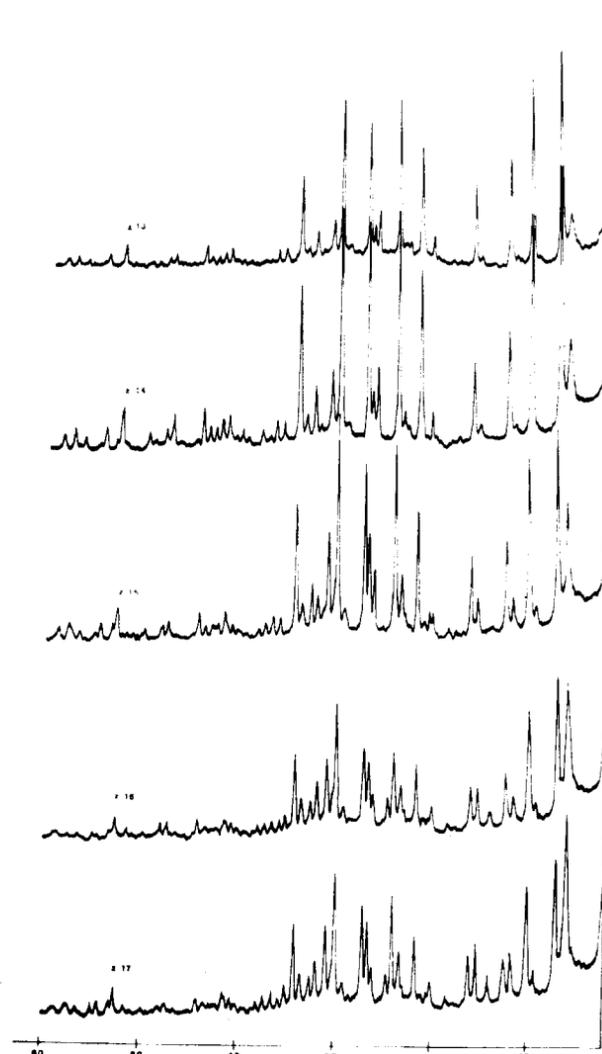


Figura 3

Diagrama de difracción de las muestras Z13, Z14, Z15, Z16 y Z17 obtenidas con una relación molar Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,0, una concentración de NaOH 2N y durante un tiempo de doce, veinticinco, cuarenta, ochenta y ciento treinta días, respectivamente. Radiación Cu K filtrada con Ni.

y se ha determinado el porcentaje en el producto resultante utilizando fluorita como estandar interno. En la figura 3 se representan los diagramas de difracción de las zeolitas: Z13, Z14, Z15, Z16 y Z17, que corresponden como puede verse en la tabla I, a procesos de síntesis realizados a partir de

TABLA I

Productos sintetizados por alteración de haloisita de 100 Å con hidróxido sódico a 35° C

Producto	Normalidad NaOH	Relación molar Na <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Tiempo de reacción (días)	% Faujasita	% Zeolita A
Z 1*	1/4	1,83	15	tr.	—
Z 2	1/4	14,70	15	tr.	tr.
Z 3*	1/2	3,65	15	tr.	tr.
Z 4	1/2	14,70	15	55	—
Z 5*	1	3,65	20	30	20
Z 6	1	7,35	5	tr.	5
Z 7	1	7,35	10	10	15
Z 8	1	7,35	15	15	40
Z 9	1	7,35	30	35	30
Z 10	1	7,35	50	45	15
Z 11	1	14,70	20	60	30
Z 12*	1	22,62	20	—	—
Z 13	2	6,0	12	15	65
Z 14	2	6,0	25	20	60
Z 15	2	6,0	40	30	50
Z 16	2	6,0	80	45	40
Z 17	2	6,0	130	50	35
Z 18*	2	7,35	20	45	20
Z 19	2	14,70	20	60	5
Z 20	3	4,0	20	15	50
Z 21	3	22,62	20	43	15
Z 22	4	14,70	20	tr.	tr.
Z 23	5	22,62	20	—	—

\* Residuo halosfítico.

la misma cantidad de haloisita y de hidróxido sódico, variando únicamente el tiempo de reacción. Puede comprobarse que a medida que dicho tiempo aumenta, la cantidad faujasita va aumentando, mientras que la cantidad de zeolita A, pasa por un máximo. En la figura 4 se representa la variación del porcentaje de zeolitas en las muestras en función del tiempo de tratamiento para una concentración de hidróxido sódico 2N y en la figura 5 se representa la misma variación para las obtenidas con una concentración de hidróxido sódico 1N.

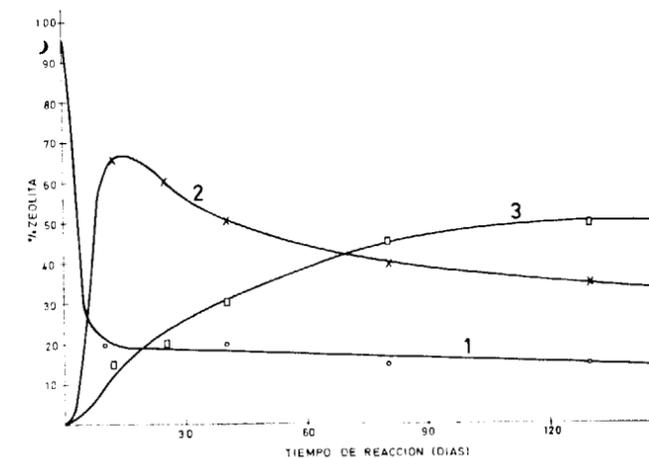


Figura 4

Porcentaje de zeolitas en la muestra en función del tiempo de reacción. Experiencia realizada con relación molar Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,0, concentración de hidróxido sódico 2N.

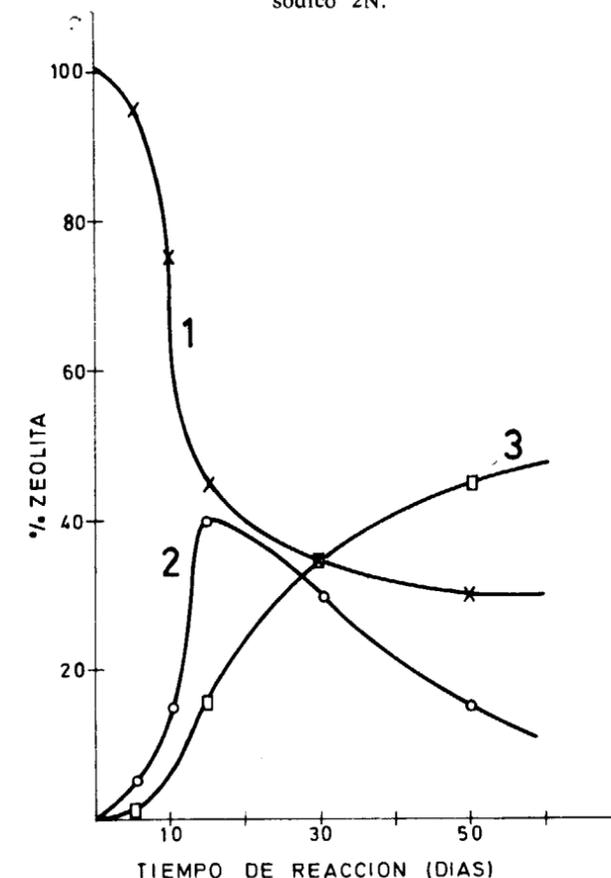


Figura 5

Porcentaje de zeolitas en la muestra en función del tiempo de reacción. Experiencia realizada con relación molar Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7,35 concentración de hidróxido sódico 1N.

La tabla II, recoge los espaciados correspondientes a las reflexiones más características de las dos zeolitas sintetizadas. La determinación de dichos es-

TABLA II

Principales espaciados de las zeolitas sintetizadas

Muestra Z4

Faujasita

d(hkl) Å	hkl	I/I <sub>0</sub>
14,47	111	100
8,84	220	70
7,55	311	75
5,74	331	80
4,82	511	45
4,42	440	60
3,81	533	55
3,76	622	30
2,88	555	80
2,79	480	45
2,66	664	40
2,40	102,2	30

$$a_0 = 24,99$$

Muestra Z13

Zeolita A

d(hkl) Å	hkl	I/I <sub>0</sub>
12,89	100	100
8,73	110	80
7,11	111	45
5,49	210	35
4,35	220	10
4,09	300	55
3,70	311	75
3,41	320	20
3,28	321	60
2,98	410	75
2,62	332	40
2,05	600	10
1,74	710	10

$$a_0 = 12,29$$

Se han estudiado los materiales obtenidos por microscopía electrónica. La figura 6 muestra cristales cúbicos perfectos, de pequeño tamaño (0,5 micras). Corresponden a la muestra Z13 y suponemos sea de zeolita A.

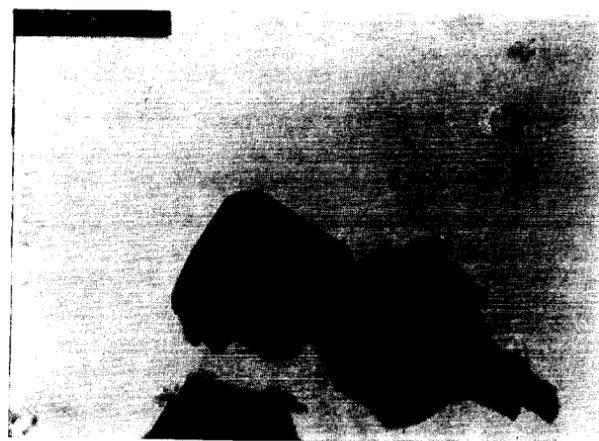


Figura 6

× 22.520. Cubos perfectos de zeolita A, acompañados de material amorfo. Muestra Z13.

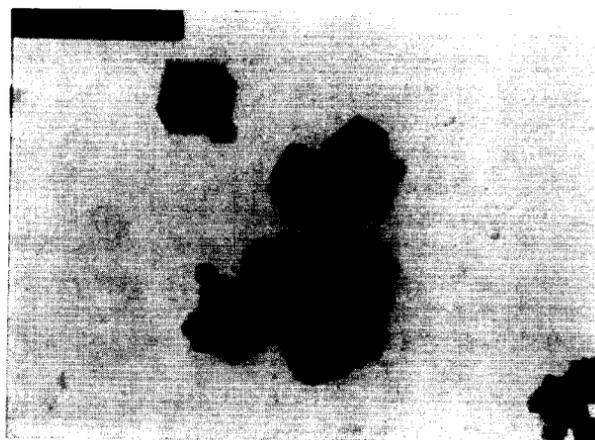


Figura 7

× 40.000. Cristales de hábito cúbico-octaédrico posiblemente faujasita. Muestra Z17.

enciados se ha realizado, para la faujasita sobre la muestra Z4, por contener sólo dicho mineral. Para la zeolita A, se ha tomado la muestra Z13 por ser la que, en mayor porcentaje la contiene.

La figura 7, corresponde a la muestra Z17 una de las que contiene mayor porcentaje de faujasita; puede apreciarse un cristal de hábito cúbico octaédrico de un tamaño de 0,7 micras que suponemos es faujasita.

## DISCUSION.

Los factores que influyen en la génesis de las arcillas en la naturaleza son tan complejos que aún en el caso de que se den condiciones favorables para la formación de un mineral, es frecuente que el proceso se desarrolle de tal modo que no se consiga una buena cristalinidad. Precisamente estos materiales mal cristalizados con un estado energético elevado, son los que más fácilmente pueden reaccionar dando productos secundarios. Un ejemplo de esta situación es la haloisita que podría transformarse con el tratamiento adecuado en zeolita.

En la tabla I, se muestran los valores de la concentración de hidróxido sódico y de la relación molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , a los que se ha trabajado. Como puede verse, se obtienen zeolitas dentro de márgenes muy amplios de dichos valores (desde 3,65 hasta 22,62) al menos entre ciertos límites de normalidades, margen mucho más amplio que el encontrado por Takahashi (13). En lo que respecta a la concentración de hidróxido sódico, tanto la zeolita A como la faujasita, se forman en el intervalo de 1/2 N hasta 3 N.

Existe claramente una dependencia de las cantidades de zeolita con la razón molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  y la

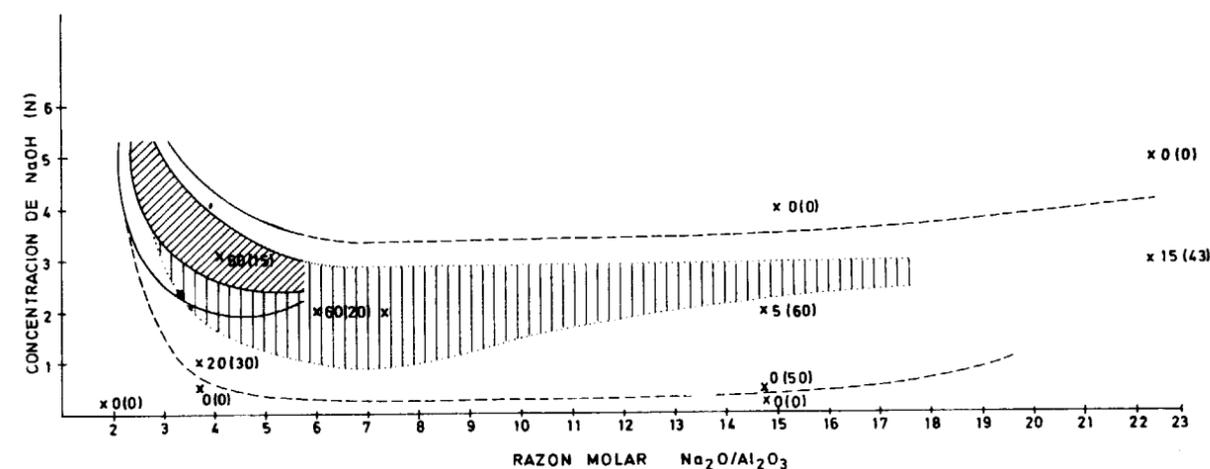


Figura 8

Diagrama de formación de zeolitas. Con trazos continuos los resultados de Takahashi y con trazos discontinuos la ampliación que se consigue con nuestro método. El sector rayado a 45° corresponde al campo de formación de la faujasita obtenido por el citado autor y el rayado en vertical al obtenido por nosotros. Los campos por encima y por debajo del rayado corresponden a la formación de zeolita A. Se dan porcentajes de las muestras obtenidas a los veinte días de tratamiento. La primera cifra corresponde al por ciento de faujasita y la segunda y entre paréntesis al por ciento de la zeolita A.

El método propuesto por nosotros se basa precisamente en estas consideraciones. Los materiales arcillosos activados mediante una disminución de su cristalinidad por molienda, deben ser similares a los que se encuentran en la naturaleza debido a otros factores distintos, tales como: falta de tiempo suficiente para el desarrollo de los cristales, cambios bruscos de temperatura y presión, acciones hidrotermales, etc.

Se ha pretendido también determinar los intervalos de concentración de hidróxido sódico y relación molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  para los cuales se consigue la formación de zeolitas.

normalidad del hidróxido sódico, de modo que para cada razón, la cantidad total de zeolita y las proporciones de faujasita y zeolita A, dependen de la concentración de hidróxido sódico. Los resultados experimentales obtenidos por nosotros, hasta ahora no permiten establecer un diagrama de fases bien delimitado, sin embargo, en él aparecen regiones similares a las obtenidas por Takahashi (13) pero como los tiempos de reacción son en nuestro caso mucho más prolongados, el área correspondiente a la faujasita es muy superior, de modo que los límites de formación son más amplios en cuanto a la razón molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  permitida. En la gráfica de Takahashi (13), figura 8, da la impresión de que ope-

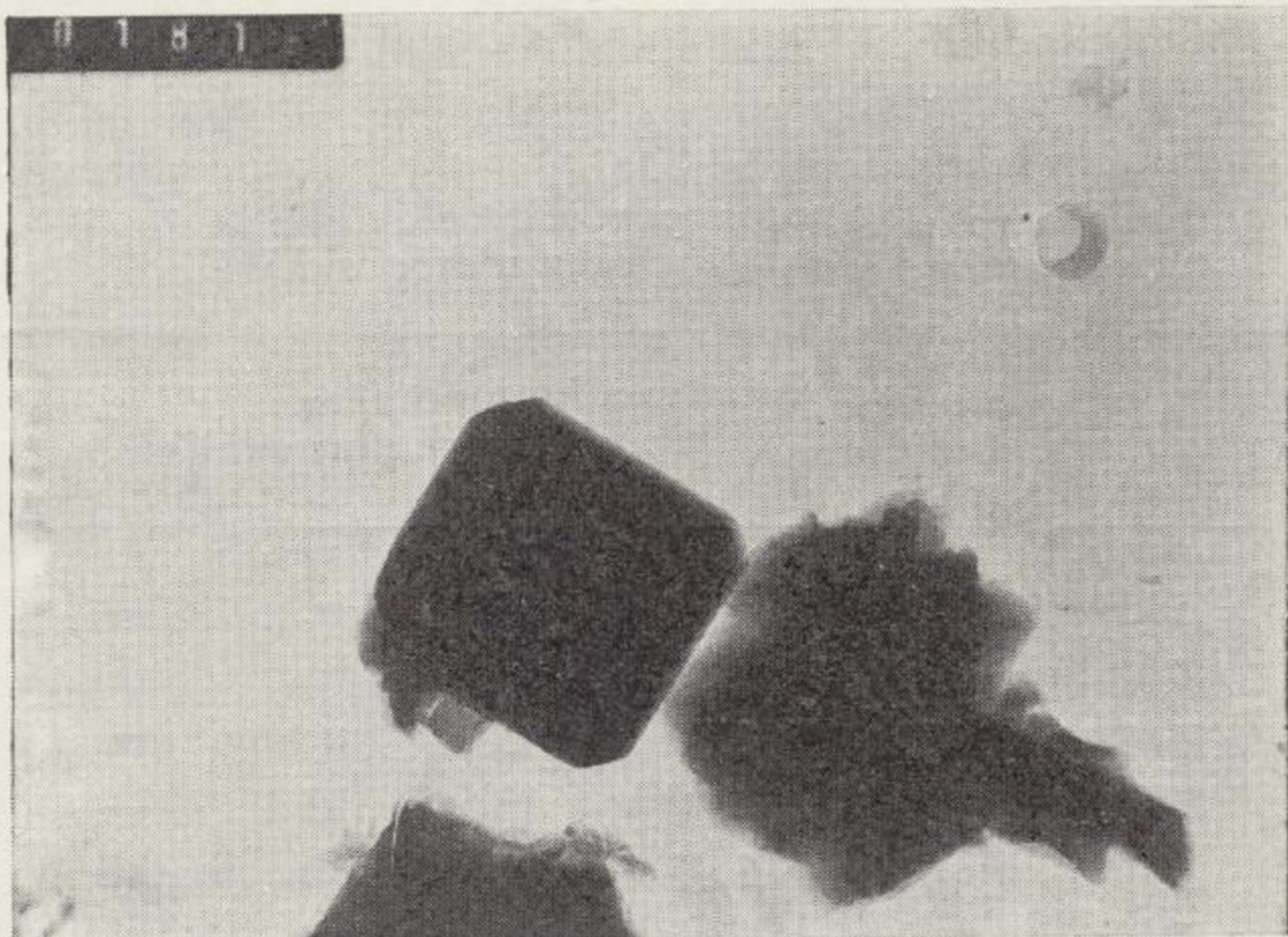


Figura 6

× 22.520. Cubos perfectos de zeolita A, acompañados de material amorfo. Muestra Z13.

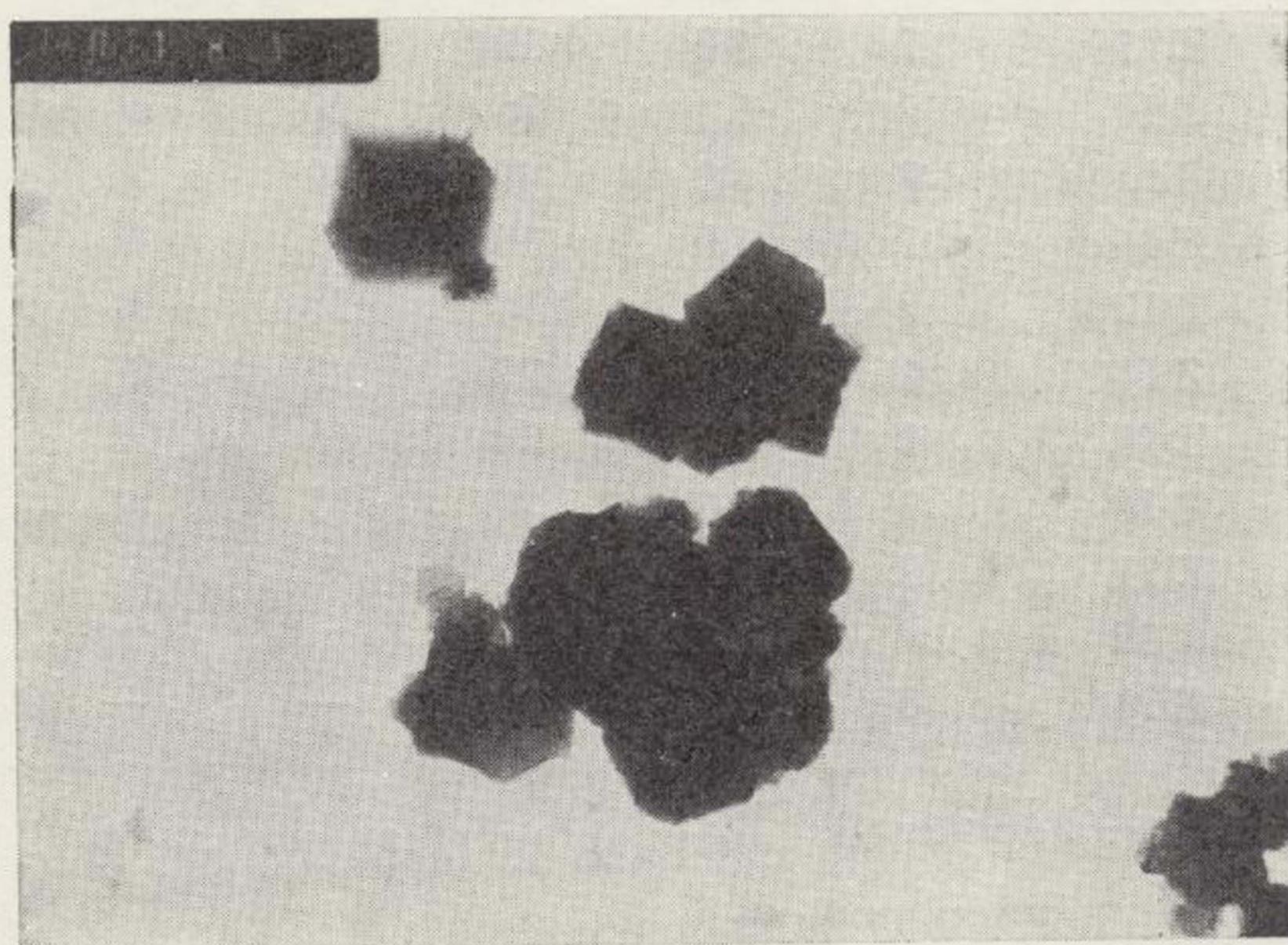


Figura 7

× 40.000. Cristales de hábito cúbico-octaédrico posiblemente faujasita. Muestra Z17.

rando sólo durante treinta y dos horas la faujasita no se formaría para razones molares  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  superiores a 7, lo que no parece cierto cuando se aumentan los tiempos de reacción. Es de observar, sin embargo, que con bajas razones molares  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  no se forman zeolitas en concordancia con los resultados de Takahashi (13).

En cuanto a la concentración de hidróxido sódico, también se observa un mayor intervalo de formación de zeolitas, y especialmente faujasita, para bajas concentraciones de hidróxido sódico sometiendo la muestra a un tratamiento más prolongado. En los resultados de Takahashi (13) se observa formación de zeolitas para concentraciones de hidróxido sódico de 4 y 5 N, valores para los cuales nuestras experiencias han sido negativas.

Se ha intentado establecer de una manera aproximada la cinética de la transformación. En la figura 4 se representa gráficamente la variación con respecto al tiempo de las concentraciones relativas del material amorfo-haloisítico (curva 1), de la zeolita A (curva 2) y de la faujasita (curva 3), para una concentración 2 N de hidróxido sódico y una relación molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 6,0. En la figura 5 se representan los mismos valores para una concentración de hidróxido sódico 1 N y relación molar  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 7,35.

Como puede verse, en ambas figuras la proporción del material amorfo-haloisítico, disminuye exponencialmente con el tiempo. La cantidad de zeolita A, empieza en cero, pasa por un máximo y con un tiempo de reacción suficiente, terminaría en cero, mientras que la proporción de faujasita aumenta siempre con el tiempo, lo que parece indicar que dicho mineral se forma a expensas de la zeolita A. La velocidad de formación de la faujasita (pendiente de la curva) debe ser proporcional en cualquier momento a la concentración de zeolita A, siendo por tanto cero la velocidad inicial y alcanzando un valor máximo cuando la cantidad de zeolita A, es máxima, disminuyendo después gradualmente hasta cero. Consecuencia de esto es, la forma de "S" que muestra la curva de proporción de faujasita en función del tiempo. Al estudiar la aparición de faujasita, se tiene la impresión de que existe un "período de inducción" inicial durante el cual no parece suceder nada. La existencia de estos períodos de inducción es, desde luego, índice de que el producto no se forma directamente, sino a través de alguna fase intermedia, como indica Frost (16) en su estudio sobre reacciones consecutivas.

Del esquema cinético propuesto, se deduce la imposibilidad de encontrar en la naturaleza zeolita A, como mineral estable en condiciones ambientales. Experiencias anteriores de otros autores (7) y (8), han conducido no obstante a la síntesis de zeolita A, sin formación de faujasita. Este hecho, en principio contradictorio con nuestros resultados puede ser debido a la temperatura en que se realizaron esas experiencias, porque según la llamada "ley" de Cornu (17), a alta temperatura cristalizará la zeolita de menor contenido en agua. El porcentaje en agua de la faujasita es del 28,04 y el de la zeolita A del 22,76. Por tanto a temperatura alta se obtendrá zeolita A que es metastable en relación a la faujasita a temperatura ambiente.

Se ha calculado el parámetro ( $a_0$ ) de la faujasita sintetizada (véase tabla II), obteniéndose para el mismo valor de 24,99 Å, muy próximo del obtenido por Barrer (18) para una faujasita con relación molar  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 2,4.

Puesto que la haloisita de partida posee una relación molar  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=2$ , es necesario suponer que parte del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  quede libre, hecho que explica la persistencia de una cantidad relativamente grande de material amorfo al fin del proceso.

También es lógico que precisamente se forme el término de faujasita con más baja relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  puesto que al ser esta baja en el material de partida no permitirá que se forme una faujasita más silílica.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) ROSS, C. S.: *Sedimentary analcite*. Am. Min. XIII, 195 (1928).
- (2) FOSTER, W. D. and FLEIGHT, F. C.: *Mineralogy of concretions from Pittsburg coal seam, with special reference to analcite*. Am. Min. 31, p. 357 (1946).
- (3) VERNET, J. P.: *Concerning the association montmorillonite-analcite in the series of Stanleyville, Congo*. Journ. Sed. Petrol, 31, p. 293 (1961).
- (4) MCCAULEY, S. B.: *Hydrothermal products formed from montmorillonite clay systems*. Clays and Clay Min. IX Nat. Conf. pp. 276 (1962).
- (5) BARRER, R. M. and MARSCHALL, D. J.: *Chemistry of soil minerals. Part II. Reactions of phosphate with kaolin faujasite*. J. Chem. Soc., pp. 6621 (1965).
- (6) DE KIMPE, C.; HERBILLON, A. and FRIPIAT, J.: *Synthesis of analcite and clay minerals in relation*

- to the reactivity of starting materials. Proc of the Int. Clay Conf. Israel. Vol. I, pp. 109 (1966).
- (7) FRANCO, E. e AIELLO, R.: *Transformazioni dell'halloysite per trattamento idrotermale in ambiente alcalino*. Rendiconto della Soc. Italiana di Min. e Petro. Vol. XXXIV (1968).
  - (8) AIELLO, R. e FRANCO, E.: *Formazione di zeoliti per trasformazione ed in ambiente alcalino*. Rend. dell'Accademia di Sci. Fis. e Mat. della Soc. Naz. di Sci. Lettere ed Arti in Napoli. Serie 4, Vol. XXXV (1968).
  - (9) BRECK, D. W.; EVERSOLE, W. G.; MILTON, R. M.; REED, T. B. and THOMAS, T. L.: *Crystalline zeolites. I. The properties of a new synthetic zeolite, type A*. Journ. Amer. Chem. Soc., 78, 5963 (1956).
  - (10) TAYLOR, A. M. and ROY, R.: *Zeolite studies IV: NaP zeolites and the ion-exchanged derivatives of tetragonal Na-P*. Amer. Min., 49, pp. 656 (1964).
  - (11) BARRER, A. M. and BAYNHAM, J. W.: *The Hydrothermal chemistry of the silicates. Part VII. Synthetic potassium aluminosilicates*. Jour. Chem. Soc., pp. 2882 (1956).
  - (12) TAKAHASHI, H. and NISHIMURA, Y.: *Formation of zeolite type A, from halloysite and allophane*. (abst). Clays and Clay Min., 15, p. 185 (1967).
  - (13) TAKAHASHI, H. and NISHIMURA, Y.: *Formation of faujasite-like zeolite from halloysite*. Clays and Clay Min., 16, p. 399 (1968).
  - (14) CHESWORTH, W.: *Use of aluminium-amalgam in mineral synthesis at low temperatures and one atmosphere total pressure*. Clays and Clay Min., 19, p. 337 (1971).
  - (15) KLUG, H. P. and ALEXANDER, L. E.: *X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials*. John Wiley, New York (1954).
  - (16) FROST, A. A. and PEARSON, R. G.: *Kinetics and mechanism*. Cap 8. John Wiley, New York (1953).
  - (17) CORNU, F.: *Über die paragenese der minerale, namentlich die der zeolithe*. Osterr. Zeit. Berg-Hüttenw. Vol. 56, p. 89 (1908).
  - (18) BARRER, R. M.; BAYNHAM, J. W.; BULTITUDE F. W. and MEIER, W. M.: *Hydrothermal chemistry of the silicates. Part. VIII. Low temperature crystal growth of aluminosilicates and of some gallium and germanium analogues*. J. Chem. Soc., 195 (1959).

Recibido: Noviembre 1973.

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba(\*)

Por M. MUÑOZ (\*\*) y R. VEGAS (\*\*\*)

RESUMEN

En la banda metamórfica Badajoz-Córdoba afloran un conjunto de materiales con caracteres de "augegneiss" como denominador común. En este trabajo se determina dentro de este conjunto la existencia de dos tipos definidos de materiales de origen orto y paraderivados, deducida de sus parámetros petrográficos y geoquímicos.

ABSTRACT

In the Badajoz-Córdoba metamorphic belt some augegneiss like materials crop out. In this paper the existence of two rock types of ortho and paraderivated origin is deduced from their geochemical and petrographical parameters.

INTRODUCCION

La banda metamórfica Badajoz-Azuaga forma parte de una estructura hercínica en la que afloran rocas meso-catazonales a lo largo del eje Badajoz-Córdoba (Bard, 1967; Vegas, 1971; Gutiérrez Elorza et. al., 1971; Delgado Quesada, 1971).

Es característica de esta banda metamórfica la existencia de materiales de tipo "augegneiss" que le diferencia de las otras antiformas hercínicas de Sierra Morena Occidental y Extremadura. La presencia de este tipo de rocas ha dado lugar a controversias y a cierto confusionismo sobre su carácter genético y su distribución. En trabajos previos han sido consideradas en conjunto como ortoneises (Bard, 1967), mientras otros autores han admitido ortoneises y paraneises (Delgado Quesada, 1971; Vegas, 1971; Capdevila et. al. 1972), pero siempre sin precisar la delimitación de unas y otras y sin datos petrográficos concretos. Por su parte

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

(\*\*) Departamento de Petrología y Geoquímica C.S.I.C. Madrid.

(\*\*\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica Facultad de Ciencias. Madrid.

también han sido consideradas estas rocas glandulares como de carácter metasomático en su conjunto agrupándolas bajo la denominación de porfiroides (Sánchez Cela y Aparicio, 1972).

El intento de este trabajo es hacer hincapié en la existencia dentro de este conjunto de rocas glandulares de dos tipos definidos de materiales de origen orto y paraderivado, deducidos de sus parámetros petrográficos y geoquímicos.

I. CONTEXTO GEOLOGICO.

En este trabajo delimitamos petrográficamente *paraneises* y *ortoneises* dentro del conjunto de rocas glandulares. Los primeros afloran en la región de Aceuchal, Llera y Valencia de las Torres, continuándose hacia Azuaga tras quedar cubiertos por las molasas terciarias del Valle del Zujar. Los segundos afloran al N de Aceuchal, Almendralejo, Ribera de Fresno y S de Llera (fig. 1).

Las características estratigráficas de los *paraneises*, Formación Llera (Vegas, 1972), permiten definir un nivel homogéneo cuya posición estratigrá-

fica es claramente inferior a los niveles inferiores de la "serie negra", representados en esta región por esquistos micáceos, anfibolitas hacia la base y neises acintados. Dentro de la Formación Llera se puede apreciar una clara granoselección de manera que las "glándulas" de mayor tamaño van siendo menos frecuentes hacia el techo, siendo sustituidas por otros de tamaño intermedio y finalmente sólo existen los de grano fino. Además existen dentro del tipo de "grano grueso" algunas bandas de neises lineares con microglándulas, situadas preferentemente en planos de la foliación principal.

formaciones sufridas por estos materiales las consideramos de edad "hercínica", teniendo en cuenta su relación con las rocas paleozoicas circundantes.

La circunscripción de esta zona metamórfica a una banda estrecha que sigue la alineación antes citada puede explicarse como una zona de materiales autóctonos o paraautóctonos frente a los afloramientos cámbricos y precámbricos involucrados en una tectónica tangencial al S del eje Badajoz-Córdoba.

En cuanto a los *ortoneises* aquí estudiados, for-

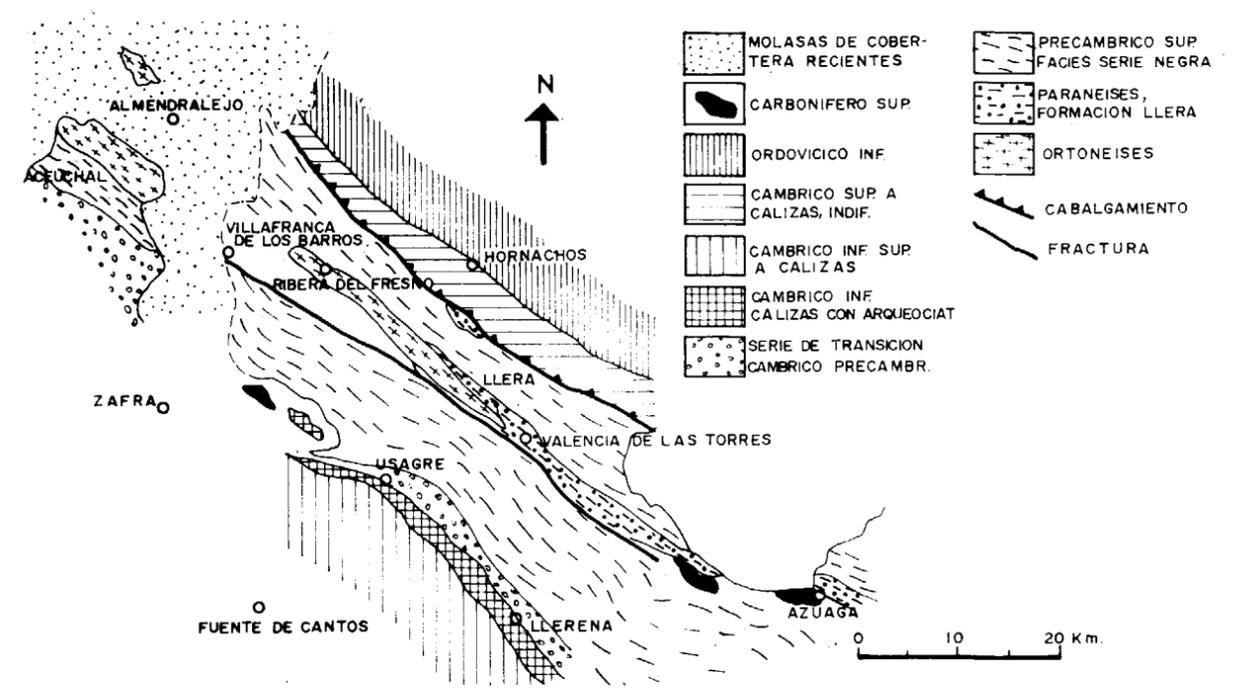


Figura 1

Situación geológica de los afloramientos de rocas orto y paraderivadas.

Estructuralmente los paraneises glandulares ocupan el núcleo de una antiforma alargada según el eje Badajoz-Córdoba. Esta antiforma queda enmarcada por las cuarcitas de la base del Ordovícico (Sierra de Hornachos) y la alineación Alanís-Llerena-Zafra (calizas con arqueociátidos). Los materiales precámbricos de los que forman parte estos paraneises afloran claramente en toda esta zona y están sometidos a un metamorfismo progresivo del tipo sillimanita-distena. El metamorfismo y las de-

man un afloramiento alargado entre Llera y Ribera de Fresno en el núcleo de la estructura Badajoz-Córdoba y en contacto directo con la Formación de paraneises. En otros afloramientos aislados y con características petrográficas diferentes afloran también rocas ortoderivadas al N de Aceuchal y en las proximidades de Almendralejo (fig. 1). Estos últimos afloramientos aparecen aislados por el recubrimiento de arcillas calcáreas pliocuaternarias de la Tierra de Barros.

## II. CARACTERES PETROGRAFICOS.

II.1. *Caracteres petrográficos de las rocas paraderivadas.*

Macroscópicamente se trata de una serie de carácter glándular marcado en la cual la variación del tamaño de los ojos o glándulas es otro de los caracteres distintivos de la misma; en las facies más groseras el tamaño más frecuente oscila entre 1 y 6 cm.; intercalado en estas facies hay un material finamente bandeado de carácter esquistoso que parece desprovisto de glándulas por ser éstas de carácter microscópico; gradualmente se pasa a una facies fina en la cual el tamaño de las glándulas visibles oscila entre 1 y 2 mm. En cualquier caso estas glándulas aparecen incluidas en una mesostasis fundamentalmente biotítica y por tanto de color muy oscuro en la que destacan finos lechos de cuarzo abudinados. Hacia el sector de Azuaga (fig. 1), donde aumenta la intensidad del metamorfismo, estos materiales llegan a adquirir un carácter nebulítico donde son frecuentes las facies leptiníticas que han perdido el carácter glandular.

Microscópicamente se observa que en cualquier caso la paragenesis mineralógica está representada por: Cuarzo + Feldespato alcalino + Plagioclasa + Biotita + Moscovita + Granate + Silimanita + Distena + Apatito + Circón + Oxidos metálicos.

Los ojos o glándulas son en su mayor parte cristales individuales de ortosa—ligeramente microclinizada, pertitizada a veces con reborde albitico—y plagioclasa ( $An_{15}-An_{26}$ ); esta última predomina sobre la primera en las facies finas y viceversa; aunque de forma más esporádica aparecen también cristales individuales de cuarzo, que incluyen finas agujas de silimanita; por último, hay que señalar la presencia ocasional de glándulas policristalinas, en unos casos de cuarzo, y en otros de plagioclasa ( $An_{30.85}$ ) que podrían corresponder a fragmentos de rocas ígneas; estas últimas afirmaciones las hacemos teniendo en cuenta sus caracteres, claramente anteriores a la foliación metamórfica; presentan en general bordes redondeados (ocasionalmente idiomorfos y sólo en las facies más groseras) están girados y distorsionados (planos de macla en plagioclasa deformados); en ocasiones presentan microfisuras de distensión perpendiculares a la foliación rellenas por cuarzo recristalizado; siempre aparecen envueltos por la foliación (fig. 2) y con desarrollo frecuente de sombras de presión.

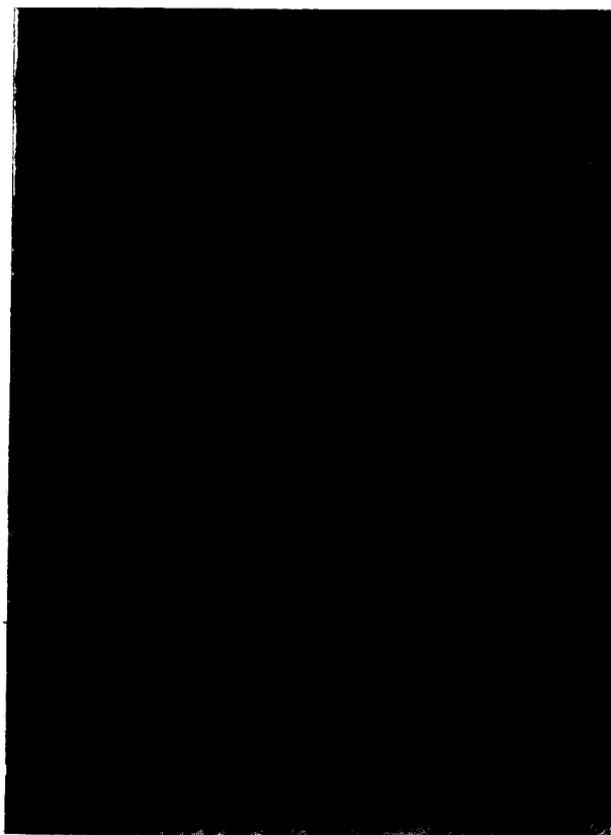


Figura 2

Aspecto textural común en los paraneises de la formación Llera (NII; X 6,3).

aparece ligeramente microplegada. En esta matriz aparecen también algunos blastos de granates rotos, distena y de fibrolita y/o silimanita; estos minerales aparecen en proporciones reducidas en la mayoría de las facies que aparecen en el sector de Llera-Valencia de las Torres, salvo en la banda esquistosa fina—que aparece intercalada en las facies más grosera—donde son extremadamente abundantes y bien desarrolladas; sin embargo, hacia el sector de Azuaga son mucho más abundantes en cualquiera de las facies adquiriendo ex-

traordinario desarrollo en los tipos de aspecto leptinítico (agregado granoblástico cuarzofeldespático con granate, distena, silimanita, moscovita y biotita). Los tres minerales parecen sincrónicos con la foliación o ligeramente posteriores a ella, pero aparecen afectados por la deformación posterior que



Figura 3 a

Paraneis. Silimanita sincrónica con la foliación (NII; X 32).

microplega la foliación (figs. 3, 4, 5, 6). Localmente esta deformación posterior es tan intensa que la roca adquiere una textura de carácter milonítico (en el sentido de Spray 1969): las bandas de cuarzo adquieren un repliegue acusado con recristalización del antiguo agregado de cuarzo en otro finísimo isorientado con respecto a la charnela del micropliegue; los componentes micáceos se convierten casi en su totalidad en un finísimo agregado (mica-flakes) que pasa a sericita y óxidos de

hierro que dibujan las estructuras fluidales nuevas, quedando la mica original convertida en fragmentos distorsionados (fig. 6); asimismo los silicatos aluminicos aparecen distorsionados y quincados y el granate muy fracturado alterado a clorita y óxidos metálicos; esta deformación produce en conjunto un retromorfismo parcial de carácter epizonal en los materiales afectados, lo que ha llevado a algunos autores (Sánchez-Cela y Aparicio, 1972) a considerar a estos materiales como muy poco metamorfizados.



Figura 3 b

Paraneis. Silimanita deformada (NII; X 12,5).

II.2. *Características petrográficas de las rocas ortoderivadas.*

Los tres afloramientos de rocas ortoderivadas que aquí se incluyen—Aceuchal, Almendralejo, Ribera de Fresno-Llera—presentan como denominador



Figura 2

Aspecto textural común en los paraneises de la formación Llera (NII; X 6,3).



Figura 3 a

Paraneis. Silimanita sincrónica con la foliación  
(NII; X 32).



Figura 3 b

Paraneis. Silimanita deformada (NII; X 12,5).

común el ser unos materiales con estructuras planares bien desarrolladas en los cuales las facies de tipo glandular son frecuentes, sin embargo, aun desde el punto de vista macroscópico hay algunas diferencias: así, los materiales que afloran en Ribera de Fresno-Llera y Almendralejo son de carácter leucocrato, de facies, en conjunto homogéneas, en las cuales los ojos son en general inferiores a 1 cm. (en general alrededor de unos cuantos mm.). Mientras tanto, en los materiales que afloran en las proximidades de Aceuchal se muestran dos facies bien definidas. una de carácter también leucocrato, semejante a los anteriores y donde el carácter glandular es aún menos claro ya que los ojos o glándulas no exceden de 1 mm.; otra, en donde el carácter glandular está más desarrollado que en cualquiera de los afloramientos citados y cuyos ojos—de tamaño frecuente alrededor de 1 cm.—están envueltos por una mesostasis en la cual son abundantes los



Figura 4 a, b

Paraneis. Distensa sincrónica con la foliación posteriormente deformada (NII; X 32).



Figura 5

Paraneis. Disposición de los blastos de granate con respecto a la foliación microplegada (NII; X 12,5).

CUADRO I  
Paragénesis mineralógica de las rocas ortoderivadas

	Fresno-Llera	Almendralejo	Aceuchal
Cuarzo	+	+	+
Feldespato alcalino	+	+	+
Plagioclasa	+	+	+
Biotita	×	•×	×
Moscovita	×		
Anfibol			×
Apatito	•	•	•
Circón	•	•	•
Granate	•		
Alanita idiomorfa		•	•
Oxidos metálicos	•	•	•

+ = minerales fundamentales.

× = importantes pero en cantidades no superiores al 10 %; o inferiores al 5 % = •×.

• = accesorios.

componentes fémicos, lo que da una coloración más oscura a la roca.

Microscópicamente las diferencias quedan señaladas por la variación en la paragénesis mineralológica,



Figura 6 a

Biotita que define la foliación metamórfica microplegada por deformación posterior (NII; X 12,5).

gica, expresada en el cuadro I y por unas ligeras diferencias texturales:

Las rocas del afloramiento de Ribera de Fresno-Llera y Almendralejo presentan las características texturales de una filonitización acusada (fig. 7), predominando en general los caracteres de trituración sobre los de recristalización; de esta forma las texturas que recuerdan caracteres ígneos residuales pueden apreciarse en algunos casos (fig. 8).

Los megacrístales son siempre feldespáticos dominando en general el feldespato alcalino sobre la plagioclasa. El primero es una ortosa pertitiza-

da —pertitas desde “string” a grosero “pacht”— con síntomas de microclinización incipiente. Presenta siempre síntomas evidentes de trituración y aplastamiento (mucho más acusado en las rocas del sector de Almendralejo), siguiendo la dirección del elemento planar que se desarrollan en la matriz; presentan, por tanto, bordes muy triturados formados por un agregado feldespático cementado por un fino agregado de cuarzo en mortero, textura que se continúa en la matriz; también



Figura 6 b

Biotita de foliación deformada y triturada en los bordes que están formados por un agregado micáceo fino (sericita en parte) y óxidos metálicos (NII; X 32).

es frecuente la presencia de microfracturas de distensión rellenas de cuarzo recristalizado; asimismo el elemento planar definido en la matriz es siempre envolvente con desarrollo en muchos casos de



Figura 4 a, b

Paraneis. Distena sincrónica con la foliación  
posteriormente deformada (NII; X 32).

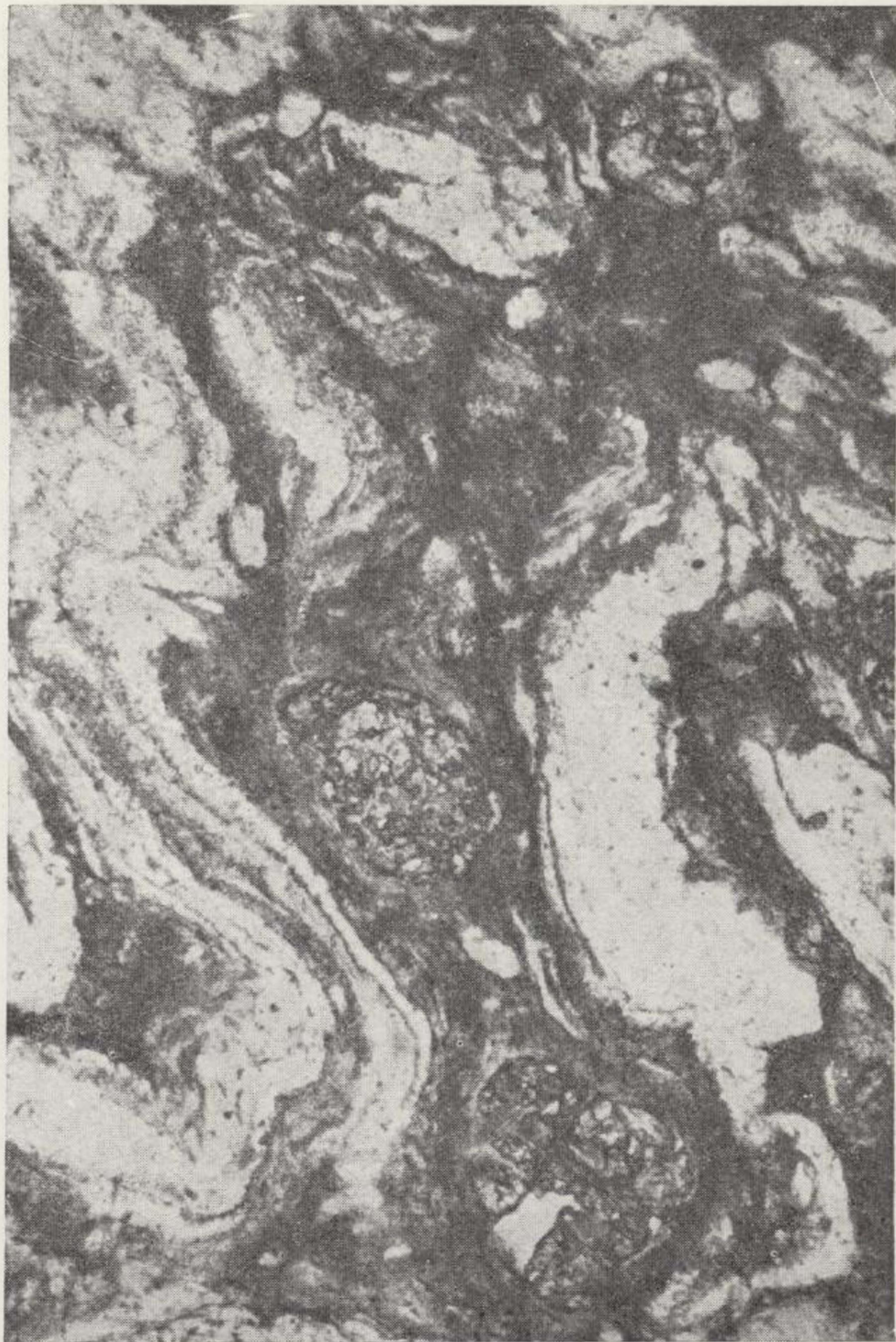


Figura 5

Paraneis. Disposición de los blastos de granate con respecto a la foliación microplegada (NII; X 12,5).



Figura 6 a

Biotita que define la foliación metamórfica microplegada por deformación posterior (NII; X 12,5).



Figura 6 b

Biotita de foliación deformada y triturada en los bordes que están formados por un agregado micáceo fino (sericita en parte) y óxidos metálicos (NII; X 32).

verdaderas sombras de presión. Todos estos síntomas muestran con claridad el carácter antecinemático—verdaderos porfidoclastos—del feldespato alcalino. La plagioclasa presenta los mismos caracteres de porfidoclasto, ya que muestra disposición y estructuras análogas a las descritas, a las que se



Figura 7

Aspecto textural del ortoneis de Ribera de Fresno (NII; X 6,3)

une la fuerte distorsión generalizada de sus planos de macla; aparece débilmente zonada y tiene la composición de una oligoclasa ( $An_{25}-An_{30}$ ), mostrando, como el feldespato alcalino, inclusiones de cuarzo redondeado y/o biotita.

La matriz es fundamentalmente cuarzo-feldespática—siempre por debajo del 15 por 100 en félicos y menos del 5 por 10 en el sector de Almen-dralejo—, formada por lechos acintados, de agregados de cuarzo recristalizados e isoorientados, que definen la foliación (fig. 7). Esta se refleja también en la reorientación, con la deformación subsecuen-

te, de los minerales micáceos primarios (biotita y moscovita en Ribera de Fresno-Llera) y biotita verdosa (muy deferritizada en Almen-dralejo); estos lechos de cuarzo alternan con otros formados por agregados feldespáticos de trituración (con predominio en general del feldespato alcalino sobre la plagioclasa) cementados por un fino agregado en mortero de cuarzo y en menor proporción de sericita. Los minerales accesorios son granate triturado (sólo en el afloramiento de Ribera de Fresno-Llera), apatito y circón, con frecuencia idiomorfos, a los que se suma la alanita—idiomorfa y zonada—y la esfena en las rocas del afloramiento de Almen-dralejo.



Figura 8

Aspecto textural del ortoneis de Ribera de Fresno, en sección perpendicular a la foliación (NII; X 6,3).

Las rocas que constituyen el afloramiento de Aceuchal muestran en los dos tipos de facies unas texturas donde predominan los caracteres de recristalización sobre los de trituración, por lo que

se pueden considerar como “blasto milonitas” en el sentido de Knopf (1931) equivalente al “Hartschiefer” de Spray (1969).

En las facies de característica “glandular” los ojos o glándulas están exclusivamente representados por feldespato alcalino de tipo microclina—siempre pertítica—la mayoría en cristales individuales de formas ovoides cuyos extremos presentan una textura de trituración feldespática, cementada por cuarzo que hace a modo de sombra de presión, a la cual envuelve la foliación má-



Figura 9

Aspecto textural de los ortoneises de Aceuchal (NII; X 6,3).

fica convergente (fig. 9); estos megacristales suelen presentar por lo general un fuerte reborde de cristalización albítico con texturas mirmequíticas abundantes. En algunos casos las glándulas están formadas por un agregado, de cristales de microclina cementados por cuarzo, en todo aná-

logo a los que se producen como extremos de trituración de los cristales individuales.

La plagioclasa está en general relegada a la matriz en la cual los cristales de mayor tamaño presentan distorsión de los planos de macla, lo cual pone de manifiesto su carácter antecinemático y por tanto residual; la composición en este caso es la de una oligoclasa intermedia ( $An_{20}-An_{25}$ ) el resto de la plagioclasa no deformado presenta una composición más ácida ( $An_{10-15}$ ).

Junto a ésta, el cuarzo y el feldespato alcalino forman un agregado “granoblástico” perfectamente engranados (sin bordes cementados) que es la característica diferencial de la matriz con respecto a la de las rocas descrita en apartados anteriores; la biotita y el anfíbol verde—de tipo Riebeckita o Ardfversonita ( $2V_x=44-54$ )—dibujan la foliación de la roca y constituyen el 20 %-25 % del conjunto de la misma; ambos aparecen muy bien desarrollados, no deformados y extraordinariamente frescos, lo que advierte de su carácter sincinemático no residual. Los minerales accesorios son aquí variados, relativamente abundantes y bien desarrollados, sobre todo el circón con frecuencia idiomorfo y la alanita zonada y siempre idiomorfa.

Las facies finas, más leucocratas, de este afloramiento, están formadas por un agregado cuarzo-feldespático, granoblástico, inequigranular en el que destacan las láminas idiomorfas de biotita rojiza no deformadas, estando el anfíbol en este caso subordinado. Esporádicamente se encuentra algún porfidoclasto—de tamaño no superior a 1 mm— de microclina o plagioclasa muy deformados y transformados (albitizados generalmente). El carácter textural de esta roca parece recordar en su conjunto a las variedades graníticas de tipo aplítico.

### II.3. Resumen de las características petrográficas entre los materiales para y ortoderivados.

Resumiendo las características petrográficas de ambos conjuntos se ponen de manifiesto en una serie de diferencias, reflejo de la naturaleza original detrítica o ígnea en cada caso.

En las rocas paraderivadas:

- Es evidente una granoselección marcada que se pone de manifiesto en la progresiva disminución del tamaño de las glándulas de muro a techo.
- Las glándulas están siempre perfectamente individualizadas, algunas de ellas son poliminerales



Figura 7

Aspecto textual del ortoneis de Ribera de Fresno  
(NII; X 6,3)



Figura 8

Aspecto textural del ortogneis de Ribera de Fresno, en sección perpendicular a la foliación (NII; X 6,3).

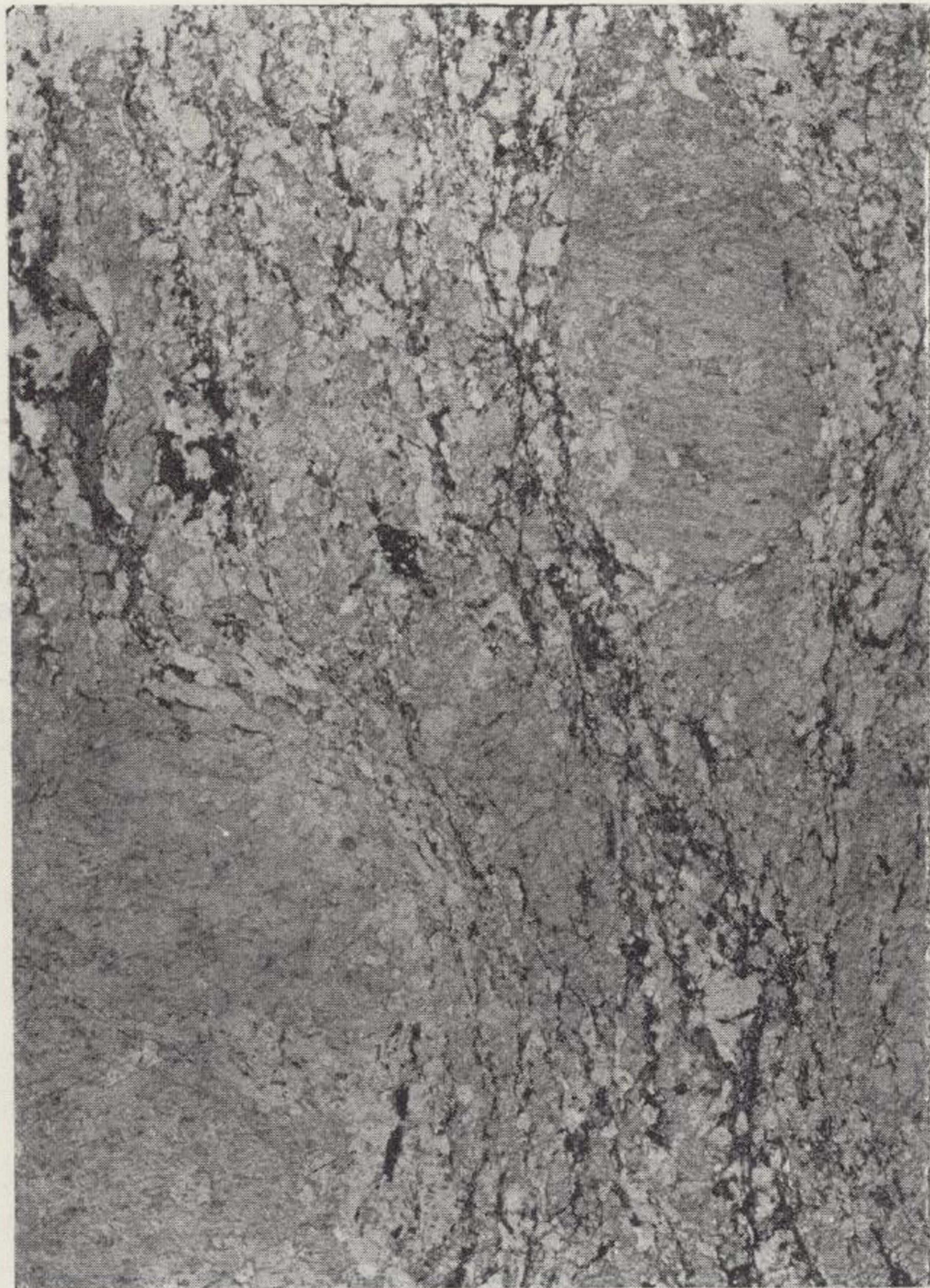


Figura 9

Aspecto textual de los ortoneises de Aceuchal  
(NII; X 6,3).

y pueden corresponder a fragmentos de rocas, en todo caso son claramente antemetamórficas.

c) Composición de la matriz fundamentalmente fémica, donde se define la foliación en general microplegada.

d) Los silicatos aluminicos (Distena+Silimanita) suelen estar siempre presentes, siendo en algunos casos muy abundantes.

En las rocas ortoderivadas:

a) No hay variación glandular transicional, y nunca es acusada, por el contrario hay residuos de texturas ígneas residuales.

b) Las glándulas, claramente anticinematías, no aparecen tan individualizadas de la matriz, cuyos bordes de trituración se continúan sensiblemente a través de esta última.

c) El carácter de la matriz es fundamentalmente cuarzofeldespático y la foliación nunca aparece microplegada.

d) Los minerales aluminicos no están nunca presentes, mientras aparecen representados anfíbol, cirón y alanita idiomorfos.

### III. CARACTERISTICAS PETROQUIMICAS.

En el cuadro II están representados los análisis químicos, normas moleculares y diferentes parámetros de las rocas paraderivadas y en el III los de las rocas ortoderivadas.

Todos estos datos corroboran las diferencias existentes, ya señaladas, entre ambos materiales. Así, las diferencias entre las proposiciones de los diferentes óxidos (ver cuadros II y III) se reflejan en los componentes normativos: Las rocas paraderivadas tienen una proporción de componentes aluminicos (Cordierita+Silimanita), que es en general mayor del doble que en las rocas ortoderivadas, en las cuales suelen aparecer a cambio componentes piroxénicos (salvo en los números 1 y 4 del cuadro II), que son rocas muy feldespáticas.

La proyección en los diferentes diagramas (figuras 10, 11, 12) muestra como las rocas consideradas como paraderivadas (círculos) se proyectan siempre en el campo de las rocas sedimentarias, mientras que las rocas considerados como ortoderivadas (cuadrados) lo hacen sistemáticamente en el campo de las rocas ígneas.

Una vez ratificado el carácter orto y paraderivado en cada caso de estos materiales se pueden

hacer algunas precisiones acerca de la naturaleza original de los mismos a la vista de los datos químicos. En lo que respecta a las rocas paraderivadas

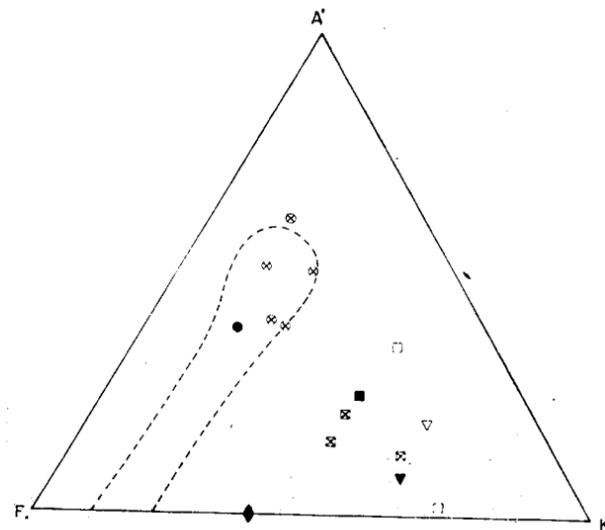


Figura 10

Diagrama A'KF de Winkler (1965). Línea de puntos señala el campo de proyección de las grauvacas. Los círculos cruzados corresponden a los paraneis de la formación Llera; el círculo lleno a una media de la formación Olla de Sapo; los cuadrados cruzados corresponden a los ortoneis de Ribera de Fresno-Llera, los vacíos a los de Almendralejo y Aceuchal y el lleno a un gneis con riebeckita de Galicia. Los triángulos y rombos corresponden a los distintos tipos de granitos proyectados en el diagrama original.

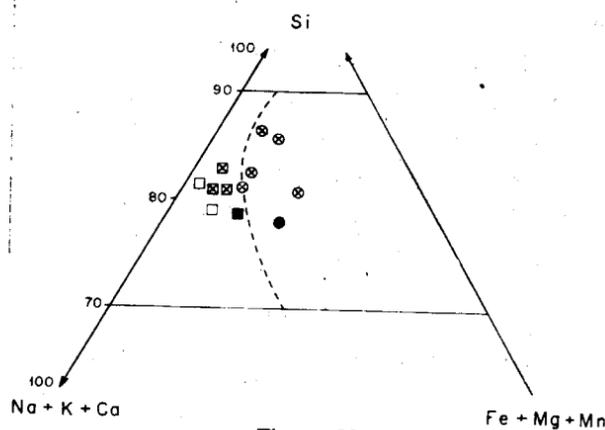


Figura 11

Diagrama de Guitard (1963). La línea discontinua separa el campo de las rocas ígneas (a la izquierda) de las sedimentarias (a la derecha). Círculos cruzados corresponden a los paraneis de la formación Llera el círculo lleno a una media de la formación Olla de Sapo Gallega; los cuadrados cruzados corresponden a los ortoneis de Ribera de Fresno, los vacíos a los de Almendralejo y Aceuchal y el lleno a un gneis con riebeckita de Galicia.

CUADRO II

	1	2	3	4	5	A	B	C	D
SiO <sub>2</sub>	59,70	68,32	69,33	69,76	73,15	68,05	64,70	76,37	63,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,41	19,11	17,10	17,02	14,43	17,81	14,80	10,63	18,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,64	1,20	1,26	1,68	1,00	1,55	1,50	2,12	2,40
FeO	4,24	2,16	1,80	1,94	1,01	2,23	3,90	1,22	2,70
MnO	0,14	0,02	0,02	0,01	0,08	0,05	0,10	0,25	0,05
MgO	1,90	0,86	1,20	1,16	1,31	1,28	2,20	0,23	2,50
CaO	0,70	1,50	2,02	2,00	0,28	1,30	3,10	1,30	1,30
Na <sub>2</sub> O	1,19	2,38	0,70	3,41	3,94	2,32	3,10	1,84	2,40
K <sub>2</sub> O	3,44	4,00	3,00	2,82	2,60	3,17	1,90	4,99	3,60
TiO <sub>2</sub>	0,96	0,50	0,44	0,52	0,15	0,51	0,50	0,41	0,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,31	0,17	0,13	0,08	0,16	0,20	0,21	0,30
H <sub>2</sub> O	3,06	0,41	1,99	0,50	1,91	1,57	2,40	0,83	2,10
Total	99,53	100,77	99,03	100,95	99,94	100,00	101,00	100,94	100,05
Q	35,9	29,8	38,8	26,2	31,5	—	—	—	—
An	2,8	6,0	9,7	9,4	1,1	—	—	—	—
Ab	11,8	21,5	6,5	30,7	36,2	—	—	—	—
O <sub>2</sub>	22,8	24,0	18,9	16,8	15,7	—	—	—	—
Cor(Fe+Mg)	27,9	9,5	17,9	13,3	14,4	—	—	—	—
Sill	5,6	7,4	6,6	0,8	0,2	—	—	—	—
Acc.	3,0	1,69	1,6	1,8	0,9	—	—	—	—
si	278,0	322,0	363,0	332,0	411,0	—	—	—	—
al	48,9	53,2	52,7	42,4	47,86	—	—	—	—
fm	32,3	16,3	22,3	18,2	19,9	—	—	—	—
c	3,4	7,7	11,5	10,2	1,6	—	—	—	—
alk	15,5	28,9	13,5	24,2	30,7	—	—	—	—
k	0,7	0,52	0,7	0,4	0,30	—	—	—	—
mg	0,2	0,21	0,4	0,3	0,54	—	—	—	—
A'	51,0	50,7	61,6	38,8	40,8	—	—	—	—
K	15,1	24,5	14,1	25,1	22,2	—	—	—	—
F	33,9	24,8	24,3	36,1	37,0	—	—	—	—
Si	80,7	82,3	85,7	81,3	85,7	—	—	—	—
Fe+Mg+Mn	9,9	4,1	5,2	4,4	3,5	—	—	—	—
Ca+Na+Ka	9,4	13,6	9,1	14,3	10,8	—	—	—	—

1. Roca microglandular de aspecto esquistoso fino que aparece intercalada en la facies gruesa, cerca de Valencia de las Torres (en Sánchez Cela y Aparicio, 1972).
2. Paraneis de facies glandular gruesa. Próximo a Valencia de las Torres (anal.: I.G.M.E.).
3. Paraneis de facies glandular fina. Proximidades de Llera (Anal.: I.G.M.E.).
4. Paraneis de facies glandular grosera. Cerca de Valencia de las Torres (Anal.: I.G.M.E.).
5. Paraneis glandular medio (en Sánchez Cela y Aparicio, 1972).
- A. Valor medio de los cinco análisis de las rocas anteriores.
- B. Media de 23 grauvacas (en Parga Pondal et. al. 1964).
- C. Media de 5 arcosas (en Parga Pondal et. al. 1964).
- D. Media de 7 análisis de la formación "Olla de Sapo" (en Parga Pondal et. al. 1964).

CUADRO III

	1	2	3	4	5	A	B	C	D
SiO <sub>2</sub>	68,60	72,00	72,20	72,26	75,26	71,26	73,86	71,08	73,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,60	13,56	13,74	15,12	12,53	14,75	13,75	11,26	11,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,31	0,68	0,83	0,82	0,40	1,17	0,78	4,28	4,91
FeO	0,86	1,30	1,22	1,08	1,14	1,11	1,73	2,19	1,45
MnO	0,02	—	0,03	0,10	0,03	0,03	0,05	0,11	0,04
MgO	0,16	1,31	0,67	0,40	—	0,63	0,26	0,25	0,25
CaO	1,60	0,70	0,56	2,12	0,43	1,24	0,72	0,84	0,23
Na <sub>2</sub> O	4,22	2,99	3,81	4,15	4,55	3,79	3,51	4,92	4,60
K <sub>2</sub> O	4,26	5,49	5,34	2,76	5,10	4,46	5,13	4,21	3,99
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,26	0,30	0,06	0,12	0,23	0,47	0,40	0,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,08	0,15	—	0,23	0,06	0,20	0,07	0,07
H <sub>2</sub> O	0,94	1,47	1,01	1,00	0,18	1,10	0,14	0,39	0,28
Total	99,92	99,84	99,86	99,87	99,98	99,83	—	—	101,06
Q	20,9	23,8	25,4	30,8	27,1	—	—	—	29,2
An	8,0	3,1	2,1	9,6	—	—	—	—	—
Ab	38,4	27,6	34,7	38,0	38,5	—	—	—	40,0
Or	25,7	32,2	32,0	16,7	30,1	—	—	—	23,2
Cor(Fe + Mg)	6,6	4,8	3,3	4,0	—	—	—	—	—
Wo	—	—	—	—	0,3	—	—	—	0,4
En + Hy	—	6,7	1,3	—	1,8	—	—	—	0,6
Eg	—	—	—	—	1,3	—	—	—	2,0
Ns	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—
Acc.	1,9	1,8	1,4	—	0,5	—	—	—	4,3
si	328,0	386,0	41,0	383,0	447,0	—	—	—	—
al	46,8	42,8	45,0	47,2	43,9	—	—	—	—
fm	12,2	18,9	12,4	10,2	7,9	—	—	—	—
c	8,3	3,9	3,4	11,9	2,7	—	—	—	—
alk	32,7	34,4	39,2	30,7	45,5	—	—	—	—
k	0,40	0,54	0,47	0,30	0,42	—	—	—	—
mg	0,05	0,54	0,25	0,18	—	—	—	—	—
A'	36,2	14,8	12,5	21,6	1,7	—	—	—	—
K	48,3	45,7	59,2	45,2	75,7	—	—	—	—
F	15,5	39,5	28,3	33,2	22,6	—	—	—	—
Si	78,9	80,8	81,0	81,3	81,3	—	—	—	—
Fe + Mg + Mn	3,4	4,0	16,5	2,2	1,4	—	—	—	—
Ca + Na + Ka	17,7	15,2	2,5	15,5	17,3	—	—	—	—

1. Ortoneis del afloramiento de Ribera de Fresno (en Sánchez Cela y Aparicio, 1972).
  2. Ortoneis de Almedalejo (Anal.: I.G.M.E.).
  3. Ortoneis del afloramiento de Ribera de Fresno, cerca de Valencia de Las Torres (Anal.: I.C.M.E.).
  4. Ortoneis de Ribera de Fresno, en las proximidades de esta localidad (Anal.: I.G.M.E.).
  5. Ortoneis de Aceuchal, en el mismo pueblo (Anal.: I.G.M.E.).
- A. Media de los cuatro primeros.  
 B. Media de granitos alcalinos (en Nockolds, 1953).  
 C. Media de granitos hiperalcalinos (Nockolds, 1953).  
 D. Ortoneis con riebeckita (en Floor, 1966).

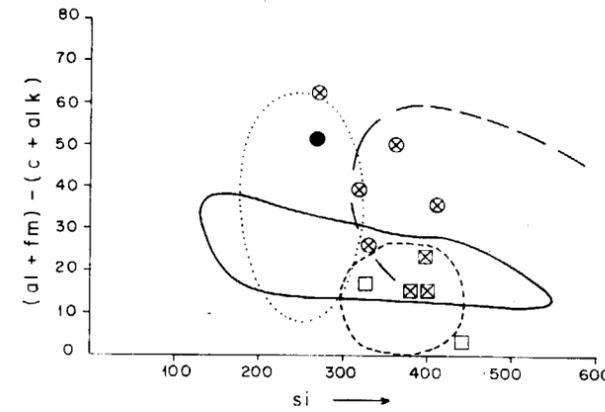


Figura 12

Diagrama de Dudek y Suk (1964). Línea de puntos, campo de proyección de sedimentos grauváquicos; línea discontinua de trazo amplio, campo de proyección de los sedimentos arcósicos; línea continua, campo de proyección de las rocas ígneas; línea discontinua de trazo corto, campo de proyección de ortoneises. Círculos cruzados corresponden a los paraneises de la formación Llera; el círculo heno a una media de la formación Ollo de Sapo Gallega; los cuadrados cruzados corresponden a los ortoneises de Ribera de Fresno, los vacíos a los de Almedalejo y Aceuchal.

la media de las mismas (cuadro II, A) se aproxima más a la media de las grauvacas (cuadro II, B) que a la de las arcosas (cuadro II, C); además en el diagrama A/KF (fig. 10), estos materiales se proyectan en el campo de las grauvacas, mientras que en el diagrama Si/(fm+al)-(c+alk) lo hacen tanto en el campo de las grauvacas (facies más finas) como en el de las arcosas (facies más groseras). Asimismo su afinidad química con las facies "Ollo de Sapo" gallegas (parga-Pondal et al. 1966) es bastante grande como parece deducirse por la media de este material (cuadro II, D) y por la proyección del mismo en los diferentes diagramas, en los cuales coincide con pequeñas diferencias, con nuestros materiales.

En lo que se refiere a las rocas ortoderivadas, la media de las cuatro muestras de composición más parecida (cuadro III, A), muestra composición análoga a la de la media (cuadro III, B) de los granitos alcalinos de Nockolds (1953); mientras que el ortogneis de Aceuchal coincide con la media de los granitos parcalinos (cuadro III, C) del mismo autor. Además, en todos ellos (números 1 al 5 en cuadro III) se cumple la relación  $alk > 2/3 al$ , que los clasifica asimismo como granitos alcalinos; en el de Aceuchal se cumple además que  $al < ak$ , lo cual los sitúa también dentro de los granitos peralcalinos, en la misma forma que lo hacen los orto-

neises con riebeckita (III, D) de Galicia (Floor, 1966), cuya composición normativa es asimismo idéntica, y por lo cual ambos materiales pueden considerarse de naturaleza análoga.

#### IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Los datos aportados en este trabajo permiten distinguir dos tipos de rocas neísicas y glandulares de características genéticas diferentes:

Por una parte se determina un conjunto de Paraneises con caracteres petrográficos y químicos de metasedimentos correspondientes a una secuencia detrítica original con predominio de grauvacas y arcosas groseras. Los ojos o glándulas de estos paraneises se consideran como elementos detríticos residuales (1), teniendo en cuenta su carácter de objetos físicos anteriores a la foliación metamórfica principal. Estos materiales han sido sometidos a un metamorfismo de tipo *distena-silimanita* en un gradiente metamórfico que se puede situar en el límite entre los estadios medio y alto de Winkler (1970); con posterioridad han sido afectados por fenómenos de deformación y retromorfosis epizonal (ver pág. 4). Las características petrográficas y geoquímicas de estas rocas permiten comparar con mayor fundamento los paraneises aquí estudiados con la formación gallega "Ollo de Sapo" (Parga-Pondal et al. 1964) en sus niveles metamórficos a partir de la aparición de la silimanita (Capdevila, 1967). Una estrecha identidad se puede considerar además con algunos paraneises del Sistema Central. Esta correlación concuerda de manera general con la posición claramente anteordovícica de estos materiales paraneísicos en todo el Macizo Hespérico.

Por otro lado, se han diferenciado *ortoneises*, derivados en su origen de granitoides antiguos de carácter alcalino e incluso hiperalcalino, probablemente con predominio de facies inequigranulares, según el carácter porfidoclástico que presentan en la actualidad. Sus características texturales y composicionales hacen posible una comparación con el complejo de ortoneises de Galicia Noroccidental (Floor, 1966). Esta analogía se hace patente sobre todo en los ortoneises de Aceuchal.

El otro punto importante a considerar es la edad del metamorfismo y las deformaciones que han

(1) Algunas glándulas parecen verdaderos fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias.

sufrido estos materiales y acerca de los cuales han de tenerse en cuenta los dos tipos de posibilidades apuntadas en trabajos anteriores (Bard, 1967; Bard et. al. 1971; Vegas, 1972):

a) Metamorfismo prehercínico (involucrado en el ciclo hercínico).

b) Metamorfismo hercínico.

En el primer caso es preciso basarse en datos petrográficos indirectos o en otras consideraciones estratigráfico-tectónicas en áreas vecinas:

1) Existencia en el eje Badajoz-Córdoba de un metamorfismo de tipo distena-silimanita. Este tipo es considerado en general como precámbrico y resulta diferente al descrito en otros sectores de Extremadura, de tipo Andalucita-Silimanita (Fabries, 1963, Bard, 1969).

2) Existencia de cuerpos graníticos antiguos que hemos considerado análogos a los del complejo neísico de Galicia noroccidental, donde se han considerado como prehercínicos.

3) Existencia de una discordancia "cadomiense" marcada por conglomerados con elementos metamórficos en Sierra Morena Central (Capdevila et. al. 1971).

4) Discontinuidad estructural marcada por la existencia de una esquistosidad anterior al cámbrico en el Sur de Portugal (Ribeiro com pers.).

Por el contrario, los argumentos en favor de una edad hercínica para el metamorfismo de las rocas neísicas de los afloramientos estudiados se puede resumir en:

1) Dos tipos de metamorfismo pueden coexistir en una misma cadena; con lo cual se contrarresta el punto 1 de la posibilidad anterior.

2) No existen pruebas de una discordancia ni estratigráfica ni tectónica que separe una orogenia "cadomiense" en toda la región estudiada.

3) El distena, probable indicadora del metamorfismo prehercínico, no aparece como mineral reliquia, sino perfectamente desarrollada, bien conservada y claramente sincrónica con el resto de los minerales metamórficos.

4) No hay evidencia de polimetamorfismo. A lo sumo hay indicios de retromorfismo de facies epizonal que puede ser sincrónico con la segunda fase mayor hercínica (fase retromórfica de Bard, 1969).

5) La edad de los ortoneises, teniendo en cuenta su tipo de deformación podrían considerarse posteriores a la fase principal (tangencial) hercínica. Con la excepción del ortoneis de Aceuchal, todos

muestran caracteres de trituración más importantes que los de recristalización. El ortoneis de Aceuchal podría considerarse entonces sincrónico con la fase hercínica sinmetamórfica (F<sub>1</sub>).

En resumen, las consideraciones expuestas nos inclinan a colocar a los *paraneises* (Formación Llera de Vegas, 1972) en el Precámbrico Superior base de la "serie negra", metamorfizados y deformados en el ciclo hercínico. Por otra parte, los *ortoneises* diferenciados deben corresponder a cuerpos granitoides productos de la evolución magmática hercínica deformados y recristalizados en el climax metamórfico para el caso de Aceuchal, y deformados en las fases postmetamórficas hercínicas (F<sub>2</sub> fundamentalmente) para el caso de Ribera de Fresno y Almendralejo, siendo entonces estos últimos claramente posteriores. Sin embargo, mientras no haya datos más concretos, queda abierta la posibilidad de que estos materiales hayan sido afectados por un metamorfismo prehercínico y que las deformaciones y retromorfosis posteriores observados en ellos sean el único reflejo de su incorporación al ciclo hercínico.

#### BIBLIOGRAFIA

BARD, J. P.: *Granites écrasés et orthogneiss "Ollo de Sapo" a disthene dans la bande metamorphique de Badajoz-Azuaga (Badajoz, Espagne) et le probleme d'un socle brioverien dans le Sud de l'Espagne*. "C. R. Acad. Sc. Paris", 265, 1875-78 (1967).

— *Le metamorfisme regional progressif des Sierras d'Ara-cena en Andalusie Occidentale (Espagne) sa place dans le segment hercynien Sud-Iberique*. "Theses Fac. Sci. Univ. Montpellier", 398 (1969).

BARD, J. P.; CAPDEVILLA, R., y MATTE, PH.: *La structure de la chaine hercynienne de la Meseta Iberique: comparaison avec les segments voisins. En Histoire structurale du Golfe de Gascogne*. "Publi. Inst. Francais du Petrole", I.4.1., 14-68 (1971).

CAPDEVILLA, R.: *Le metamorphisme regional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice nord-Orientale (NW de l'Espagne)*. "These, Fac. Sci. Univ. Montpellier", 430 (1969).

CAPDEVILLA, R.; MATTE, PH. y PAREDES, J.: *La nature de Precambrien et ses relations avec le Paleozoique dans la Sierra Morena centrale (Sud de l'Espagne)*. "C. R. Acad. Sc. Paris", 273, 1359-1362 (1971).

DELGADO QUESADA, M.: *Esquema de la hoja núm. 878 de Azuaga*. "Bol. Geol. y Min.", 82, 13-4, 277-286 (1971).

DUDEK, A., y SUK, M.: *Zur geologischen Entwicklung des Maldanubikums*. "Ber. d. Geol. Fes. DDR.", 10, 2, 147-161 (1964).

FABRIES, J.: *Les formations cristallines et metamorphiques du Nord Est de la province de Seville (Espagne)*. "Tesis. Fac. Sci. Univ. Nancy", 276 (1963).

FLOOR, P.: *Petrology of an aegirine riebeckite gneiss bead ring part of the Hesperian Massif: The Galineiro and surrounding areas, Vigo, Spain*. "Leids. Geol. Meded.", 36, 1-204 (1966).

— *Los metasedimentos y gneises graniticos antehercinicos*. "Leids. Geol. Meded.", 36, 235-242 (1966 b).

GUITARD, G.: *Sur l'importance des orthogneis derivent du metamorphisme d'anciens granites parmi les gneiss oeuillés de Canigou (Pyrenées Orientales)*. "C. R. Som. Soc. Geol. France", 4, 130-132 (1963).

GUTIÉRREZ ELORZA, M.; HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.; VEGAS, R.: *Los grandes rasgos geológicos del Sur de la provincia de Badajoz y Norte de la de Huelva*. "Bol. Geol. y Min.", 82, 269-273 (1971).

KNOPF, E. B.: *Retrogressive metamorphism and phyllo-nitisation*. Part. 1. "Am. Journ. or Sci.", 21, 1-27 (1931).

NOCKOLDS, S. R.: *Average chemical compositions of some igneous rocks*. "Geol. Soc. Amer. Bull.", 65, 1007-1032 (1954).

PARGA-PONDAL, I.; MATTE, P. y CAPDEVILLA, R.: *Introduction a la géologie de L'"Ollo de Sapo" formation porphyroide antesilurienne du nord-ouest de l'Espagne*. "Not. Comm. Inst. Geol. y Min. España", 76, 119-154 (1964).

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

SPRAY, A.: *Metamorphic Textures*. "Pergamon Press", 350 páginas (1969).

VEGAS, R.: *Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena Occidental y las Sierras del N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)*. "Bol. Geol. y Min.", 82, 3-4, 351-358 (1971).

— *Las formaciones preordovicicas de Extremadura y Sierra Morena Occidental. Su evolución geotectónica*. "Tesis. Fac. Cienc. de Madrid", 485 (1972).

WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer Verlag, 220 (1965).

— *Abolition of metamorphic facies, introduction of the four divisions of Metamorphic stage, and of a Classification based on Isograds in Common rocks*. "N. Jarhdbuch f. Mineralogie", 1970, 5 189-248 (1970).

Recibido: Septiembre 1973.

# INFORMACION

## Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XIX Campamento para Prácticas de Geología "Benasque" 1973

por F. BODEGA y L. M. RIOS

### I. INTRODUCCION.

El XIX Campeonato para Prácticas de Geología, que, ininterrumpidamente y desde hace diecinueve años, organiza la cátedra de Geología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, con la valiosa colaboración, desde hace cuatro años, de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A., se ha desarrollado durante los días 5 al 23 de julio de 1973.

La base se volvió a establecer en Benasque (Huesca), al igual que el año anterior, ya que las localidades de Plan y San Juan de Plan, más cercanas a las zonas de trabajo, carecen de alojamientos para los participantes en las noches en que no se pernocta en el campo.

Han asistido en total 17 participantes de la siguiente procedencia: tres alumnos de la Universidad de Madrid; dos, de la de Granada; uno, de la Escuela de Ingeniería Técnica de Belmez; dos, de la Universidad Técnica de Friburgo (Alemania); uno de la Universidad Técnica de Colonia (Alemania); uno, de la Universidad Técnica de Estambul (Turquía), y siete, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Como codirector y jefe del Campamento actuó Adriano García-Loygorri, doctor ingeniero de Minas, profesor encargado de Campamentos y Prácticas de Geología de la cátedra de Geología de la Escuela de Minas, y como instructores, Fernando Bodega, doctor ingeniero de Minas de la Empresa Nacional Adaro, y Luis María Ríos Aragiües, doctor ingeniero de Minas, del equipo de trabajo de la cátedra de Geología de la Escuela de Minas de Madrid. En la primera mitad de este Campamento se contó también con la colaboración, como instructor, de Pedro Lizaur Otero, ingeniero de Minas, de la Empresa Nacional Adaro.

Julián Vega Esteban, ingeniero técnico de Minas, maestro de laboratorio de la cátedra de Geología de la Escuela de Madrid, continuó en su actuación de secretario de Campamento.

### 2. DESARROLLO DEL CAMPAMENTO.

El principal objetivo marcado para este Campamento era el estudio del Paleozoico autóctono del macizo del Posets, cuya cima más elevada, 3.375 metros, constituye la segunda altura del Pirineo, ya que sólo es sobrepasada en 29 metros por el vértice más elevado del macizo de La Maladeta.

Era necesario llegar a una determinación de los límites de la estrecha banda paleozoica que separa los afloramientos graníticos, que hemos llamado de Los Millares y del Posets, y también sentar criterios de posición en lo que veníamos llamando "Paleozoico indiferenciado", y que, al mismo tiempo, sirvieran para establecer principios de correlación de áreas distantes entre sí.

El hallazgo de las pizarras carburadas con Orthoceras, que son los materiales estratigráficamente más bajos de la zona, y que constituyen el núcleo de un anticlinal volcado al SW del lago Llardaneta, y los estudios estructurales iniciados, necesarios, aunque no previstos, para el desarrollo de estos Campamentos, han sido fundamentales para el establecimiento de estos criterios de posición, por otra parte favorecidos por las diferencias físicas, color y dureza, de los estratos.

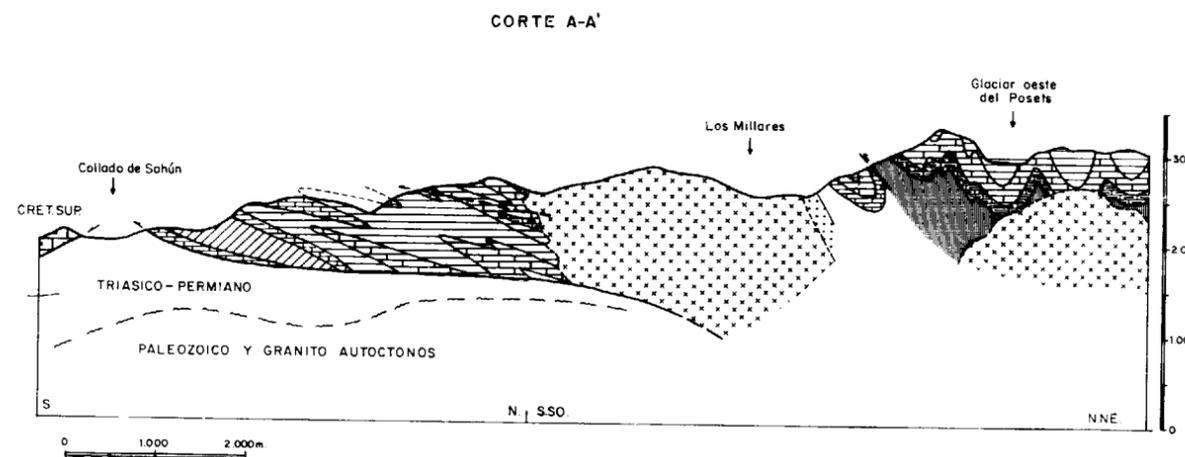
Para las excursiones de entrenamiento se repitió el recorrido del año anterior, en la carretera de Benasque a Baños de Benasque, en el fondo del valle del Esera, y se realizó otro nuevo, en la margen izquierda, a la altura de la antigua mina de pirita de Cerler.

Pudimos contar, para charlas y exposición de trabajos realizados por los equipos y oficina con un aula de la Escuela Municipal de Benasque.

Los alumnos se distribuyeron en seis equipos, y prácticamente se cubrieron los objetivos previstos, aunque les grandes distancias a recorrer, las diferencias de cota que había que salvar para pasar de unos circos a otros, o simplemente para alcanzar algunos puntos y, sobre todo, las numerosas tormentas que retrasaron salidas y anticiparon retornos, dificultaron enormemente la marcha de los trabajos.

gráfica en la mayoría de los lugares, según la serie litostratigráfica del cuadro adjunto. Además se han precisado los contornos de los macizos graníticos de Los Millares y del Posets.

Al norte de Cerler se reconoció la serie del Devónico, a lo largo de una pista forestal nueva que corta las capas de la Montaña de Rueda, dentro de la zona de trabajo de la tesis doctoral de Arche (1971). Este corte nos sirvió para establecer una correlación entre la serie litológica de nuestra zona y la cronoestratigrafía definida por dicho geólogo.



Estrato	Era según Arche	Correlación con Arche, 1971	Denominación nuestra	Denominación WENNERER, 1963	Trama Cartográfica	Espesor en metros	Columna	Descripción litológica
DEVONICO	Givetiana inf. + Couviniense	D <sub>4</sub> -D <sub>3</sub>	Eriste			>250		Pizarras negras que por metamorfismo pasan a corneanas perdiendo al cuarzo, pátina ferruginosa.
			D <sub>3</sub> Meñeme			80		Caliza gris con pasadas de pizarra. Presencia de tonos verdes, morados y marrones, preferentemente en el techo.
			D <sub>3</sub> Fonchanina			200		Pizarras negras como arriba
			D <sub>3</sub> Basibé			150 a 200		Predominantemente caliza, aspecto masivo, crinoides, generalmente recristalizado.
SILURICO	Gediniense	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> Gelada			100		Alternancia de pizarra gris y caliza como la de arriba
						>300		Pizarras carburadas. Hacia el techo nivel de caliza negra con orthoceras

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS.

El mapa que se incluye completa el publicado en la Memoria anterior, ampliándolo hacia el Este, hasta el límite de la hoja de Bielsa.

Se refiere al Paleozoico y granitos que constituyen la unidad cabalgante, cuyo límite Sur pasa por el collado de Sahún.

El Paleozoico autóctono cabalga sobre el Permotrias y la flecha mínima de corrimiento se puede estimar en unos cinco kilómetros hacia el Sur.

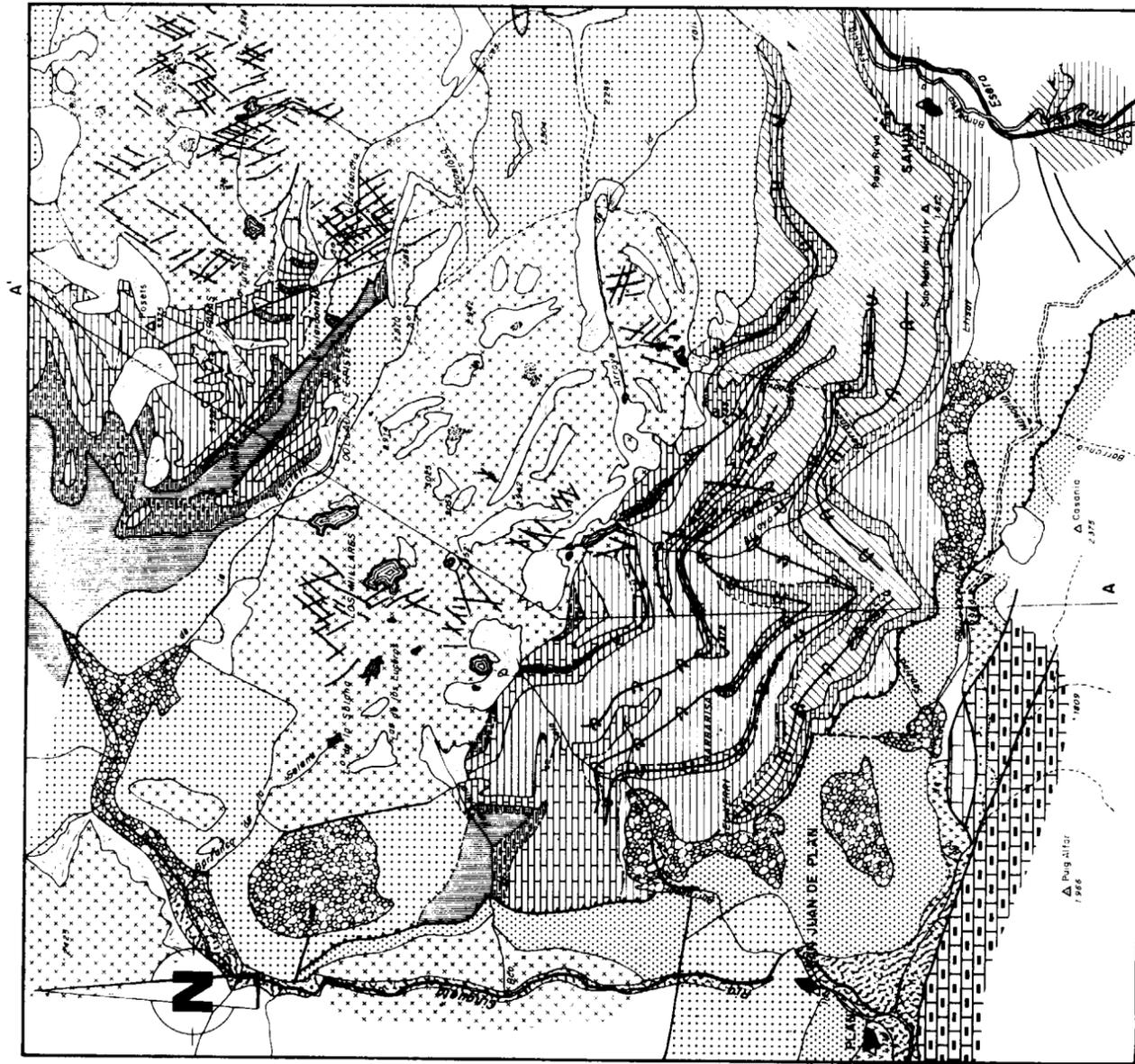
En el Paleozoico, que en su mayor parte resulta ser Devónico, se ha podido realizar una subdivisión carto-

De techo a muro encontramos:

— Pizarras negras de gran desarrollo, supuestas carboníferas, aunque sin ningún criterio de datación válido.

— Unos 100 metros constituidos por una alternancia de caliza con pasadas más finas pelíticas. En la parte inferior, la caliza es predominantemente una esparita gris oscura en bancos de 1 decímetro a 1 metro de potencia. Hacia arriba, la potencia de los bancos disminuye hasta el orden del centímetro y los tonos se hacen más claros, apareciendo, tanto en la caliza como en la pizarra, coloraciones verdes, ocre y moradas. Estas tonalidades de color se deben probablemente a la influencia de aportes de origen volcánico, idea que se afirma al haber encon-

**MAPA GEOLOGICO DE LA MARGEN  
IZQUIERDA DEL RIO CINQUETA**



**LEYENDA**

	CUATERNARIO	CRETACEO	TRIAS	DEVONIANO	SILURIANO	GRANITOS
Aluvión	[Pattern]					
Conchales	[Pattern]					
Morrenas y Pie de monte	[Pattern]					
Maestrichtiense-Campaniense		[Pattern]				
Santoniense		[Pattern]				
Coniaciense		[Pattern]				
Keuper			[Pattern]			
Permotrias			[Pattern]			
Eriste			[Pattern]	[Pattern]		
Mañanet			[Pattern]	[Pattern]		
Fonchamino			[Pattern]	[Pattern]		
Basibé			[Pattern]	[Pattern]		
Gejada			[Pattern]	[Pattern]		
In diferenciado				[Pattern]	[Pattern]	

Trozo del plano actual  
de pliegues



En dirección SE, Ibón de Llardaneta. A la izquierda, pizarras del Silúrico en núcleo de inticinal



En dirección N, Devoniano del Tucón de la Canal (3.085 metros) y de la Tuca Alta (2.905 metros)



En dirección NW, repliegues del Devoniano del pico Las Espadas (3.332 metros)



En dirección NE, sinclinal devoniano al NW de Posets. En el fonde del barranco, las pizarras del Silúrico



Panorámica de la zona de Cerler, hacia el W. Macizos de Millares y de Posets, al fondo. A la derecha del primer plano el Devoniano de Las Tucas de Ixeia (2.835 metros). En segundo plano, el pico Perdiguero (3.170 metros)

trado Arche fragmentos de rocas volcánicas y vidrios en el residuo insoluble al CIH de las calizas.

Este paquete calizo lo denominó Arche D<sub>4</sub> y lo considera equivalente lateral de las biohermas de corales y estromatopóridos, de los cuales la facies esparítica sería el entorno; por similitud con otras zonas de su tesis y del Pirineo Central, le atribuye una edad Couviniense. Los geólogos holandeses (Wennekers, 1968) llaman a este tramo la formación Mañanet.

— Unos 50 metros de pizarras negras algo calcáreas en algunos tramos (Formación Fonchanina de Wennekers).

— Unos 200 metros de caliza micrítica negra con niveles de crinoides, masiva en la parte alta (formación Basibé de los geólogos holandeses) y con alternancias de pizarra en la parte interior, al que se le atribuye una edad Gedinense a Emsiense. La primitiva atribución, aunque con dudas, de los geólogos holandeses (Wennekers, 1968 y Mey, 1967) de la formación Basibé al Devónico Medio ha sido rebajada por otro geólogo de la misma escuela, al Devónico inferior, al encontrar conodontos en la parte superior de dicha formación, que dan una edad Emsiense (Habermehl, 1970).

— Ampelitas Silúrico.

Los geólogos holandeses consideraron erróneamente a la formación Mañanet como el nivel de calizas "griotta" del techo del Devónico, lo cual concordaba bien con la supuesta atribución de las pizarras de Cerler al Carbonífero.

En la cartografía que presentamos, al oeste de Sahún, se pone de manifiesto que, por encima de la formación Mañanet, existe un gran desarrollo de pizarras constituyendo un sinclinalo vergente al S; dichas pizarras se prolongan hasta Eriste, y más al E, hasta las pizarras de Cerler. Las pizarras de Eriste son análogas a las que están debajo del banco Mañanet, de tal modo que, si no fuera por la presencia de este banco, no se podrían diferenciar. De hecho, Wennekers las cartografía como formación Fonchanina.

Es decir, que el tipo de sedimentación pelítica presente en el Devónico (formación Fonchanina) se continúa con las mismas características en la formación Eriste, sin que parezca existir un hiato o discordancia entre las dos series, por lo que a la formación Eriste le corresponde probablemente una edad devónica.

En este caso, y dada la correspondencia lateral entre las pizarras de Eriste y las de Cerler, surge una duda muy seria acerca de la edad carbonífera de estas últimas.

Desde el punto de vista estructural en la zona del Posets nos parece encontrarnos con la superposición de por lo menos tres fases. La primera es de dirección de ejes NNW-SSE; segunda, de direcciones WSW-ENE está muy bien desarrollada en los pliegues visibles al NW del Posets, que denotan una deformación de tipo semejante, con planos axiales buzando de 45 a 70 grados al N; la relación temporal entre las dos fases se deduce en el flanco SE del pico Las Espadas (al SW del Posets, 3.332

metros), en donde los dos flancos del sinclinal de primera fase, que constituye dicho pico, están plegados según un plano axial transverso de segunda fase. Los ejes de los pliegues que resultan son la intersección de este plano axial con la dirección y buzamiento de uno y otro flanco del sinclinal original. También en la Tuca Alta (2.905 metros), el conjunto del anticlinal de plano axial subvertical que allí se observa está torcido por una fase posterior, que debe corresponder a la que suponemos es la segunda.

La presencia de una tercera fase se hace sentir en el anticlinal de núcleo silúrico junto al ibón de Llardaneta, de dirección NW-SE y volcado al SW, ya que los planos de crucero que allí se observan son anteriores a la formación de dicho anticlinal. En efecto, el crucero no corresponde al plano axial de la estructura y, además, el crucero del flanco invertido está girado 180° con respecto al del flanco normal alrededor del eje del anticlinal.

En la región al S del granito de Los Millares nos encontramos, sobre todo, con la que creemos segunda de las fases, representada por una serie de pliegues muy tendidos, de amplitud hectométrica a kilométrica, de tipo semejante y prácticamente isoclinales, características que son puestas de manifiesto por la cartografía y por la construcción del corte tectónico a ella condicionada; la dirección de los ejes es WSW-ENE y los planos axiales buzaban 17 a 21° al Norte. También hay repliegues métricos a decamétricos de dirección más o menos ortogonal a ésta, y que pueden representar la primera fase.

Los batolitos graníticos cortan todas estas estructuras sin que se evidencien señales de empuje. Solamente, como ya se observó en anteriores Campamentos, hay una cierta digestión del encajante.

Posteriormente, durante las fases alpinas, el conjunto Paleozoico y granitos cabalga hacia el S sobre el Permo-trías. Probablemente, este fenómeno es contemporáneo del manto de Gavarnie.

Considerando una dirección alpina para este cabalgamiento, los puntos de la cartografía del contacto anormal los proyectamos en el corte tectónico, donde se representa de manera bastante aproximada el aspecto de la superficie de cabalgamiento.

En cuanto a las masas graníticas de Los Millares y del Posets, después de los correspondientes estudios petrográficos se ha podido concluir que, como creíamos, constituyen una misma unidad, dividida en superficie por una estrecha faja paleozoica de dirección NO-SE, en la que se incluye el lago Llardaneta.

#### 4. ESTUDIO DE MUESTRAS.

De las muestras de campo, recogidas en el XIX Campamento y estudiadas posteriormente por la doctora Aurora Argüelles, de la Empresa Nacional Adaro, se han seleccionado seis para incluir en esta Memoria, con fotografía y descripción de cada una de ellas.

Estas tres muestras se pueden considerar petrográficamente análogas.

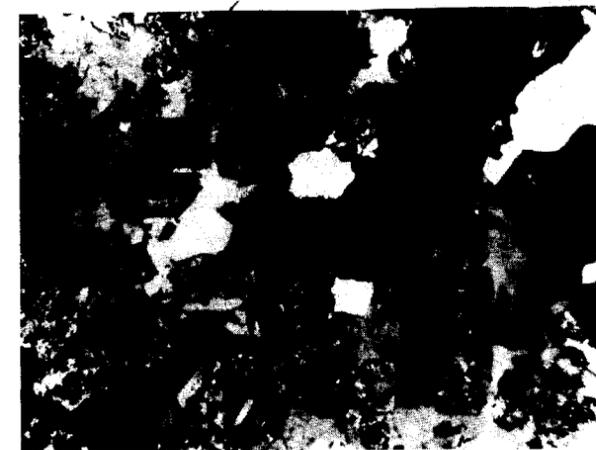
A la vista de su composición mineralógica, las tres son granodioritas con hornblenda.

Están formadas, de mayor a menor, por plagioclasa zonada, cuarzo, microlino, biotita y hornblenda verde clara, como componentes fundamentales. Los minerales accesorios comunes son apatito, circón y opaco.

El carácter textural es hipidiomórfico de grano medio, con plagioclasa euhedral, hornblenda y biotita subidiomórficos y cuarzo-microclino anhedral, ocupando los espacios intersticiales dejados por los tres anteriores componentes. El microclino muestra los mayores cristales englobando placas de plagioclasa y ferromagnesianos poiquilíticamente.

El estado de conservación es bastante fresco. El más afectado es el plagioclasa con sericitización, y mineral de zoisita frecuente y preferentemente en el núcleo; la biotita parcialmente cloritizada, además de esfena y algo de mineral de epidota; los restantes componentes, hornblenda y microclino, están frescos.

Los efectos de deformación son prácticamente nulos; ligera extinción ondulosa del microclino, cuarzo y flexiones escasas en la biotita, lo que indica que su formación es posttectónica.



Muestras 1, 2 y 3.

Tomadas, respectivamente, en el borde y zona central del macizo de Los Millares y en el granito del Posets.

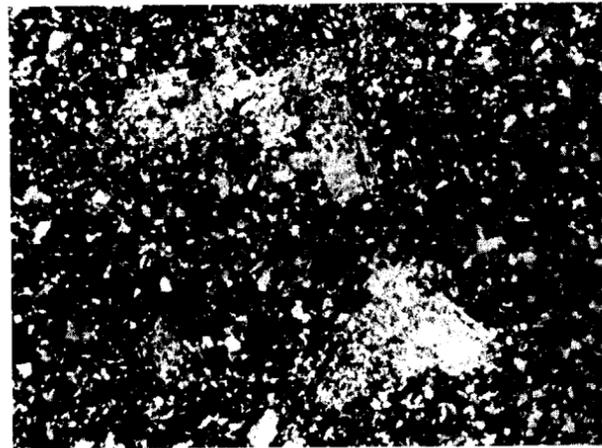


Muestra 4.

Tomada en el dique de 2 metros de potencia, 1 kilómetro al S del Posets.

Roca muy porfídica, con numerosos fenocristales de plagioclasa zonada, aunque de tamaño reducido.

La matriz es holocristalina de grano muy fino, formada por anfíbol fibroso, biotita subordinada y plagioclasa abundante. El cuarzo es mineral accesorio raro y el feldspato potásico ni siquiera se ha observado. Por todo ello, esta roca es un pórfido-diorítico que guarda bastante semejanza con las granodioritas descritas, aunque de mayor basicidad, y bien pudiera ser un apófisis o corresponder a un dique también.



Muestra 5.

Recogida en el dique de 2 metros de potencia, 2 kilómetros al W-NW del Posets.

Roca magmática holocristalina en mal estado de conservación debido a su alto grado de alteración. Se pueden apreciar restos de plagioclasa totalmente alterada a carbonato y mineral de epidota (zoisita), de aspecto idiomórfico, cristales frecuentes de cuarzo intersticial y abundante clorita, con algo de carbonato y esfena formada a costa de ferromagnesiano del que no se ha conservado ni siquiera sus formas reales. Otros componentes son apatito y piritita en cubos o segregaciones irregulares con carbonato.



Muestra 6.

Tomada en el filón horizontal en la ladera SW del Box.

Esta roca presenta un avanzado estado de alteración. Está formada por albita sericitizada, cuarzo, muscovita y clorita. Hematites roja, apatito, esfena y circón como accesorios.

Su textura es holocristalina alotriomorfa de grano fino sin fenocristales.

Su clasificación, dada su composición mineralógica, podría ser de pórfido granítico.

## Ciclo de Conferencias sobre las actividades del Instituto Geológico y Minero de España en el III Plan de Desarrollo Económico y Social

Como continuación de lo publicado en nuestro primer fascículo, tomo 85, número enero-febrero 1974, insertamos seguidamente las conferencias dadas por los señores Echevarría Caballero y Quesada García, con las que finalizaron dicho ciclo.

### ESTADO ACTUAL Y DESARROLLO FUTURO DEL P. N. I. M. (\*)

El desarrollo a ritmo acelerado, característico de la época actual, requiere un suministro creciente de sustancias minerales, que plantea a escala mundial el problema del posible agotamiento de muchas de ellas. Analizando el problema, como lo hizo recientemente el Ministro de Industria en la presentación a las Cortes Españolas de la Nueva Ley de Minas, se ve que el futuro no es tan sombrío como a primera vista parece, porque cabe esperar progresos tecnológicos que hagan viable la explotación de recursos minerales actualmente no rentables y la recuperación de metales de los residuos sólidos, como consecuencia de la necesidad de eliminar la contaminación de ciudades y centros industriales. Añádase a esto, que el encarecimiento del mercado, con su secuela de elevación de precios, conducirá a la viabilidad económica de yacimientos que hoy no tienen interés comercial.

En lo que se refiere a nuestro país, el aumento del consumo de sustancias minerales, inducido por el rápido desarrollo industrial, ha sido, es y previsiblemente será, vertiginoso. Los gráficos que voy a presentar a ustedes indican la tendencia del consumo e importaciones previsibles, y son suficientemente expresivos respecto a la indudable necesidad de tomar medidas correctoras, de modo especial para aquellas sustancias minerales cuya investigación, a la luz de los conocimientos que se poseen, permita esperar resultados favorables.

He de hacer notar que los programas de investigación a desarrollar, deben estar presididos por el criterio de la competitividad, porque nuestro problema, es el de proporcionar a la industria transformadora minerales a precio de mercado.

(\*) Por Antonio Quesada. Jefe de la División de Minería del IGME (Ciclo de conferencias sobre las actividades del IGME en el III Plan de Desarrollo Económico y Social). Madrid, 29-XI-73.

No hay que olvidar, sin embargo, la circunstancia que antes he señalado de que el agotamiento (a escala mundial) de los yacimientos actualmente explotables, hace necesario prestar atención a aquellos otros cuya explotabilidad en un futuro próximo quepa esperar del progreso de la tecnología.

Una característica importante de los programas de investigación de recursos minerales, es el tiempo relativamente largo que requieren de ejecución y, aún en el caso de obtenerse resultados positivos, el desarrollo minero subsiguiente, hasta poner en explotación un yacimiento, necesita un tiempo mínimo que, en algunos casos, alcanza entre los cuatro y siete años.

La situación inicial, al comienzo de los trabajos del PNM, era poco halagüeña: Existían dos actitudes mentales negativas sobre la cuestión: La primera, proclamada por pesimistas, se basaba en dar por agotados nuestros recursos por la intensa explotación que desde la época romana habían sufrido nuestros yacimientos más famosos. Consecuencia de esta idea era la tremenda abulia en nuestros medios mineros que llevó a un gran abandono de la explotación e investigación. La segunda idea, igualmente negativa, pero con el prestigio aparente de su novedad, era la de que es normal que el desarrollo industrial conduzca a la condición deficitaria en cuanto a abastecimiento de materias primas. Efectivamente el hecho es cierto en términos generales, pero también lo es el que todos los países desarrollados estimulan la investigación de sus recursos, con el fin de reducir su déficit de minerales en la mayor medida posible. El esquema simplista de que la producción de materias primas es cosa de países subdesarrollados carece de consistencia y es, además, peligroso, como se ha tenido y se tiene ocasión de comprobar actualmente, en el caso del petróleo o en el rápido encarecimiento actual de los minerales de hierro en el mercado mundial.

En resumen, que tan malo es querer arreglárselas uno solo como creer que con ir al mercado, se compra lo que hace falta...

Es digno de ser destacado el hecho de que al principio de los años 50, sólo existía en España una Compañía privada bien organizada dedicada a la prospección minera (cuyo personal técnico especializado era extranjero en su mayoría), encontrándose la mayor parte de las veces en dificultades para encontrar trabajos. En análoga situación estaban las empresas dedicadas a prospecciones geofísicas y a sondeos.

De forma paralela, la Administración apenas contaba con presupuestos para realizar investigaciones minera y cuando contaba con ellos resultaban insuficientes para desarrollarlas con la metodología adecuada.

Pese a todo, el Instituto ha sido siempre optimista en cuanto a las posibilidades mineras de nuestro país, contra el pesimismo reinante a que me he referido antes, y sólo necesitaba una política sincera y real, que concediendo el margen de confianza, y los presupuestos necesarios para afrontar la exploración minera de nuestro territorio nacional, tuviese conciencia a la vez de las dificultades lógicas derivadas de la escasez de técnicos especializados y del tiempo que toda investigación racional necesita para ser ejecutada con técnica actual y sistemática.

El Ministro de Industria nos ha honrado con esa confianza, que ha sabido extender al Gobierno, y con resultado tenemos en marcha el P.N.M. y este programa parcial (P.N.I.M.) a que nos estamos refiriendo.

El esfuerzo que supuso para el Instituto la confección del P.N.M. fue grande, pero es todavía mayor la responsabilidad que ha tomado sobre sí la Administración al ejecutar los programas correspondientes. La compensación está en la conciencia de que realiza un servicio de interés vital para la nación.

Voy a referirme ahora, antes de exponer a ustedes la marcha y resultados de los Proyectos en ejecución, a los medios humanos actualmente disponibles. Se trata de una cuestión fundamental, ya que el gran impulso que en nuestro país ha tomado la investigación de minerales ha supuesto poner en actividad intensa todas las reservas humanas en este campo de acción.

En el momento actual, se cuenta con equipos que incluyen personal de titulación superior, encuadrados en empresas de solvencia con preparación suficiente para llevar a cabo los Proyectos en ejecución y los que se desarrollen sucesivamente. En otro orden de cosas, se puede afirmar que las empresas han mejorado su dotación de material técnico en forma ciertamente satisfactoria. Es digno de notar que la existencia de entidades nacionales y privadas científicamente solventes en el campo de la investigación minera, supone un recurso del país tan real como la posesión de bienes de cualquier tipo.

En cuanto al Instituto, se puede afirmar que, actualmente, cuenta con material de laboratorios e investigación en cantidad y calidad suficientes para ejecutar, por

sí, gran parte de los trabajos y controlar perfectamente los que se realizan por contratación. Respecto al personal, no soy el más indicado para enjuiciarlo; pero creo, a costa de la modestia, que es francamente bueno.

Al trabajar coordinadamente Administración y Empresas Nacionales y privadas, se intenta recuperar el tiempo perdido en el que apenas se realizaron investigaciones de los minerales tradicionales y básicos. El I.G.M.E., Organismo de la Administración, consciente de la labor encomendada, intenta, además de recuperar este período de inactividad sustancial, avanzar un paso más, investigando aquellos minerales que siendo raros y escasos, van siendo base y fundamento de nuevas tecnologías en el futuro mundo supertecnificado que se desarrolla ante nuestros ojos con gran rapidez. Me refiero a metales como:

In, Ta, Nb, Hf, Be, Li, Cs, Ge, Eu, etc.

En este orden de ideas de, no sólo avanzar, sino de impulsar el conocimiento de nuestro suelo y subsuelo, tanto continental como marino, aplicando técnicas actuales, el I.G.M.E. está realizando el Mapa Geoquímico Nacional a escala 1:50.000, en el que por reflejo de los cationes analizados y sus anomalías correspondientes irán saliendo a la luz nuevos campos y áreas favorables para una investigación minera posterior, a la par que, el conocimiento del suelo, adquirido indirectamente en paralelo, podrá servir a otros Organismos de la Administración en sus programaciones y planificaciones de tipo agrícola o forestal.

La investigación minera submarina ha tomado carta de existencia en nuestra actuación, y con ello se consideran a la vez varias facetas, algunas inéditas o poco estudiadas. Así, junto al estudio de los fondos marinos de la plataforma continental en búsqueda de yacimientos mineros submarinos de tipo placer, en explotación ya en otros países, se contemplan la detección por métodos geofísicos de las surgencias de agua dulce en el seno de la masa marina, y la muy importante tarea, dado el interés preferente y necesidad acuciante de buscar combustibles líquidos o gaseosos, de prospectar este fondo marino con técnicas geoquímicas de detección de hidrocarburos gaseosos, distintos del metano, que permitan seleccionar áreas favorables para futuras o inmediatas investigaciones petrolíferas en el mar. Los resultados hasta ahora conseguidos, aún sin llegar a término el Proyecto, son lo suficientemente alentadores como para tener gran interés en continuar las investigaciones. Es de resaltar que este tipo de investigación es la primera vez que se hace en el mundo.

Aparte de los Proyectos en marcha a que haremos referencia, hay que señalar que, en este momento sabemos, con cierto grado de certeza, cuál será la evolución de nuestra demanda futura en cuanto a sustancias minerales. Esta es la consecuencia de los estudios de economía y mercados, referidos a las sustancias de interés prioritario; de estos estudios se dispone ya en gran parte y

constituyen, sin duda, una de las actividades menos brillantes pero más positivas de las que conforman el P.N.M.

La información sobre Concesiones de Explotación, Permisos de Investigación, Indicios Mineros en continua actualización y enriquecida con la información recogida en los Proyectos en curso, está almacenada en discos magnéticos.

Existe, además, una sistemática de archivo mecanizado de datos para archivo y tratamiento de la información procedentes de las investigaciones geoquímicas en realización o por realizar. Ya antes me he referido al Mapa Geoquímico Nacional y a su trascendencia para la programación de nuevas investigaciones y aún a otras actividades diferentes de la investigación minera.

Entre los efectos indirectos que se manifiestan, en evidente vinculación con el P.N.I.M., hay que destacar el interés despertado en el sector privado por las investigaciones realizadas por el Instituto. Actualmente son muy frecuentes las consultas y solicitudes de información de las empresas mineras sobre características de las mineralizaciones, investigaciones en curso, áreas futuras a prospectar, etc. Como contrapartida, las mismas empresas prestan su colaboración a nuestros trabajos en forma muy estimable.

También es digno de ser resaltado el hecho de haberse producido un interés grande por los asuntos mineros en las Corporaciones regionales y locales que, en algunos casos han expresado el deseo de colaborar, incluso con aportación económica, en el desarrollo de planes de investigación en sus respectivos ámbitos geográficos. Creo que, en un futuro próximo, será preciso contar con este caudal de energía como factor de primer orden.

Siendo todas las consecuencias del P.N.I.M. a que me acabo de referir de enorme importancia, pienso, ya lo he dicho antes, pero vale la pena repetirlo, que de todo lo conseguido, una de la más importantes es la puesta a punto de un conjunto humano y técnico idóneo para acometer cualquier plan de investigación, aunque incluya las más modernas técnicas. El nivel científico y técnico de las empresas colaboradoras, y también ciertamente el del propio Instituto, ha experimentado un crecimiento que a nosotros mismos, aunque quizá nuestra posición no sea la mejor para percibirlo, se nos aparece como muy considerable.

El futuro, en la medida en que la rápidamente cambiante faz industrial, permite preverlo, se nos aparece cuajado de esperanzas fundamentales en el logro de resultados concretos de los trabajos en curso y en campos nuevos que las propias investigaciones pondrán seguramente de manifiesto. Téngase presente que la investigación sistemática es fenómeno casi nuevo en nuestro país y que, por tanto, las posibilidades no están, ni mucho menos, agotadas por los estudios anteriores, con frecuencia magníficos, reducidos a ámbitos limitados, en cuanto a objetivos y en cuanto a superficie.

Las líneas generales de actuación del I.G.M.E. en relación con el Programa Nacional de Investigación Minera, se refieren, además de a la investigación de posibles yacimientos de sustancias minerales, al mantenimiento al día del Archivo Nacional de Indicios Mineros (iniciado en los trabajos de la primera fase del P.N.I.M.), y a la actualización de la información sobre economía y mercados de sustancias minerales y evolución tecnológica.

La actividad a que acabo de referirme es esencial con objeto de dirigir las investigaciones, forzosamente limitadas por razones técnicas y económicas, hacia las sustancias y tipos de mineralizaciones de mayor interés.

Los métodos que se utilizan para la determinación de áreas y sustancias a investigar responden a las modernas exigencias de las técnicas de prospección de minerales y, sin pretender una exposición exhaustiva, voy a señalar algunos de ellos.

— Optimización en la selección de áreas para el desarrollo de una investigación minera. Se trata de la utilización de modelos geoestadísticos en los que se introducen ciertas características geológicas y tectónicas debidamente cuantificadas y también la distribución de los yacimientos e indicios conocidos. Empleando técnicas de estadística multivariante, se puede llegar a elaborar un índice de probabilidad de existencia de yacimientos de una o varias sustancias.

Como punto de partida es preciso conocer lo más perfectamente posible un área de control, dentro de la superficie estudiada, ya que las características de esta son, por decirlo brevemente, la unidad de medida de los parámetros que se obtengan para cada una de las zonas del área objeto de estudio.

— Estudios con base en desmuestres de aluviones por batea, concentración "in situ" y mineralometría de concentrados. Se trata de una verdadera palingénesis del viejo método del buscador de oro en ayuda del cual han acudido las técnicas mineralométricas, los métodos estadísticos y los ordenadores. Es esta una técnica utilizada actualmente con profusión en todo el mundo y que está dando excelentes resultados.

— Estudios geoquímicos a los que me he referido ya.

— Investigaciones con base en estudios aeroespaciales. Tienen por finalidad el aprovechamiento de la información obtenida por los satélites artificiales con sensores remotos, para la determinación de áreas favorables para existencia de yacimientos minerales. Se están realizando actualmente las gestiones previas y examinando la información sobre el particular facilitada por la Comisión Nacional de Investigación del Espacio.

— Economía Minera. A estos estudios ya me he referido anteriormente y sólo me queda significar que se pretende extender hasta el año 2000 el horizonte que sirvió de base al P.N.M., que se refiere a 1980. El tema es de tal actualidad que sirve de lema al próximo Con-

greso Mundial de la Minería, a celebrar en Lima en noviembre de 1974.

Y, por supuesto, todos los métodos tradicionales y auxiliares en conjunción con aparatos y técnicas modernas de laboratorio.

A continuación enunciaremos las investigaciones en curso durante este año de 1973, por programas sectoriales de sustancias y zonas geográficas, con sus presupuestos correspondientes.

Pedimos perdón por anticipado si resultamos pesados en esta descripción, aunque la considero necesaria para exponer la labor que se está realizando y que supone la casi total saturación de laboratorios especializados, de empresas de sondeos, de geofísica, de geoquímica y en muchas ocasiones necesidades urgentes de personal cualificado.

Los trabajos actualmente en curso, encuadrados en el III P. D. E. S., son los siguientes:

- Estimación del potencial minero en el Subsector II. Noroeste. Area 1. Wagner-Vivaldi (León).
- Estimación del potencial minero en la zona de Alquife-Marquesado (Granada).
- Estimación del potencial minero en el Subsector VII. Centro.
  - Levante. Area 1. Almohajada-Sierra Menera-Pedregales.
- Estimación del potencial minero en el Subsector VII. Centro.
  - Levante. Area 5. Sierra de la Demanda.
- Estimación de reservas de mineral de hierro en Vizcaya.
- Prospección preliminar en el Subsector VIII. Murcia-Albacate. Area 7. Cehegín. Estudio aeromagnético digital helitransportado.
- Y reconocimiento minero previo de selección de las anomalías magnéticas en el Subsector III. Noroeste. Zona de Muras-Villalba (Lugo).

El presupuesto total de este programa para 1973 es de 98 millones de pesetas.

El programa nacional de investigación de carbones, comprende:

- Investigación de carbón en el área carbonífera León-Palencia (Cuenca de Guardo). A desarrollar en tres años.
- Ampliación a la investigación de lignito en Cerceda, Laracha, Corral y Culleredo (La Coruña). En la actualidad se está terminando.
- Investigación de lignitos en Cayón, Oza y Minoterra (La Coruña). A terminar este año.
- Fase previa para investigación de lignitos del Terciario Continental de la Península.

En este programa se invierten 54 millones de pesetas durante 1973.

El programa sectorial de investigación de minerales de estaño-volframio, comprende los siguientes trabajos:

- Prospección de los afloramientos graníticos en la provincia de Cáceres.
- Estimación del potencial minero en el Subsector I. Galicia. Areas 1 y 2. Carballo-Noceda-Sta. Colomba (La Coruña).
- Estimación del potencial minero en la zona de Arcucelos (Orense).
- Estimación del potencial minero en el área Testeiro-Doade (Pontevedra-Orense).
- Estimación del potencial minero en el área Novelle-Cortegada (Orense).
- Segunda fase de investigación en el Subsector III. Oeste. Area 1. Vitigudino (Salamanca).

Con un importe total, para este año, de 32 millones de pesetas.

El programa sectorial de investigación de minerales de plomo-cinc-cobre, comprende:

- Investigación en la zona de Alanís-Cerro Muriano (Córdoba y Sevilla)
- Investigación de Pb-Zn-Cu en el norte de la provincia de Huelva.

El importe asciende a 18 millones de pesetas.

El programa sectorial de investigación de piritas y sulfuros completos se refiere a:

- La prospección regional de la Reserva Estatal "Zona de Huelva". Primera fase. Con un presupuesto de diez millones de pesetas.

En el programa sectorial de investigación de minerales de aluminio, se incluye:

- La fase previa para la investigación de minerales de aluminio en el Subsector IV. Centro. Area 1. Villacorta-Riaza (Segovia). Con una inversión de cinco millones de pesetas.

En el programa sectorial de investigación de minerales de oro-bismuto-volfram, se efectúa:

- La estimación del potencial minero en el Subsector II. Extremadura. Area 1. Oliva de la Frontera (Badajoz).
- Estudio geoquímico de una zona en las provincias de Huelva y Badajoz.

Con siete millones y medio de pesetas de inversión.

En el programa sectorial de fondos marinos (Fomar), se incluyen:

- Investigación minera preliminar de la plataforma continental submarina. Málaga-Gibraltar.
- Investigación preliminar de los manantiales submarinos de agua dulce en el litoral de Alicante-Valencia-Castellón y Tarragona.

— Investigación preliminar de los manantiales submarinos de agua dulce en el litoral noroeste y noreste de la isla de Mallorca.

— Investigación minera preliminar de la plataforma continental submarina Huelva-Cádiz.

Con un presupuesto de 26,5 millones de pesetas, para este año.

En el programa sectorial de investigación de minerales de níquel, se realiza:

- La ampliación de la exploración en los macizos ultrabásicos de la Reserva de Málaga. Con 13 millones de pesetas de presupuesto.

Se están realizando exploraciones conducentes a conocer si existen o no en nuestro país determinados minerales de metales raros o escasos. En este año de 1973 se invertirán 6,7 millones de pesetas en una investigación de base, para la prospección de estos minerales, en el Noroeste y Oeste de España.

Y, finalmente, la realización de prospecciones geoquímicas en la región catalana, para el Mapa Geoquímico Nacional, suponen un gasto de 7,3 millones de pesetas.

En conjunto, los proyectos a que me acabo de referir, junto con algunos otros de los denominados fases previas con finalidades de tipo exploratorio, suponen una inversión total, para el año 1973, de unos 320 millones de pesetas.

Al finalizar lo efectuado y contemplar una panorámica de los años de trabajo, comienzan a percibirse los primeros resultados. Lo conseguido creo que es realmente importante en términos absolutos y más aún si se considera que ha sido logrado con unos recursos bastante modestos, lo que confirma la excelente rentabilidad que corresponde a las inversiones en prospección minera.

De lo alcanzado hasta ahora voy a destacar lo siguiente:

- Determinación de áreas estanníferas de interés minero que son objeto de investigación de detalle, en el arco harcinico de Galicia, y cuyos resultados previos han sido muy satisfactorios.
- Estudio de cuatro macizos de rocas ultrabásicas en la provincia de Málaga, con contenidos en Ni superiores al 0,25 por 100, en numerosas zonas. El estudio hidrometalúrgico que se lleva a cabo en la actualidad presenta perspectivas bastante alentadoras.
- Incremento de las reservas de plomo metal, en la provincia de Murcia, en unas 90.000 toneladas.
- Estimación de una cantidad superior a 165.000 toneladas de Zn metal (en forma de carbonato complejo) que ha de someterse a estudio hidrometalúrgico para conocer sus posibilidades de tratamiento, en la región de Mazarrón (ya que la explotación es fácil, a cielo abierto).
- Cubicación de 80.000.000 de toneladas de magneti-

ta, zonalmente cupríferas con ley variable, y fácilmente explotables en el Suroeste de España.

— Cubicación, hasta ahora, de 40.000.000 de toneladas de magnetita en la región Leonesa. Aunque se refiere sólo a una zona muy limitada del área objeto de estudio.

— Cubicación, hasta el momento, de 76.000.000 de toneladas de lignito de buena calidad, explotables a cielo abierto, en una cuenca terciaria de la provincia de La Coruña.

— Descubrimiento de un yacimiento de turba de 10.000.000 de m.<sup>3</sup> de buena calidad como corrector de suelos en la región central.

— Descubrimiento de la continuación hacia el Oeste (de la mina Santa Teresa) del filón Rico de Hien-delaencina, estéril en zona superficial y mineralizado a profundidad (tres sondeos profundos cortaron plata entre 280 y 450 metros de profundidad).

Algunos de estos trabajos de investigación son continuación de los iniciados en 1972, como antes les dije a ustedes, o consecuencia natural de ellos. Varios tienen prevista su continuidad para los años 1974 y 1975.

Permítaseme señalar que la magnitud de los tonelajes de minerales que las investigaciones realizadas han permitido determinar, suponen un valor potencial económico que confirma plenamente que "la investigación siempre es rentable".

Como ejemplo podemos decir, que solamente el valor comercial de los lignitos de La Coruña, representan más del doble de la inversión total del P. N. I. M. para el III P. D. E. S.

Consideran, además, que se trata de las primeras fases del Plan Nacional de la Minería y que, en gran parte, son trabajos de tipo regional cuya consecuencia será la elaboración de Proyectos sucesivos de labores de investigación en los que cabe esperar resultados concretos sobre nuevas masas minerales.

Para 1974 y 1975 está prevista la realización de investigaciones que en muchos casos serán continuación de proyectos actualmente en ejecución, y, en otros, serán proyectos elaborados anualmente a la vista de resultados obtenidos en los anteriores, o de la planificación realizada con anterioridad.

Aunque nos hemos ceñido a la labor realizada en el campo de la investigación minera por el I. G. M. E., es necesario resaltar la labor que están efectuando las empresas privadas y paraestatales, que alentadas, diríamos que en competitiva deportividad, por el acicate de la prospección estatal, están dedicando mayores esfuerzos técnicos y presupuestarios a la prospección minera. Los resultados son, en líneas generales, muy positivos y confiamos en que con la nueva Ley de Minas y con la introducción en ella de la nueva figura del permiso de explo-

ración, para grandes áreas, se intensificará aún más el reconocimiento de nuestro subsuelo.

Las dificultades presentes son importantes, y lo seguirán siendo, como consecuencia natural de la gran actividad que se desarrolla. Los resultados cuando buenos son el principal estímulo para nuestro trabajo, pero también los hay menos buenos, y malos, y a ello hay que acostumbrarse sin dejarse llevar por el desaliento.

#### REALIZACIONES Y ACTUACIONES FUTURAS DEL PROGRAMA SECTORIAL DE INVESTIGACION GEOTECNICA (\*)

Como se ha anunciado previamente me corresponde exponer la situación del Programa Sectorial de Investigación Geotécnica, dentro del marco del Plan Nacional de la Minería, planificado, controlado y ejecutado por el Instituto Geológico y Minero de España.

Sería agradable para mí comenzar con una exposición de la filosofía y criterios que se han utilizado en la elaboración y desarrollo de este Programa, pero esto ya lo he hecho en otras ocasiones y pecaría de reiterativo ante ustedes, además de alargar innecesariamente esta charla.

Me limitaré, por tanto, a recordar brevemente algunas ideas de los orígenes del mismo.

El Programa Sectorial de Investigación Geotécnica, cuyos objetivos básicos son: la confección de cartografía geotécnica nacional, el inventario y estudio del aprovechamiento global de las rocas de aplicación industrial y el estudio geotécnico de las explotaciones mineras, sintetiza su línea de actuación de alcanzar un alto grado de competitividad en la industria minera y en la localización del desarrollo industrial y urbano del país.

Este principio se apoya en las tres directrices fundamentales siguientes:

— Aportación al desarrollo socio-económico nacional, creando el suelo industrial y urbano necesario para el normal desenvolvimiento de aquél, así como llegando al mejor conocimiento posible de nuestro suelo y subsuelo, en sustancias esenciales hoy para una saneada economía del desarrollo.

— Continuación al progreso tecnológico e industrial del país, ya que haciendo uso de los más modernos procedimientos de investigación aplicada, trata de adecuar las técnicas mineras para un mejor y más seguro aprovechamiento de nuestros recursos minerales, al mismo tiempo que pretende ayudar a reestructurar y promocionar un capítulo, cada vez con mayor dimensión económica, como

(\*) Por Mariano Echevarría. Jefe de la División de Geotecnia del IGME (Ciclo de conferencias sobre las actividades del IGME, en el III Plan de Desarrollo Económico y Social). Madrid, 6-XII-73.

es el de las rocas industriales. No merece menos atención, la adecuada aplicación de las técnicas constructivas a los suelos existentes en nuestro territorio, para conseguir estructuras seguras y de más bajo coste.

— Cooperación con la política internacional de investigación, al unirse a la preocupación y atención manifestada por distintas dependencias de las Naciones Unidas y de la UNESCO, en los innumerables programas acometidos, por ambas organizaciones, para el mejor aprovechamiento de los recursos minerales existentes.

En la elaboración de este programa se realizaron los estudios que enumero a continuación:

- Análisis del desarrollo industrial y demográfico.
- Evolución histórica de los mapas geotécnicos en el mundo.
- Determinación de la metodología para la confección de los mapas geotécnicos.
- Definición de los grupos de rocas industriales y de las industrias consumidoras de las mismas.
- Análisis de la oferta y de la demanda de rocas industriales.
- Determinación de la metodología para la confección de mapas de rocas industriales.
- Análisis de las explotaciones mineras españolas en relación con el comportamiento mecánico de los materiales rocosos.

Establecido definitivamente el presente programa, comenzó su desarrollo en enero de 1972. Veamos con el detalle que nos permite el tiempo los resultados obtenidos hasta el presente.

Como objetivo básico del conocimiento y estudio de las rocas industriales se estima la realización de un inventario e investigación de estas sustancias a escala nacional, considerándolo el punto de partida desde el que se debe proyectar todo intento de reestructuración de la industria extractiva y de la industria consumidora. Para llevar a cabo el presente programa se han considerado tres etapas de actuación, simultánea, a veces, en su desarrollo: estudios económicos y tecnológicos, inventario general de yacimientos y explotaciones e investigaciones sectoriales.

Para conseguir la potenciación de todos los recursos existentes en el país, en rocas de aplicación industrial, es necesario investigar la situación, en cada momento, de los mercados de productos litológicos respecto de su localización, capacidad de consumo, evolución de la misma, producción actual, y conocer todos los avances tecnológicos introducidos por las industrias extractivas de estas sustancias en exploración, investigación, explotación y preparación de las mismas. También, se precisa saber todas las variaciones que han sufrido las industrias consumidoras de estos productos litológicos, en especial en lo concerniente a materias primas.

Por ello, una de las preocupaciones permanentes del

proyecto han sido los estudios económicos en estos aspectos.

Se inició la elaboración de este proyecto con un estudio económico-estadístico, cuya finalidad fue la de establecer la importancia económica de estas sustancias y su prioridad de investigación. Dicha prioridad debe ser función del balance producción-consumo y de la localización del mismo.

Este estudio se ha procurado mantener actualizado, en la medida de lo posible, al menos en lo referente a cifras. Pasamos a indicar algunas conclusiones más significativas.

En primer lugar cabe destacar la gran importancia que las rocas industriales alcanzan en el concierto internacional al ser comparadas con otros sectores de la industria extractiva, mucho más clásicos y revestidos de un indudable potencial económico. Bástenos tomar los datos que un organismo mundial, como es el de las Naciones Unidas, emite para puntualizar de un modo concluyente el ritmo evolutivo de las sustancias no metálicas en los últimos años (en las sustancias no metálicas están incluidas de forma mayoritaria las rocas industriales). Tomando como índice 100 las producciones del año 1963, el crecimiento hasta 1968 es el que marca el gráfico que se adjunta, gráfico publicado en el número de 1970 de "Minerales Yearbook".

Como se podrá observar, los índices obtenidos son incluso superiores a los del petróleo y gas natural, de tanta preponderancia en la economía mundial.

La producción española de rocas industriales se encuentra sometida a un alto ritmo evolutivo. Día a día vemos cómo crece la participación del sector de las rocas industriales en el conjunto de la industria extractiva nacional. Repasemos, en primer lugar, la evolución que en la década 1961-71 ha experimentado cada uno de los sectores que integran la industria extractiva, utilizando para ello la fuente oficial que nos brinda la "Estadística Minera".

Estos valores, traducidos a porcentajes de participación, dan lugar al siguiente cuadro.

Como se observa, la participación del valor de la producción de minerales metálicos en la producción total minera registró una tendencia ligeramente descendente; en cambio, siendo tradicionalmente el de los no metálicos y productos de cantera sectores de menos peso en el conjunto de la minería, son los que claramente evolucionan de manera que incrementan su valor aceleradamente año tras año.

Hay que hacer constar que el sector de las rocas industriales abarca todo el término de productos de canteras y parte del de los no metálicos, de tal forma que para situar correctamente aquellas sustancias, en 1971, por ejemplo, su valor de producción alcanzó las 5.412 M. P. (4.827 de los primeros + 585 de los segundos).

Pero indudablemente, donde más se hace destacar la

evolución del sector es en el estudio comparativo de las curvas de evolución del índice de cada uno de estos cuatro sectores. Con un índice igual a 100 para el valor de cada uno de los cuatro sectores durante 1961, el de carbones alcanza en el 71 el índice 176; el de metálicos, el índice 204; el de no metálicos, 354, y el de productos de canteras, 533. En diez años se ha quintuplicado, y aún más, el valor de la producción de este sector, mientras que el de la minería metálica sólo se ha duplicado.

Ahora bien, esta evolución, que especialmente afecta al sector de las rocas industriales, se manifiesta de modo muy distinto de unas sustancias a otras. Se puede comparar la evolución experimentada por sustancias pertenecientes a cada uno de los cuatro sectores que integran la industria minera, destacando poderosamente el incremento experimentado por arenas y gravas, caolín y cuarzo.

¿Qué mejores perspectivas puede augurar una actividad como la que nos ocupa? Realmente sus posibilidades son insospechables..., pero antes de ocuparnos del futuro, fijemos nuestra atención en el presente, si como presente podemos entender las cifras que caracterizaron los finales de 1971, puesto que de 1972 no se dispone aún de datos globales ya elaborados.

En 1971, de un total de 33 tipos de rocas industriales, se obtuvo una producción global de más de 50 millones de metros cúbicos, valorada en 5.411 millones de pesetas.

Lógicamente, las 33 sustancias que se indican en la presente tabla no tienen el mismo interés a la hora de valorar la importancia del sector, por esta razón es por lo que vamos a destacar una decena de sustancias que, conjuntamente, representan el 89 por 100 del valor total de la producción.

Hasta ahora se ha venido hablando de producción, y en este punto cabe preguntarse si con esta producción se abastece el mercado interior o si surgen desviaciones, o para ser más concretos: si el balance producción-consumo da un saldo favorable a la exportación o a la importación.

La producción ha crecido en el período 61-67, al igual que la importación y el consumo; en cambio, la exportación decrece; y lo que es más significativo, la balanza se inclina de modo creciente hacia las importaciones.

Vemos que con respecto a 1961 se ha triplicado el consumo y se ha multiplicado por 2,5 la producción, superando el consumo a ésta, esto ha dado lugar a una disminución de la exportación y a un aumento exagerado de las importaciones. La importación se produce como consecuencia del aumento del consumo interior de la calidad exigida a determinados productos por procesos de industrialización más avanzados.

En el año 1972 se ha producido una evolución favorable del comercio exterior de las rocas industriales, mientras que el valor global de las importaciones aumenta respecto de 1971 en un 24,51 por 100, el valor global de

las exportaciones aumenta un 46,20 por 100, siendo favorable el balance a las exportaciones de arenas, piedra pómez, pizarras, dolomita y yesos. Sin embargo, el balance en el caolín resulta negativo, habiendo aumentado las importaciones 11,20 por 100 y disminuido las exportaciones 4,60 por 100. Es, también, negativo el balance de feldespato, bentonita, magnesita y asbestos con 1.300 millones de pesetas.

Mediante los datos obtenidos en este estudio sobre estas sustancias referentes a demanda futura, relación producción-consumo, relación reservas estimadas-capacidad media de producción de las instalaciones, así como el balance importación-exportación, se ha podido establecer el orden prioritario de investigación de estas sustancias y los sectores industriales a que afectan; las sustancias son: caliza, caolín, bentonita, dolomía, mármol, arcillas, arenas, cuarzo, gravas, dunitas, serpentinas, asbestos, para los sectores de: construcción, ornamental, cerámica y vidrio, áridos, aglomerantes, químicos y siderometalúrgicos.

Realizada la recopilación de información sobre la investigación de estas sustancias, durante la elaboración del proyecto, se puede decir que la prospección de yacimientos estaba totalmente por hacer, existían estudios locales y puntuales, realizados generalmente por las propias industrias, para resolver el problema de abastecimiento de una determinada sustancia en la elaboración de sus productos. Hubo intentos de estudios más generalizados, pero casi nunca con un enfoque práctico de aprovechamiento racional y una ordenación de la explotación.

Por ello, consideramos necesario realizar de forma rápida un Inventario General que constituyera el punto de partida en el conocimiento de los recursos que el país tiene en rocas industriales; este inventario recopilaría toda la información ya existente, así como la derivada de la realización del mismo. El ámbito de este inventario es nacional y para que su ejecución sea sistemática se ha adoptado el módulo superficial de actuación, correspondiente a la hoja del Mapa Topográfico Militar a escala 1 : 200.000.

Antes de iniciar estas investigaciones hemos obtenido información y establecido contacto con otros países, con el fin de conocer en qué forma realizan el conocimiento de estas sustancias rocosas. Los países consultados han sido en total 12, siendo los más significativos Inglaterra, Estados Unidos, Alemania, Italia, Francia, Portugal y Méjico; se ha analizado la cartografía de rocas que realizan y sus escalas, las sustancias prioritarias que consideran, los estudios monográficos por sustancias, la organización de centros de investigación de rocas y los centros de documentación. De los conocimientos adquiridos se han adoptado y establecido los criterios que consideramos más adecuados al estado de la investigación y a las circunstancias de este sector minero en España. En la medida que estas circunstancias vayan evolucionando, como consecuencia del desarrollo de este Proyecto, se irán

introduciendo variaciones en el programa para situar el sector en el nivel que le corresponde.

En síntesis, las operaciones a realizar para la ejecución de este inventario son las siguientes:

— Recopilación bibliográfica de toda la información geológica existente del área a investigar.

— Recopilación de todo lo referente a las explotaciones de la zona.

— Análisis de la información geológica. Selección previa de secuencias litológicas a investigar.

— Estudios de campo que incluyen: comprobación y delimitación de las formaciones y secuencias litológicas seleccionadas; toma y comprobación de datos de las explotaciones; toma de muestras; observaciones sobre explotabilidad, accesos, recubrimientos, etc., de los yacimientos, identificación y evaluación de los yacimientos y cartografía de rocas.

— Análisis y ensayo de las muestras obtenidas. Determinación de calidades.

— Confección del Mapa de Rocas y preparación de toda la información recopilada para su archivo y tratamiento.

A cada mapa acompaña una memoria en la que se hace un bosquejo geológico general, la descripción de los yacimientos y explotaciones de rocas con expresión de análisis cualitativo y las aplicaciones actuales o potenciales de las mismas. Se incluye un capítulo con la producción de rocas industriales en el área de la hoja y las fichas de las explotaciones obtenidas directamente en el campo.

De las 90 hojas que componen el Mapa Nacional 1/200.000 se han realizado 25 en 1972, 35 estarán terminadas en 1973 y las 30 restantes se confeccionarán entre 1974 y 75.

Las investigaciones sectoriales tienen como objetivo el estudio y conocimiento de las sustancias minerales rocosas utilizadas, como materia prima de productos industriales o como material integrante de un proceso industrial por los sectores económico-industriales ya definidos o que se puedan definir en el futuro.

Estas investigaciones abarcan desde la prospección de yacimientos, evaluación de los mismos, propiedades y calidades de los materiales, estudios económicos que justifiquen la investigación y que demuestren la viabilidad de su aprovechamiento, aplicaciones y usos, formas de tratamiento y adecuación a las necesidades de la industria consumidora. El ámbito geográfico de actuación cubre la totalidad del territorio nacional, pero con carácter selectivo, es decir, abarcando sólo las áreas en las que se haya demostrado la existencia de indicios de las sustancias consideradas en el estudio sectorial.

Estos trabajos se inician con una recopilación estadística de datos sobre la demanda de las sustancias objeto de estudio, evolución del sector consumidor, localización del futuro desarrollo de esta industria, especificaciones

de materias primas y tipos de productos transformados objeto de estas especificaciones, precios en el mercado interior y exterior y estado de la balanza comercial.

Otro aspecto de la información, basándose en el inventario general, es el número y localización de explotaciones y sus características y capacidad; paralelamente se confecciona el mapa de indicios de las sustancias minerales a considerar a escala 1:50.000 y el plano de concesiones de explotación y permisos de investigación de las sustancias encuadradas en la sección C de la Ley de Minas vigente.

Del análisis de esta información se deduce la conveniencia de elaborar el proyecto de investigación sectorial, se seleccionan las áreas de estudio, se fracciona el proyecto —en función del número y extensión de estas áreas— si fuera necesario, y se establece el orden prioritario de estudio de dichas zonas. Por último, se define la metodología a seguir, matizando los problemas y detalles de la investigación.

Con el fin de llevar a cabo la prospección de los yacimientos de las áreas de estudio definidas, se recopila la información geológica existente y se lleva a cabo el estudio geológico de dichos yacimientos, utilizando en la cartografía escalas de trabajo comprendidas entre 1:25.000 y 1:5.000, según la requiera el caso. Con el estudio geológico se efectúa la selección y toma de muestras conveniente y los parámetros y datos que han de servir finalmente, una vez conocidos los resultados de análisis, a la evaluación de los yacimientos.

Con el fin de determinar las aplicaciones y usos de estas sustancias se realiza un estudio tecnológico, con vista a los sectores que se pretende abastecer; dicho estudio consiste en análisis y ensayos de muestras representativas del yacimiento, cuyo programa se establece para cada sector. En esta fase del estudio se incluyen los ensayos de tratamiento necesarios para adecuar el producto obtenido en la explotación a las especificaciones de la industria consumidora en las distintas aplicaciones y tipos de productos elaborados a conseguir.

Sigue un estudio económico de viabilidad de aprovechamiento, en función de las características de explotabilidad del yacimiento, de las determinaciones de calidad y tratamientos y de los precios del mercado.

Finalmente, se concluye con recomendaciones sobre los yacimientos beneficiables, los productos que es posible obtener y los tipos de tratamiento aconsejables.

Como resumen podemos decir que los estudios sectoriales de rocas industriales se realizan en los aspectos: geológico (localización, prospección y evaluación de yacimientos), económico (viabilidad de aprovechamiento y economía de la obtención del producto) y tecnológico (explotabilidad y adecuación de la sustancia a la industria consumidora).

Veamos a continuación la programación de las inves-

tigaciones sectoriales de rocas industriales y algunos resultados de los estudios en realización, que son:

- Investigación de ácidos de Madrid.
- Investigación de bentonitas (Almería, Madrid, Toledo).
- Investigación de rocas puníticas en Canarias (Gran Canaria y Tenerife).
- Investigación de caolines (Asturias, Cordillera Ibérica).
- Investigación de rocas ornamentales en el Sureste.
- Investigación de asbestos y dunitas en el Sur y Sureste.
- Investigación de rocas en Galicia (caolín pizarra, asbesto, dunita, granito, cuarzo...).
- Investigación de yesos (valle del Ebro y cuenca del Duero).

*Investigación de bentonitas en Almería.*—Se ha realizado la prospección general provincial y el estudio en detalle de los 13 yacimientos seleccionados de interés; se han llevado a cabo cortes y sondeos para la cubicación aproximada, y con las muestras obtenidas se han estudiado las calidades. Paralelamente, se ha desarrollado un estudio económico-tecnológico para conocer las necesidades del mercado y las especificaciones exigidas, así como los tratamientos complicados a las bentonitas.

La síntesis de las conclusiones es la siguiente:

- Las bentonitas de la provincia de Almería son, en general, calci-sódico-magnesianas, correspondiendo a una composición más sódica los yacimientos de la Serrata de Níjar, Majada de las Vacas y Loma Pelada. El volumen de las reservas estimadas se cifra en unos 10.000.000 de toneladas; la mayor parte de estas reservas (7,5 millones de toneladas se centra en la zona denominada Morrón de Mateo. Algunos yacimientos (unas 50.000 toneladas), no son beneficiables actualmente, por su importante contenido en arenas.

Nuestro mercado, o para ser más exactos el mercado internacional, prefiere las bentonitas en virtud del gran desarrollo comercial que han alcanzado las bentonitas de Wyoming, sobre todo para determinadas aplicaciones como es la de arenas de moldeo para fundición.

Al ser nuestras bentonitas de naturaleza cálcica, es lógico pensar, en principio, en la necesidad de un cambio iónico, consistente en una reacción —bien por vía seca, bien por vía húmeda— de la sustancia bruta con  $\text{CO}_2\text{Na}_2$  tras la cual se consigue una bentonita sódica de propiedades similares a las de aquella localidad americana. Una vez conseguido esto, hay que incorporar la sustancia tecnológicamente así conseguida, en un proceso industrial, y comprobar su comportamiento. En ello estamos. Pero también estamos en vías de intentar su prueba en estado natural, sin cambios iónicos, y apreciar su comportamiento. Resultados positivos en esta línea supondrían un éxito

del proyecto, ya que son muchísimas las toneladas de bentonita "tipo Wyoming" que se importan anualmente al precio de 6.000 pesetas tonelada, importaciones que fácilmente se verían reemplazadas por la producción nacional.

Pero, además, la importación también se vería frenada si el adecuado tratamiento permite la utilización de bentonitas sodificadas en el gran campo de aplicaciones que hoy por hoy hallan lugar en nuestra industria.

Estas son las dos directrices fundamentales que animan la investigación tecnológica de nuestras bentonitas, pensando, sobre todo, en la industria de fundición (arenas de moldeo), peletización y lodos e ingeniería civil.

La importancia y desarrollo, presumibles en la actualidad con respecto a la industria de peletización, justifican sobradamente a la investigación que nos ocupa, pues un abastecimiento continuo, normalizado y, sobre todo, asegurado, es imprescindible para planificar el desarrollo de este tipo de industria.

En cuanto a la aplicación de las bentonitas en campos como el de absorbentes, catálisis, concentración, purificación y clasificación de aceites, vinos, agua, etc., nuestra industria utiliza bentonitas cálcicas, bien naturales, bien activadas, por acidificación. En este sentido, el proyecto pretende conseguir nuevos métodos que den resultados tanto o más positivos que los actuales, a precios más competitivos.

#### *Investigación de rocas ornamentales en el Sureste*

Un bloque de mármol de 3 metros cúbicos puede llegar a valer 150.000 pesetas; pero si el mismo bloque sólo tiene un metro cúbico, sólo valdrá unas 10.000 pesetas. Según que el despiece sea mayor o menor, las cotizaciones sufren variaciones muy sensibles, sensibilidad que se ve acrecentada con determinadas variaciones en sus propiedades.

Resulta obvio, pues, justificar la necesidad de profundizar en el conocimiento de las propiedades que deben reunir determinadas sustancias con vistas a su utilización como ornamental.

Pero muchas de estas propiedades son tan intangibles como resulta ser el "impacto comercial" de un tipo de sustancia de cara a los mercados consumidores.

Una roca que se vaya a destinar a estos usos tendrá una cotización tanto más alta en razón directa a su versatilidad, pero siempre estará presidida por el éxito ya alcanzado por otras piedras de uso tradicional.

La investigación en curso presta máxima atención a estos aspectos, y especialmente a las propiedades físicas por las cuales se puede llegar a una clasificación de las rocas ornamentales que se prospeccionan.

La prospección afecta a un área de 35.000 kilómetros cuadrados, que corresponden a las provincias de Granada, Almería, Murcia y Alicante. Hasta estos momentos se llevan investigados unos 21.000 kilómetros cuadrados, investigación que contempla precedentemente.

- El valor ornamental de la roca,
- su uniformidad,
- su grado de fracturación,
- su explotabilidad,
- y las propiedades intrínsecas de la roca: compactación, dureza, resistencia —al pulido, tracción, compresión y al corte—, peso específico, composición química, mineralógica y petrográfica.

Todas estas variables serán las que faciliten la consecución de una clasificación adecuada de estas sustancias.

La prospección hasta ahora llevada a cabo ha permitido la localización de 160 indicios que interesan a: mármoles, serpentinas, travertinos, falsas ágatas, areniscos y capizas, que en conjunto representan 30 variedades de rocas: 4 de mármoles, 2 de serpentinas, 3 de travertinos, 2 de falsas ágatas, 2 de areniscas, 5 de conglomerados y 12 de calizas.

Pero este proyecto no contempla sólo a la industria de la roca ornamental en su estado natural, ya que uno de sus más importantes capítulos está dedicado al aprovechamiento de los subproductos que interesan a la industria del terrazo y del mármol artificial, directriz ésta muy desarrollada actualmente a escala internacional.

#### *Investigación de caolines*

A todos alcanza el interés de investigar los yacimientos. Las cifras que vamos a dar a continuación son suficientemente expresivas. La producción racional de caolín bruto y lavado en 1972 fue de 430.000 toneladas, con un valor aproximado de 350 millones de pesetas; se importaron 92.400 toneladas de caolín, por un valor de 334 millones de pesetas, y se exportaron 55.300 toneladas, por un valor de 85.000 millones de pesetas. El balance importación-exportación es, como vemos, totalmente negativo. La causa fundamental de las importaciones es la falta de plantas de tratamiento adecuadas para concentrar caolines aptos para la industria de pintura, plásticos, papel y algunos tipos de cerámica.

Los yacimientos más importantes de España se ubican en las formaciones wealdense y albense del Sistema Ibérico y en las provincias gallegas y asturianas. Se han programado tres proyectos, dos iniciados en Asturias y Sistema Ibérico, y un tercero, en Galicia, que se iniciará en 1974. Las reservas estimadas hasta el momento son de 2.000 millones de toneladas de mineral, con un contenido del 15 por 100; es decir, unos 300 millones de toneladas de producto rendible. Las previsiones de consumo en España para 1980 son de unas 700.000 toneladas.

En Asturias tienen interés los caolines ordovícicos, de los que se han cubicado unos 30 millones de toneladas de producto vendible; este caolín tiene un contenido de 85 por 100 de caolinita, un índice de blancura no superior al 75 por 100 y exento de impurezas.

Su aplicación fundamental es en la industria refractaria; se estudia su aplicación a otras industrias, si bien existen serias dificultades por el momento.

Dada la estructura filoniana de los yacimientos, se explota en minería subterránea.

Se ha constituido el Archivo Nacional de Rocas Industriales, cuyo objeto es reunir en un banco de datos toda la información que se obtenga como consecuencia de los estudios realizados y cuanta información adicional se reúne referente a los distintos aspectos de estas sustancias minerales.

Como dato interesante diré que este archivo se inició en 1969 y ha tenido la siguiente evolución:

En 1970 tenía 3.800 canteras, 59.986 fichas y 156.978 datos.

En 1972: 6.296 canteras, 432 fichas y 293.878 datos de explotaciones.

En septiembre de 1973: 7.073 canteras, 123.482 fichas y 413.878 datos.

Paralelamente al archivo existente son soporte en ordenador, está en estudio la creación del archivo en microfilm de toda la documentación sistematizada que se genera durante la ejecución de los mapas y rocas y los estudios sectoriales. Está previsto el manejo del archivo con búsqueda automática de documentos y fotocopiadora incorporada.

El problema fundamental de las rocas industriales en España se centra en dos aspectos fundamentales: una minería muy atomizada y de pequeña dimensión que da lugar a una infrautilización de las posibilidades de muchos yacimientos, falta de homogeneidad en el producto extraído y no garantizar suministros con regularidad. El otro aspecto es la escasez de plantas de tratamiento que permitan adecuar la sustancia extraída a las diversas posibilidades de aplicación es la industria.

Como realmente se desconocía la gama de aplicaciones industriales de estas sustancias y las especificaciones para cada uso, se ha iniciado un estudio económico y tectológico de las rocas industriales. No es posible explicar con detenimiento los criterios y contenido de estos estudios, pero citaremos algunos ejemplos y resultados obtenidos.

No es posible detenerse en este momento a explicar los motivos que condicionan la necesidad de confeccionar mapas geotécnicos; veamos a continuación la cartografía programada y los mapas realizados hasta el momento.

Analizada la cartografía geotécnica confeccionada por 17 países, entre los que se encuentran Alemania, Rusia, Checoslovaquia, Francia, Yugoslavia, Estados Unidos, In-

glaterra, Suiza, Bélgica, etc., y visto que no existía una sistematización en la ejecución de los mismos, elaboramos una metodología, considerando los procedimientos utilizados, lo que más se adaptaba a las necesidades actuales de nuestro país.

El esquema operativo es el siguiente:

Paralelamente al establecimiento del esquema operativo general, se eligieron las escalas que de forma sistemática vamos a emplear en España para la cartografía geotécnica. Estas escalas son:

1 : 200.000, con aplicación a estudios de planificación del territorio en todo el país o por regiones. Planificación general de la red viaria y grandes conducciones, como oleoductos, canales, etc. Aplicación al estudio de inversiones económicas.

1 : 25.000, con aplicación a proyectos de ordenación regional o local, planes de expansión urbana e industrial, estudio de zonas de descongestión urbana y urbanismo rural.

Estudios de viabilidad de la red viaria.

1 : 5.000, y más detalle, con aplicación a planes locales de desarrollo, arquitectura urbana e industrial, diseño de estructuras, cálculo de cimentaciones, proyecto y control de ejecución de obras.

Los criterios para la realización de los mapas geotécnicos dependerán de la escala, siendo de tipo documental-descriptivo-cualitativo en la 1 : 200.000; de tipo descriptivo-cuantitativo, en la escala 1 : 25.000, con empleo fundamentalmente de técnicas de reconocimiento indirecto y de tipo analítico-cuantitativo-cualitativo, con empleo de técnicas de reconocimiento directo e indirecto en las escalas 1 : 5.000, y más detalle.

Esta cartografía consta de varios mapas:

— Mapa litológico, en que se estudian los espesores y composición de las formaciones superficiales, la profundidad del sustrato rocoso y los superficies de discontinuidad.

— Mapa geomorfológico, en que se interpreta el mapa topográfico, delimitando áreas por grado de pendiente, se realiza una separación de zonas según el grado de estabilidad, y se incluyen en él los fenómenos endógenos y exógenos.

— Mapa hidrogeológico, en el que se expresan la permeabilidad de los materiales, hidrología superficial, tipos y profundidad de acuíferos subterráneos y condición de drenaje.

— Mapa de características geotécnicas, en el que se incluyen capacidades de carga, asientos previsibles, grado de sismicidad y factores geotécnicos varios.

— Mapa de interpretación geotécnica, que es una síntesis de la interpretación de los cuatro mapas anteriores. En él se hace una separación en regiones y áreas, con descripción de las mismas, y se clasifican los distintos terrenos en función de sus condiciones

constructivas y con expresión de los tipos de problemas que pueden darse en dichos terrenos; estos problemas los hemos dividido en litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos.

En los mapas geotécnicos para su aplicación en ordenación urbana, que se realizan a escalas comprendidas entre 1 : 5.000 y 1 : 25.000, además de seguir la metodología indicada, con el aumento debido de observaciones puntuales, realización de ensayos y cálculo de parámetros numéricos, se consideran otros factores complementarios, como son los climáticos, ambientales, contaminación, política de expansión y distribución urbana, valor del suelo, en algunos casos se contempla el problema de los residuos urbanos e industriales. No se olvidan en determinadas áreas los recursos en materias primas para la construcción de obras, los fenómenos locales de lluvias, inundaciones, crecidas de ríos y las obras de infraestructura de servicios y transporte subterráneo, si los hay.

La confección, igualmente, en esta cartografía para ordenación urbana, mapas de ordenación territorial y mapas de prevención de riesgos. Tendrán por finalidad identificar, caracterizar y delimitar las zonas expuestas a riesgos ligados a movimientos del suelo y del subsuelo: avalanchas, deslizamientos, hundimientos, inundaciones, proximidad a zonas minadas antiguas o a minas en explotación, etc.

Ultimamente, se está considerando el incluir en esta cartografía los estudios de repercusión por los efectos de voladuras próximas a zonas urbanas y estudios sobre envejecimiento de monumentos antiguos de piedra.

Con los datos suministrados por la cartografía se tiene proyectada la constitución de un banco de datos mecanizados de suelos y la realización de cartografía mecanizada de suelos y la realización de cartografía mecanizada, con aplicación de los métodos geoestadísticos.

La programación existente de nuestra cartografía geotécnica es la siguiente:

Las 90 Hojas del Mapa Geotécnico 1 : 200.000 se realizarán en el período 1972-75. En los años 1972 y 73 se han confeccionado 58 hojas; en 1974 y 75 se harán las 32 restantes.

Los Mapas Geotécnicos para ordenación urbana a escalas entre 1 : 25.000 y 1 : 10.000 se han realizado en las ciudades de Oviedo y Pontevedra, y están iniciados los de Córdoba y Madrid, en los próximos seis años se tiene proyectado realizar este Mapa en otras 20 ciudades españolas.

En el período 1969-73 se han realizado 63 mapas geotécnicos de áreas industriales y urbanas, a escala 1 : 5.000 y prestamos asistencia técnica en estudios geotécnicos a los Ministerios de la Vivienda y Planificación del Desarrollo españoles.

A petición del Gobierno Civil de Córdoba, se realizó el estudio geotécnico para reconocimiento de un talud

realizado en Benamejí y de la zona de ampliación del núcleo urbano.

Los objetivos del presente estudio lo constituyen, en primer lugar, la investigación de los círculos de rotura del talud y, por medio del reconocimiento de sus características intrínsecas, determinar la máxima zona que puede afectar el deslizamiento. De otra parte, mediante una explotación geotécnica de los materiales de las proximidades del pueblo, en especial de la zona N, hacia donde se presupone la ampliación del núcleo urbano, también se investigaron las posibles soluciones para estabilizar las zonas deslizadas y las influenciadas por el corrimiento.

La existencia de hundimientos que afecta a zonas edificadas del paraje denominado "Charca Musia" "Cáceres), determinó la realización de un estudio geotécnico a petición de las autoridades provinciales.

El problema radicaba en la existencia de unas calizas cársticas recubiertas por niveles cuaternarios, que impiden su observación directa. Dichas calizas en contacto (a veces mecánico) con esquistos y pizarras, determinan las zonas en las que se producen hundimientos.

Para la investigación de la posición de los niveles calizos se han tenido que realizar, además de una precisa cartografía a escala 1 : 5.000 y 1 : 10.000, labores de reconocimiento mecánicas (sondeos, calicatas y pocillos); completadas por una investigación geofísica con utilización de los métodos: sondeos eléctricos corticales, con dispositivo Slumberger y calicatas eléctricas tipo Slumberger y dispolares.

Como conclusiones del estudio, actualmente en muy avanzada fase de ejecución se determinarán aquellas zonas en las que puedan producirse hundimientos y se recomendaron las soluciones más variables para la realización de futuras cimentaciones en las zonas afectadas.

Dentro de este programa, se ha iniciado el inventario y estudio de escombreras y balsas mineras. Los objetivos fundamentales de estos estudios son:

- Inventario selectivo de las balsas y escombreras mineras, detallándose para cada una de ellas sus características más importantes.
- Establecimiento de métodos prácticos para su diseño, ejecución y explotación.
- Establecimiento de normas para su control y auscultación. Normalización cualitativa y cuantitativa de prospecciones, ensayos y medidas a realizar.
- Estudio de normas de limitación, debidas a tamaño y capacidad, pendiente del terreno y proximidad de personas, propiedades privadas, otras instalaciones mineras, etc.
- Posible aprovechamiento futuro, una vez finalizada su explotación.

#### *Investigaciones geotérmicas.*

De un modo general se puede indicar que por "energía geotérmica" se entiende el aprovechamiento del calor terrestre. Desde nuestro punto de vista se pretende investigar el calor terrestre que pueda ser explotable de forma rentable. La presencia de una energía geotérmica explotable industrialmente se encuentra asociada muchas veces a la existencia en el medio natural de fluidos (vapores o líquidos) que pueden intercambiar su calor.

Ante la crisis de energía, preocupante a escala planetaria, es fundamental la investigación de todos los recursos energéticos, muchos conocidos desde la antigüedad, que sea susceptibles de paliar la escasez de las tradicionales fuentes energéticas.

Nuestros fines en este tipo de investigaciones pueden resumirse en los siguientes puntos:

- 1.º Inventario de las manifestaciones geotérmicas existentes en el país.
- 2.º Delimitación de campos geotérmicos.
- 3.º Investigaciones de los campos de energía geotérmica.
- 4.º Puesta en explotación de los recursos encontrados.

Naturalmente, una investigación de este tipo debe cubrirse en fases sucesivas, para cumplir los objetivos indicados.

En el campo de la Geotecnia Minera se realizan los siguientes estudios:

#### *Investigación de los problemas geomecánicos en el arranque: Permeabilidad.*

Es evidente la necesidad que existe en el campo de la Minería, de procedimientos que sirvan para orientar a nuestros mineros en el conocimiento de la relación, que pueda existir entre las características geomecánicas de las rocas, y su facilidad a ser atacadas por elementos de corte. Como base de partida se ha tomado la experiencia en trabajos análogos, realizados en otros centros del extranjero, y se ha completado con aportaciones más amplias utilizando el equipo y aparatos de nuestro laboratorio de Geotecnia.

Es nuestra intención, en sucesivas fases del trabajo, completarlo con una correlación experimental de medidas "in situ", con velocidades reales de perforación obtenidas mediante ensayos normalizados. También se pretende relacionar más exhaustivamente las observaciones petrográficas, tanto con las características de los cristales en sí como utilizar esas observaciones para obtener de ellas los valores de los parámetros estadísticamente y mediante tablas.

Tenemos en proyecto proseguir estas investigaciones complementadas con estudios de determinación en las operaciones de comunicación. Pretendemos establecer un balance energético completo, que incluye la energía con-

sumida desde el arranque hasta conseguir el producto final al tamaño deseado. De esta forma se podrá actuar sobre los distintos estudios del proceso para disminuir el precio de coste y minimizar el consumo de energía con el ahorro correspondiente, de tanta trascendencia en la actualidad.

#### *Caracterización geomecánica de la zona pirítica de Huelva y de la cuenca hullera asturiana.*

El objetivo de estos estudios ha sido la determinación de los parámetros que condicionan el comportamiento mecánico de las rocas que constituyen las estructuras mineras.

Se han elegido dos zonas de actividad minera, como son: el macizo hullero asturiano y la formación pirítica de Huelva. En la primera se ha estudiado la cuenca del Aller, y en la segunda, las áreas de Tharsis, Sotiel y Cala.

Se han estudiado los materiales rocosos que de forma más directa están relacionados con las labores mineras y los materiales que con mayor frecuencia aparecen en la zona.

Paralelamente a las operaciones necesarias para llevar a cabo la selección y toma de muestras y a su caracterización mecánica se han llevado a efecto estudios sísmicos y petrográficos, con el fin de, mediante parámetros comunes, relacionar las propiedades sísmicas, petrográficas y mecánicas de los macizos rocosos.

#### *Investigación mecánica para la construcción de túneles y galerías.*

Este estudio constituye una toma de contacto con los problemas planteados en la perforación de galerías.

Uno de los objetivos que se pretende conseguir es mentalizar al minero de la utilidad de estos procedimientos y de la necesidad de aplicarlos de una forma sistemática para determinar un margen de seguridad en las labores, sino, además, para obtener rentabilidades económicas.

Como consecuencia del avance de las labores se originan sucesivos reajustes de las tensiones existentes en la estructura rocosa, que, a su vez, dan lugar a variaciones del estado tensional que, además, se ve alterado por la interacción con huecos y labores circundantes. El comportamiento de la estructura, al menos en parte, es uno de los objetivos de este proyecto, constituyendo el primer paso del mismo la obtención de los parámetros resistentes a partir de los resultados de los ensayos y de la adecuada interpretación de la instrumentación instalada, con el objeto de deducir así las enseñanzas aplicables a otros casos.

No podemos esperar conclusiones definitivas que han de ser basadas en la abundante recopilación de datos, por la razón de que ha sido escaso el tiempo transcurrido, desde la fecha de instalación de aparatos y no haber sido

posible, por tanto, detectar hasta, hasta el momento, grandes movimientos inducidos por la explotación minera. No obstante, si se ha podido comprobar el correcto funcionamiento de los aparatos, y esperamos disponer de datos suficientemente amplios y fiables que nos ilustren sobre el comportamiento del macizo rocoso según progresen las labores.

#### *Diseño óptimo de excavaciones mineras: Taludes.*

Este estudio se enfrenta con la problemática que tiene planteada la reconversión minera en nuestro país.

Estamos aplicando técnicas actualizadas en estas materias en las minas de Cala, y ya se ha realizado el estudio estadístico de los parámetros de cálculo en la zona inmediata a la mina y los trabajos preliminares de este estudio.

Es evidente la enorme importancia económica que existe en conseguir mejorar el ángulo del talud en una explotación a cielo abierto, no solamente económicamente, sino por incrementar las reservas en sustancias minerales.

Esperamos conseguir una normativa y metodología de cálculo para aplicarla de una forma general a problemas análogos que existen en nuestra minería y prestar así con más eficacia la labor asistencial por parte del IGME.

#### *Dimensionado y resistencia de huecos y pilares.*

No podría faltar en nuestros trabajos en curso la problemática que afecta a la minería por huecos y pilares. Con este fin se han iniciado importantes investigaciones en la minería del Zn, y se proyecta extenderlas, en principio, a la minería en la provincia de Huelva.

Se pretende, con estos trabajos, mejorar el tanto por ciento de recuperación de la extracción compatible con un margen de seguridad y, como anteriormente, no solamente por su incidencia económica, sino por el considerable aumento de reservas.

Estamos en contacto con otros centros, dentro y fuera de España, para conseguir calidad actualizada en nuestros objetivos, y se están realizando mediciones con "door-slopper" y aplicando otras técnicas. Se pretende conocer la carga que actúa en el pilar y la carga admisible salvaguardando la seguridad exigible en este tipo de explota-

ciones; de aquí se deducirá el esquema del laboreo con los condicionantes correspondientes.

#### *Investigación sobre los factores geomecánicos en las voladuras.*

Finalmente se han iniciado las investigaciones que afectan al empleo de explosivos y a los niveles de riesgo producidos por voladuras. Creemos que en este campo se ha dado un importante paso el estudio en curso nos hace concebir sucesivas etapas en estas investigaciones. En este estudio, quizá ambicioso en su planteamiento, se ha conseguido sentar las bases de desarrollo ulterior y establecer una metodología que nos permita ser verdaderamente útiles y eficaces a las diversas secciones de minas provinciales.

Se contempla en este proyecto una mentalización de los técnicos para conseguir esquemas de tiro en voladuras que tengan en cuenta los progresos de la mecánica de rocas aplicables a estas materias.

Los trabajos realizados hasta la fecha lo han sido en diversos lugares del país y han abarcado multitud de observaciones y problemas. Se intenta establecer, entre otros, la variación de los niveles de riesgo condicionados por la geología local y por la creación de precortes, lo que supone un mejor planteamiento de la voladura en los aspectos económicos y de seguridad.

Además de los trabajos a cielo abierto y subterráneos, se piensa, en lo sucesivo, considerar las voladuras submarinas tecnología de gran interés, y apenas iniciada en nuestro país.

Para el futuro y para lograr una planificación realista de nuestros trabajos se va a iniciar el inventario de problemas geomecánicos en la minería española, donde se destaquen los condicionantes, en el aspecto geomecánico, existentes en nuestras explotaciones. Agrupando los casos similares se podrá atacarlos en su conjunto con más eficacia. Esperamos con estas investigaciones colaborar con nuestra minería para disminuir los costes mediante la aplicación de las técnicas de mecánica de rocas. Nos permitirá, por otra parte, contemplar globalmente los problemas geomecánicos de la minería y atacar prioritariamente los más importantes, como los que afectan a materias primas y fuentes energéticas.

## Noticias

### GEOLOGIA

#### MACIZO MONTAÑOSO EN EL SUBSUELO DE SCHLESWIG-HOLSTEIN

Cuando las lenguas de hielo del gigantesco glaciar del Báltico avanzaron en la última gran glaciación (Vístula) hasta Holstein Oriental ya existía el Bungsberg, morrena varios cientos de miles de años más antigua, que no consiguió recubrir el avance de los hielos, rodeándola, eso sí, por todas partes y formando una especie de monte-isla que continuó siendo así la mayor elevación de la comarca.

Este relieve glaciar, poco acusado, recubre otro más abrupto que se ha descubierto como consecuencia de las perforaciones de los últimos años en busca de agua y de petróleo. Este relieve oculto está constituido por un paisaje de montañas de altura media con diferencias de nivel hasta de 400 metros en espacios más bien reducidos.

El elemento característico de este paisaje, hoy en el subsuelo, lo forman valles longitudinales, cuya anchura oscila entre uno y varios kilómetros y cuya profundidad alcanza de 100 a 400 metros. El más hondo de ellos está situado precisamente en la zona más llana del norte de Alemania; en la "Marsch" o antiguo paisaje de marismas de la península de Eiderstedt, donde elevaciones de dos metros son visibles desde muy lejos. En el subsuelo del pueblo de Oldenswort, ha sido descubierto un valle enterrado de más de 400 metros de anchura, si bien se desconoce todavía su longitud total.

Al comenzar la era glaciar, estos valles fueron disecados en la superficie terciaria —llana también— del norte de Alemania. Esta región, poblada por rebaños de caballos salvajes primigenios y de hipopótamos, la cubría un bosque en el que predominaban los árboles propios de un clima cálido de tipo mediterráneo. Estos extraños valles profundos se rellenaron durante el Cuaternario de arena gruesa, grava y cantos rodados, que fueron transportados por las aguas de fusión de los hielos cuaternarios.

Estos valles profundos constituyen los lugares preferidos de los sondeos en busca de agua que lleva a cabo el

Instituto Regional de Geología de Schleswig-Holstein. Procedente de las extensas capas de lignito formado a base del arbolado cálido del Terciario, el agua llega constantemente a estos valles. Durante los últimos años viene aportando el caudal de estos pozos una buena parte del agua que consumen las ciudades de Lübeck y Hamburgo.

El origen de estos valles constituye un enigma geológico. No existe la posibilidad de que hayan sido excavados por antiguos ríos, como ocurre en las montañas de altura media o en los Alpes. Como era imprescindible que tuviesen una salida al mar hay que pensar que el nivel de las aguas marinas tuvo que ser al principio del Cuaternario varios cientos de metros inferior al actual. Aunque se admita que, efectivamente, el nivel del mar fue inferior al de hoy en varios centenares de metros, debido a que las grandes masas de hielo continental retenían una buena parte del agua del mar, lo que daba lugar a que extensiones considerables de la plataforma continental estuviesen al descubierto, los valles profundos del norte de Alemania se formaron antes del Cuaternario. Además, muchos de ellos dan la impresión de ser fosas endorreicas, esto es, sin salida al mar. Cabría pensar que la base de estos valles se hizo posteriormente más profunda como consecuencia de la lixiviación de la sal de la misma. Esta sería una explicación aceptable de la gran profundidad de los valles. Esta hipótesis sólo se puede aplicar al valle profundo de Oldenswort, en la península de Eiderstedt. El enigma sigue en pie.

#### EXPLORACION AEREA DE LA TIERRA

Con la ayuda de un bimotor Dornier Do 28 "Skyservant" se proponen averiguar científicos alemanes las posibilidades que se le ofrecen a la República Federal de Alemania de exploración de la Tierra desde el espacio. Probablemente en la segunda mitad de 1975 realizará su primer vuelo este avión equipado con sensores, para sobrevolar a alturas que oscilarán entre los 3.000 y los 5.000 metros las zonas elegidas para realizar el experimento.

En la zona de bajíos de Frisia Oriental y en ciertos sectores del Mar del Norte, se quieren obtener informaciones sobre la interacción entre el mar y la tierra en las zonas costeras, con el fin de poder disponer así de conocimientos exactos acerca del acarreo de sedimentos, del oleaje, de la repartición de las temperaturas, del grado de enturbamiento del agua del mar y de su contaminación. En las zonas costeras del Báltico interesan sobre todo los problemas oceanográficos, tales como transparencia y contenido en clorofila del agua. En el complejo "Biosfera de una gran aglomeración", de tanta importancia para la planificación regional y la defensa del medio ambiente, se concentra el interés de los vuelos que se realicen en el Meno medio, junto con el Taunus y el Wetterau. Este proyecto, durará tres años, lo promueve el Ministerio Federal de Investigación y Tecnología, se invertirán 11 millones de marcos. Su fin es preparar a los geocientíficos para una exploración de la Tierra desde ingenios espaciales en un futuro programa internacional de satélites o europeo de Laboratorio espacial. Con tal objeto se comprobará la validez de los métodos y las capacidades científico-técnicas disponibles y las lagunas existentes en el sector de la investigación y el desarrollo, sometiendo a prueba y promoviendo la cooperación interdisciplinaria.

## ENERGIA

### TRANSPORTE DE ENERGIA DE ORIGEN NUCLEAR POR GASODUCTOS

En el Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich se ha conseguido poner en funcionamiento un reactor de temperatura alta, allí diseñado, que alcanza una temperatura de gas de refrigeración de 950 grados Celsius. Se trata de la temperatura máxima alcanzada por un reactor en una central nuclear.

Una sola central nuclear "caliente", instalada a ser posible bajo tierra, bastaría para cubrir las necesidades de calor nuclear a distancia de las grandes aglomeraciones. El calor de procesos nucleares, gracias a su transformación química, se acumula en una mezcla gaseosa y se expide después, a temperaturas normales y por medio de gasoductos, a consumidores lejanos. En su punto de destino se encarga una instalación de extraer el calor contenido en el gas, el cual puede producir agua caliente para usos industriales y domésticos, así como también vapor a temperaturas de 450 grados Celsius como máximo. Las pérdidas de energía por transporte son prácticamente nulas.

Como soporte energético se utiliza una mezcla de metano y vapor de agua, que con la ayuda de un reactor de temperatura alta se encarga de transformar en una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno. Merced a esta transformación química, la mezcla se "carga" de ca-

lor. En el punto de utilización se reproduce el proceso a la inversa, transforma de nuevo la mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno en agua y metano, quedando así en libertad el calor acumulado. El gas "vacío" es reexpedido por otra tubería al origen, donde se vuelve a "cargar" calor.

### EL URANIO DE LOS FOSFATOS NATURALES

En los laboratorios de la "Gulf Research and Development" se está ensayando un nuevo método para la extracción del uranio de las menas de fosfatos. El proceso, ideado originalmente por la Comisión Nacional de Energía Atómica norteamericana, en Oak Ridge, ha sido modificado por la "Gulf" para su utilización comercial, consistiendo en la extracción del uranio durante el proceso de fabricación del ácido fosfórico, sin modificar las características de la planta montada para este proceso. Si los ensayos en planta piloto actualmente en marcha resultan satisfactorios, se iniciará en este mismo año el diseño de una instalación en escala industrial.

### METANO DE LAS MINAS DE CARBON

El metano procedente de la desgasificación de las minas de carbón puede constituir una importante fuente de reservas de este gas, al suponer que en los lechos carboníferos situados a profundidades de unos 1.000 metros existen del orden de los siete trillones de metros cúbicos de metano. Este gas puede recuperarse actualmente con las nuevas técnicas de drenaje de las minas para mejorar su seguridad. El metano que, procedente de las vetas del carbón, sale a través de los orificios de drenado, se obtiene en las mismas condiciones prácticamente que el de los pozos de gas metano de explotación comercial.

### LAS RESERVAS DE URANIO Y EL USO DE LA ENERGIA NUCLEAR.

Se calcula que a fines de siglo la energía nuclear proporcionará un 50 por 100 o más de la energía eléctrica que se consume en los principales países del mundo. Esto originará un aumento de la demanda de uranio, que se estima podrá llegar a ser cinco veces la actual. Según un reciente informe de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE y de la Agencia de Energía Atómica Internacional, la demanda actual de uranio es de unas 18.000 t/año, y para 1980 se prevé que alcance la cota de unas 60.000 toneladas/año, llegando en 1985 a la cifra de 100.000 toneladas/año. Los actuales precios a que se paga el ura-

nio no suponen un incentivo para activar las prospecciones de minerales uraníferos, especialmente en las zonas en que lo más probable es que los posibles yacimientos resulten de explotación comparativamente costosa. Se estima que el coste normal de explotación del mineral de uranio es de unos 20 \$/kg de  $U_3O_8$ , y que las reservas mundiales, razonablemente seguras, de este mineral vienen a ser del orden de las 866.000 toneladas de uranio puro o 1.126.000 toneladas de  $U_3O_8$ , más unas reservas adicionales que se estiman, sin el mismo grado de seguridad, en 916.000 toneladas de U puro o 1.191.000 toneladas de  $U_3O_8$ . A esto hay que añadir las reservas, cuyo coste de explotación oscila de 20 a 30 \$/kg de  $U_3O_8$ . De éstas existen con cierta seguridad unas 680.000 t de U puro o 888.000 t de  $U_3O_8$ . Y con menor seguridad, unas 632.000 t de U puro o 821.000 t de  $U_3O_8$ .

La opinión general es que para 1990 la capacidad de producción de energía eléctrica de origen nuclear será de unos 370 millones de kilovatios para la Europa de la OCDE, de unos 500 millones de kilovatios para Estados Unidos y de unos 100 millones de kilovatios para Japón.

Existe una preocupación especial en lo que respecta a la creciente demanda de uranio enriquecido, que se está produciendo como consecuencia de la mayor baratura de las centrales térmicas que utilizan este combustible, y de su mayor seguridad de funcionamiento. La preparación de este uranio enriquecido exige instalaciones costosas de tratamiento, cuya capacidad habrá que ampliar considerablemente y, dado que esta operación es de una lentitud análoga a la propia construcción de los reactores, será necesario adoptar lo antes posible las medidas precisas para ello. De lo contrario, la demanda de este combustible no podrá ser satisfecha con la prontitud requerida.

## REUNIONES CIENTIFICAS

### V REUNION CIENTIFICA DE LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS GEOLOGICAS.

Del 1 al 6 de julio se celebró la V Reunión Científica de la Comisión Internacional de Historia de las Ciencias Geológicas.

La reunión tuvo como presidente de honor a S. A. R. el Príncipe de España, y fue patrocinada fundamentalmente por el Ministerio de Industria y 29 entidades colaboradoras. Las inscripciones fueron 136, pertenecientes a 18 países, y las comunicaciones científicas 48.

La sesión inaugural tuvo lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. El acto fue simultáneo con la conmemoración del CXXV aniversario de la creación de la Comisión de la Carta Geológica de Madrid y

General del Reino, organismo predecesor del actual Instituto Geológico y Minero de España.

La organización de la reunión corrió a cargo del miembro del Consejo de dicha Comisión, académico López de Azcona.

Las comunicaciones científicas se expusieron los días 1, 2 y 3 de julio, en la mencionada Escuela. El día 4 se destinó a la visita del establecimiento minero de Almadén y a su planta metalúrgica. El día 5 se recorrieron interesantes excavaciones prerromanas, romanas y árabes de Córdoba, teniendo lugar la clausura en la Diputación de dicha provincia, bajo la presidencia del subsecretario técnico de la Presidencia del Gobierno y miembro correspondiente de España en la INHIGEO, doctor del Valle Menéndez.

Con ocasión de esta reunión científica se adjudicaron tres premios, por votación entre los inscriptos, y lo fueron a los siguientes autores y temas: primero, de la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, al profesor López de Azcona, de Madrid, por su comunicación "La enseñanza de Geología y Ciencias Cinexas en España" (notas históricas); segundo, del Instituto Geológico y Minero de España, al profesor Tikhomirov, de Moscú, por el trabajo "Los ciento cincuenta primeros años de la enseñanza geológico-minera en Rusia", y tercero, del Banco de Vizcaya, a los profesores Moitinho, de Almeida, y Barros e Carvalhosa, de Lisboa, por "Breve historia de los Servicios Geológicos de Portugal".

## NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

### CONVERSION DE CARBON EN GAS.

La primera planta comercial para la conversión de carbón en gas natural sintético ha sido puesta en funcionamiento en Westfield (Escocia). Su producción es de 100.000 metros cúbicos, a un costo de 70-90 céntimos de dólar por 1 mill. de unidades térmicas de gas.

La financiación de esta planta ha sido realizada por una docena de empresas norteamericanas, encabezadas por la "Continental Oil Co.", de Estados Unidos, y que colaboran con este fin con la "Corporación Británica del Gas" y la firma británica "Woodall-Duckham", filial de "Babcock and Wilcox".

También se lleva a cabo, en Westfield, un estudio (financiado por la "American Gas Association" y por la "Office of Coal Research", del Departamento norteamericano del Interior) sobre las distintas variedades del carbón estadounidense que pueden ser gasificadas con mayor ventaja, para hallar una solución al problema del continuo descenso de las reservas conocidas de gas natural exis-

tentes en Estados Unidos, que a su ritmo actual de consumo deberán estar agotadas en un plazo de diez años.

#### DETERGENTES PARA AUMENTAR LA EXTRACCION DEL PETROLEO

A veces el petróleo queda adherido fuertemente a la roca que lo contiene a causa de fenómenos eléctricos. Los tensidos, materias primas que se utilizan en la industria de detergentes, harán que la roca se desimpregne, consiguiendo así poner en movimiento una parte al menos del petróleo retenido por la roca. Los tensidos juegan también un importante papel en las llamadas mareas de espuma, las cuales son asimismo objeto de estudio en Clausthal-Zellerfeld. Con arreglo a este procedimiento se crea un frente de espuma entre el petróleo y el agua, a fin de que ésta no resbale sobre el roquedo impregnado de petróleo, sino que lo empuje en dirección al pozo de extracción, mejorando el rendimiento del sondeo.

#### INVESTIGACION ESPACIAL

##### DATOS DE JUPITER.

Los datos y fotografías obtenidos por el "Pioneer 10" durante su viaje alrededor de Júpiter tienen particular interés. Este planeta emite 2,5 veces el calor que absorbe del Sol y en su atmósfera se ha encontrado helio e hidrógeno, que son dos constituyentes esenciales de este último. Su campo magnético presenta una forma de disco enormemente distendido, excepto en las cercanías del planeta, donde su forma es algo más redondeada, como ocurre en nuestra Tierra. Se ha logrado fotografiar a Júpiter con la luz incidiendo oblicuamente sobre su superficie, lo que ha permitido observar con mayor claridad que nunca, la célebre mancha roja de este planeta, así como la sombra que arroja sobre él su satélite.

#### ESTUDIO CON SATELITES DEL INTERCAMBIO DE CALOR DE LA TIERRA

La termosfera, donde tienen lugar las interacciones entre la radiación ultravioleta solar y las capas inferiores de la propia atmósfera terrestre, ha sido muy poco estudiada hasta ahora mediante satélites artificiales, a causa de su relativa proximidad a la Tierra y de las dificultades técnicas que esta circunstancia entraña para el trazado de las órbitas.

Con el empleo del satélite especial AE-C ("Atmosphere Explorer-C"), cuya órbita puede calificarse de "revolucio-

naria", pues, en efecto, su punto más alejado de la Tierra (apogeo) se halla a 4.300 kilómetros de la superficie de ésta, en tanto que su punto más bajo (perigeo) está tan sólo a 150 kilómetros.

El mantenimiento de la órbita presenta unas dificultades tan acusadas que los técnicos de la NASA han tenido que instalar en el satélite un equipo capaz de comprobar, cada quince minutos, la marcha seguida por aquél y de facilitar la corrección de los errores que se produzcan. Ocho meses después de su lanzamiento (es decir, el próximo mes de septiembre), el satélite deberá adoptar una órbita circular, que le permitirá ahorrar energía, manteniéndose a una altitud de unos 2.200 kilómetros durante un año, al menos.

La mayor parte de los datos observados se refieren a las mediciones de concentración y contenido de energía de los iones, átomos y moléculas, con las que se pretende desentrañar los matices que presentan los procesos de transferencia de la energía en la termosfera, procesos que casi con toda seguridad juegan un papel decisivo en la meteorología terrestre.

#### HIDROCARBUROS

##### PRESTAMOS PARA EL OLEODUCTO PERUANO.

Los países árabes prestarán alrededor de 400 millones de dólares al Perú para la construcción del oleoducto y para proseguir las operaciones de exploración por parte de Petroperú en la selva (300 y 100 millones, respectivamente). El Perú asistirá como observador en la próxima reunión de la OPEP, que se realizará en Quito, el 15 de junio, y se incorporará como miembro pleno en 1976. De otro lado, el 24 de junio se realizará en Lusaka la conferencia de los ministros de los países miembros del Consejo Intergubernamental de las Países Exportadores de cobre (CIPEC), reunión a la que han asistido invitados Argelia e Irán, que en 1977 serán exportadores de cobre.

#### GAS PARA ITALIA POR VIA SUBMARINA

Un gasoducto de 2.400 kilómetros de largo se extenderá entre los yacimientos de gas argelino de Hassi R'Mel e Italia, y parte del mismo, por más de 150 kilómetros, se tenderá sobre el lecho del mar Mediterráneo, en algunos sectores a profundidades de 500 metros. Este gasoducto transmediterráneo, cuyo costo será de 300 millones de dólares, conducirá a Italia durante un plazo de veinticinco años, a partir de 1978, gas natural argelino con un volumen de 40.000 millones de metros cúbicos. Se espera que la construcción del gasoducto costará 200 millones de

dólares menos que la de las plantas necesarias para la licuación del gas, y el flete de navíos criogénicos para su porte.

#### GAS RUSO PARA ALEMANIA OCCIDENTAL.

A los consumidores de la Alemania Occidental está llegando gas natural procedente de la U.R.S.S. por gasoductos de unos 1.400 kilómetros desde la Ucrania y entra en Alemania por Weidhaus, en la frontera con Checoslovaquia. Gas de los yacimientos de Tjumes, Siberia, empezará a recibirse dentro de algunos años al terminarse un gasoducto de 4.500 kilómetros de longitud.

Ruhrigas de Essen, al cargo de la entrega del gas soviético a sus clientes de Baviera, ha contratado también con Sonatrach, Argelia, el citado fluido por un volumen de 10 billones de metros cúbicos. En este caso el gas empezará a entregarse, previamente licuado, en 1979.

#### ECONOMIA

##### POSIBLE INVERSION DEL DINERO ARABE

Las ganancias grandes obtenidas con el alza considerable de los precios del petróleo que exportan, ha planteado un problema a las naciones árabes, el de qué hacer con el dinero. Algunas de ellas, como la Arabia Saudita, pueden invertir el capital excedente en acerías que pudieran producir acero a costo muy bajo. En un estudio actualmente realizado por la Marcona Corp., la Midrex Corp. y la Gilmore Steel Corp. se prevé una acería en la cual se utilizarían los 200 millones de metros cúbicos de gas natural que se producen diariamente como subproducto de los campos petrolíferos de la Arabia Saudita y que se quemaban como desperdicio. En el proceso de reducción directa de la Midrex se utiliza gas natural para la producción de acero.

#### MINERALURGIA

##### ESCASEZ MUNDIAL DEL ALUMINIO

La producción total del aluminio de los EE. UU, enfrentada con las relaciones de energía y otros problemas, se espera que aumente este año solamente hasta 5 millones de toneladas a partir de los 9.100 millones de 1973. Las

existencias mundiales de este metal andan escasas, y se predice que la escasez habrá de acentuarse hasta 1975. La capacidad productora de los EE. UU. sin embargo se ve restringida por incertidumbres pertinentes a las leyes contra la contaminación, la escasez del combustible y los crecientes costos de la producción. Se pronostica un incremento del 10 por 100 de los embarques mundiales a consecuencia de la creciente demanda.

#### VARIOS

##### AISLAMIENTO TERMICO CON VENTANAS DOBLES

Se ha diseñado un tipo de ventana doble cuyo coeficiente de aislamiento térmico equivale al de una pared gruesa. Un gas aislante entre ambos vidrios y un recubrimiento interior de los mismos con óxido de estaño y óxido de indio casi incoloro, pero que impide la radiación térmica, reducen las pérdidas a la décima parte aproximadamente. Las ventanas dobles corrientes pierden más o menos 3,5 vatios por metro cuadrado y grado de diferencia térmica, mientras que las ventanas diseñadas en Aquisgrán no pasan de 0,9 y una pared bien aislada, de 0,6.

##### HAY QUE MEDIRLE LA "FIEBRE" AL RHIN

Científicos del Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe están tratando de determinar la curva de la "fiebre" del Rin. En Rheinhausen, a cinco kilómetros aguas abajo de la central nuclear de Philippsburg, han instalado en el río un mástil de 50 centímetros de diámetro provisto de diversos instrumentos de medición. Del régimen térmico de las aguas del gran río. Con otro mástil de 50 metros de altura que se alza en la orilla se recogen al mismo tiempo los datos meteorológicos del contorno. El método de refrigeración, tan simple como barato, de los cursos de agua, debe permitirse en muchos casos por la tolerancia térmica limitada. En los casos donde existe el peligro de alcanzar la temperatura límite prevista por el plan de tolerancia térmica de los ríos, las centrales nucleares estarán obligadas a prescindir de la refrigeración directa y a utilizar las torres de refrigeración clásicas. Como el momento del cambio depende del estado del tiempo, los valores obtenidos se harán llegar automáticamente, junto con los datos meteorológicos, a un ordenador de procesos para su evaluación y decisión ulterior.

## Mercado de Minerales y Metales

### Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>ORO</b>			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	262
Bolsa de Engelhard	N	g	265
<b>PLATA</b>			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	7,94
Bolsa de Nueva York	N	g	8,12
<b>PLATINO</b>			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	353-371
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	359-403 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	373-581

#### 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 julio
<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	807 FOB-Lago
Old range	N	t	821 FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, %, máx. 8,32 % SiO <sub>2</sub> , máx. 9,7 %	N	t	799 FOB-Lago
Old range	N	t	813 FOB-Lago
Gruesos para horno Siemens	N	t	— FOB-Lago
Sinterizados de taconita	N	t	— FOB-Lago
Nódulos de taconita	N	t	— FOB-Lago
Pellets de hierro natural	N	t. u. Fe	24,20 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	44,91 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	25,26 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>COBALTO</b>			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	472 D-U.K.
Precio productor	L	kg	472 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	484 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	478 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	472 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	836 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	831 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	503 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	358-368 FOB-NY
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	75,75 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	82,02 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	101 FOB-ON
<b>CROMO</b>			
Metal:			
En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	kg	190
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	255 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	284 D
Fundido al vacío	N	kg	249 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	2.851-3.421 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.851-3.421 FOB
Turco, cocentrado 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.281-2.757 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	3.022-33.073 FOB-E
Turco, 48 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ratio 3:1	N	t	2.806 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , sin ratio	N	t	2.077-3.407 FOB-E
<b>MANGANESO</b>			
Metal:			
Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	5.245-55.555 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	52,19 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	55,86 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>Menas y concentrados:</b>			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	65,58-68,43 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	61,75-66,24 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	6.368-7.121 CIF-E
70/75 % MnO <sub>2</sub> , en terrones mezclados	L	t	8.807-10.162 CIF-E
<b>MOLIBDENO</b>			
Metal:			
Polvo	L	kg	603-623
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	258 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	251-264 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	226-262 FOB
<b>NIQUEL</b>			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 4 t	L	t	237.125 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	244.577 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	222.220 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	227.092 D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	233 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	218 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	223 p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	283-302 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	n. a. FOB-f
Francés refinado	F	kg	248 FOT
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	319-372 e-w
Japonés	J	kg	297 e-w
Menas y concentrados.			

Según contenido en níquel, tomando como base de discusión el precio del níquel en cátodos de 99,9 % con deducciones que dependen de las impurezas y de los gastos de tratamientos. No existe una fórmula internacional de compra, las compañías compradoras estudian cada caso en concreto.

**VANADIO**

## Metal:

Sólo se cotiza como ferroaleaciones.

## Menas y concentrados:

Pentóxido, fundido mín 98 % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	213 CIF
Pentóxido, fundido mín 98 % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	348 FOB-f
Grado técnico, secado por aire	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	— FOB-f
Pentóxido, por medio de gente (exportación USA).	N	kg V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cont	239 FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>VOLFRAMIO</b>			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	1.007 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.212-1.426 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo			
65 % WO <sub>3</sub>	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.826-5.962 CIF-E
Wolframita I:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.339 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.095 CIF-E
Wolframita II:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.515 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.474 CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.569 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.027 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.813 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO <sub>3</sub>	5.474 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	854-867 D-UK
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.247-1328 D-UK

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>ALUMINIO</b>			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	73.441 D
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	42,12 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	51.747
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	47,86 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	48.983 D
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	50.731 D
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	49,04 CIF
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	56.410-58.265 CIF-E
Mín 99,7 % Al	L	t	58.265-59.620 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	8.977 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	10.936

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de julio
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a granel.	L	t	3.201-3.468
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a granel	L	t	5.335
<b>CINC</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn ...	L	t	62.059 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	44.715 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 4,5 £/t)	L	t	62.669 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	63.143 D-UK
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	45,27 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	46,27 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	46,52 D-USA
<b>Alemán del oeste:</b>			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	48.884-62.757
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	49.325-64.959
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	43,67 FOB-C
<b>Francés:</b>			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	45,68 FOT
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	46,66 FOT
<b>Italiano:</b>			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	48,35-75,22 e-w
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	49,12-75,22 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	11.391 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	13.872 CIF-E
<b>COBRE</b>			
<b>Metal:</b>			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	108.806 FOB-f
Cátodos (L.M.E.)	L	t	106.909
Productores USA	N	kg	101
<b>Alemán del oeste:</b>			
electrolítico	G	t	108.448-109.549
Cátodo	G	t	103.494-105.256
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.</b>			
Menas del 15 % Cu	L	t	12.324
Menas del 20 % Cu	L	t	17.538
Menas del 25 % Cu	L	t	22.752

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>ESTAÑO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	482.786 e-w
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	535 D
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn	L	kg	455 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	70.812 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	121.123 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	177.803 CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	302.073 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	329.735 CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	353.875 CIF-E
<b>PLOMO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	31.035 e-w
Producido en USA	N	kg	28,79 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	14.009 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	17.527 CIF-E
<b>Metales secundarios</b>			
<b>Mercado</b>			
<b>Unidad</b>			
<b>Precio de julio</b>			
<b>ANTIMONIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Regulos inglés, 99,5 % Sb, lotes 5 t	L	t	165.987 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	169.375 D-UK
Importado 99,6 % Sb	L	t	284.550 CIF
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	311.650 FOB
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	— FOB
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	— CIF-NY (c)
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	383 FOT
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	354-398 e-w
Japonés	J	t	315-810 e-w
<b>Menas y concentrados:</b>			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.825-1.939 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.939-2.053 CIF-E
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	169.375 D-UK
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	177.505 D-UK
<b>BERILIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Polvo 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	13.328 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	15.537 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>Menas y concentrados:</b>			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.760-1.949 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO (n) ...	N	t. u. BeO	1.286 CIF-USA
<b>BISMUTO</b>			
<b>Metal:</b>			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	L	kg	1.132 e-w
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.132 e-w
Francés, mín 99,95 % Bi ...	F	kg	1.195-1.257 FOF
Mercado internacional, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	1.111 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	553-541 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	509-516 CIF
Barras en el mercado libre ...	L	kg	509-516 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	577 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	880-1.760 FOB
Calidad comercial ...	N	kg	6.291-1.257 FOB
<b>Menas y concentrados (Zircon):</b>			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO <sub>2</sub> ...	L	t	21.862-25.101 CIF-E
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO <sub>2</sub> ...	L	t	22.672-25.910 CIF-E
<b>LITIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes, mín 99,9 % Li, en lotes de 1000 lb ...	N	kg	1.073 FOB-NY
<b>Menas y concentrados:</b>			
Ambigonita 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	1.626-2.032 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li <sub>2</sub> O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li <sub>2</sub> O	1.626-1.032 CIF-E
<b>MAGNESIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Lingotes de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg en lotes mínimos de 10 t ...	L	t	89.430 D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de julio
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	88.075 D
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	90.243 D-UK
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	134.009 D-UK
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	122.627 D-UK
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	100.270-102.302 CIF
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	81,73 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	86,76 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	15.396-15.966 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	17.891-18.075 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	1.383-2.766 FOB-USA
Lingotes rugosos ...	N	kg	1.912-3.395 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	t. u. Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	207-226 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	214-226 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	— CIF-USA
<b>TANTALIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	3.898-5.155 CIF-USA
Láminas dependiendo de la pureza ...	N	kg	5.281-7.54c CIF-USA
Varillas dependiendo de la pureza ...	N	kg	6.036-9.808 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	1.723-1.886 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	1.697-1.823 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>TITANIO</b>			
Metal:			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	157
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	379-528 D
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	239 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO <sub>2</sub> , empaquetado ...	L	t	22.672-25.910 CIF-E
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO <sub>2</sub> ...	L	t	2.321-2.499 CIF-E
Rutilo, mín 96 % TiO <sub>2</sub> , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	3.260-3.457 D
Ilmenita, mín 54 % TiO <sub>2</sub> ...	N	t	3.087 FOB
Escorias canadienses, mín 70 % TiO <sub>2</sub> ...	N	t	3.368 FOB
Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de julio

**ARSENICO**

Metal:

Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada	L	t	203.250-171.000
--	---	---	-----------------

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	79,83-205 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	31.435-34.575 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.148-28.291 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.861-22.004 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.274 FOB
Mín 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	103-208 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	37.722-47.152 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	31.435-35.578 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	23.891-27.663 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	15.717 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín 24 % Cs <sub>2</sub> O ...	L	t. u. Cs <sub>2</sub> O	1.681-1.761 FOB
--	---	-------------------------	-----------------

**GALIO**

Metal:

Mín 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	57,02 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	45,61 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	39,91 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	37,06 FOB
Mín 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	62,72 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 julio
<b>GERMANIO</b>			
Metal:			
Calidad refinada 30 ohm/cm conductividad:			
En el mercado europeo ...	L	kg	16.395 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	16.707 D
Menas y concentrados.			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
<b>HAFNIO</b>			
Metal:			
Esponja ...	N	kg	9.430 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	15.089 FOB
Menas y concentrados.			
Las menas de hafnio no se comercializan, ya que todo el metal que se produce se obtiene separándolo del circonio después de la metalurgia de éste.			
<b>INDIO</b>			
Metal:			
En barras, mín 99,97 % de pureza, en lotes de 100 troy on ...	L	g	10.027 D
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	10,12
Menas y concentrados.			
El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.			
<b>RENIO</b>			
Metal:			
Polvo, mín 99,99 % Re ...	L	g	94.850
Polvo en el mercado USA ...	N	g	81.731
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.			
<b>RUBIDIO</b>			
Metal:			
Mín. 99,5 % : lotes de 1-227 g ...	N	g	79,83-205 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	34.578-37.722 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.148-28.291 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.861-22.004 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.574 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.			
<b>SELENIO Y TELURIO</b>			
Metal, Selenio:			
Polvo grado comercial, mín 99/99,5 % Se ...	N	kg	2.263
De alta pureza, mín 99,9 % Se ...	N	kg	2.640

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de julio
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb ...	L	kg	2.263
Otras procedencias ...	L	kg	3.017-3.262 CIF
<b>Metal, Telurio:</b>			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te ...	L	kg	1.132
Barras, mín 99,5 % Te ...	L	kg	1.132
Polvo, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.132
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	943 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 julio
<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.	1.257-1.635 FCB-f
Hexafluoruros ...	L	kg O <sub>3</sub> O <sub>8</sub> cont.	1.132-1.509
<b>TORIO</b>			
<b>Metal:</b>			
Polvo y pellets (*) ...	N	kg	1.886
<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	3.585 D-UK
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	2.641
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	377-220
Calodinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	21.376
Itrio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	17.604
Lantana, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	4.401
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	12.574
Samario, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	15.717
<b>Menas y concentrados:</b>			
<b>Monacita:</b>			
Mín 60 %, óxido TR torita ...	L	t	12.145-13.765 CIF-E
Mín 55 %, óxido TR ...	L	t	12.198-12.985 CIF

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>Zenotima:</b>			
Mín 25 % Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	L	kg	377-629 CIF
Mín 60 % Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*) ...	N	kg	1.697 CIF
Mín 90 % Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (*) ...	N	kg	4.388 CIF
<b>Basnasita:</b>			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	50,30-62,87 CIF
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	37,72 FOB
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	44,01 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de julio
<b>AZUFRE</b>			
USA para la exportación, mín 99 % S ...			
Brillante ...	N	t	2.021-2.077 FOB-Golfo
Brillante sólido ...	L	t	2.245-2.414 FOB-Golfo
Brillante líquido ...	L	t	(n) CIF-E
Oscuro ...	N	t	1.964-2.021 FOB-Golfo
Resto del mundo, líquido ...	L	t	2.021-2.133 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	1.964-2.245 CIF-E

#### 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	1.855-1.999 FOB
Magnéticas o de flotación, mín 96 % BaSO <sub>4</sub> , máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.169 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.069-1.329 FOB-Golfo
Importadas en fragmentos, 90/98 % BaSO <sub>4</sub> , a granel ...	L	t	1.355-1.626 CIF

Molidas:

En húmedo, mín 95 % BaSO <sub>4</sub> , a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.772-5.032 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	2.514-2.955 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.949 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO <sub>4</sub> , mín 99 % a 240 mesh, en lotes de 10 t ...	L	t	6.097-6.775 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	3.252-3.794 CIF-pe.

Micronizadas:

Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	7.452-7.723 D-UK
-------------------------------	---	---	------------------

#### BORATOS

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	9.756 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	12.466 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de julio
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	17.208 D-UK
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	14.363 D-UK
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	3.741 FOB
Deshidrato, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	6.884 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N	t	3.992 FOB
65 % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N	t	5.721 FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	L	t	1.654-1.968 FOB
<b>CELESTITA</b>			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % SrSO <sub>4</sub> , a granel, molido 240 mesh	L	t	3.896 e-w
<b>ESPATO FLUOR</b>			
Metalúrgico, mín 70 % CaF <sub>2</sub>			
Reino Unido	L	t	2.000-2.667 D-UK
USA en pellets	N	t CaF <sub>2</sub> cont	3.735 FOB
Mejicano	N	t CaF <sub>2</sub> cont	3.143 FOB-barco
Cerámico, mín 85 % CaF <sub>2</sub> :			
Reino Unido, molido 93/95 %	L	t	3.601-4.134 CIF
USA, 88/90 %	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.322-4.659 FOB
95/96 %	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.603-5.052 FOB
97 %	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.883-5.388 FOB
Acido, material seco, mín 97 % CaF <sub>2</sub> :			
Reino Unido, embolsado	L	t	4.268-5.062 D-UK
USA, en bruto	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.911-5.388 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo	N	t CaF <sub>2</sub> cont	4.294 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF <sub>2</sub> cont	6.130 FOB-W
importado en Europa	N	t CaF <sub>2</sub> cont	5.993-6.098 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF <sub>2</sub> cont	3.772-3.898 FOB
<b>FOSFATOS</b>			
USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL	N	t	1.257 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	1.509 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	1.679 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	1.886 FOB-m
Argelino y Turco, 65/68 % BPL	L	t	1.996-2.053 CIF
Australiano, 83 % BPL	L	t	1.684-1.796 FOB
Marroquí, 73 % BPL	L	t	3.592 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 julio
<b>GRAFITO</b>			
Alemán	N	t	12.829-74.126 FOB
Madagascar	N	t	9.978-29.935 FOB
Noruego	N	t	6.842-11.404 FOB
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	11.404-19.957 FOB
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	16.671 FOB-C
Framentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	14.004 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.269 FOB-C
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	16.671 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.269 FOB-C
80/83 % C	L	t	8.002 FOB-C
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.269 FOB-C
80/83 % C	L	t	8.002 FOB-C
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.668 FOB-C
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.711 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	1.368 FOB-m
<b>NITRATOS</b>			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	8.402 D-UK
<b>PIRITAS</b>			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	251-314 FOB
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín 48 % C (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-S
Resto de los países productores	L	t	684-855
<b>POTASAS</b>			
Cloruro de potasio, 60 % K <sub>2</sub> O:			
Europa, standard, a granel	L	t	3.334-4.001 CIF
USA, standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	40,32 FOB-Ha
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	44,01 FOB-Ha
Cloruro de potasio, 62 % K <sub>2</sub> O:			
Canadiense:			
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	28,92-29,55 FOB-C
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	31,43 FOB-C
Granular	N	t. u. K <sub>2</sub> O	32,69 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	37,09 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	29,55 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K <sub>2</sub> O	38,35 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	39,61 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K <sub>2</sub> O	31,44 FOB-NM
Granular	N	t. u. K <sub>2</sub> O	32,69
Cloruro de potasio, 62/63 % K <sub>2</sub> O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K <sub>2</sub> O	31,44 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K <sub>2</sub> O	31,44 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K <sub>2</sub> O, a granel	N	t. u. K <sub>2</sub> O	(n) FOB-Ha
<b>SAL COMUN</b>			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	433 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	669 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.080 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar.	L	t	833 e-w

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## *Texto.*

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

## *Bibliografía.*

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

## *Parte gráfica.*

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

## *Pruebas.*

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

## *Tiradas aparte.*

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

---

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Resas, 23. Madrid 3

# IBERICA DE SONDEOS, S. A.

SONDEOS PARA:

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

INVESTIGACION MINERA

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES

López de Hoyos, 13, 3.º dcha.

Teléfono 261 08 07

M A D R I D - 6

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
156	13671	1-VII-74	Ind.	OTORGAMIENTO y titulación de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Avila.
156	13671	1-VII-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Huelva.
156	13671	1-VII-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Valencia.
157	13768	2-VII-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
161	14077	6-VII-74	P. G.º	ORDEN por la que se modifica la de 19 de febrero de 1971, sobre investigación y explotación en zonas reservadas de Sahara.
162	14238	8-VII-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Baleares.
PERSONAL				
150	12986	24-VI-74	Pla/Des.	ORDEN por la que se dispone el nombramiento como Vocal de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica de don Juan Enrique Coma Guillén, como competente en Hidrología.
HIDROCARBUROS				
133	11496	4-VI-74	Ind.	DECRETO de otorgamiento a "Shell" y "Campsa" de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I.
143	12420	15-VI-74	Ind.	ORDEN por la que se aprueba la extinción del permiso de investigación de hidrocarburos "Aldehuela" por vencimiento de plazo.
147	12731	20-VI-74	Ind.	ORDEN por la que se aprueba la extinción, por vencimiento de plazo, del permiso de investigación de hidrocarburos "Orduña" y "Zuazo", situado en Zona I (Península), de CAMPSA-CALSPAIN-TEXSPAIN.
155	13554	29-VI-74	Jef. Est.	LEY sobre investigación y explotación de hidrocarburos.
159	13951	4-VII-74	Ind.	DECRETO de concesión de segunda prórroga del permiso de investigación de hidrocarburos denominado "Amposta B", situado en la Zona I (Península), del que son titulares INI-Coparex y Shell-CAMPSA.
160	14034	5-VII-74	Ind.	ORDEN sobre renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos "Santa Magdalena" y "Cati", situados en Zona I.
163	14324	9-VII-74	Ind.	ORDEN sobre renuncia a veinte permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
RESERVAS				
141	12275	13-VI-74	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva a favor del Estado "Zona Noroeste de la Península", comprendida en las provincias de La Coruña, Lugo, Orense, Zamora, León y Oviedo.
150	13013	24-VI-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción de la petición presentada por el Instituto Geológico y Minero de España para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excepto hidrocarburos y minerales radiactivos, en el área que se indica, comprendida en la provincia de Cáceres.
151	13131	25-VI-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción de la petición presentada por el Instituto Geológico y Minero de España para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en el área que se indica, comprendida en la provincia de Málaga.
160	14040	5-VII-74	Ind.	RESOLUCION por la que se acuerda la cancelación de la inscripción número 1, relativa a petición del Instituto Geológico y Minero de España para declaración de zona de reserva provisional a favor del Estado, en el área denominada Lucena del Cid-Linares de Mora, comprendida en las provincias de Castellón y Teruel.
VARIOS				
154	13424	28-VI-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización a don Francisco Cortés Ortega para derivar un volumen diario de agua del subálveo del barranco de La Mujer, en término municipal de Frigiliana (Málaga), con destino a riesgo de una finca de su propiedad.
159	13926	4-VII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas Hidráulicas de Breña Alta para continuar perforación de galería que tiene autorizada y emboquillada en el paraje conocido por Barranco de Aduares, en término municipal de Breña Alta (Santa Cruz de Tenerife).
163	14322	9-VII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas El Laurel para continuar perforación de una galería que tiene autorizada en terrenos privados en el barranco de la Cantera o Don Bruno, en los montes de propios del Ayuntamiento de La Guancha (Santa Cruz de Tenerife).
165	14467	11-VII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización concedida a don Isidro Hernández Díaz para ejecutar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en el monte de propios del Ayuntamiento de Güimar (Santa Cruz de Tenerife).
165	14468	11-VII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización al Ayuntamiento de Vélez-Málaga (Málaga) para aprovechar aguas subálveas del río Vélez, en su término municipal, con destino a abastecimiento.

## Notas bibliográficas

### MINERALOGIA

SMITH, J. V., Universidad de Chicago, USA. *Minerales feldespáticos*. En tres volúmenes. Con la colaboración editorial de Smith, B. F. Volumen I. *Estructura cristalina y propiedades físicas*. 252 figuras; XX, 627 páginas, 1974. 24×16 cm. Berlín-Heidelberg-Nueva York: Springer-Verlag. ISBN 3-540-06490-7.

En el prólogo de este primer volumen, el autor expone las razones que le han inducido a la redacción de su obra. Durante los dos últimos siglos, los progresos realizados en la cristalografía, mineralogía y petrología han sido tantos y de tan variada tendencia, que se hacía necesaria una obra en donde se concretaran los datos que más interés ofrecieran para presentar los distintos aspectos sobre la génesis y propiedades de los minerales feldespáticos, que pudieran relacionarse con los principios físicos y químicos generales.

Guiado por este propósito, la presente obra, según su autor, es de carácter francamente pedagógico. Se trata de combinar tales principios físicos y químicos con las observaciones geológicas a fin de ampliar la base para comprender mejor la génesis de los minerales.

Precisamente, son los feldespatos los más apropiados para ofrecer los mejores ejemplos de tales principios generales, aplicables a todos los demás minerales.

Para compaginar el interés que ofreciera la obra dedicada a los especialistas con el destinado al lector que sólo posea los conocimientos elementales, ha sido necesario hacer resúmenes y síntesis que faciliten a los no especialistas, el acceso a niveles más elevados.

El problema de la nomenclatura es uno de los más complejos que el autor expone. La obra se ha preparado hasta los últimos meses del año 1973. Este tratado sobre los feldespatos inicia su estudio con la estructura cristalina y sigue con el de las propiedades físicas, las propiedades químicas y las técnicas experimentales, que forman así la tercera parte. El crecimiento, la difusión, los defectos, son objeto de la parte cuarta, sirviendo como introducción al problema de la comprensión de la génesis de los feldespatos. La parte quinta trata las propiedades termodinámicas y las relaciones de fases. La parte sexta trata de la petrología y de los yacimientos de los feldespatos.

El índice es el siguiente:

Sumario. Comprende 16 páginas, con figuras, cuyo estudio es indispensable para facilitar la lectura del texto principal.

La obra está luego dividida en dos partes: la primera parte abarca los capítulos 1 a 5. La parte 2 abarca los capítulos 6 a 12. Cada capítulo lleva su correspondiente bibliografía (References).

El capítulo 1 expone una breve revisión de conceptos y técnicas experimentales. (Teorías cristalográficas, técnicas experimentales, teorías cristalográficas químicas.)

El capítulo 2 trata de la estructura cristalina de los feldespatos y de las propias de otros minerales afines.

El capítulo 3 presenta como base dos obras ("La teoría de las transformaciones en metales y aleaciones" publicada por Christian en 1965 y "La teoría del orden y desorden en las aleaciones" publicada en el mismo año 1965 por Krivoglaz y Smirnov. Luego desarrolla la descripción matemática y experimental de los problemas resultantes de estas teorías.

El capítulo 4 estudia la coordinación atómica y la geometría detallada de las estructuras de los feldespatos.

El capítulo 5 describe las estructuras cristalinas complejas de las plagioclasas.

La parte 2 trata de las propiedades físicas y técnicas experimentales.

Esta parte abarca los capítulos 6 a 12.

El capítulo 6 describe las técnicas de la difracción con los Rayos X, comprendiendo por un lado las técnicas en cristales individuales y por otro lado, las técnicas con el método del polvo cristalino.

El capítulo 7 estudia las dimensiones celulares en relación con la expansión termal macroscópica. Son tres los grupos de feldespatos que el autor divide para tales estudios: feldespatos alcalinos, plagioclasas y feldespatos ternarios con cambio de K en las plagioclasas.

El capítulo 7 es excepcionalmente voluminoso, con 140 páginas, llenas de gráficos, tablas, etc.

El capítulo 8 trata de las propiedades ópticas de los feldespatos. Objeto de un especial estudio son los feldespatos de potasio y de bario.

El capítulo 9 expone la nomenclatura y las propiedades generales de los feldespatos.

El capítulo 10 describe las técnicas ópticas con el empleo del bombardeo electrónico.

El capítulo 11 estudia la absorción de los rayos infrarrojos y los fenómenos de resonancia en los distintos feldespatos.

El capítulo 12 es una miscelánea de diversas propiedades físicas de los feldespatos (color, luminescencia, conductividad eléctrica, conductividad térmica, propiedades mecánicas, densidad, identificación rápida de los feldespatos).

Siguen los distintos índices de materias, nombres, localidades, tipos de rocas, localización de las figuras y tablas.—J. G. LL.

### PETROLOGIA

Unión Internacional de Ciencias Geológicas, Serie A, número 4. *Espilitas y rocas espiliticas*. Editor: Amstutz, G. C., Heidelberg. 138 figuras, 13 láminas; VII, 482 páginas. 1974. Tamaño, 24×16 cm. Berlín-Heidelberg-Nueva York: Springer-Verlag. ISBN 3-540-06558-6.

*Espilita*, nombre con el que se designa una roca magmática básica que según leemos en el Diccionario de Pedro de Novo, tomo primero, página 768, es una diabasa compacta, autometamórfica, albitizada, sin fenocristales, generalmente vacuolar, vesicular o amigdaloides, en la que se encuentran minerales de los grupos piroxénicos y olivínicos.

El término Spilit, creado por A. Brongniart en 1827 proviene del griego spilos (que significa mancha, suciedad) y se aplica a rocas magmáticas, de diverso origen, en las cuales predominan la albita o la clorita, acompañadas por epidota y carbonatos.

Las rocas espiliticas se originan metamórficamente en magmas básicas a baja temperatura, como metabasaltos, unas veces del tipo de las pizarras verdes, otras veces por autometamorfismo de magmáticas básicas.

El creciente interés por la génesis de estas rocas ha dado origen a la creación de simposios, y finalmente a esta importante obra que resume todo cuando hasta ahora se ha publicado sobre este tema.

Compilada por el editor, este libro contiene los diversos trabajos que ha aparecido sobre temas tan interesantes como es este de las espilitas. Precedida de una introducción general, la obra contiene los siguientes capítulos:

#### 1. Introducción y obras generales.

Fiala: Algunos notas sobre el problema de las espilitas.

Lehmann: Magma espilitico, sus características y su modo de formarse.

Roche, Rocci y Juteau: Ensayo de caracterización química de las asociaciones espiliticas.

Vallance: Piroxenos y el basalto. Relaciones espiliticas.

#### 2. Obras que proponen un origen primario.

Amstutz y Patwardhan: Revaloración de las texturas y composición de las texturas y composición de las espilitas del permo-carbonífero Verrucano de Clarus (Suiza).

Bamba: Series magmáticas relacionadas con la formación de la espilita.

Lehmann: Efectos ambientales en la espilita magmática. Narebski: Estudio estadístico de aspectos petroquímicos específicos de algunas series de rocas espiliticas.

Pamic: Asociación de ceratófiro y espilitas meso-triásicos de los Alpes Dináricos y su posición en el ciclo magmático-tectónico alpino.

Patwardhan y Bahndari: Petrogénesis de las espilitas de Mandi, Himachal Pradesh, India.

Piirainen y Rouhunkoski: Aspectos generales de las rocas espiliticas de Finlandia.

Reinhardt: Las relaciones entre las espilitas y otros componentes de la Serie ofiolítica de las Montañas de Oman.

Sukheswala: Graduación en el basalto toleítico del Deccan en la espilita, Bombay, India.

#### 3. Obras que proponen un origen autohidrotermal o un origen autometamórfico.

Juteau y Rocci: Hacia un mejor conocimiento del problema de las espilitas a partir de los datos nuevos sobre la serie espilotoporfírico-ceratofírmica de tipo hercyniano.

Spadea: Espilitas de los Apeninos Lucanianos (Italia meridional).

Tane: Algunas observaciones nuevas relativas a la génesis de las lavas espiliticas.

Vozar: Comentarios sobre la espilitización de las rocas eruptivas pérmicas del manto alóctono de Choc en los Cárpatos Occidentales de Eslovaquia.

#### 4. Obras que proponen un origen secundario, diagenético o metamórfico.

Battey: Espilitas como toleitas débilmente metamorfiadas.

Coombs: Sobre la facies mineral de las espilitas y su génesis.

Shilov: Las lavas almohadilladas de Sakhalin y de las Islas Kuriles y su significado en la solución del problema de las espilitas.

Smith: La producción de las litologías espiliticas en el metamorfismo subterráneo de las corrientes de basalto del keweewanawanse del Lago Superior (Canadá).

Vuagnat: Una nueva evaluación de las espilitas alpinas.

La abundancia de fotografías, grabados y cortes y mapas geológicos hacen atrayente la lectura de esta obra, que trata de tema tan enigmático como es este de las espilitas.—J. G. LL.

## PETROGRAFIA

JEAN PAUL RENARD: *Etude petrographique et geochemique des granites du District Uranifere de Vendee*. CEA-R-4470, 1974, 216 págs.

El distrito granítico uranífero de Montagne-sur-Sevre (Vendée) fue objeto de importantes estudios geológicos, para establecer los caracteres estructurales, químicos y mineralógicos. La metodología utilizada, permitió poner en evidencia: la evolución químico-mineralógica del macizo: la existencia de una paragénesis del uranio en el granito y sus micas; un mecanismo geoquímico de movilización del uranio primario en relación con la última evolución mineralógica; la necesidad de la liberación endógena de una fracción del uranio contenido en las micas para explicar la presencia de concentraciones metalogénicas; un comportamiento geoquímico parecido al del uranio para los elementos acompañantes tales como el estaño, volframio y metales alcalinos raros. Los fenómenos evolutivos que describe en el macizo de Mortagne tienen un papel metalogénico sobre el uranio, el volframio y el estaño donde los indicios aparecidos allí o en los minerales filíticos han sufrido una transformación muy grande. Los mecanismos de movilización y de liberación del uranio en las filitas revisten una significación metalogénica importante y reúnen aplicaciones en prospección estratégica y táctica.—L. DE A.

## HIDROGEOLOGIA

PEDRO MORA HURTADO: *Hipótesis hidrogeológica sobre la cuenca detrítica del río Duero*. "Agua", núm. 84, mayo-junio 1974, págs. 28-33.

Los estudios hidrogeológicos realizados por el autor del artículo, en diversos puntos y zonas de la Cuenca del Duero, le han llevado al establecimiento de la conclusión de que esta cuenca es activa hidrodinámicamente; es decir, son renovables las aguas de sus mantos, tanto freáticos como en cargas. En el trabajo expone los fenómenos y observaciones, fundamento de la conclusión establecida.—L. DE A.

FRANCISCO DE PEDRO HERRERA y CARMEN ALVAREZ HERRERO: *Geoquímica de las aguas del sinclinal permocarbonífero del Viar (Sevilla)*. "Agua", núm. 84, mayo-junio 1974, págs. 34-41.

De las muestras de cuarenta aguas de fuentes y pozos del Viar, hicieron los autores los correspondientes análisis químicos y espectroquímicos, estos últimos sólo en su aspecto semicuantitativo aproximado.

El contenido en aniones y cationes llama la atención sobre la intensa lixivigación de los elementos alcalinos por las aguas recientemente afloradas, con tendencia clara a un equilibrio en concordancia con surgencias más an-

tiguas; lo que es importante para estudios de prospección geoquímica. Las aguas más singulares aparecen ligadas a los niveles de arcillas piritíferas.—L. DE A.

CARMEN ALVAREZ HERRERO, FRANCISCO DE PEDRO HERRERA, FERNANDO BURRIEL MARTÍ y MARÍA MERCEDES GALLEGO RUBIO: *Estudio hidrogeoquímico realizado sobre la parte oriental de la Hoja Geológica 406: Almazán (Soria), XII*. "Rev. Geofísica, XXXII, 387-422, 1973.

Se refiere a los análisis efectuados en 50 muestras de aguas de la Hoja de Almazán. Determinan conductividad, análisis catiónico por técnicas clásicas, análisis de aniones, elementos en pequeñas cantidades, con la técnica clásica de espectroquímica, realizando sólo valoraciones semicuantitativas.

Sigue una interpretación de los datos, que les permite llegar a las conclusiones siguientes: Existe una concordancia entre el contenido iónico y los materiales geológicos atravesados por las aguas hasta la salida a la superficie. Tienen un contenido elevado en calcio y bicarbonato, con una proporcionalidad 1:1, indicio de arena lixivigada con dominio de calizas. Mayor salinidad en las aguas recogidas en otoño. El estroncio en cantidades de indicios, está más abundante en las aguas de las calizas pontienses.—L. DE A.

## FISICA

CLAUDE HUMBERT-DROZ, FRANCOIS BALARD, JEAN LCLERC. *Concentratio 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 contenidos en el aire.—L. DE A.

## QUIMICA

*Topics in Current Chemistry. Fortschritte der chemischen Forschung*, 44. "Cosmochemistry" Managing editor: Boschke, F., 48 figs., IV, 176 pages, 1974, Berlín-Heidelberg-New York, Springer-Verlag; ISBN 3-540-06457-5.

*Temas de Química corriente. Progresos en las investigaciones químicas*, 44, "Cosmoquímica".

G. WINNEWISSER, P. G. MEZGER, H. D. BREUER: *Moléculas interestelares*.

G. EGLINGTON, J. R. MAXWELL, C. T. PILLINGER: *Química del carbono obtenido en las muestras de la Luna*, por los tripulantes del "Apolo", 11, 12, 14 y 15.

H. WANKE: *Química de la Luna*.

H. PUCHELT: *Geoquímica inorgánica*.

Esta obra pertenece a la serie dedicada a presentar la situación actual y las futuras rutas que han de seguir las investigaciones químicas. Está destinada a los químicos profesionales e industriales que se interesan por estas cuestiones, afines a los temas que cultivan.

Los autores recibirían con gusto cuantas ideas se les ofrecieran complementarias, escritas en alemán o en inglés.

El primer capítulo (*Moléculas interestelares*) comprende los siguientes subcapítulos: moléculas como pruebas de la existencia de los espacios interestelares; espacio interestelar y material interestelar, polvo interestelar y campo de radiación estelar, estructura de las nubes y temperatura cinética del gas interestelar, nubes "oscuras" y "negras" y la formación de las estrellas. Observaciones de las moléculas interestelares. Formación y destrucción de moléculas en el espacio interestelar.

El segundo capítulo trata de la *Química del carbono obtenido en las muestras de la Luna* por los tripulantes de los "Apolo" 11, 12, 14 y 15. El descuido de dejar en la Luna un envoltorio de espuma llevado por el "Surveyor III" resultó de interés especial al descubrir un microorganismo (*Streptococcus mitis*), que estuvo dos años y medio allí, hasta que fue devuelto a la Tierra por el "Apolo 12". Se ha comprobado así que algunos microorganismos terrestres pueden vivir en la Luna en el interior de cámaras protectoras. El examen micropaleontológico de rocas lunares no ha mostrado indicio alguno de fósiles ni de organismos. La contaminación terrestre, en cambio, parece posible. La presencia o ausencia de los aminoácidos es un problema por resolver. La formación de las microbrechas sobre la superficie lunar (regolito) es otro problema por resolver. Los micrometeoritos producen impactos de 2 a 3 centímetros sobre la superficie. Las fuentes del carbono lunar son varias, primordial o magmática, en la cual, el carbono procede de la recristalización de las rocas ígneas, atrapadas por la Luna. Un segundo grupo de aportadores del carbono lo forman los meteoritos y micrometeoritos. Un tercer grupo procede, probablemente, de los iones del viento solar. Sigue una serie de estudios especiales sobre la pirólisis, sobre los orígenes de los hidrocarburos y carburos. Como conclusiones más importantes, se deduce que las moléculas orgánicas complejas, sobre todo las que ofrecen un interés biológico, están virtualmente ausentes de la superficie lunar.

El tercer capítulo, obra del profesor doctor H. Wänke, del Instituto Max-Planck, de Maguncia, que lleva por título "Química de la Luna", comprende los siguientes temas: tipos de muestras obtenidas, que a su vez se agrupan en tres clases: a) rocas ígneas cristalinas; b) brechas, suelos (constituidos por mezclas de granos cristalinos con fragmentos de vidrios). Basaltos de los mares;

en cuya composición predominan los piroxenos y olivinos, y en menor grado, las plagioclasas y las ilmenitas.

El regolito o manto de polvo que recubre toda la superficie lunar, con espesor de varios metros, está constituido por material anortosítico. Un material que se ha encontrado bajo el manto de regolito está constituido por la norita, que recibe aquí el nombre de "kleep".

El estudio de los gases nobles que contienen los meteoritos, así como la composición de estos últimos ocupan varias páginas. La estructura interna de la Luna se deduce, en gran parte, de los experimentos sísmicos. Se supone que la corteza lunar debe tener un espesor de unos 800 kilómetros, y que rodea al núcleo fundido, de reducida extensión.

*El origen de la Luna.*

Se plantean tres hipótesis sobre la génesis de nuestro satélite:

- Separación de la Tierra.
- Formación independiente de la Tierra y la Luna como planetas gemelos.
- Formación independiente de la Luna en algún punto del sistema solar, seguida de su captura por la Tierra.

Según el profesor Wänke, en estos últimos años, la hipótesis de la captura ha ganado partidarios, a pesar de que las probabilidades sean pocas.

El cuarto y último capítulo, *Progresos en las investigaciones químicas*, obra del doctor Puchelt, abarca los siguientes temas: Introducción, *Geoquímica analítica* (Datos). *Geoquímica analítica* (Métodos). Métodos estadísticos y evaluaciones, Depósitos minerales. *Prospección geoquímica*. *Hidrogeoquímica*. *Química de los océanos*. *Geoquímica de los isótopos estables y radiactivos*. *Geoquímica de los ambientes*, *Química cristalográfica* y distribución de los elementos. Modelos geoquímicos.—J. G. LI.

## ANALISIS QUIMICO

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 es-

tado de complejo aniónico soluble. Las fracciones recuperadas se valoran por 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 de 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 estadístico.—L. DE A.

## BIOGRAFIA

*Homenaje al doctor Alfredo Stelzner en el centenario de su llegada al país.* Academia Nacional de Ciencias, Córdoba (Argentina), septiembre 1973, 128 págs.

Una preocupación del Presidente de la Academia de Ciencias, doctor Telasco García Castellanos, fue la de preparar este tomo, homenaje a un geólogo alemán, a quien la Argentina le debe profundos conocimientos de su subsuelo.

La obra consta de nueve aportaciones, figurando en primer lugar la del presidente de la Academia, que es una amplia información del período del trabajo del sabio, en aquel país, desde 6 de abril de 1871 a 2 de junio de 1874, fecha de regreso a la Bergakademie.

Nacido en Dresden, el 20 de diciembre de 1840, fue alumno de la Real Academia de Freiberg. Entre sus obras de cara al público figura el Museo de Mineralogía, Geología y Paleontología, del cual se iniciaron las actividades culturales el mismo día de su llegada a Córdoba.

Estudió y visitó un gran número de yacimientos minerales de Argentina, principalmente vetas metálicas. Sus descripciones son claras y precisas, pero en raras ocasiones da su opinión genética, no obstante combatió en todo momento la teoría contemporánea de Sandberger, sobre secreción lateral. Las provincias estudiadas principalmente fueron las de Córdoba, Mendoza, San Juan, La Rioja y Catamarca.

El profesor Armando F. Leanza se ocupa de sus hallazgos paleontológicos. Ahora los clasifican de acuerdo con su edad.

A la luz de los conocimientos actuales, reconsidera Juan Carlos M. Turner los estudios realizados por Stelzner en las provincias de Tucuman, Catamarca y La Rioja.

Transcriben el trabajo del doctor Stelzner sobre las observaciones de los minerales explotables en la República Argentina y destacan el equilibrado manejo de la bibliografía que podía consultar.

Otra reproducción es la de sus comunicaciones sobre la geología y minería de la República Argentina, publicadas en 1873 y 1874 en los Anales de Agricultura, y la de sus contribuciones a la geología de la República Argentina.

Muy interesante fue su artículo sobre "El desarrollo de los métodos petrográficos de investigación en los últimos cincuenta años", se refiere a los que antecedieron al año 1885. Destaca la necesidad de los análisis mecánicos, junto con los físicos y microscópicos, así como la sucesiva complicación y aumento de las técnicas para el mejor conocimiento de rocas y minerales.

Finaliza la obra con un trabajo del doctor Max Siwert, publicado en los Anales de Agricultura de 1874, sobre algunas aguas ordinarias y minerales de la República Argentina, iniciación del plan que ambos habían programado para un estudio sistemático y científico de las argentinas.—L. de A.

## PREMIO DE PERIODISMO

# “SANTA BARBARA”

### CONVOCATORIA PARA 1974

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio «SANTA BARBARA» para 1974, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española «LA IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MINERALES ESPAÑOLES FRENTE A LA CRISIS DE MATERIAS PRIMAS».

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Al mismo tiempo, con motivo del 125 aniversario del Instituto Geológico y Minero de España, se convoca un premio especial de 50.000 pesetas para premiar el mejor trabajo que se publique durante el presente año, con o sin firma, en las mismas condiciones que el anterior, sobre la actividad desarrollada por el IGME.

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

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

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España antes del día 31 de enero de 1975.

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

El fallo tendrá lugar en los primeros meses del año 1975.

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## *Texto.*

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

## *Bibliografía.*

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

## *Parte gráfica.*

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

## *Pruebas.*

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

## *Tiradas aparte.*

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

---

Toda la correspondencia referente a las publicaciones  
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

COMPAÑIA DE SONDEOS, S. A.

SONDEOS PARA:

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

INVESTIGACION MINERA

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES

**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