

II/2-4-1

En este número:

- Esbozo de un modelo geotectónico de los hercínides ibéricos.
- Hispanotherium matritense, autoctonías y endemismos.
- Lithological control of hillslope erosion in the Soria area, Duero alto, Spain.
- Relaciones de las peridotitas con las rocas encajantes en la serranía de Ronda.
- Ensayos de lixiviación a presión atmosférica del níquel contenido en las serpentinas de Ojén (Málaga).
- Metodología y resultados del estudio hidrogeológico del macino kárstico de Garraf, Barcelona.
- Geotermismo de la zona volcánica de Olot. Nota preliminar sobre posibilidades geotérmicas.
- Consideraciones petrológicas, estructurales y estratigráficas en la depresión de Peraleda-Valsequillo (Badajoz-Córdoba).
- Estudio Mineralógico de sedimentos Triásicos en el sector Occidental de la Cordillera Ibérica.
- Geología da Cova da Beira (Portugal Central). Variação da triclinicidade (ΔR_x) nos feldspatos-K de rocha graníticas.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVI, Primer Fascículo. Enero - Febrero 1975

boletín geológico y minero

7801806
 7801807
 7801808
 7801809
 7801810
 7801811

7801812
 7801813
 7801814
 7801815

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





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

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



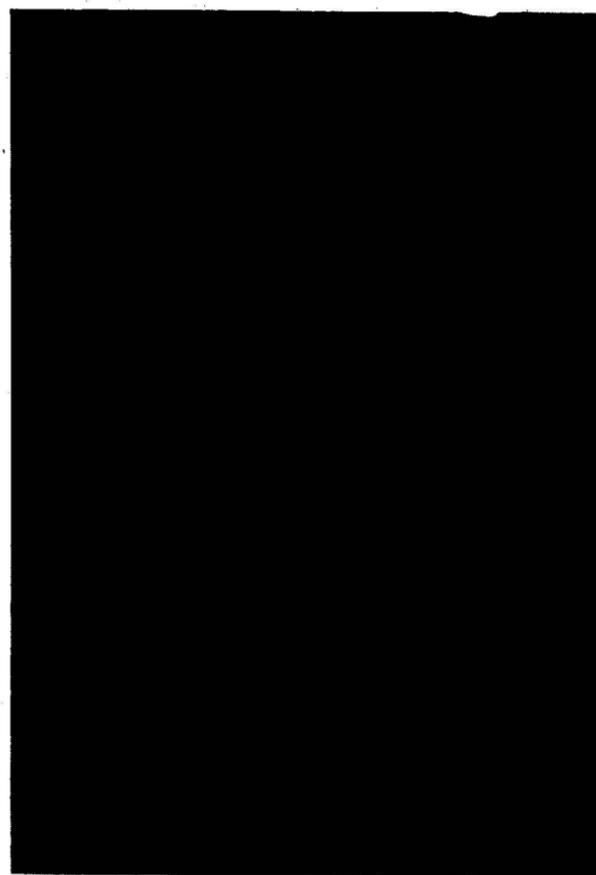
**geológicos
 minerales
 hidrogeológicos
 geotérmicos
 geotécnicos**

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

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

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

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



**ALUMBRAMIENTO
 DE AGUAS
 SUBTERRANEAS**



- Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.
- Sondas de circulación directa e inversa.
- Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.
- Instalación de piezómetros.
- Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.
- Equipos propios de aforo y limpieza.
- Reacondicionamiento de pozos arenados.
- Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).
- Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
MADRID-16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

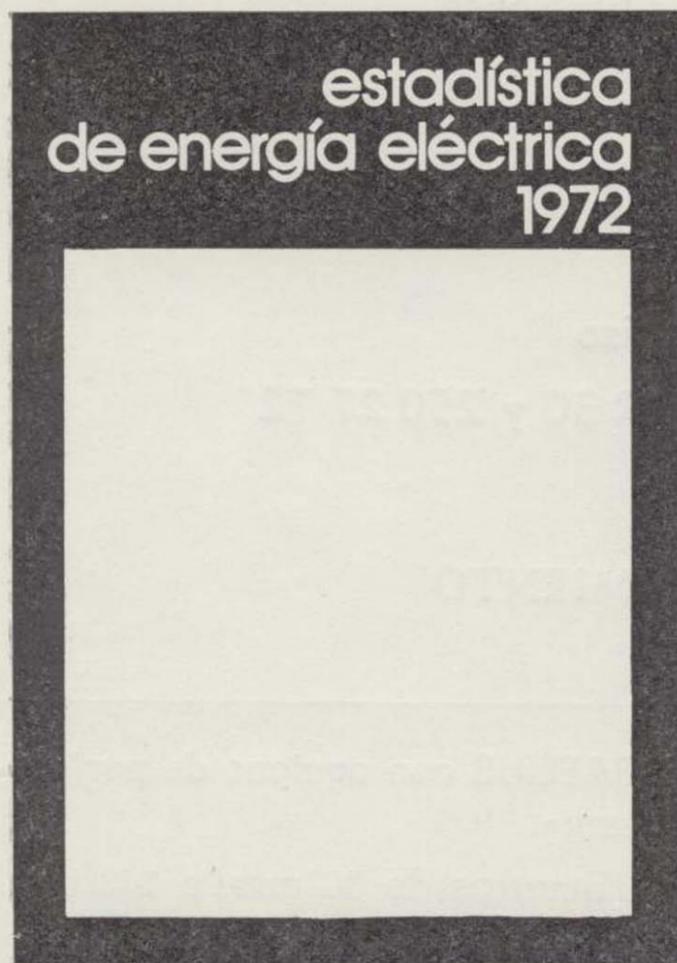
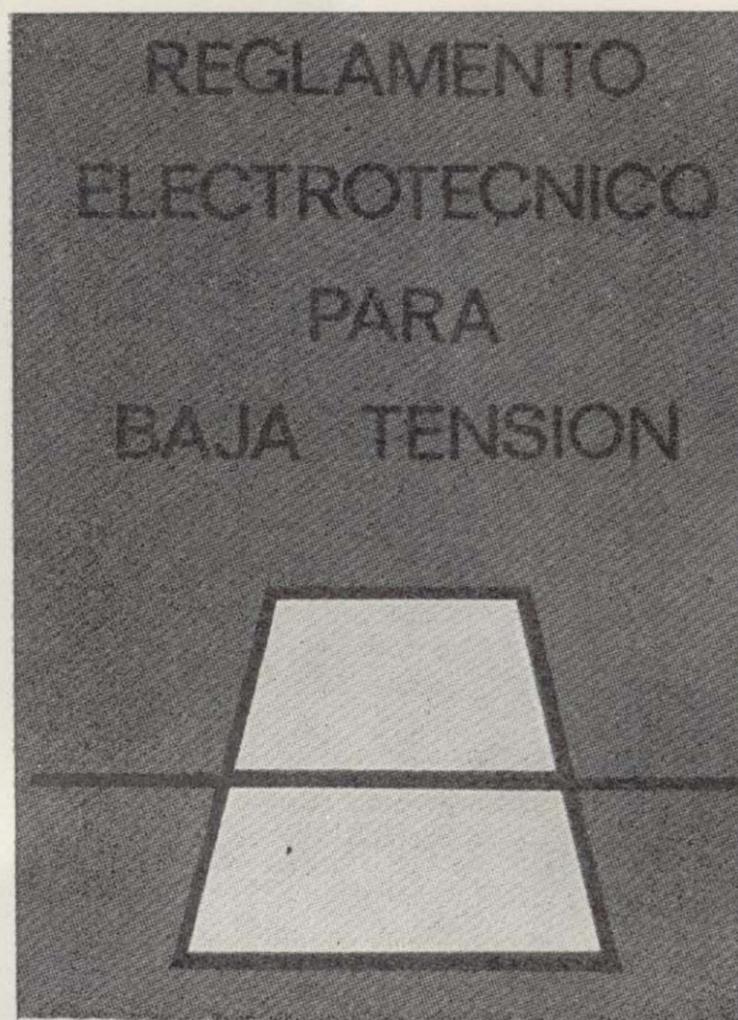
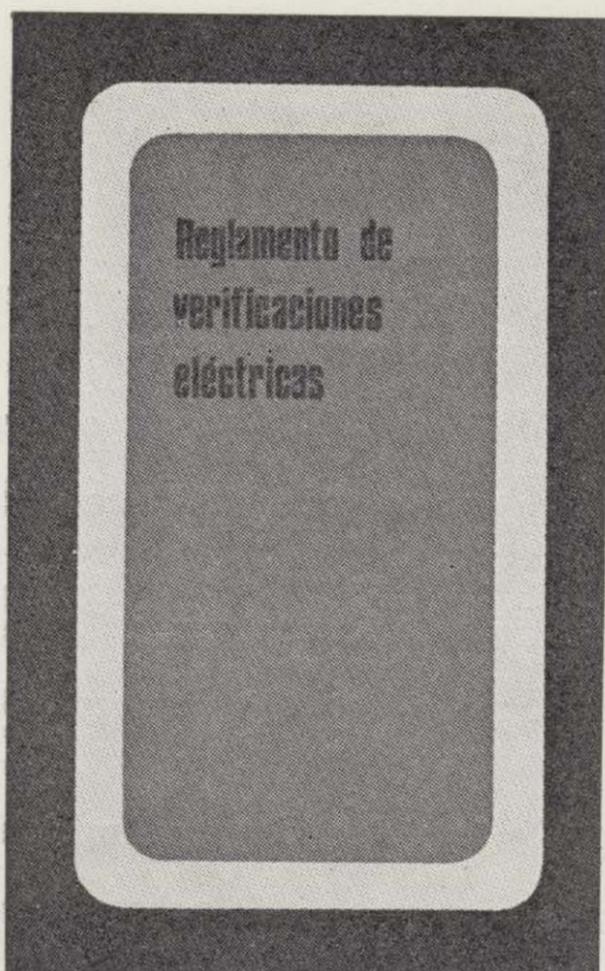
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

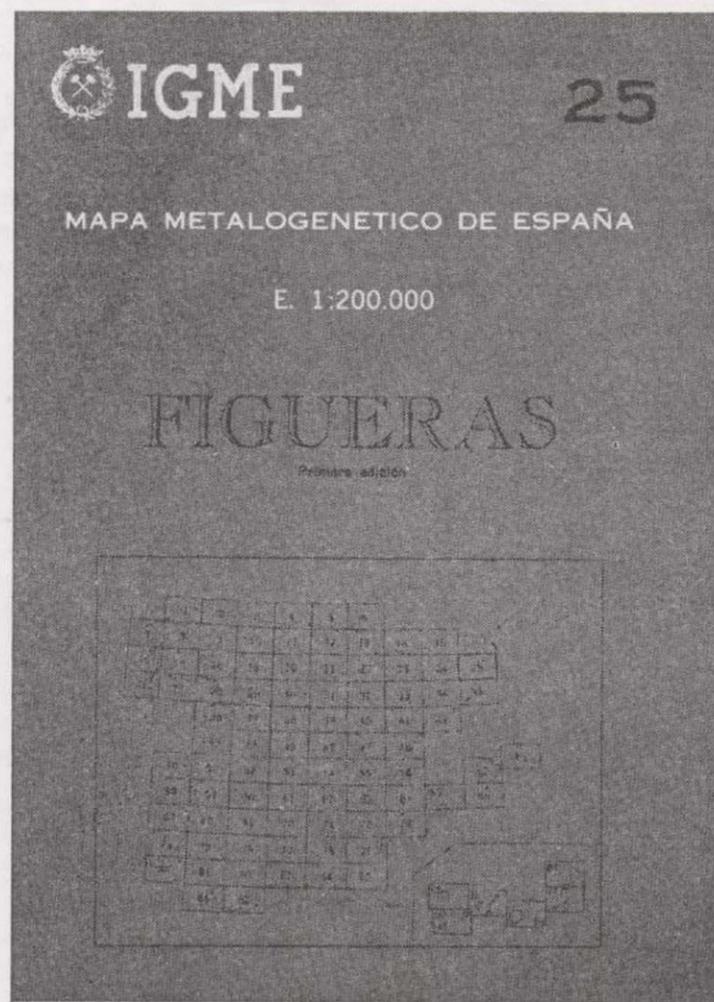
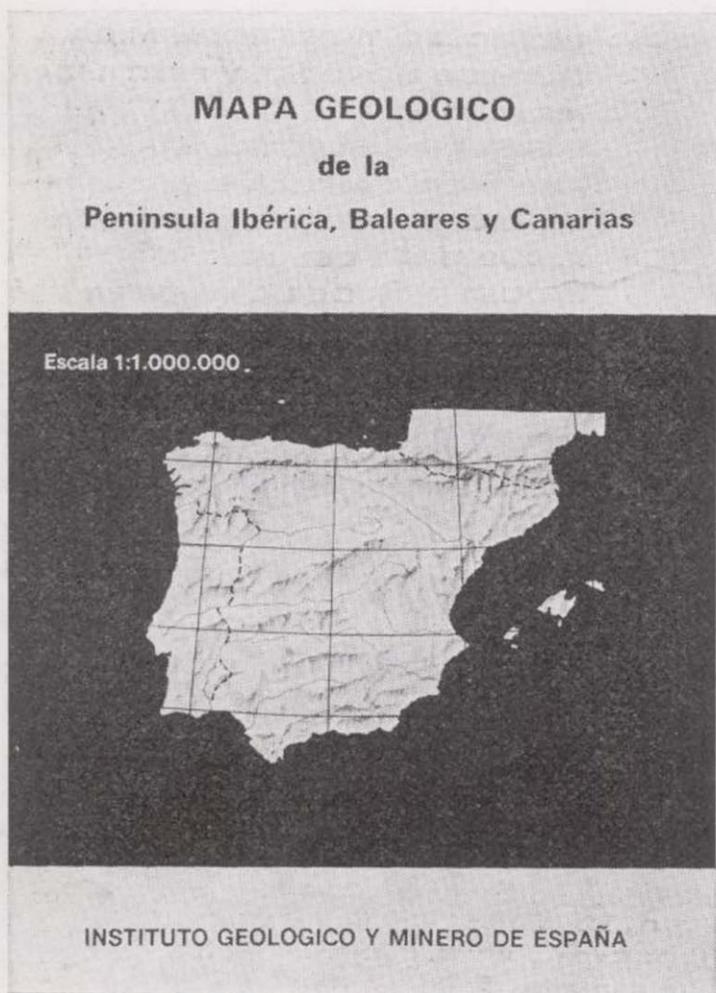
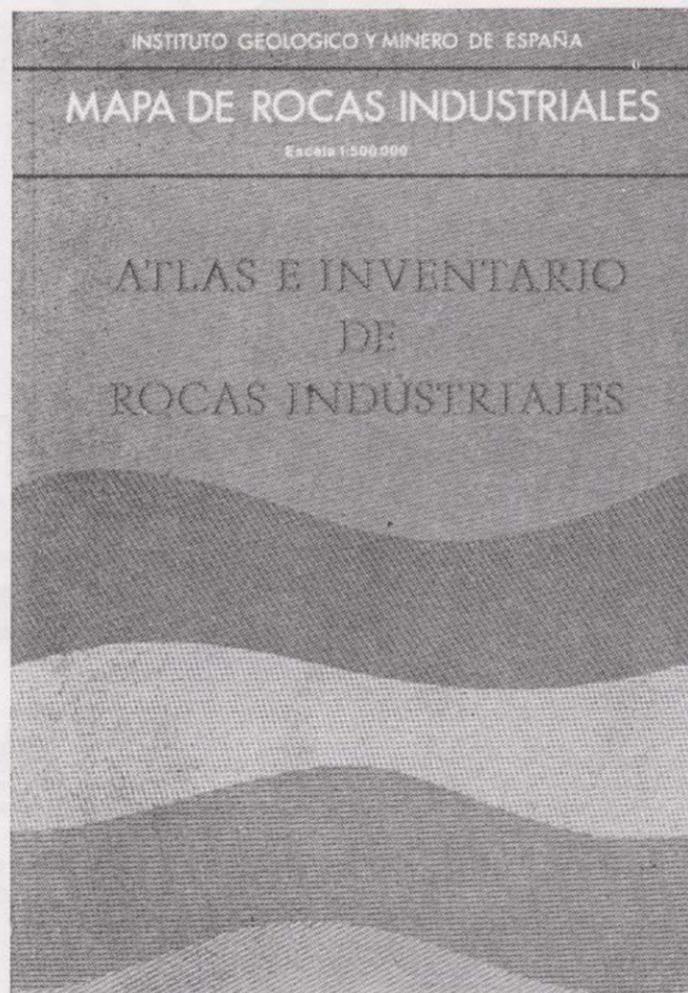
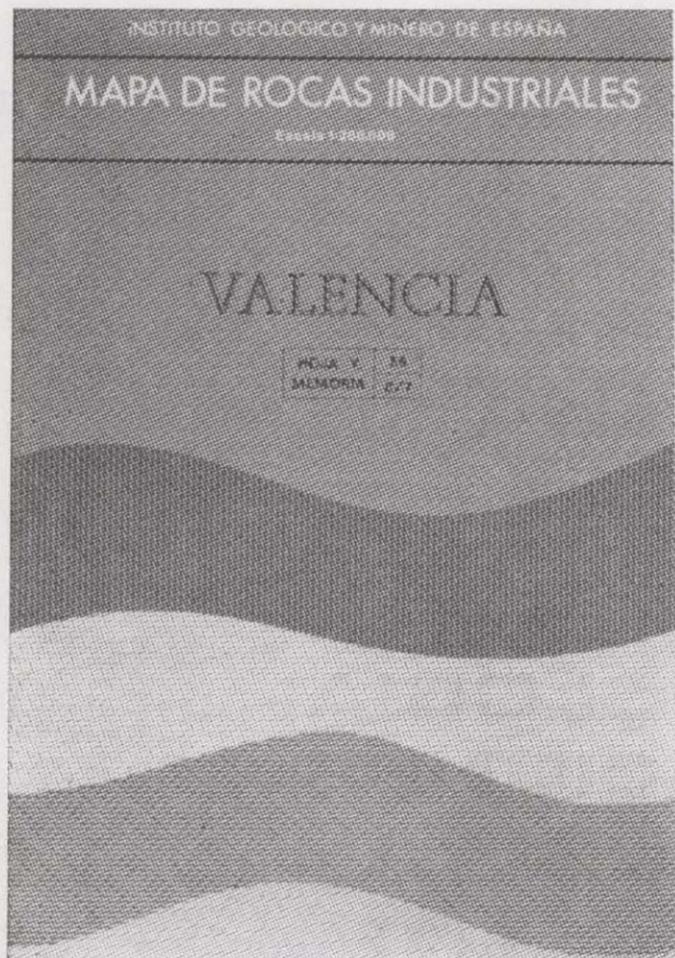
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

NUEVAS PUBLICACIONES

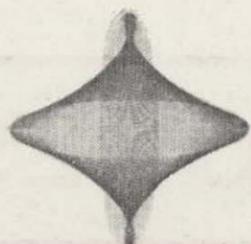


SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

NUEVAS PUBLICACIONES

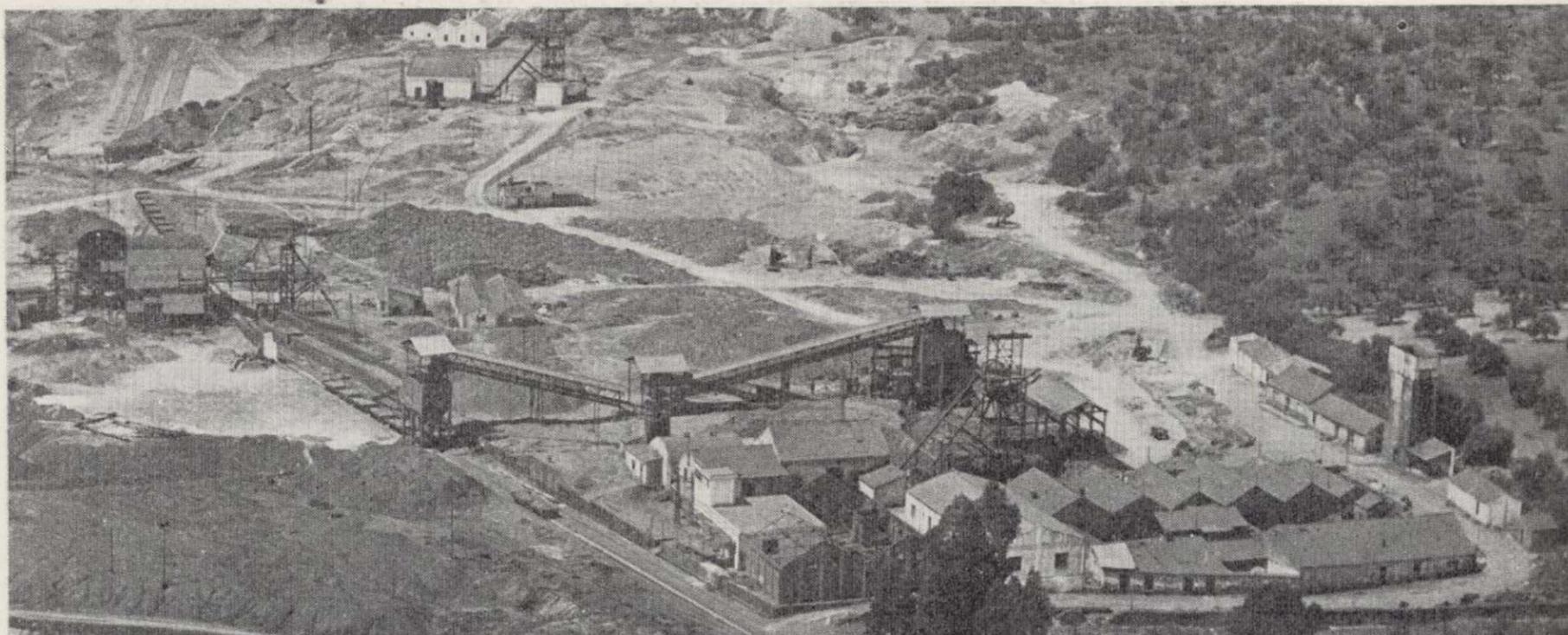


SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA
Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1



INTECSA

INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S. A.



PLANTA PILOTO DE PIRITAS Y PIROCLASTOS. AZNALCOLLAR (SEVILLA)

MINERIA

**GEOLOGIA
GEOTECNIA
HIDROGEOLOGIA
EXPLOTACIONES
MINERALURGIA**

INGENIERIA CIVIL

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

INGENIERIA INDUSTRIAL

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

ESTUDIOS ECONOMICOS

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

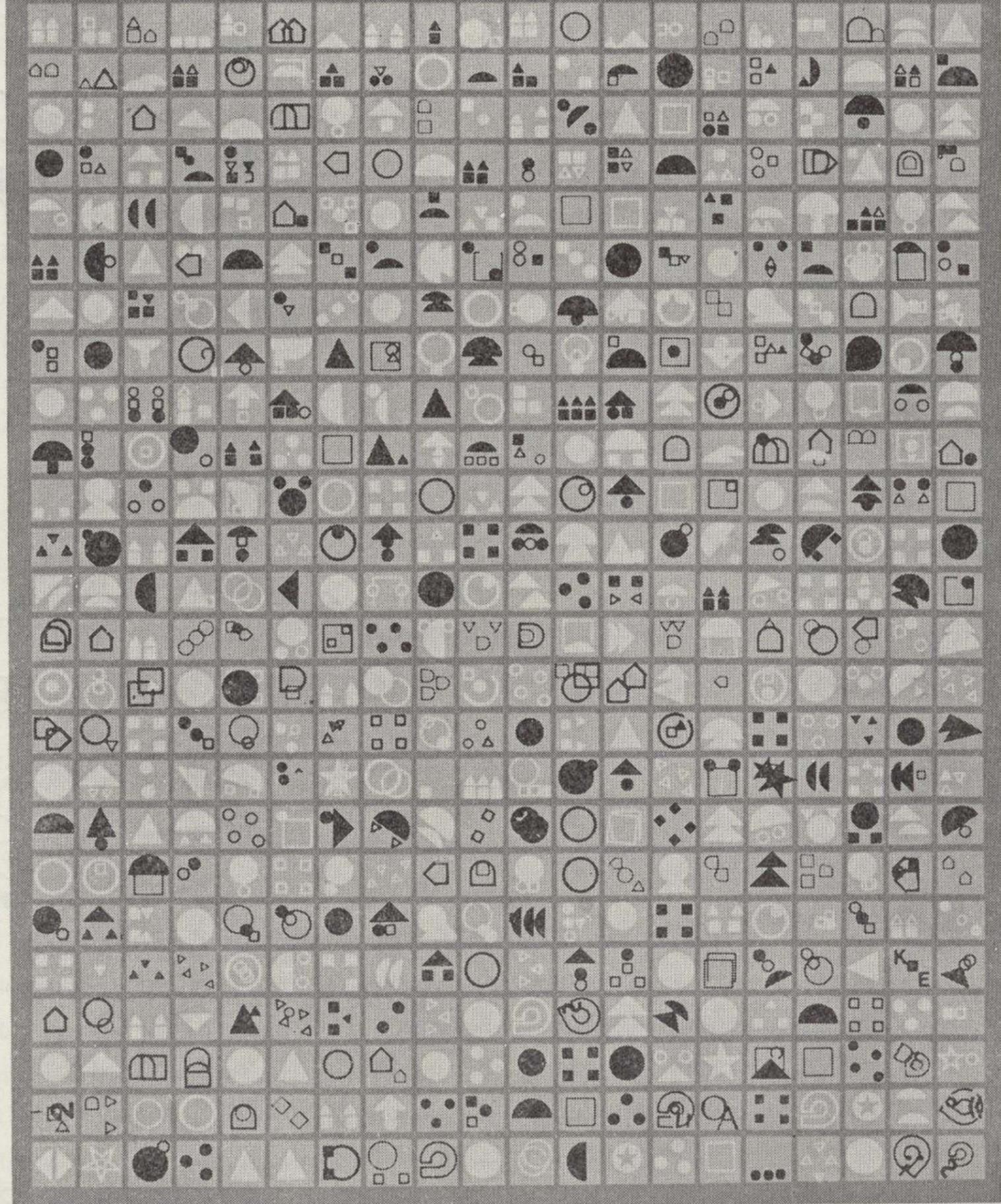
OFICINAS CENTRALES EN MADRID: C/ CONDESA DE VENADITO 1.
TELEFONOS: 4044000 - 4045100 - 4046100.
4047100 - 4048100.
TELEGRAMAS: INTECSAMA.
TELEX: 22473 INTSA - E.

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

DELEGACIONES EN: PORTUGAL LIBIA ARGELIA. VENEZUELA ECUADOR BRASIL.

DE INMINENTE APARICION

las 500 grandes empresas
industriales españolas en 1973



SERVICIO DE PUBLICACIONES

MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello 44 MADRID - 1



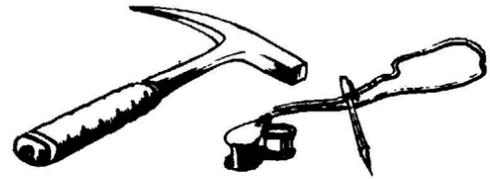


FINA IBERICA S.A

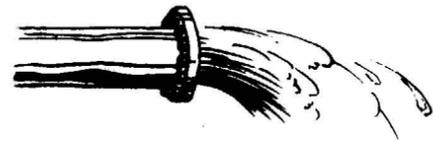
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

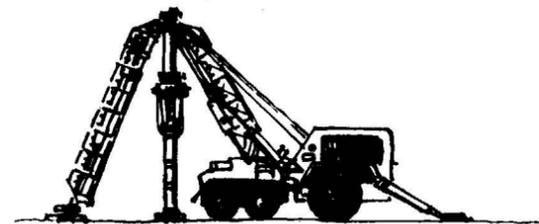
Tno. 2 5978 04



**Investigacion
Geologica**



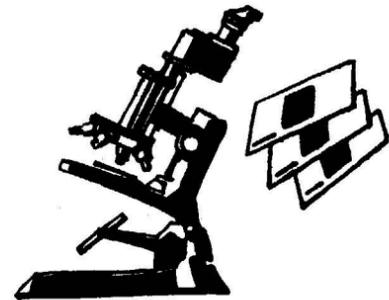
Hidrogeologia



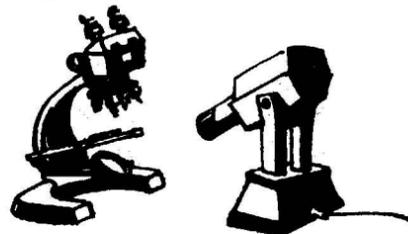
Perforacion



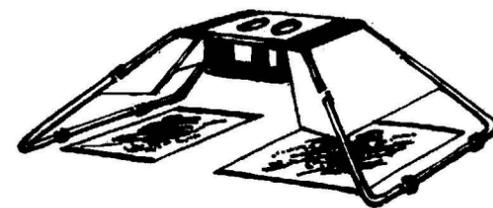
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio

COLECCION REGLAMENTOS

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

VOLUMENES PUBLICADOS

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

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



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.

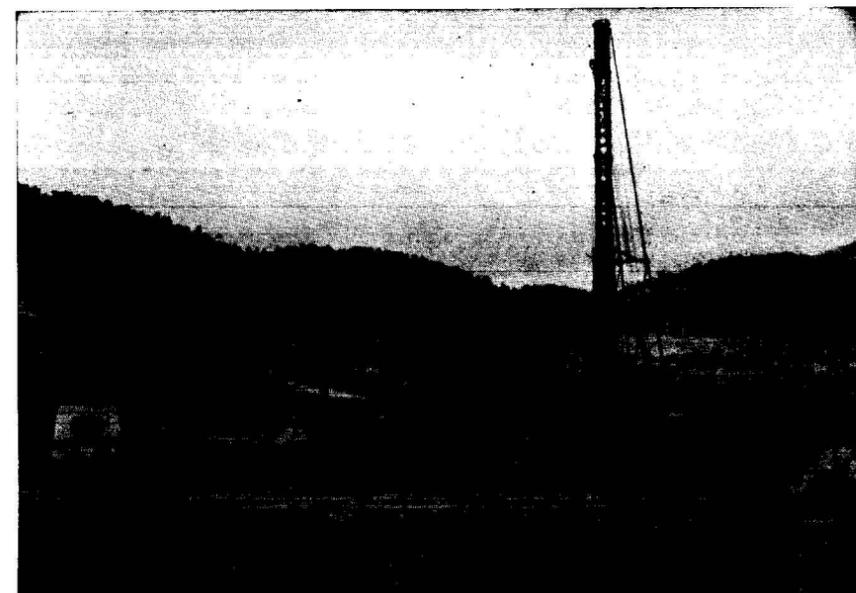
DIRECCION COMERCIAL:

ALBERTO ALCOCER, 5, 3.º-C

Telg. "CHRISTENSA"

MADRID-16. Tel. 250 34 04

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.

★ ★ ★

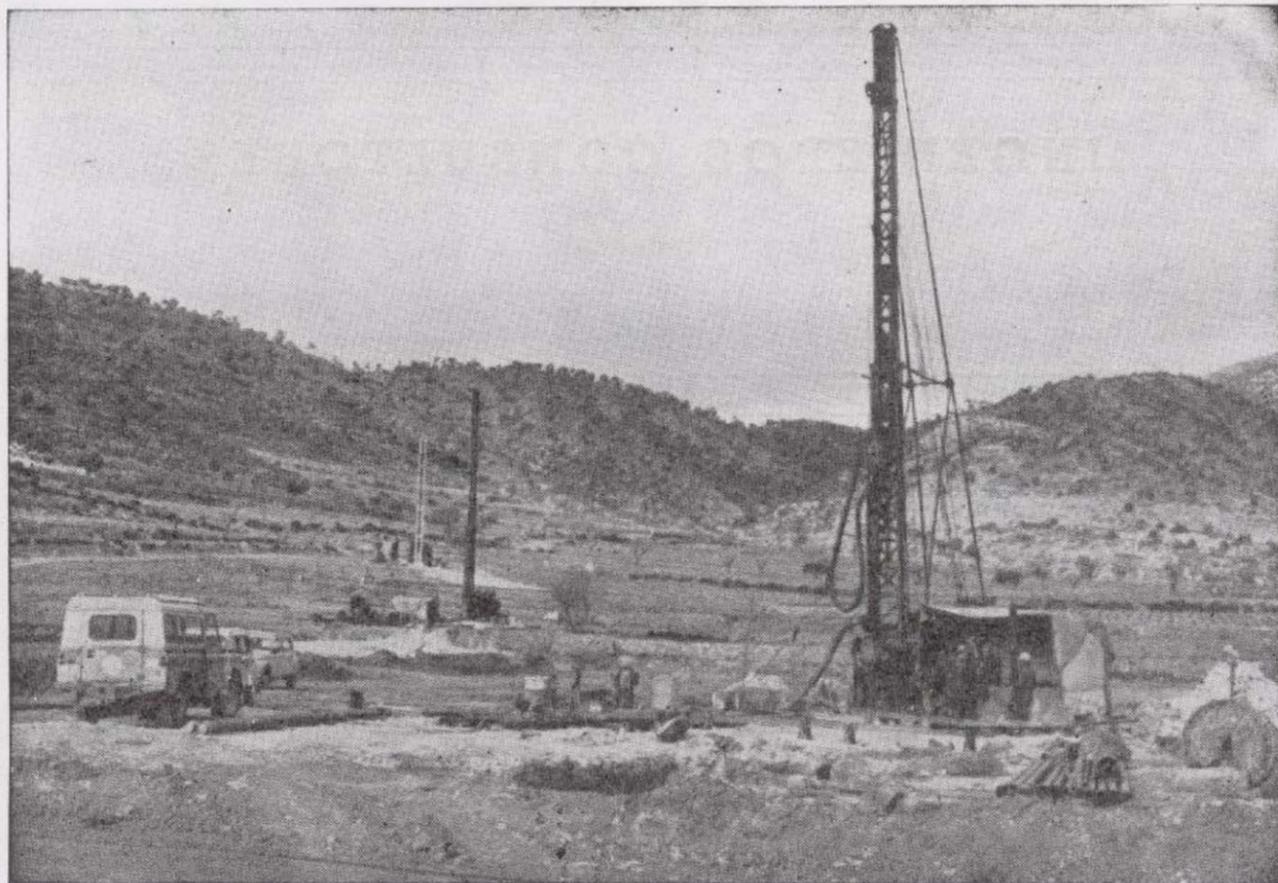
Consúltenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria

★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



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

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

**SONDEOS MINEROS
HIDROGEOLOGIA
INYECCIONES
BULONAJES Y ANCLAJES**

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

Oficina Central: **MADRID-16**

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

Delegaciones:

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

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

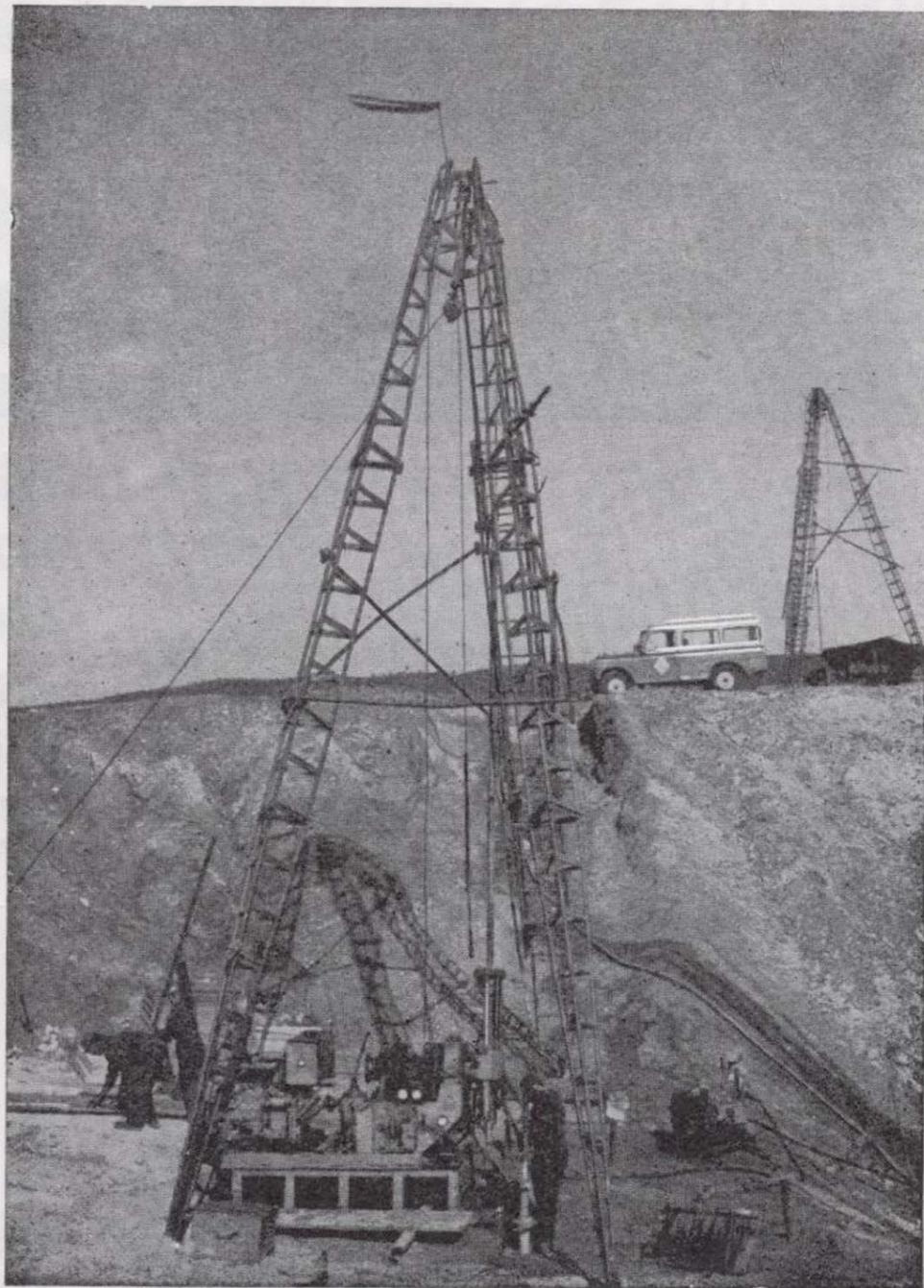
SEVILLA
Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88/90
Telex 72154 - RODIO e

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

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

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

**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.

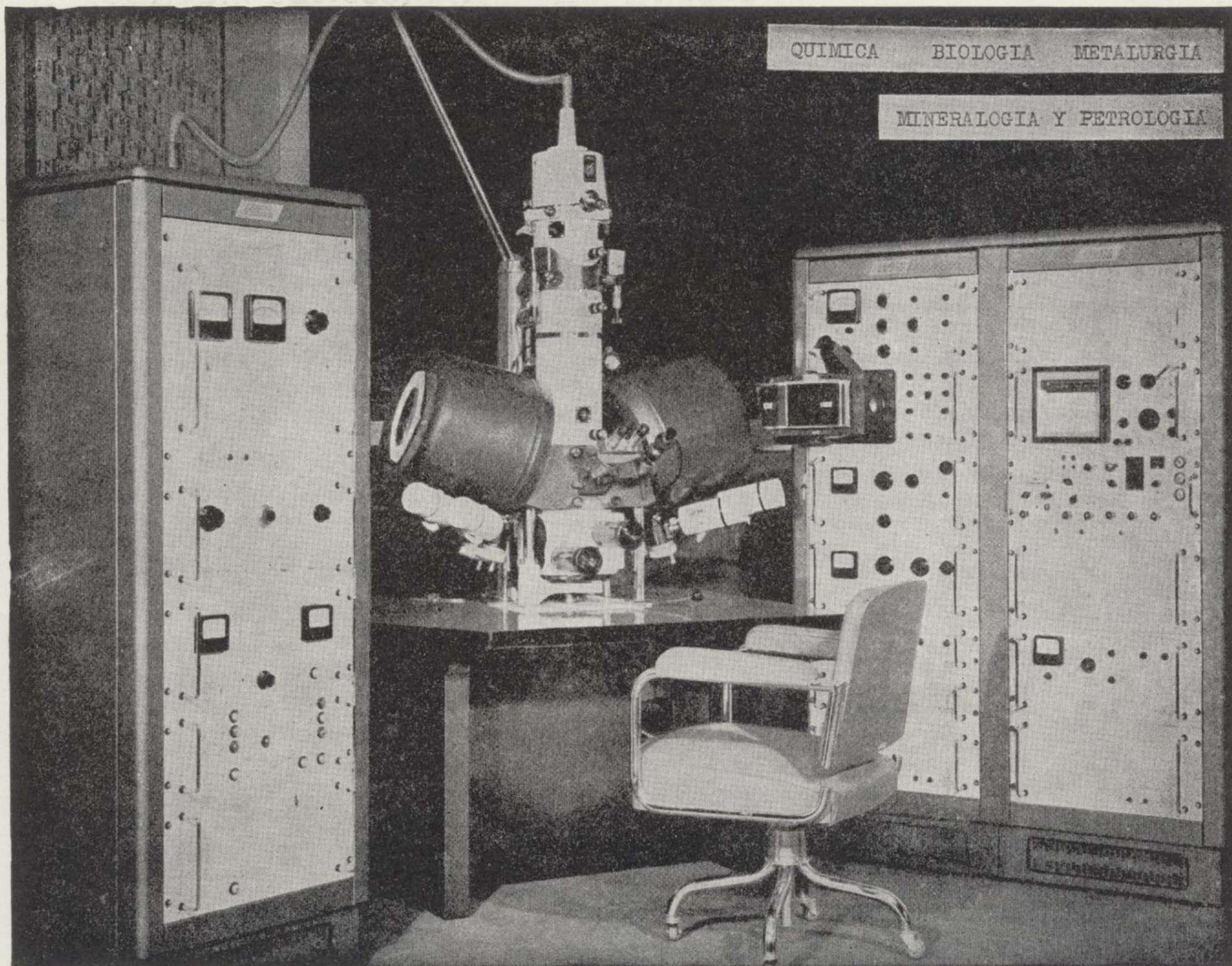
Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

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

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ★ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micras.
- ★ Especialmente indicada en la resolución de problemas de Mineralogía y Petrología, así como en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

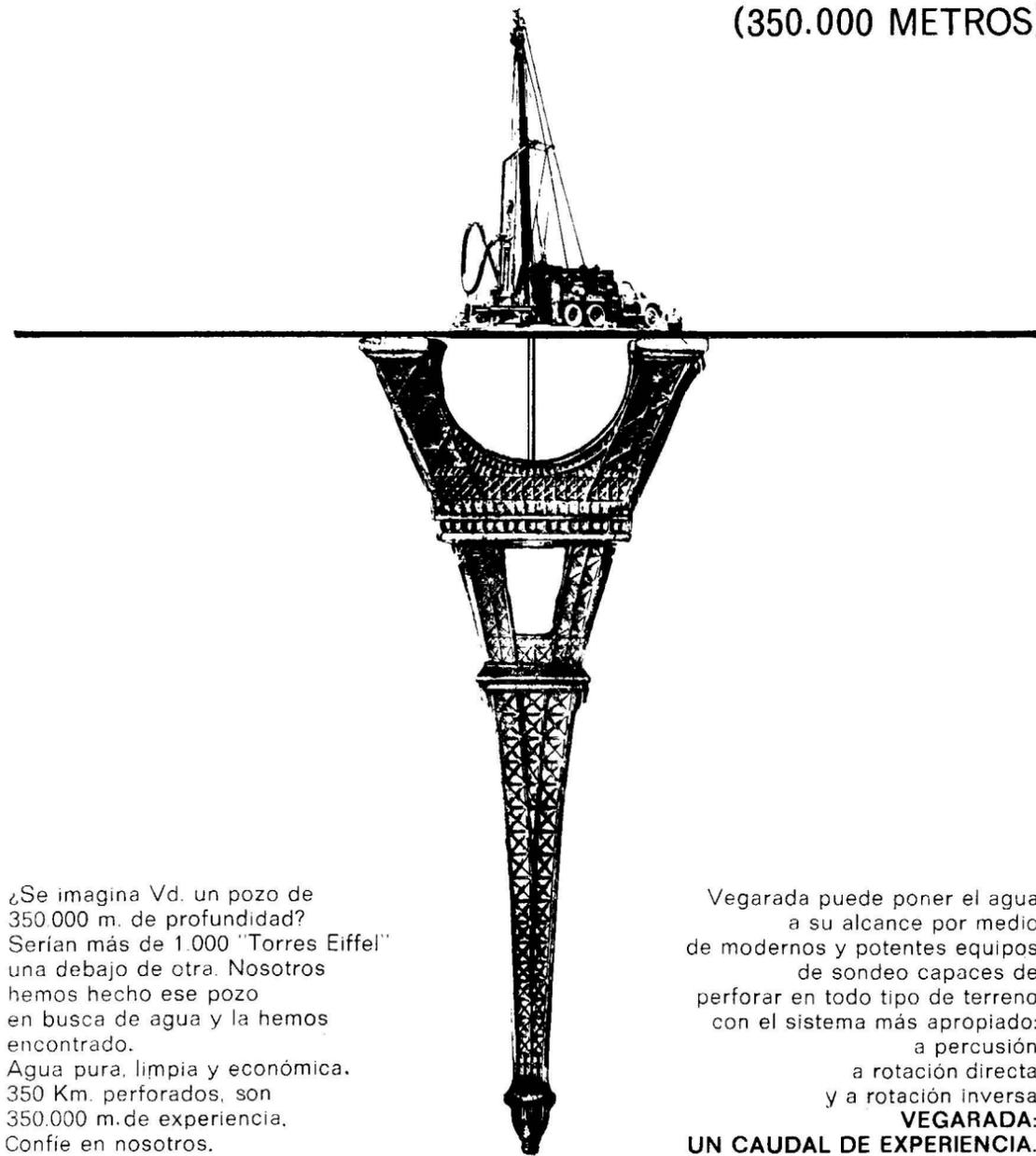
Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

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 86

Fascículo I

Enero - Febrero 1975

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	J. A. MARTÍNEZ-ALVAREZ: Esbozo de un modelo geotectónico de los hercínides ibéricos	1
	M. CRUSAFONT PAIRÓ: <i>Hispanotherium matritense</i> , autoctonías y endemismos	5
	J. B. THORNES: Lithological control of <i>hillslope</i> erosion in the Soria area, Duero alto, Spain	11
	C. CHAMON y C. ESTÉVEZ: Relaciones de las peridotitas con las rocas encajantes en la Serranía de Ronda	20
Minería	J. M.º FERNÁNDEZ BECERRIL y R. ALVAREZ RODRÍGUEZ: Ensayos de lixiviación a presión atmosférica del níquel contenido en las serpentinas de Ojén (Málaga)	24
Aguas subterráneas	E. CUSTODIO GIMENA: Metodología y resultados del estudio hidrogeológico del macizo kárstico de Garraf, Barcelona	31
Energía	ORIO L RIBA: Geotermismo de la zona volcánica de Olot. Nota preliminar sobre posibilidades geotérmicas	45
Estudio de Minerales y Rocas	V. SÁNCHEZ CELA y V. GABALDÓN LÓPEZ: Consideraciones petrográficas, estructurales y estratigráficas en la depresión de Peralada-Valsequillo (Badajoz-Córdoba)	63
	M. A. CABALLERO y M.º D. RUIZ CRUZ: Estudio Mineralógico de sedimentos Triásicos en el sector Occidental de la Cordillera Ibérica	72
	VÍCTOR COSTA: Geología da Cova da Beira (Portugal Central) Variação da triclincidade (ΔR_x) nos feldspatos-K de rocha graníticas	82
Información	Hacia una política hidráulica sin hidroesquizofrenia.—El Ministro de Recursos Naturales y Energía del Ecuador, visita el IGME.—I Salón Monográfico del Agua.—Toma de posesión del nuevo Subdirector del IGME.—Noticias.—Mercado de Minerales y Metales.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	93

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

Pruebas de aforo en un sondeo de Almería.

Foto: IGME

Depósito legal: M. 3.279.-1958

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

Esbozo de un modelo geotectónico de los hercínides ibéricos

Por J. A. MARTINEZ-ALVAREZ (*)

RESUMEN

En este trabajo se propone un modelo geotectónico de los hercínides ibéricos, de acuerdo con los postulados de la tectónica de placas (fig. 2). Asimismo se destaca una hipótesis de trabajo sobre el actual trazado de los hercínides ibéricos en la que se supone, (a) que la Península solamente sufrió desplazamientos internos conjugados en torno a las fracturas complejas que circundan la Meseta; (b) que, en consecuencia, parece más normal el enlace de esta unidad tectónica con las correspondientes de Europa, Norte de Africa y América norte-oriental.

INTRODUCCION

La paleogeotectónica de los hercínides ibéricos tiene, todavía, multitud de problemas pendientes de un adecuado planteamiento o solución. Consideramos que, en el actual estado de evolución de la ciencia geológica, conviene replantear el estudio geotectónico de los mismos, a la luz de los hechos adquiridos por la geotectónica oceánica en los últimos años, para el entorno —continental oceánico y ultramarino— de la Península Ibérica. Los más evidentes en tal sentido, pueden quedar resumidos en los siguientes:

a) Constatación (cualitativa y cuantitativa) de la presencia de una marcada expansión del fondo oceánico atlántico, en toda su extensión, siguiendo un proceso complejo pero prototípico (2). La consecuencia mediata de ésta acción fue la separación de formaciones continentales estructuradas, a uno y otro extremo de la zona de expansión. Las reconstruc-

ciones realizadas (fig. 1) ponen de manifiesto las plausibles relaciones existentes entre estas actuales partes de la antigua organización.

b) Comprobación, corroborada por datos cuantitativos (3), de que la expansión no fue de igual magnitud entre Europa-Norteamérica que, entre Africa y Norteamérica. Circunstancia que servirá de elemento de juicio para valorar el comportamiento geotectónico de la unidad Norteamérica-Europa (4).

c) Sospechada existencia de una falla que (en el Paleozoico) relacionaba la zona de la península de Labrador con el golfo de Vizcaya (2); la parte noroccidental de la misma evolucionaría, para dar lugar a una dorsal (dorsal del atlántico-labrador) en el Mesozoico y, después, ser abandonada y sustituida por la actual dorsal del atlántico norte.

d) Presencia, en la península Ibérica y entorno precontinental, de una serie de fallas (hercínicas tardías y mesozoicas-terciarias) (8) (9) (10) que hacen de la "Meseta Ibérica" un núcleo elevado —triangular— alrededor del cual se extiende depresiones falladas, que relacionan el mediterráneo y atlántico por las zonas aproximadas a Gibraltar y norte de los Pirineos, zona del Ebro-Cantábrica.

(*) Laboratorio de Geología Estructural. Escuela Superior de Minas, Oviedo (España).

Con estos sustanciales hechos, implicados en la tectónica de placas, trataremos de esbozar un modelo geotectónico que pueda servir de hipótesis de trabajo para los estudios geotectónicos en curso.

Modelo geotectónico de los hercínides ibéricos.

El modelo esquemático propuesto, trazado en dirección NE-SW está representado en la figura 2. Los elementos conceptuales del mismo son los siguientes:

a) Se considera que existió una paleozona de expansión, coincidiendo con el centro de la Meseta, en la zona de divergencia del metamorfismo y las estructuras de la Rodilla Astúrica y alineación Hercínica del SW.

b) Existen dos zonas de subción; la del SW, bien desarrollada; la de NE, menos clara o más evolucionada.

c) La zona de subción del suroeste es típica y su corteza continental, en la zona del actual estrecho, presenta una serie de fallas profundas —quizá coincidiendo con una región donde la corteza pierde espesor— por donde se manifiesta cierta actividad profunda.

d) La región del noroeste estaría formada por una corteza continental de variable espesor. Sería particularmente destacable, esto en la zona que se corresponde con la actual región del Golfo de Vizcaya —Pirineos—. Esta actuaría, casi como una zona de "transcurción" de placas. Correspondería con la falla de Labrador-Golfo de Vizcaya. Con fases de compresión, distensión y traslación discreta diversas; fue una zona de actividad profunda muy notable. Hay en esta zona principios de oceanización.

El tipo de modelo que deducimos y esquematizamos gráficamente, está desarrollado considerando las circunstancias existentes casi al final del ciclo hercínico.

Relaciones de los hercínides ibéricos con las organizaciones geoestructurales contemporáneas.

Es éste un problema fundamental y tópico en el que inciden todos los especialistas de la geotectónica hercínica. Las primeras proposiciones de enla-

ce, se deben, a SUESS, STILE y LOTZE, quienes las relacionan con las correspondientes, aflorantes en la zona francesa de Bretaña. CAREY introduce nuevos elementos de juicio en la, llamémosla, interpretación clásica y postula la posibilidad de apertura del golfo de Vizcaya y giro, consiguiente, de la Península. Las modernas tesis geofísicas ensayan las posibilidades de explicar esa disposición original que es el golfo de Vizcaya y LE PICHON, en reiteradas ocasiones, postula el desplazamiento de la Península Ibérica.

Los estudios más recientes realizados sobre los pormenores de la estructura del Atlántico (2) (3) (7), no ofrecen datos para verificar la existencia de estos desplazamientos de cierta amplitud de la Península.

Hace tiempo que llamamos la atención sobre la existencia (a) en la zona continental ibérica de fallas que tienen relación con la estructura submarina (Falla Cantábrica) (8), asimismo (b) insistimos en que el golfo de Vizcaya inciden varias fallas transcurrentes de importancia fundamental, ya que alguna de ellas se puede relacionar con las que existen en la zona norte y sur pirenaica (9) (10) y últimamente (c) resaltamos que (11) toda la zona periférica de la Meseta española ("triángulo ibérico-meseteño") está trastocada por la presencia de diversas fallas profundas, agrupadas siguiendo alineaciones oblicuas que inciden en la dorsal atlántica a la altura, respectivamente, de la zona de fractura de Gibbs y de las islas Azores; (d) más recientemente, destacamos (12) la existencia, en zonas de la Rodilla Astúrica de estructuras hercínicas tardías, que exageran el supuesto arqueamiento existente en estos materiales.

Los estudios recientes del Golfo de Vizcaya corroboran la presencia de fallas que inciden en el mismo y penetran en el continente ibérico y francés relacionándose con los Pirineos (7); asimismo las investigaciones de la zona SW de la Península (5) y alineación de Gibraltar-Azores constatan, con claridad, el grupo de fracturas que coinciden en esta zona.

Le Península es, pues, desde los tiempos tardihercinianos hasta la actualidad, un núcleo, triangular, rodeado de alineaciones de fracturas complejas y conjugadas, con diversos estadios de desplazamiento; es como ya dijimos (11) una unidad tensional compleja y diversa.

En este bloque fracturado, las tensiones de la dorsal atlántica que inciden en la zona del Golfo de

Vizcaya y Gibraltar producen los siguientes efectos: a) desplazamientos en todos los sentidos; b) desplazamientos conjugados de diversos bloques; desplazamientos que pueden, pues, producir la impresión de rotación del bloque o, por tanto, *rotaciones conjugadas internas*.

La Península sufrió desplazamientos conjugados en torno a las fallas, que crearon una rotación —*interna*— del bloque ibérico y, en consecuencia, de la organización hercínica que actualmente se puede observar. Teniendo en cuenta esta observación los hercínides peninsulares habrían sido subparalelos a los de Bretaña y relacionables con las organizaciones tectónicas semejantes de los Apalaches y norte de Africa en los tiempos que precedieron a la oclusión del actual atlántico. Es esta un hipótesis de trabajo que conviene precisar en sus detalles y pormenores (fig. 1).

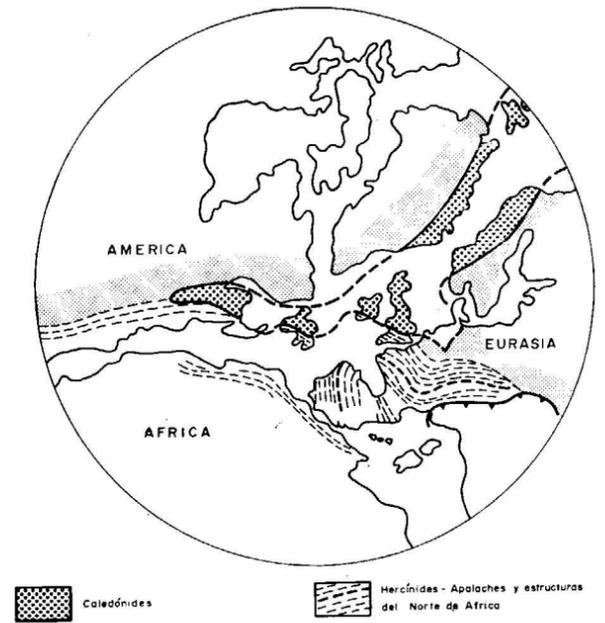


Figura 1

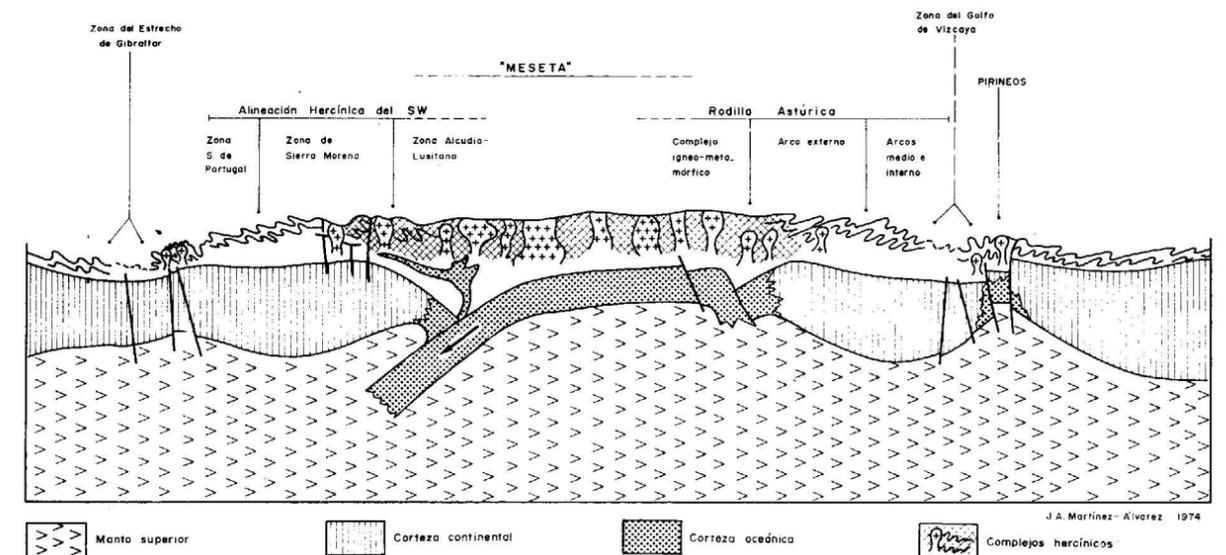


Figura 2

BIBLIOGRAFIA

- (1) LOMNITZ, C.: *Global tectonics and Earthquake risk*. "Developments in Geotectonics", núm. 5 (1974).
- (2) KAY, M.: *North Atlantic geology and continental drift. Symposium*, "American Association of Petroleum Geologists. Memoir", 12, 1082 págs. (1969).
- (3) PITMAN, I.; TALWANI, M., y HEIRTZLER, J.: *Age of the north atlantic ocean, from magnetic anomalies*. "Earth and Planetary Sciences Letters", núm. 11, pág. 195 (1971).
- (4) BURRET, C. F.: *Plate tectonics and hercynian orogeny*. "Nature", vol. 239, pág. 155 (1972).
- (5) MUELLER, S.; PRODEHL, C.; MENDES, A. S., y SOUSA-

- MOREIRA, V.: *Crustal structure in the southwestern part Iberian Peninsula*. "Tectonophysics", núm. 20, pág. 307 (1973).
- (6) DEWEY, J. F. y BURKE, K. C. A.: *Tibetan, Variscan, precambian basement reactivation: products of continental collision*. "The journal of Geology", vol. 81, núm. 6, pág. 683 (1973).
- (7) GRAU, G.; MONTADERT, L.; DETEIL, R. y WINNOCK, A.: *Structure of the European continental margin between Portugal, Ireland, from seismic data*. Tectonophysics., núm. 20, pág. 319 (1973).
- (8) MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones respecto a la zona de fractura "Falla Cantábrica" que se desarrolla desde Avilés (Asturias) hasta Cervera del Pisuerga (Palencia)*. "Acta. Geol. Hisp.", t. 3, número 5, págs. 142-144 (1968).
- (9) MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre las unidades estructurales características del Norte de España*. "Bol. Geol. Min.", t. 83-3, págs. 231-233 (1972).
- (10) MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre el trazado de los hercinides en la zona septentrional de la Península Ibérica*. "Act. Geol. Hisp.", t. 5, núm. 2, págs. 36-38 (1970).
- (11) MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre la posición geoestructural de la Península Ibérica*. "Bol. Geol. Min.", t. 85-4, págs. 513-517 (1974).
- (12) MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre el carácter de los cabalgamientos de la zona media de la Rodilla Astúrica (Norte de España)*. En publicación en el "Boletín Geológico y Minero de España" (1974).

Recibido: Octubre 1974.

Hispanotherium matritense, autoctonías y endemismos

Por M. CRUSAFONT PAIRO (*)

RESUME

On discute dans la note présente la situation systématique et phylogénétique de l'Elasmoteridé iranotheriné, *Hispanotherium* d'accord avec les données de sa description en 1943, et aussi les points de vue d'un auteur à propos des autochtonies et endemisme de la Peninsule Ibérique, après les nouvelles trouvailles réalisées ailleurs, dans les dernières années et que viennent confirmer les idées de celui qui signe la présente note.

ABSTRACT

In the present note, is discussed the true systematics and phylogenetic situation of the Elasmoterid iranoterine, *Hispanotherium* according the data exposed when his description during 1943, and also the points of view of one author regarding the autochtonies and endemisms of Spain and Portugal after new discoveries made in foreing countries this last years wich confirms the ideas of the writer of the present note.

RESUMEN

En la presente nota se discute la situación sistemática y filética del Elasmotérido iranoterino, *Hispanotherium*, de acuerdo con los datos de su descripción en 1943, así como los puntos de vista de un autor acerca de las autoctonías y endemismos de la Península Ibérica después de los hallazgos realizados en el extranjero en los últimos años.

Nuestros distinguidos colegas portugueses, M. Telles Antunes y Georges Zbyszowski han tenido la gentileza de dar a conocer, en una publicación reciente (1972) la conferencia que, bajo el título de "Du nouveau sur l'*Hispanotherium*" (Viret, 1958), pronunció nuestro malogrado maestro Prof. Jean Viret, de Lyon, en el IV Cursillo Internacional de Paleontología de Sabadell en 1958, discurso que había quedado inédito, corrigiendo con ello la deficiencia española en este caso, dado que no llegó a ver la luz el proyectado volumen correspondiente a las lecciones desarrolladas en aquel Cursillo, lo que fue debido, según se nos dijo, a dificultades materiales insuperables.

El autor de la presente nota había entregado todo este material a Madrid con el plan de publi-

(*) Universidad de Barcelona e Instituto Provincial de Paleontología (Barcelona).

carlo, pero el tiempo fue pasando y ya, después, no pudo ser recuperado por causas imprevistas, y siendo así, por tanto, imposible dar a conocer este texto inédito de nuestro llorado colega de Lyon. Por lo que sabemos, nuestros queridos amigos portugueses recibieron una copia del trabajo, que el doctor Mein debió encontrar entre los papeles de Viret. Es aún más de agradecer esta deferencia de los dos paleontólogos citados por todo lo que tiene este trabajo de apología a una nota nuestra de descripción del nuevo género *Hispanotherium* basado en el "*Rhinoceros*" *matritensis* de Prado. Además, la publicación del citado artículo del profesor Viret es un homenaje póstumo a la memoria del querido maestro lionés. Como antiguo alumno y colaborador del ilustre paleontólogo, vaya por delante mi profunda gratitud.

En el mismo opósculo de que hemos hablado,

se publican unos comentarios firmados sólo por el doctor Telles Antunes, con el título de "Quelques données complémentaires; origine et rapports phylogénétiques, autochtonie et endémisme", que, de verdad nos han parecido curiosos, sobre todo porque se ve que, a pesar de tratarse de un país vecino no está al corriente de nuestra bibliografía y porque hace algunas afirmaciones que nos parecen arriesgadas y aún gratuitas, por los menos, por ahora.

Después de indicar la extensión geográfica del género *Hispanotherium* en España y Portugal (véanse las listas de yacimientos de los cuales es conocido, al final de la presente nota) señala la presencia de una forma próxima, del Helveciense V-a de la vecina nación ibérica. Pero añade: "L'origine d'*Hispanotherium* demeure inconnu". Por de pronto, creemos que resultaría mucho más fácil responder a esta cuestión si se atendiera al problema —que justamente el autor de la nota debate— de la autoctonía. Pero éste es un asunto del que nos ocuparemos dentro de poco.

A continuación añade: "Crusafont (diverses publications, don CRUSAFONT (*), 1970, pág. 104) l'a considéré comme le fondateur ou forme prodromique de la lignée de rhinoceros aberrants représentée par les *Elasmotheriines*". Aquí existe un claro error en la transcripción del trabajo del que forma la presente nota. En efecto, yo no hablo de ser *Hispanotherium* una forma prodrómica de los *Elasmotérinos*, sino de las *Elasmotéridos* (lo cual es muy distinto); es decir, del grupo general de estos tipos de formas aberrantes. Con ello se deja entender, por otra parte, que, hablándose de una forma prodrómica no quiere decir que sea un *ancestral* directo de los *Elasmotérinos*, sino que forma parte de un conjunto de tipos especiales de tendencia hipsodonta, con curiosos pliegues del esmalte, con complicación de cristas, con abundante cemento, con estrangulamiento de los lofos en los molares superiores, con tendencia a ser éstos más largos que anchos, etc.

Telles Antunes afirma a continuación: "Viret (1958: voir le texte que précède) soutient toutefois une interprétation différente. Tout en considérant *Hispanotherium* comme un cousin moins évolué qu'*Iranotherium*, constituant avec ce dernier genre la sousfamille *Iranotheriinae*... d'après lui cette sousfamille est bien distincte des *Elasmotheriinae*..." Pero, justamente, esto lo hemos dicho ya en todas las ocasiones anteriores y posteriores a Viret (1958), en que hemos hablado de *Hispanotherium*; y Telles Antunes parece haber visto muy

por encima nuestros trabajos, a pesar de citar algunos de ellos en su propia bibliografía (!). Ya en 1947 (Crusafont y Villalta) y en nuestra primera descripción de *Hispanotherium*, o sea mucho antes que Viret, decíamos "Según indicaremos en otra ocasión, creemos que el *Hispanotherium* se halla más cercano filogenéticamente del *Iranotherium* del Pontense de Maragha que de las formas chinas, y posiblemente pertenezcan a la misma línea evolutiva, de la misma manera que, según Ringstrom, el *Sinootherium* es probablemente un ancestral directo de los *Elasmotherium* del Pleistoceno". Creo que no puede estar más claro. Hemos subrayado lo que nos ha parecido más significativo.

En 1955 (todavía antes que Viret) decíamos en el trabajo en que sinonimizamos *Chilotherium quintanellensis* Zbysz. con *Hispanotherium matritense* (Prado): "Era verdaderamente curioso hallar (en España) una forma prodrómica de este *phylum* —o de uno de estos dos *phyla* de *Elasmotéridos* reconocidos por Ringstrom (1924)."

Es entonces cuando interviene Viret, en el artículo publicado por Telles Antunes y Zbyszewski diciendo lo siguiente: "Toutefois cette transformation n'a pas été aussi sudaine qu'on l'avait cru tout d'abord. Des découvertes plus récentes ont montré l'existence, dans des terrains plus anciens, de *Rhinocéridés*, dont quelques uns, trouvés en Chine, semblent être la forme ancestrale d'*Elasmotherium*, tandis que d'autres, appartenant sans doute à un rameau phylétique différent, nous montrent des molaires où l'hyposodontie, bien que non réalisée est en marche, à la fois sous forme d'un allongement notable de hauteur de la couronne, et de la tendance au plissement de l'émail. Ce dernier cas est celui rencontrée en Asie occidentale, pues en Europe, où notre collègue le Dr. Crusafont, a décrit quelques dents isolées sous le nom d'*Hispanotherium*, une forme un peu plus ancienne que l'*Iranotherium*". (Aquí Viret puso "un poco", aunque la diferencia sería aproximadamente de unos seis millones de años).

Con este párrafo, además, Viret contesta a la cuestión que se ponía Telles Antunes respecto de la forma ancestral de los *Iranoterinos*. Creo que si se buscara una forma aún más primitiva de este *phylum* nos encontraríamos con un rinoceronte de tipo normal o casi.

Más adelante (1960 a y b), ya posteriormente a Viret comentábamos con Hernández-Pacheco, F., lo siguiente: "Reformando la clasificación de Simp-

son (1945), en lo que se refiere a la Sistemática de los *Rhinocerotidae*, Viret (1958)... ha segregado de los *Elasmotéridos*, dos subfamilias, *Elasmoterinae* e *Iranotheriinae* utilizando, en cuanto a esta última, el criterio de Kretzoi de 1942. Ya hemos dicho que en nuestro trabajo de 1947 habíamos supuesto la existencia de dos líneas filéticas diferentes (subrayamos ahora) en el grupo *heterogéneo* de los antiguos *Elasmotéridos*". También se añadía: "Ya indicábamos que el nuevo género español se podría considerar como más próximo de este último (*Iranotherium*) que de los primeros (*Sinootherium* y *Elasmotherium*)".

En una nota del mismo año decíamos, con el mismo autor, lo siguiente: "Il s'agit de l'*Elasmotheridé* (plus exactement de l'*Iranotheridé*) que nous avons décrit en 1947, pour la première fois en Espagne, a partir du "*Rhinoceros*" *matritensis* Prado sous le nouveau nom de genre *Hispanotherium*".

Creemos que sobra, pues, lo que dice Telles Antunes atribuyendo la discriminación a nuestro maestro lionés, toda vez que nosotros ya lo habíamos indicado antes de que lo hiciera él: "Viret est catégorique: d'après lui (cette sous-famille *Iranotheriinae*) est bien distincte des *Elasmotheriinae* et n'en représente pas les formes ancestrales". Si habíamos hablado de dos *phyla* distintos, creo que ésta era también nuestra idea.

Resulta sobra, pues, la conclusión del autor portugués como "réplica" a nuestro punto de vista: "Il est, donc, logique de considérer (quiere decir las dos Subfamilias) comme tout-à-fait indépendentes, et *Hispanotherium* ne sérail, donc, pas une forme ancestrale des *Elasmotheriines*. Tel est notre (sic!) (subrayamos nosotros) point de vue pour le moment". Con gran tenacidad vuelve a la misma cuestión y en los mismos términos en otro trabajo del mismo año (1972) cuando dice: "Viret (1958; voir aussi Viret in Antunes, Viret et Zbyszewski, 1972) a, depuis, avancé des arguments permettant de conclure que, si *Hispanotherium* est bien un cousin moins évolué qu'*Iranotherium*, du Pontien, et constituant avec celui-ci une sousfamille à part, les *Iranotheriinae*, il s'éloigne sensiblement des *Elasmotheriines*". Ya hemos indicado que esto lo decíamos nosotros desde 1947, o sea, como mínimo, desde once años antes!

Para terminar esta cuestión digamos que en un trabajo en colaboración (Crusafont y Quintero, 1970) hablamos en los mismos términos ya indicados más arriba; es decir, en la existencia de dos

subfamilias y de la situación de nuestro *Hispanotherium* en una de ellas, *Iranotheriinae*.

¿Por qué—pasando ahora a una segunda cuestión que creemos de gran importancia, sobre todo paleogeográfica para nuestra península— según Telles Antunes, *Hispanotherium* es endémico en la Península Ibérica y no autóctono? ("Sans doute *Hispanotherium* est endémique de la Péninsule. Pourtant, y serait-il autochtone? Pas forcément, car les raisonnements à cet égard sont plus ou moins discutables et à merci de nouvelles découvertes"). De verdad creemos que los razonamientos consisten sólo en los posibles nuevos descubrimientos y ello aplicable, en el presente caso, sólo a un determinado género. Ya volveremos a esta cuestión de la autoctonía, en general, de las faunas de mamíferos fósiles del Terciario español. Señalemos inmediatamente que nuestro colega portugués no se limita a discutir la autoctonía de *Hispanotherium*, sino la cuestión general de la autoctonía de las faunas paleomastológicas españolas (e ibéricas).

Pero vayamos, en primer lugar, con *Hispanotherium*. A la altura jerárquica del género aislado, creemos que estamos más próximos de autoctonía que de endemismo. Cuando Telles Antunes se refiere a posibles descubrimientos, no sabemos si quiere hacer mención —puesto que no lo dice— de la probable existencia del género tantas veces citado, en Turquía asiática. No sabemos, si cuando la redacción del trabajo, sabía de este posible hallazgo, del cual nos habló en junio del presente año en París el doctor Heissig de München, especialista en rinocerontes fósiles, diciéndonos que así lo creía. Hemos consultado también a nuestro ilustre colega profesor Tobien de Mainz, el cual nos remite a una nota publicada en colaboración (Sickenberg y Tobien, 1971). Hay que notar que el trabajo es anterior al citado (de Antunes *et al.*), y en el cual, de todos modos, se cita sólo el hallazgo de *Elasmotérinos* (y no de *Iranotérinos*) en las regiones de Ankara, Kalecik y Candir, de las cuales sabemos sólo que son anteriores al Mioceno superior y, de acuerdo con la tabla incluida al final de la nota, corresponden al Vindoboniense más inferior o, como máximo, al Burdigaliense más superior. Esta es la edad precisamente del *Hispanotherium* del valle del Manzanares. ¿Cuál es, pues, su primera concurrencia? Por lo que sabemos hasta ahora, es difícil decir si este género especial de rinocerontes miocénicos se desplazó del Oriente hacia la Península Ibérica o viceversa. De todos modos, aunque nosotros, de manera personal, nos inclinamos a pen-

sar que fuera buena la primera proposición (por ser la mayoría de los Elasmotéridos, orientales), esto no es inválida, en modo alguno, la idea general de la autoctonía de las faunas fósiles de mamíferos españoles.

A esto precisamente queríamos llegar. No se trata de que se hayan llegado a localizar algunos géneros, antes tenidos por típicos sólo de la Península, como es el caso del tan traído y llevado *Hispanotherium*, de *Triceromeryx* (todavía no sabemos si se hallaron protuberancias occipitales, que es lo que caracteriza el género, pues sólo poseía las supraorbitarias, según sabemos por Ginsburg et Heintz, 1966), *Palaeomeryx* y *Schizochoerus* (ya reconocido por Osansoy, 1965, y ahora de Turquía asiática. Bursa - Mustafakelmalpasa - Pllasar); tres, por lo tanto, en total; sino del gran conjunto de ellos descubiertos en el curso de treinta y dos años y que, por ahora, aparte de los únicos tres citados, no han sido hallados en el resto de Europa (a pesar de la grandísima abundancia de yacimientos).

Por lo demás, si se demuestra que *Hispanotherium* no vivió en la Península Ibérica en una época posterior a la de su primera concurrencia, entonces no se trataría ni tan sólo de una forma endémica (en el sentido estricto de la palabra, y tal como se aplica en paleontología).

Pero dediquémonos ahora a los géneros españoles que no han sido hallados en ninguna otra localidad de fuera de nuestras fronteras (dejando de lado de manera esenciales los roedores). Son éstos: *Agerina*, *Almogaver*, *Arisella*, *Pivetonia*, *Spaniella* y *Moiachoerus* para el Eoceno; *Dromoceratherium*, *Rubitherium* e *Ictiocyon* para el Burdigaliense; *Palaeomeles*, *Geisotodon*, *Palaeoplatyceros*, para el Vindoboniense; *Circamustela*, *Limnonyx*, *Marcetia*, *Mesomephitis*, *Sabadellicta*, *Parachleuastochoerus*, *Postpalerinaceus*, *Plesiomeles*, *Protursus* (in litt), *Hispanopithecus*, *Rahonapithecus* y *Decennatherium* para el Vallesiense; *Birgerbohlinia* y *Stenailurus* para el Turolense. Por otra parte, y de este último piso, señalemos la primera concurrencia (por ahora) de los géneros *Canis*, *Baranogale* y *Hexaprotodon* (*Canis cipio*, *Baranogale adroveri* y *Hexaprotodon primaevus*). Del Burdigaliense el género *Schlossericyon*.

Cuando en España puede señalarse la primera concurrencia de varios géneros, que inauguran en ella una larga secuencia filogenética o de géneros que no han sido hallados en el resto de Eurafasia, creo que puede hablarse de una autoctonía con todo énfasis y sin que el hallazgo de algún género aisla-

do de los muchos descubiertos en España, en otras localidades fuera del ámbito peninsular, pueda invalidarla.

Lo mismo cabe decir del endemismo. En efecto, a cada paso nos encontramos con pruebas del mismo con la gran cantidad de especies típicas de nuestro país, pertenecientes a géneros que no son exclusivos de nuestra Península, y sobre todo por la supervivencia de formas hasta niveles en los cuales ya no existen fuera de nuestro país. El doctor Telles Antunes, por otra parte, no tiene en cuenta que, en general, las listas de mamíferos fósiles de Portugal no son tan abundantes como las de España en cada nivel que se considere y que no se han hallado las formas menos comunes; esto hace establecer una diferencia entre España y Portugal y puede inducir a dudar de la validez de nuestras aseveraciones en cuanto a la autoctonía. Por otra parte, hasta ahora ha sido sólo este autor el que se ha mostrado escéptico en cuanto a este carácter de nuestras faunas; muchísimos autores la han aceptado, entre ellos, Petter, Kurten, Tobien, etc.; Thaler, por ejemplo, dice, por lo que se refiere al endemismo: "Crusafont a donné des exemples particulièrement parlants d'extinctions retardées dans la Péninsule Ibérique par rapport au reste d'Europe et même dans certaines régions de la Péninsule par rapport aux autres". El mismo Telles Antunes decía, en 1962: "A Lisbonne, *Cainotherium* est encore assez fréquent à l'Helvetien moyen ce que vient à l'appui de ce que le Prof. Crusafont a dit sur les survivances des formes archaïques dans la Péninsule Ibérique". Insistimos en estos puntos porque en modo alguno podemos aceptar las conclusiones del citado autor cuando dice: "En conclusión, il semble légitime de penser que l'originalité des faunes mammalogiques de la Péninsule, dans la Nature actuelle ou dans le passé (subrayamos vigorosamente nosotros) a été quelquefois un peu trop accentué surtout si l'on tient compte du fait que les différences invoquées se placent, le plus souvent au rang modeste de la sous-espèce ou simplement de la race locale, donc d'une valeur très relative". Los ejemplos que hemos dado por lo que respecta a los mamíferos del pasado echan por los suelos y de manera categórica esta afirmación del "rango modesto de la subespecie o simplemente de la raza local".

Adrede hemos dejado a los roedores aparte de nuestra discusión. Por lo que se hace referencia a los mismos, Thaler ha hablado de una provincia (o de un endemismo y aún autoctonía) *ibero-occitánica*, dado que, para ellos, el filtro-barrera de los Pi-

ríneos no debió contar (o actuó, en su caso, como un filtro y no como una barrera).

Por lo que se refiere a la fauna actual, digamos, de paso, que los zoólogos admiten la existencia de varias especies de mamíferos típicas para España y de un buen número de subespecies. El autor de esta nota ha hablado de la impronta de esta constante biológica incluso sobre el hombre y sobre sus obras (Crusafont, 1964).

Los datos que hemos apuntado (o recordado en muchos casos) creemos que son apabullantes en favor de la autoctonía y del endemismo de las faunas paleomastológicas españolas (y también se empiezan a apuntar en las de Portugal: por lo menos *Hispanotherium matritense*, *Triceromeryx pachecoi*, *Chilotherium ibericus*, supervencia prolongada y abundante de *Cainotherium*). Estos hechos están basados sobre los datos actuales. Lo que hace el autor del trabajo que comentamos es poner el carro delante del caballo: si en el futuro todo este cúmulo de datos positivos queda borrado por nuevos hallazgos, entonces se podrá hablar tal como lo hace ahora. Pero no antes de ello.

Hay otra consideración que hacer: vaya por delante, incluso de todo cuanto llevamos dicho, que la autoctonía y el endemismo que hemos ido propugnando a través de los años para las faunas de mamíferos fósiles de nuestro país es sólo un grado de *anacorosis* (para decirlo con un neologismo de los Termier), jamás una *anacoresis* completa. Hemos hablado (Crusafont, 1954) para el Pirineo en sus épocas de epigénesis y de orogénesis, de "filtro-barrera" (usando de la terminología de Simpson), y este grado de autoctonía y de endemismo es, desde luego, inferior a los grandes ejemplos conocidos de Australia, de América del Sur, de Madagascar (llamado recientemente y con acierto "minicontinente" por Simpson. Desde luego, muchas formas en España son comunes con otros yacimientos europeos. Nuestro país representa un apéndice relativamente aislado (menos, naturalmente, que una isla pequeña o grande), y que, como tal, es centro de producción de nuevas formas (autoctonía) y centro de conservación de otras (endemismo). Pero existe un punto de bastante interés todavía por considerar: las relaciones de estas faunas con el exterior muestran, en ocasiones, una tendencia a establecerse a lo largo del Tethys antiguo y moderno, tal como lo indicábamos en un trabajo publicado hace ya algunos años (Crusafont, 1965). Por lo tanto, tenemos de nuevo que insistir en la falta de documentación idónea de nuestro amigo portugués

cuando dice en su trabajo sobre el *Chilotherium* (1972): "L'étude des Mammifères de la Péninsule Ibérique montre qu'il y a eu des rapports faunistiques avec l'Orient (no se refiere a nada en relación con nuestro trabajo, puesto que no cita). La présence de *Chilotherium* dans le Vindobonien de Quinta da Siveria, près de Lisbonne (Helvetien V-b) en est un indice". Por nuestra parte y según los datos expuestos en el trabajo que acabamos de citar no se trata de indicios, sino de verdaderas pruebas. Sickenberg y Tobien, 1971, lo reconocen también cuando "mirando desde el lado de allá" (me refiero a Turquía asiática) dicen: "Common features with the southern part of Europe (Central Serbia, Spain) however, can hardly be denied (*Triceromeryx*, Elasmotheriinae, etc.). Dentro del *etcétera* caben varios otros ejemplos.

Sabadell, septiembre de 1973.

YACIMIENTOS IBERICOS DEL HISPANOTHERIUM

PORTUGAL.

- a) Cuenca de Oleas-Quintanelas, al N de Sabugo (Sintra).
— 350 m. al NE de la casa de campo de Quintanelas, al lado de la vía férrea (cf. Zbyszewski, 1952).
- b) Cuenca del Bajo Tajo, región de Lisboa. Helveciense (división V-b, arenas con *Gryphoea gryphoides* del valle de Chelas).
Quinta de Farinheira: Valle de Chelas.
Quinta da Musgueira: Lumiar.
— Casal das Chitas
— Courelas do Covao
— Olival da Suzana
— Quinta grande
— Quinta da Raposa
— Quinta da Silveira

Charneca do Lumiar

ESPAÑA.

- a) Depresión del Tajo.
Vindoboniense inferior (Burdigaliense muy superior?).

- Puerta de Toledo (Valle del Manzanares), Madrid.
— Córcoles, Guadalajara.

- b) Depresión de Extremadura.
Vindoboniense inferior.
Plasencia.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, M. Telles: *Notes sur la Géologie et la Paléontologie du Miocène de Lisbonne. XI. Un Nouveau Rhinocerotidé, Chilotherium ibericus, n. sp.* "Bol. Mus. e Lab. Miner. Geol. Facult. Ciênc. Univ. Lisboa". Vol. 13 (1), pp. 25-33. Lisboa, 1972.
- ANTUNES, M. Telles, VIRET, J. et ZBYSZEWSKI, G.: *Notes sur la Géologie et Paléontologie du Miocène de Lisbonne. X. Une conférence de J. Viret sur l'Hispanotherium (Rhinocerotidae). Quelques données complémentaires: autochtonie et endémisme.* "Bol. Mus. e Lab. Miner e Geol. Fac. Ciênc. Univ. Lisboa". Vol. 13 (1), pp. 5-24. Lisboa, 1972.
- CRUSAFONT PAIRO, M.: *La zona pirenaica como filtro-barrera paleobiológico.* "Inst. Est. Pirenaicos", págs. 317-332. Zaragoza, 1954.
- Este extraño apéndice que llamamos España. "Atlántida". Vol. II, núm. 10, págs. 379-395. Madrid, 1964.
- *Perytethian relationships in the Upper Tertiary Mammalian faunas.* Homenaje al prof. Wadia. "Mining and Metallurgical Institut of India", págs. 301-305 (1965).
- CRUSAFONT, M. y QUINTERO, I.: *Noticias preliminares acerca de un nuevo yacimiento de mamíferos fósiles en la provincia de Guadalajara.* "Acta Geológica Hispánica", año V, núm. 4, págs. 102-104. Barcelona, 1970.
- CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F. DE: *Sobre un interesante Rinoceronte (Hispanotherium nov. gen.) del Valle del Manzanares.* Nota preliminar. "Las Ciencias", año XXII, núm. 4, págs. 869-833. Madrid, 1947.
- GINSBURG, L. et HEINTZ, E.: *Sur les affinités du genre "Palaeomeryx" (Ruminant du Miocène européen).* "C. R. Acad. Scienc.", t. 262, pp. 979-982. París, 1966.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. y CRUSAFONT, M.: *Primera caracterización paleontológica del Terciario de Extremadura.* "Bol. de la R. Soc. Esp. Hist. Nat.". Tomo LVIII, págs. 725-283. Madrid, 1960.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. et CRUSAFONT, M.: *Première datation du Bassin tertiaire continental d'Extremadure espagnole.* "C. R. Séances Acad. Sc.". T. CCL, págs. 1-2. París, 1960.
- KRETZOI, M.: *Bemerkungen zum System der Nachmiozänen Nashorn-Gattungen.* Fölateni Köozlöny Band 72 (1942).
- OZANSOY, F.: *Etude des gisements continentaux et des Mammifères du Cenozoïque de Turquie.* "Mem. Soc. Géol. Franc.". Tomo XLIX, fasc. I, pp. 199. París, 1965.
- RINGSTRÖM, T.: *Nashörner der Hipparion fauna Nord-Chinas.* "Paleontologia Sinica". Ser. C 1 (4), pp. 1-156 (1924).
- SBYSZEWSKI, G.: *Les Mammifères miocènes de Quintanellas (Sabugo)* "Com. Serv. Geol. Port.", 33, pp. 65-82. Lisboa, 1952.
- SICKENBERG, O. and TOBIEN, H.: *New Neogene and Lower Quaternary Vertebrate faunas in Turkey.* "Newsl. Stratigr", 1, 3, pp. 51-61. Leiden, 1971.
- SIMPSON, G. G.: *The principles of classification and a classification of Mammals.* "Bul. An. Mus. Nat. Hist". Volumen 85. New York, 1945.
- VILLALTA, J. F. DE y CRUSAFONT, M.: *Chilotherium quintanellensis ZBYSZ., sinónimo de Hispanotherium matritensis (PRADO).* "Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de Esp.", núm. 37, págs. 3-9. Madrid, 1955.
- VIRET, J.: *Perissodactyla. Traité Paléont.* J. PIVETEAU. Volumen 6, II. Masson Ed. París, 1958.

Recibido: Julio de 1974.

Lithological control of hillslope erosion in the Soria area, Duero alto, Spain.

Por J. B. THORNES (*)

RESUMEN

La erosión del suelo por diversos agentes es el resultado de efectos muy complicados. Este trabajo examina, simplemente, algunos de los controles surgidos de las diferencias en el manto superficial de cobertura en diferentes litologías. Estas diferencias se han resumido en términos de permeabilidad relativa, índice de erosión, índice de susceptibilidad a movimientos de gravedad y susceptibilidad a la acción del hielo. Tres tipos básicos de mantos de recubrimiento han sido deducidos en el área de Soria.

ABSTRACT

Erosion of soil by various agencies is a result of many complicated effects. This paper examines, simply, some of the controls arising from differences in the *regolith* cover on different lithologies. These differences are summarised in terms of relative permeability, index or *erodibility*, index of susceptibility to gravity movement and susceptibility to frost action. Three basic *regolith* types are derived for lithologies in the Soria area.

INTRODUCTION

Current research on the controls of hillslope erosion have largely concentrated on climatic controls through their impact on the rate of operation of geomorphological processes, and the density and type of vegetation cover. The literature in this area of research has recently been reviewed by Young (1972) and Carson and Kirkby (1972) and stems notably from the work of Horton (1945), Schumm (1956) and Melton (1958).

Lithological control has received relatively little attention; studies have tended to concentrate on (1) broad scale morphometric properties, such as Strahler's comparison of slopes on different lithologies (1954) (2) studies on the shearing properties of solid rock or weathered debris (Chorley, 1959, Carson and Petley, 1970) or (3) investigations of the other physical properties, such as infiltration capacity, Melton (1958) or throughflow characteris-

tics (Calver, Kirkby and Weyman, 1972). The present investigation falls in the latter two classes and has the objective of examining the principal lithological controls on the processes operating to produce contemporary hillslope forms in a sub-humid environment.

Such a study is not only of direct importance, in terms of soil erosion under the existing climatic and cultural regimes, but is also of importance to studies of Quaternary climatic change, archeology and palaeoenvironments. The reason for this is that there is a tendency on the part of many geologists, archeologists and geographer alike to try and interpret palaeoenvironments from channel and slope sediments and forms (see for example Butzer, 1964; Gladfelter, 1971). It is the contention of this author that until we have a better knowledge of the response of lithologies to the contemporary climatic environment and the variety of responses that may occur within it, we are in no position to talk about hypothetical responses to a large variety of other

(*) London School of Economics.

possible combinations. Each of these combinations will have its own particular suite of responses to environmental change. At the same time the author is fully aware that (a) the landform assemblage, including the hillslopes contain in them the effects of past-climates, resulting from long relaxation times for the system involved and (b) that there is not necessarily a clear relationship between contemporary climate and process. Obviously any relationship of this type will be obscured, at least in part, by the cultural activity of the people operating under the vicissitudes of population change and response to changes in the economic fate of various agricultural products.

THE NATURE OF LITHOLOGICAL CONTROL

Sediment yield is the output from the slopes and channels and the variables which affect this are both dependent (i. e. change with other variables in the slope-channel system) and independent. Erosion rates result from the operation of two sets of variables, those which affect the rate of production of material for transport (particularly weathering) and those which affect the rate of removal. The two factors are interrelated; a change in one will affect the rate of operation of the other. This is shown hypothetically in fig. 1. If rate of

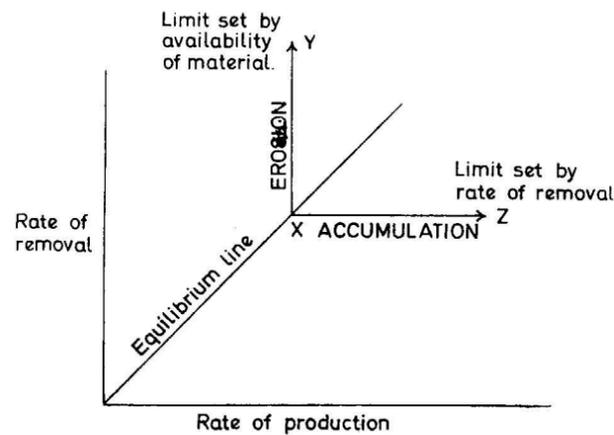


Figura 1

transportation increases with the rate of production, the amount of weathered material on the slope remains constant. Up to the point x both are balanced and operating at a maximum rate. If the limit of production under the prevailing conditions is reached and the rate of removal continues to increase (Y), then available weathered material will

diminish until, in the ultimate stage, all the material produced is immediately removed. On the other hand, if the rate of removal reaches a limit set by the removal system while production continues to increase (z) the slopes become burdened by so much weathered product the interface of weathered material-bedrock will be buried and further increase in the rate of production might be limited. Rate of production is then equated with rate of weathering. This case is called the weathering-limited case. Where there is unlimited availability of material, either because the bedrock is unconsolidated, or because there is an abundance of weathered debris, the principal constraint on sediment yield to the channels and valley floors operates through limits to transport capacity.

We may, then, differentiate between lithologies in which there is unlimited material available, and hence the principal erosional constraints are those arising in the transport mechanisms; and those in which erosion is weathering limited, under existing conditions. The lithological characteristics which are important in each case are different. In addition, there are, in semi-arid environments already subject to some erosion, cases which are combinations of both. In the Mesozoic limestone discussed below, slow weathering rates inhibit further erosion and transportation of fines, because there is none left! Yet at the same time the residual debris (fragments) largely result from inadequate energy under the existing transport regime.

GEOLOGY OF SORIAN AREA

Works on the geology of Soria date from the last part of the nineteenth century with the memoirs of

TABLE I

Tertiary	Miocene	Paramos Limestone Marls and clays, marginal conglomerates.
	Oligocene	Conglomerates alternating with marls. unconformity
Cretaceous	Upper Cretaceous	Cemented calcareous conglomerates. Massive white limestones.
	Albian	Multi-coloured sands with pebbles and concretions.
	Urgo-Aptian	Coarse sands and quartz conglomerates
	Wealden	Coarse sands, clays, conglomerates.
Jurassic	Purbeckian	Grey limestones.
	Lower Wealden	Coarse sands with some marls.
	Oxfordian	Sandy grey marls.
	Dogger	Platy limestone.
	Upper Lias	Grey marls and clay.
Lower Lias	Grey limestones. Carniolas.	

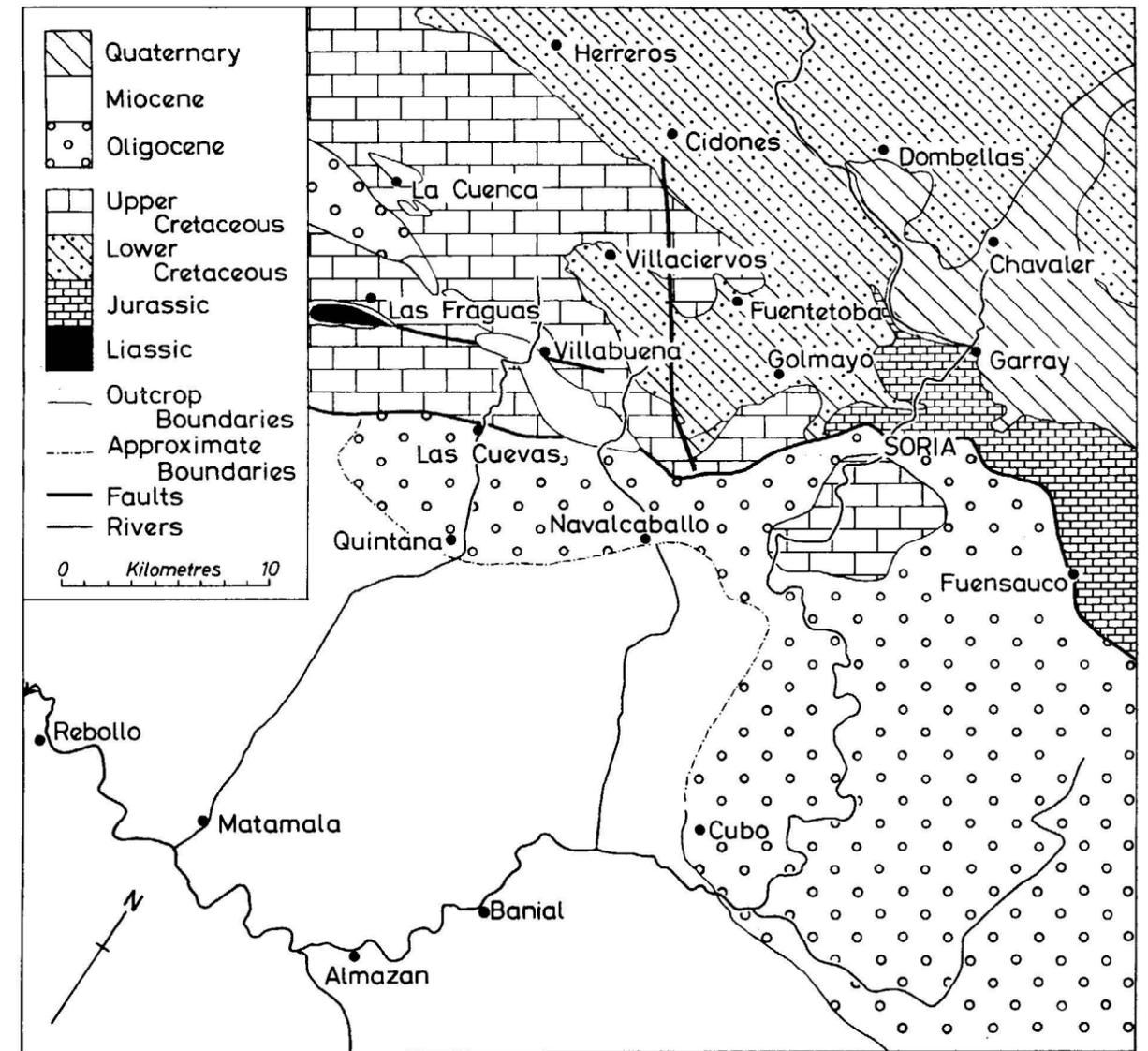


Figura 2

Aranzu (1887), Palacios (1890) and Sánchez-Lozano (1896). Palacios' memoir remains the only description of the whole area and was used compilation of the geological map of Spain (1 : 400,000). A general thesis on the structure of the Urbión by Richter and Teichmüller (1933) and on the Miocene of the central basing, together with the recent detailed mapping on the Cabrejas del Pinar sheet (Sais de Carlos, 1956), form the main sources for fig. 2 and table I.

There are basically four principal lithological types (1) platy and massive limestone, limestone

breccias and poorly rounded limestone conglomerates. These belong to the Jurassic Series and the Cenomanien of Upper Cretaceous. (2) The consolidated coarse silicious sands and consolidated quartz conglomerates of the Lower Wealden Series of the Jurassic, and the Lower Cretaceous. (3) The unconsolidated Oligocene conglomerates, sands and thin marls and (4) The fresh water Miocene Limestones which form the Paramos and include interdigitated marls and some sands. While the limestones themselves are highly lithified, the remaining members of the Paramos series are unconsolidated.

PERMEABILITY, SIZE AND UNDRAINED STRENGTH

The principle control on weathering which is of a lithological nature is the rate at which rainwater can enter the rock and weathered debris, as a result of its relative permeability. This in turn affects the relative contribution of surface run-off and hence propensity to erosion from overland flow. The relative permeabilities given in table II have

TABLE II
Relative Permeabilities

Red Marls	0.045
Fluvial Sands	100
Mesozoic Limestones	10.0
Sand + gravels over	5.0
Marls	3.4
White Marls	1.0
Wealden Sandstone	0.78
Paramos Limestone	0.15

been calculated using Burmeister's (1951) graph in combination with measures of effective size and sorting for soils on different bedrocks in the Soria area. The term "Limestones" refers to the Cretaceous and Jurassic Limestones described above. In obtaining the list, fluvial sands of contemporary river deposits have been given a value of 100 and the rest scaled accordingly. The two most surprising results of the series are the relatively high permeability for limestone soils and the low figure for Wealden sandstone regolith. The values are obtained from an empirical, graphical method which relates the diameter of the smallest 10% of the grain size curve (effective size), and the degree of sorting. The relatively large effective grain size in the limestone debris results largely from the rapid removal of the fines after weathering, so that the regolith cover is, relatively speaking skeletal. The Wealden Sandstones tend, on the other hand to be strongly bimodal producing 'fine tail' which augments the relative impermeability of the weathered debris. In the Wealden Sandstones the response upon removal of the weathered debris is rather different, the permeability being appreciably higher.

The impermeability of the marls of various types, and especially the red marls of the Tertiaries is emphasised even more by the propensity of these

clay rich lithologies to seal off the surface after summer rains. Once sealed the permeability is extremely low and overland flow quickly sets in with summer storms of high intensity.

The characteristics of weathering products are summarised by the samples chosen in Table III,

TABLE III
Characteristics of grain-size distribution less than 2 mm (in phi units)

	Mean	Sort	Skew	Dio
Tertiary Marl	3.4	3.0	0.11	8.9
Ubid. (calcareous material removed)	7.8	2.62	0.13	9.9
Tertiary Sands	2.2	1.96	0.0	5.7
Wealden Sandstone	1.9	1.14	-0.34	3.6
Paramos Limestone	4.7	5.16	0.24	9.6

fuller details are contained in Thornes (1967), measurements are given in the phi scale (Krumbein, 1937) and D_{10} is the effective size. The sorting and skewness have been derived using Inman's (1952) graphic methods. Various authors have described the significance of these characteristics for the erodibility of soils. Andre and Anderson (1961) used them in the concept of aggregative silts and clays to the proportion requiring aggregation. They found that these criteria correlated with sediment yield

TABLE IV
Shearing resistance (1/10 inches ring-compression)

	Mean	St. Dev.
Fluvial Sands	11.6	1.8
Fluvial slope deposit	20.6	6.4
Limestone	50.2	17.77
Limestone	72.1	10.01
Limestone	97.05	37.62
White Marls	65.7	13.15
Vegetated Weathered Red Marls	76.6	18.70
Vegetated Wealden Sandstone	89.91	15.03
Unvegetated Wealden Sandstone	49.53	12.75
Vegetated Paramos Limestone	119.07	15.0
Unvegetated Paramos Limestone	146.1	15.00
Weathered Red Marls	129.4	6.41
Unweathered Red Marls	192.4	

on igneous rocks. The reason for this however is not immediately clear, for while the grain size affects porosity and permeability (and hence, surface run off) it also affects their actual shearing resistance. On the one hand decreased permeability should lead to higher overland flow and greater water erosion potential, while increased cohesion

penetrometer for this purpose. Measurement of shearing resistance were made on thirteen samples and the results are shown in table IV. Each is based on 50 six-inch penetrations into weathered or partially weathered bedrock on a flat surface. Flat surfaces were used in an attempt to eliminate shearing-resistance generated through downslope movement.

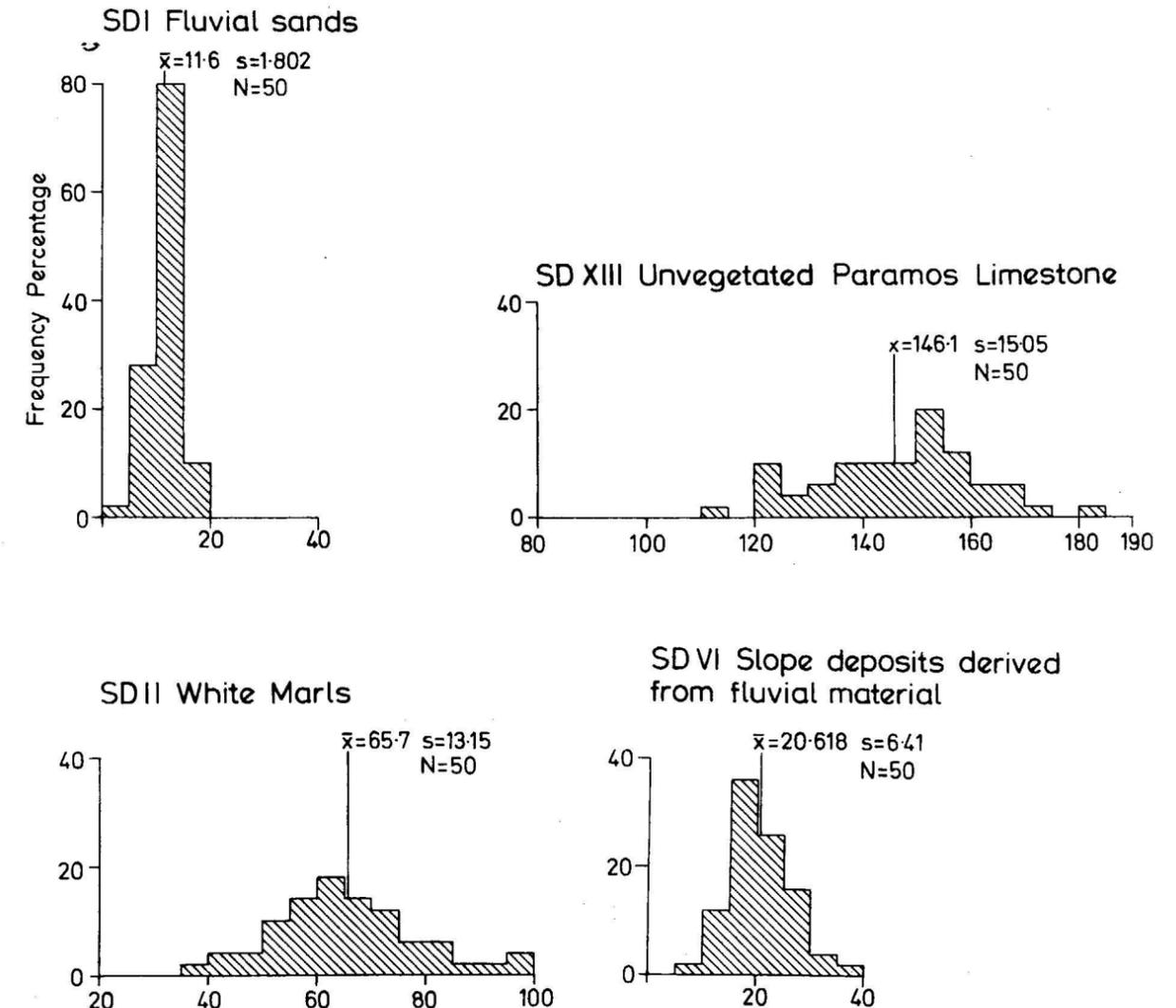


Figura 3
Histograms of ring compression.

on the other hand, should increase the soils overall shearing resistance.

In an attempt to examine these effects, the undrained shear strength as defined by the Vicksburg penetrometer, has been obtained. Strahler and Koons (1960) and Chorley (1959) also used the

Fig. 3 shows the histograms of several samples, indicating the magnitude of scatter.

The smallest variations in ring compression were obtained for fluvial sands, which have an extremely low strength, the largest for limestones. Clearly some of the variation is attributable to slight va-

riations in moisture content as is shown in limestone where a positive linear relation exists with moisture content. The two authors mentioned above found that in soils with a moisture content greater than 20%, as moisture content increases, shearing resistance decreases. The difference here is attributed to the fact that, at extremely low levels of moisture content, a slight increase augments the "crusting" effect hence increases shearing resistance.

The results also show extremely high resistances for the Paramos limestones and red marls regolith. In both, the presence of vegetation cover tends to lower penetrometer resistance, because the roots break down the compact structure of the weathered materials.

Using relative permeability as described earlier a modified relative erodibility index (cf. Chorley, 1959) has been obtained using the reciprocal of the product of undrained shearing resistance and relative permeability. The results are as follows for weathered debris on the various lithologies.

Wealden Sandstone	9.0
Paramos Limestone	31.0
Sandy slope deposits	55.0
Limestones	61.2
White Marls	99.0
Red Marls	148.0

marls is largely a result of the lithological characteristics of the weathered debris set.

SIZE AND SHAPE OF COARSE FRACTION

Size, shape and rounding of the coarse weathered products are also likely to affect the susceptibility of material to removal and the rate of removal. Van Burkalow (1945) and others, up to Allen (1969) show the effects of size, shape and slope angle with respect to surface stability, particularly for ϕ_i , the angle of initial yield. Furthermore the shape of the particle in motion affects the way in which energy is utilised, by sliding, rolling etc. Finally, the significance of the material as a potential lag deposit which will protect the surface is also of considerable importance. In lithologies such as the Tertiary conglomerates, the slope foot may be protected by up to half a metre of coarse debris.

Table V shows the shape characteristics for coarse weathered material and fig. 4 some typical distributions of flatness for the various lithologies. Flatness and roundness were determined by Cailleux's method-sphericity and form ratio by the methods of Sneed and Folk (1958) S.E. refers to the standard errors of the estimates of the means at the 95% level.

TABLE V
Shape characteristics of coarse materials

	FLATNESS		ROUNDNESS		Sphericity	Form Ratio
	Mean	Se	Mean	Se		
Paramos Limestone	206	20	71.12	5.3	0.67	+0.14
Massive Limestone	200	8.8	15.06	8.1	0.67	+0.10
Limestone Breccia	236	18.5	13.05	9.7	0.62	-0.04
Platy Limestone	338	102.0	32.88	91.4	0.59	0.0
Oligocene Breccia	210	16.6	55.1	29.0	0.67	-0.12
Wealden Conglomerate	195	16.4	94.66	46.6	0.67	+0.3
Eocene Conglomerate	191	17.0	141.81	14.0	0.69	+0.16
Upper Tertiary Conglomerate...	214	17.8	242.0	39.1	0.66	-0.10

This index reflects the relative susceptibility of the various weathered products to erosion by running water. They confirm the visual conclusion that soils are virtually ubiquitously removed on the Limestones (Mesozoic) and that removal there is transport limited, and that the intensive fluvial erosion, both gully and sheet which attacks the

Flatness does not change significantly from one lithology to another, as is shown by the large standard errors. Roundness shows almost equal variability but because the standard errors are lower relative to the mean, some significant differences appear. Thus, the weathered conglomerates differ quite significantly from the rest. The wide

range for Wealden conglomerates suggests that while some pebbles are extremely well rounded, others, probably shattered pebbles, have high angularity. In the sphericity, there is little to differentiate the different series and we conclude rather that the index is insensitive. Form ratio

(which is related to vegetation), the results do approximate quite closely to field observations of process, and a sharp distinction in this respect can be made between the conglomerates of Wealden and Tertiary age, and the remaining lithologies.

Although we might expect size of the coarse weathered debris to appreciably affect movement both in terms of the Gilbert power law and its control of surface roughness, there were no significant differences in the mean size of the coarse fraction between

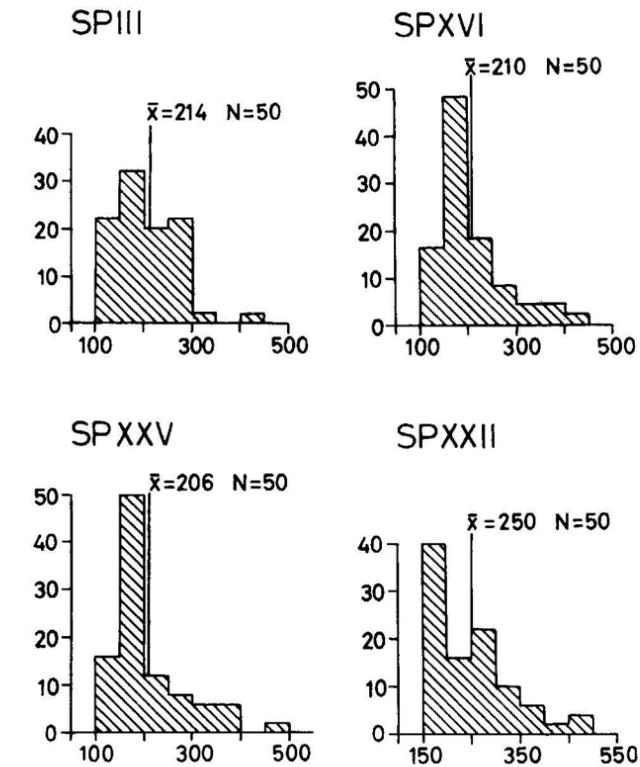


Figure 4
Flatness of various lithologies.

expresses the relative frequency of platy to elongate pebbles. The negative sign indicating a tendency to elongate pebbles, the positive to platy pebbles. Again using the shape characteristics of Sneed and Folk (1958), we have obtained an index of the susceptibility to movement gravity alone. This is obtained from

$$I_{mg} = \frac{\text{compactness} \times \text{rounding}}{\text{platiness}}$$

using the percentage in the two shape categories and the Cailleux index of rounding. The results are given in table VI. Although the capacity to roll is also a function of density and slope roughness

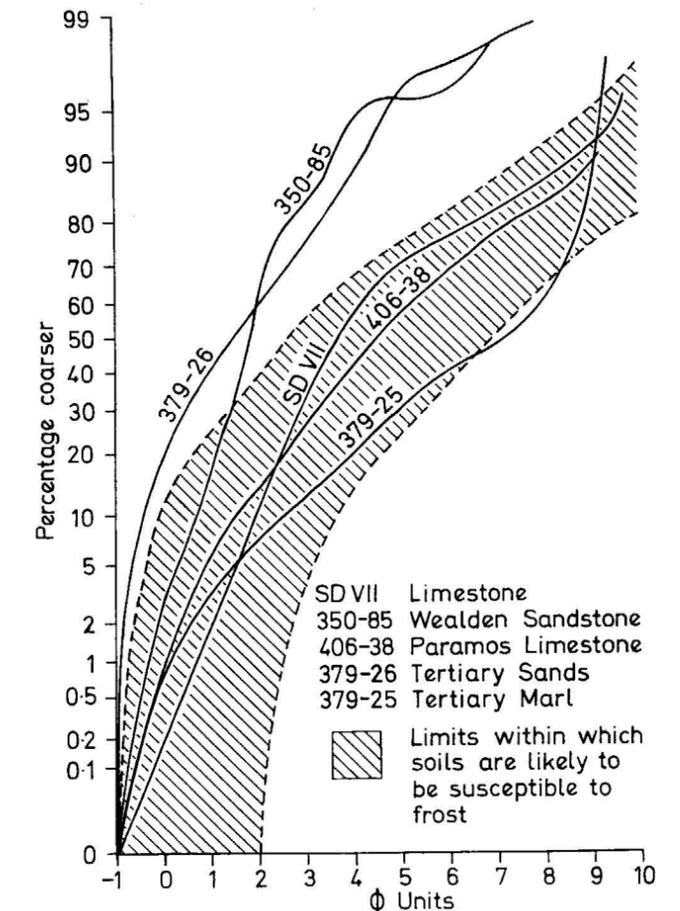


Figure 5
Frost susceptibility.

lithologies (i.e. differences within lithologies were greater than differences between).

Finally, it is of interest to comment on the frost-susceptibility of samples from the various weathered debris types. Beskow (Williams, 1957) found frost susceptibility of soils to be a function of grain size, water availability, rate of freezing, pressure and some minor factors. Fig. 5 shows the relation-

ship between frost susceptibility and grain size distribution of some weathered materials from the Sorian area. The shaded area is the zone in which soils will be susceptible. The sandy facies (Wealden and Tertiaries) are not susceptible, the other curves lie well within the limits.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The lithologies may basically be divided into three types in terms of their *present day* susceptibility to soil erosion.

1) The Mesozoic limestones and limestones breccias and the freshwater Paramos Limestones all have weathered debris products which have moderate susceptibility to fluvial erosion and relatively low tendencies to move under the action of free movement due to gravity. They fall within the zone of frost susceptibility. Processes are essentially weathering limited, on account of the slow rate of soil production relative to removal.

2) Although the Wealden sandstones have a low susceptibility to hillslope erosion by running water, like the coarse facies of the Tertiary beds (notably the Eocene conglomerates), they have a considerable potential for movement under gravity at relatively low slope angles. The slopes on this material have soils and, except where local gullies are developed, show little tendency to erosion, on the basis of their weathered products. They lie outside the range of frost susceptible soils.

3) The weathered debris products and, for that matter, the parent material of the Tertiary red and white marls show a very high susceptibility to fluvial erosion. In addition, the regolith materials are all frost-susceptible and while they have a low tendency to gravity movement, the coarse fraction would, by its generally platy character encourage movement under the growth of ground ice.

This paper has attempted to draw attention to the susceptibility of the regolith material to various types of erosion, all other things being equal. All other things are not equal, there are differences in relief, drainage density, population activity and many other factors which influence the location, nature and rate of soil erosion. It seems essential however to look first at the regolith characteristics, so that this can be incorporated in attempts to model soil erosion.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author acknowledges the help given during the execution of this research by Professor K. M. Clayton and Professor I. Asensio Amor. Miss Linda Slater assisted in the preparation of the manuscript.

BIBLIOGRAPHY

- ANDRE, J. E., and ANDERSON, H. W.: *Variations of soil erodibility with geology, geographic zone, elevation and vegetation type in northern California*. "J. Geographical Research", 66, 3351-3358 (1961).
- ARÁNZAZU, J. M.: *Apuntes para una descripción físico-geológico de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara*. "Bol. Com. Mapa Geológico de España", tomo IV (1887).
- ALLEN, J. R. L.: *Maximum slope angle attainable by surfaces underlain by bulked equal spheroids with variable dimension ordering* "Bull. Geol. Soc. America", 80, 1923-1930 (1969).
- BURMISTER, D. M.: *Soil Mechanics*. Vol. 1, Columbia University, New York, 155 pp. (1951).
- BUTZER, K. W.: *Environment and Archeology*. Methuen, London, 524 pp. (1964).
- CARSON, M. A., and KIRKBY, M. J.: *Hillslope Form and Process*, Cambridge (1972).
- CARSON, M. A., and PETLEY, D.: *The existence of threshold hillslopes in the denudation of the landscape*. "Trans. Institute British Geographers", 49, 71-95.
- CHORLEY, R. J.: *The Geomorphic significance of some Oxford soils*. "American Jo. of Science", 257, 305-515 (1959).
- GLADFELTER, B. G.: *Meseta and campina landforms in central Spain*. "Univ. Chicago Research Paper 130" (1971).
- HORTON, R. E.: *Erosional development of streams and their drainage*. "Bull. Geol. Soc. America", 56, 275-370 (1945).
- INMAN, D. L.: *Measures for describing the size distribution of sediments*. "Jc. Sedimentary Petrology", 22, 125-145 (1952).
- KRUMBEIN, W. C.: *Sediments and exponential curves*. "Jo. Geology", 45, 577-601.
- MELTON, M. A.: *Correlation structure of morphometric*

properties of drainage systems and their controlling agents. "Jo. Geol.", 66, 442-460 (1958).

PALACIOS, P.: *Descripción física, geológica y agrícola de la provincia de Soria*. "Memoria Mapa Geol. de España", Madrid (1890).

SAIS DE CARLOS, J.: *Cabreras del Pinar*. "Mapa Geol. de España", Memoria 270 H, Madrid (1956).

SCHUMM, S. A.: *The role of creep-and rainwash in the retreat or barmland slope*. "American Jo. Science", 254, 693-706 (1956).

SNEED, D. E., and FOLK, R. C.: *Pebbles in the Lower Colorado River, Texas*, "Jo. Geol.", 66 (2), 114-150 (1958).

STRAHLER, A. N.: *Statistical analysis in geomorphic research*. "J. Geol.", 62, 1-25 (1954).

STRAHLER, A. N., and KOONS, D.: *Objective and quantitative field methods of terrain analysis*. Columbia University. "Final Report of Project NR 387-021", ONR (1960).

THORNES, J. B.: *Erosion and Sedimentation in the Alto Duero, Spain*. "Unpublished Ph. D. thesis, London University (1967).

VAN BURKALOW, A.: *Angle of repose and angle of sliding friction*. "Bull. Geol. Soc. Americana", 56, 669-707 (1945).

WILLIAMS, P. J.: *Some investigations into solifluction features in Norway*. "Geog. Jo.", 113, 43-58 (1957).

Recibido: Junio 1973.

Relaciones de las peridotitas con las rocas encajantes en la Serranía de Ronda

Por C. CHAMON (*) y C. ESTEVEZ (*)

RESUMEN

En el presente artículo se estudian las relaciones de los vastos afloramientos ultrabásicos de la Serranía de Ronda con las rocas encajantes. Estas relaciones son muy discutidas en la bibliografía. Las peridotitas cortan claramente a los materiales de los complejos Alpujarrides y Nieves y desarrollan en ellos una aureola de metamorfismo de contacto, claramente reconocible en el campo.

Las paragénesis de contacto varían con la composición inicial de la roca afectada, pero todas ellas pertenecen a la facies de las corneanas piroxénicas.

Los materiales maláguides no se ven afectados por el metamorfismo por lo que se deduce que el Complejo Maláguide es postperidotita.

Del estudio de los contactos de las peridotitas con las rocas de caja se deduce que se trata de un cuerpo intrusivo, de emplazamiento vertical, hecho que se comprueba por los estudios gravimétricos citados en la bibliografía.

La edad de la intrusión es premaláguide y postalpujarride con lo que se sitúa en el ciclo alpino.

ABSTRACT

This paper study the relations of the big ultrabasics outcrops in the Serranía de Ronda, with the surrounding rocks. These relations are discussed in the bibliography. Peridotites are cutting the materials of the Alpujarride and Nieves complexes, developing a contact metamorphism aureole, clearly apparent in the field.

Contact minerals associations are classified as piroxenic hornfels facies.

Maláguides materials are not metamorphosed, and so, the Maláguides Complex is postperidotite. Studying the peridotite contacts with the surrounding rocks, can be deduced that it is an intrusive body, with vertical emplacement. This fact is verified with the gravity studies.

Intrusion's age is premaláguide and post-alpujarride. It can be situated in the Alpine Cycle.

INTRODUCCION.

En el Sur de España, provincia de Málaga, existen varios afloramientos importantes de rocas ultrabásicas. Este trabajo se ocupa del macizo situado al Sur de Ronda, entre los pueblos de Casares, Estepona, Ojen, Tolox, Pujerra y Jubrique. En conjunto, tienen forma oblonga, cuyo eje mayor se orienta con la dirección SO-NE de los relieves.

Las rocas ultrabásicas de Málaga han sido estudiadas desde antiguo. ORUETA en 1917 desarrolló

la tesis del origen magmático-intrusivo estando el macizo zonado concéntricamente. Las zonas interiores serán, según ORUETA, las más olivínicas. Se adhiere a la opinión de MACPHERSON sobre el metamorfismo de contacto de la roca de caja, asignándole una importancia mínima. En cuanto a la edad de la intrusión, ORUETA la estima como pretriásica, por encontrar minerales pesados en las areniscas del Triás. BLUMENTHAL (1936), sin embargo, sitúa la intrusión en el ciclo alpino.

El problema del metamorfismo de contacto vuelve a ser tratado posteriormente por BUNTFUSS y MOLLAT, quienes lo admiten ampliamente para las zonas

(*) Ldo. en Ciencias Geológicas. IBERGESA, Madrid.

del contacto con las peridotitas en los llamados por ellos neises cordieríticos. BUNTFUSS precisa que se debe aplicar para ellos el término corneana.

ROCAS ENCAJANTES.

Las peridotitas estudiadas están en contacto con rocas de diferentes unidades tectónicas.

a) ALPUJARRIDES.

Corneanas granitoides. Rocas de aspecto granítico, de color azulado en estado fresco. La estructura es masiva o con restos de foliación muy difusos en la masa granítica. La textura es inequigranular, a menudo porfídica, con fenocristales de feldespato y cuarzo.

Son frecuentes los restos de rocas metamórficas de tamaño variable, desde 1 cm a 30 cm de diámetro. Normalmente estas rocas se presentan muy alteradas en los afloramientos, con un aspecto granítico muy característico.

La observación microscópica revela la siguiente asociación mineral:

Minerales esenciales: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, cordierita y biotita.

Minerales accesorios: sillimanita, espinela, granate, turmalina, opacos, apatito y circón.

Como se observa, esta asociación puede corresponder a dos facies de metamorfismo térmico: facies de corneana piroxénica con exceso de sílice (metamorfismo de contacto) o facies de mayor temperatura del metamorfismo de tipo Abukuma. Sin embargo, esta última facies hay que descartarla, puesto que ni la asociación observada se ajusta exactamente a la teórica de Abukuma, ni los datos de campo coinciden con estas facies y sí con la de las corneanas piroxénicas. En efecto, hay evidencia estructural de un metamorfismo de contacto por las siguientes razones:

— Presencia de una gran masa de rocas ultrabásicas que debieron intruir a elevadas temperaturas.

— Las rocas en cuestión bordean a la peridotita según una estrecha aureola que se encuentra adosada directamente a ella.

— El contacto exterior de esta aureola no es mecánico y corta indiferente a diversas formaciones con metamorfismo muy distinto (esquistos y cuarcitas de metamorfismo regional bajo).

— Presencia dentro de las peridotitas de enclaves, a veces de varios centenares de metros de longitud, de rocas granitoides, que quedaron englobadas durante un emplazamiento semiplástico y, por tanto, muy caliente.

ESQUEMA GEOLOGICO DE SIERRA BERMEJA



	Peridotita
	Sedimentos postmantos
	Betico de Malaga
	Alpujarride
	Nevado - Filabride
	Unidad de las Nieves
	Subbetico

Todo indica que las corneanas granitoides se han generado por un metamorfismo térmico muy intenso, no de carácter regional (Abukuma), sino estrictamente local y ligado a una intrusión peridotítica, incluso a niveles bastante cercanos a la superficie topográfica (metamorfismo de contacto).

Neises con granate.

Esta denominación abarca a rocas de textura neísica acintada con bandas alternantes de minerales leucocráticos y melanocráticos, sin glándulas. Hacia el contacto con la peridotita se van cargando progresivamente de granate, cuyo tamaño máximo es de 1 cm aproximadamente. Se encuentran ligeramente deformados, por lo que sus secciones son elípticas. Contra ellas suele chocar la foliación del neis, dato que se interpreta como un crecimiento tardío.

Al microscopio se identifica la siguiente asociación mineral:

Minerales esenciales: Cuarzo, biotita, plagioclasa, feldespato potásico, sillimanita y granate.

Minerales accesorios: Apatito, distena, cordierita, circón, rutilo, turmalina y opacos.

Esta asociación corresponde a las facies de corneanas piroxénicas desarrolladas sobre arcillas pobres en K y relativamente ricas en Al.

b) SUBBÉTICAS (Nieves).

Mármoles.

En el contacto de la peridotita con la Unidad de las Nieves (Norte), la serie estratigráfica de calizas con fauna se convierte parcialmente en una aureola de mármol blanco masivo, en el que se borran todos los caracteres estratigráficos, sedimentológicos y estructurales de las series afectadas.

El microscopio revela normalmente sólo la presencia de carbonatos de textura granoblástica pero en algunos puntos se reconocen carbonatos, epidotas, anfíbol, piroxeno y cuarzo. A veces se observa también plagioclasa.

Se trata efectivamente de una aureola de metamorfismo de contacto, en facies equivalentes a la de la corneanas piroxénicas de los granitoides.

c) MALÁGUIDES.

Esquistos y filitas. El manto maláguide presenta un metamorfismo regional bajo en todos sus materiales (esquistos y filitas) pero no presenta ningún tipo de metamorfismo de contacto cerca de las rocas ultrabásicas.

GEOMETRIA DE LOS CONTACTOS.

Del estudio de los contactos del cuerpo ultrabásico, se deduce su carácter intrusivo a todas las escalas y se ve confirmado por los estudios gravimétricos.

A escala regional, en el borde Norte del contacto de la peridotita oscila entre intrusivo-normal (roca de caja sobre la peridotita) e intrusivo invertido (peridotita sobre roca de caja), pasando por posición vertical. En cualquier caso, el buzamiento del contacto en ambos sentidos no desciende de 65° pudiendo considerarse el contacto como alabeado subvertical.

El contacto E es el resultado de dos procesos diferentes. Uno, la intrusión, con tendencia a producir contactos de dirección aproximada Norte-Sur. Otro, un proceso de fallamiento posterior que produce contactos tectónicos de dirección Este-Oeste. El resultado es una línea de contacto quebrada.

En el Sur, el contacto visible es diferente de los descritos, puesto que su origen es distinto. En efecto, en esta zona las peridotitas están en contacto con los esquistos y filitas maláguides, que constituyen una unidad alóctona, suprayacente y posterior a la intrusión ultrabásica. Así, no se trata de un contacto intrusivo, sino cabalgante, el cual aparece a menudo fallado posteriormente. Esta unidad maláguide oculta el verdadero contacto intrusivo de la peridotita. De hecho, al Norte de Estepona, el maláguide no llega a ponerse en contacto con la peridotita existiendo entre ambos un Alpujárride cuyo contacto con las rocas básicas es intrusivo.

Dentro del macizo ultrabásico hay un extenso afloramiento de esquistos y corneanas granitoides, coincidente a grandes rasgos con la cuenca del río Guadaiza, en el que se ven dos tipos de contacto, el Oeste, fallado y con laminación de las corneanas; el Este, intrusivo, mucho más irregular y con mayor desarrollo de corneanas.

A la escala del afloramiento, las observaciones son difíciles a causa de la meteorización y tectonización de los bordes de la intrusión. En el borde Norte, al Sur del cerro Jardón, el contacto buza 40° hacia el NE. La foliación de los neises de caja es paralela al contacto y también a los planos de falsa estratificación de la peridotita.

En la carretera de San Pedro Alcántara a Ronda (kilómetro 20) existe una mina en la que puede verse claramente el contacto intrusivo, ya que la peridotita engloba a los mármoles de caja.



En el Cerro del Moro, la peridotita se apoya en falla inversa sobre los mármoles de contacto.

Dentro de las peridotitas son frecuentes los enclaves de corneanas granitoides (ya citados) a modo de burbujas dentro de la masa ultrabásica. La peridotita del contacto con ellas, no presenta nunca facies de borde, características en otros puntos. A menudo se ven subhorizontales los contactos superiores, e incluso peridotitas sobre las corneanas.

Al norte de Estepona existen cuñas de peridotita en el contacto mecánico del manto Alpujárride con el Maláguide. Son cuerpos lenticulares de 50 y 100 metros de potencia y 1 kilómetro de longitud, paralelos al contacto dicho. Se interpretan, bien como antiguas coladas fosilizadas por el Maláguide, bien como restos de afloramientos ultrabásicos laminados y arrastrados por el manto Maláguide.

Al Este de Istán, hay abundantes cuñas similares emplazadas en la falla bordeante de la Sierra Blanca. Aquí, se interpretan como sills.

CONCLUSIONES.

1) La masa de peridotitas forman un cuerpo intrusivo de paredes subverticales generalmente. El carácter intrusivo se observa a todas las escalas. Su concordancia relativa respecto de las grandes estructuras indican que el emplazamiento se produjo durante una época de plegamiento.

De los tipos de contacto de las paragénesis de las rocas encajantes se deduce que la intrusión se efectuó a gran temperatura y en estado semiplástico.

2) En torno a la masa aflorante de peridotitas se desarrolló una aureola de metamorfismo de contacto, en facies muy intensa que afectó localmente a las rocas con metamorfismo regional inicial, llegando en casos a la fusión de ellas (anatexia de contacto que generó las corneanas granitoides).

La anchura de la aureola no es constante, dependiendo de la posición del contacto y su relación con la topografía y también de laminaciones tectónicas posteriores.

3) La edad de la intrusión es alpina, puesto que ésta afecta al Alpujárride y se ve fosilizada por el Maláguide.

BIBLIOGRAFIA

- BONINI, W. E.; LOOMIS, T. P., and ROBERTSON, J. D.: Gravity evidence for intrusions from the mantle in Southern Spain. *Gen. Assembly. Internat. Union Geodesy and Geophysics Moscow. Princeton Univ. Geol. Eng. Ser.* 71, vol. XV (1971).
- BUNTFUSS, J.: Die Geologie der Küstenketten zwischen dem Rio verde und dem Campo de Gibraltar (Westliche Batische Kordollere süd-Spanien) *Geol. Ib.* Tom. 88 (1967).
- DURR, St. H.: Geologie der Serranía de Ronda und ihrer subwestliche ausläufer. *Geol. Romane*, Vol. IV (1967).
- LOOMIS, T. P.: Diapiric emplacement, Ronda Ultramafic Intrusion. *B. S. G., América* (1972).
- MAUTHE, F.: La geología de la Serranía de Ronda *Bol. IGME*. Vol. 26-4 (1971).
- ORUETA, D.: Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda. *Mem. IGME* (1971).

Recibido: Febrero de 1974.

Ensayos de lixiviación a presión atmosférica del níquel contenido en las serpentinas de Ojén (Málaga)

Por J. M.^a FERNANDEZ BECERRIL (*) y R. ALVAREZ RODRIGUEZ (**)

RESUMEN

El interés actual del níquel, junto con las grandes reservas de serpentinas de la zona de Ojén (Málaga), que contienen un bajo porcentaje de níquel, han movido a realizar este estudio de lixiviación, a presión atmosférica, para conocer la posibilidad de extracción de dicho elemento en estas condiciones, objetivo que se logra plenamente aunque con unos consumos de reactivos que lo hacen prohibitivo en el caso de los procesos ensayados.

ABSTRACT

The actual interest in nickel, and the great amount of reserves in serpentine situated in the zone of Ojén (Málaga), which contents is low grade in nickel, has induced us to make this study of leaching, operating at atmospheric pressure, to know the possibility of extraction of this metal in thees conditions. Such purpose can be obtained, but whith a grate reagent consumption, what make this process antieconomic.

OBJETIVO DEL TRABAJO.

El objeto de este trabajo es estudiar la lixiviación del níquel contenido en las serpetinas de Ojén (Málaga) utilizando procesos a presión atmosférica.

El interés se ha centrado en procesos de lixiviación amoniacal y ácida del mineral tal como se encuentra, sin ningún tratamiento previo, salvo la necesaria molienda.

LA MUESTRA.

La muestra, con un peso de 600 kilogramos, procede de la zona de Ojén (Málaga) y consiste en trozos de serpentina. El análisis de una muestra media ha dado el resultado indicado en la tabla I.

(*) Doctor Ingeniero de Minas, Jefe del Departamento de Preparación de Minerales del Instituto Geológico y Minero de España.

(**) Doctor Ingeniero de Minas. Departamento de Preparación de Minerales del Instituto Geológico y Minero de España.

TABLA I

	%
SiO ₂	37,08
Al ₂ O ₃	2,95
MgO	37,26
CaO	indicios
Na ₂ O	1,42
K ₂ O	0,28
Fe ₂ O ₃	7,13
NiO	0,28
Cr ₂ O ₃	0,22
MnO	0,04
CoO	0,012
CuO	0,001
S	indicios
Pérdida por calcinación	14,07

El estudio petrográfico del mineral da los siguientes resultados:

TABLA II.

Paragénesis mineral	Componentes metálicos	Minerales principales	Cromita.
			Magnetita.
		Mineral secundario:	Hematites.
Componentes no metálicos	Mineral principal:	Ortopiroxeno (enstatita).	
		Mineral secundario:	Serpentina.
		Mineral accesorio:	Espinela (picotita).

La proporción de los componentes metálicos es sumamente reducida frente a los minerales transparentes. La cromita es idiomórfica e isótropa, la magnetita se presenta diseminada y está en proceso de martitización, que avanza por los bordes y crucero.

En los minerales no metálicos, el piroxeno se presenta en cristales hipidiomorfos y corresponde a un término magnesiano de la serie, aproximadamente 9 por 100 de Fe (SiO₃) y 91 por 100 Mg (SiO₃). Se observan secciones del mismo pasando a serpentina.

La serpentina se presenta como antigorita y crisotilo y es el mineral más abundante en las muestras.

Al no reconocerse minerales de níquel en las muestras estudiadas petrográficamente se efectúa un análisis por níquel de los diferentes minerales que componen la muestra, utilizando una microsonda electrónica, este análisis puso de manifiesto que el níquel se hallaba presente en todos los minerales, aunque predominaba en la serpentina y hematites siendo menor su proporción en la cromita y reduciéndose a una cuarta parte aproximadamente en la picotita y ortopiroxeno.

Esta repartición, casi uniforme, del níquel entre los diversos minerales constituyentes de la roca hace imposible la concentración del níquel por procedimientos físicos. Así los ensayos de separación magnética, a distintas intensidades de campo, producen distintas fracciones con contenidos en níquel prácticamente iguales.

Los ensayos de separación magnética en una separadora de laboratorio CARPCO de alta intensidad en húmedo, sobre una muestra molida a 50 por 100 menor de 37 micras, ha dado los resultados indicados en la tabla III.

TABLA III

Fracción	Peso %	LEYES	
		% Ni	% Fe
Muy magnética	13,6	0,22	19,95
Débilmente magnética	23,0	0,23	5,38
No magnética	63,4	0,23	3,24

ENSAYOS DE LIXIVIACION.

Los ensayos de lixiviación se han proyectado para realizarse a presión atmosférica sobre el mineral en su estado natural, sin tratamiento previo alguno, salvo la necesaria molienda.

Los medios lixiviantes estudiados son:

- medio amoniacal;
- medio amoniaco-carbonato amónico;
- medio sulfúrico;
- medio clorhídrico.

De los ensayos realizados se deduce que en los medios alcalinos ensayados no se produce ninguna lixiviación del níquel, ni en frío ni en caliente, con aireación ni sin ella, ni a diversas concentraciones de los agentes lixiviantes, con tiempos de ensayo de hasta cinco horas, por lo que los medios amoniacal y amoniaco-carbonato amónico fueron abandonados.

En medio ácido se produce una efectiva lixiviación del níquel, siendo parecidos los comportamientos del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico en frío, por lo que el estudio se continuó con el ácido sulfúrico, más barato. Con este ácido se han ensa-

yado los efectos de la concentración en ácido, temperatura de lixiviación e influencia de la granulometría.

La lixiviación es muy lenta en frío, donde se alcanzan recuperaciones de níquel muy bajas, pero aumenta rápidamente la velocidad de lixiviación en caliente, que permite en tiempos relativamente cortos obtener muy altas recuperaciones en níquel. Junto con el níquel se lixivía prácticamente de una manera total la pequeñísima cantidad de cobalto existente y gran cantidad del hierro y magnesio.

En líneas generales, en las soluciones obtenidas, por cada p. p. m. de níquel, hay 10 de hierro y 100 de magnesio.

Debido a esta disolución de los elementos acompañantes del níquel, el consumo de ácido es muy elevado y hace que al progresar la lixiviación baje rápidamente la concentración ácida de la solución lixivante.

Los ensayos se han realizado mediante lixivaciones discontinuas en las que se empleaban 3,5 litros de solución lixivante por kilogramo de mineral atacado, utilizando un reactor de vidrio con agitador, refrigerante de reflujo, sistema de aireación y equipo termostático.

La granulometría de la muestra base, sobre la que se han realizado los ensayos es la dada en la tabla IV.

TABLA IV

Tamaño mm.	Rechazo %	Rechazo acumulado %
+ 0,25	—	—
+ 0,125	7,80	7,80
+ 0,062	27,60	35,40
+ 0,037	14,30	49,70
— 0,037	50,30	100,00

El análisis granulométrico de la muestra gruesa utilizada en el estudio de la influencia de la granulometría, da el resultado indicado en la tabla V.

TABLA V

Tamaño mm.	Rechazo %	Rechazo acumulado %
+ 1,0	21,60	21,60
+ 0,50	29,20	50,80
+ 0,25	18,00	68,80
+ 0,125	12,10	80,90
+ 0,062	9,00	89,90
+ 0,037	3,30	93,20
— 0,037	6,80	100,00

La influencia de los distintos factores enumerados anteriormente, sobre la recuperación de níquel obtenida se considera seguidamente en detalle:

a) *Influencia del reactivo lixivante.*

Se han realizado ensayos con ácido clorhídrico y sulfúrico en concentración 2N, a 21° C sobre el mineral de molienda fina (tabla IV). Los resultados están dados en la tabla VI.

TABLA VI

Tiempo minutos	Recuperación del Ni en %	
	HCl, 2 normal	H ₂ SO ₄ 2 normal (10 % en peso)
10	4,8	5,6
30	6,7	7,5
60	9,7	9,6
90	10,5	11,9
120	11,4	13,1
180	14,0	16,3
300	17,1	19,4
1.400	35,4	36,3

En ambos ensayos la relación de la concentración de Fe a Ni es aproximadamente de 10 y la recuperación del níquel prácticamente igual con los dos ácidos ensayados.

b) *Influencia de la concentración de ácido.*

En la gráfica número 1 están recogidos los resultados obtenidos en lixivaciones realizadas a 21° C y con concentraciones de ácido sulfúrico del 10, 25 y 50 por 100 en peso.

Las curvas muestran la notable influencia que ejerce la concentración del ácido sobre la velocidad de lixiviación.

c) *Influencia de la temperatura.*

En la gráfica número 2 están recogidos los resultados obtenidos en lixivaciones realizadas con ácido sulfúrico a una concentración del 25 por 100 en peso, que parece la más conveniente dados los consumos de ácido que se producen, y a temperaturas de 21, 60 y 100° C.

En las curvas se puede apreciar la gran influencia de la temperatura de lixiviación.

d) *Influencia de la granulometría.*

En la gráfica número 3 están recogidos los resultados obtenidos en las lixivaciones realizadas sobre mineral grueso (—2 mm), cuya granulometría está indicada en la tabla V, a temperaturas de 21 y 100° C (ácido sulfúrico al 25 por 100 en peso).

Comparando estas curvas con las de la gráfica número 2 puede apreciarse la relativamente pequeña influencia de la granulometría.

c) *Consumo de ácido.*

En la gráfica número 4 se han recogido los consumos de ácido en el caso de las lixivaciones realizadas con ácido sulfúrico al 25 por 100 en peso y a temperaturas de 21, 60 y 160 °C sobre la muestra de molienda fina.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

Los ensayos anteriores ponen de manifiesto lo siguiente:

- gran influencia de la temperatura de lixiviación;
- influencia notable de la concentración de ácido;

— poca influencia relativa, de la granulometría del material, sobre todo en lixivaciones a alta temperatura.

El ensayo que mejores resultados ha dado, ha sido el realizado a 100° C con ácido sulfúrico al 25 por 100 en peso, un cuadro de resultados más completo para este ensayo es dado en la tabla VII.

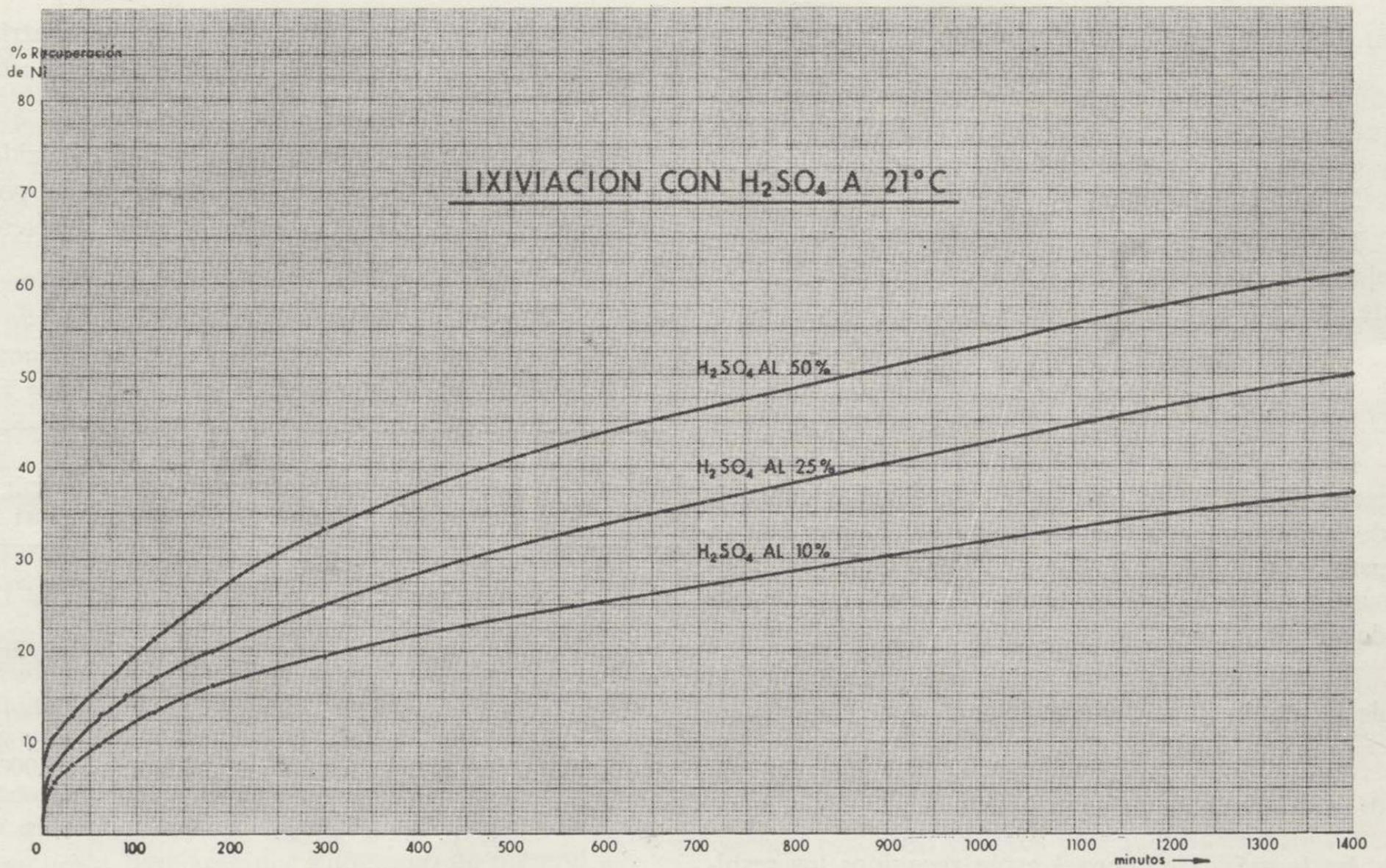
TABLA VII

Tiempo minutos	Análisis del líquido en p. p. m.			
	Ni	Co	Fe	Mg
15	506	—	7,640	—
30	558	24	8.025	39.000
60	568	—	8.080	—
90	571	25	8.100	46.000
120	576	—	8.190	—
180	577	26	8.390	50.000
300	585	—	8.050	—
1.400	624	26	3.860	52.000

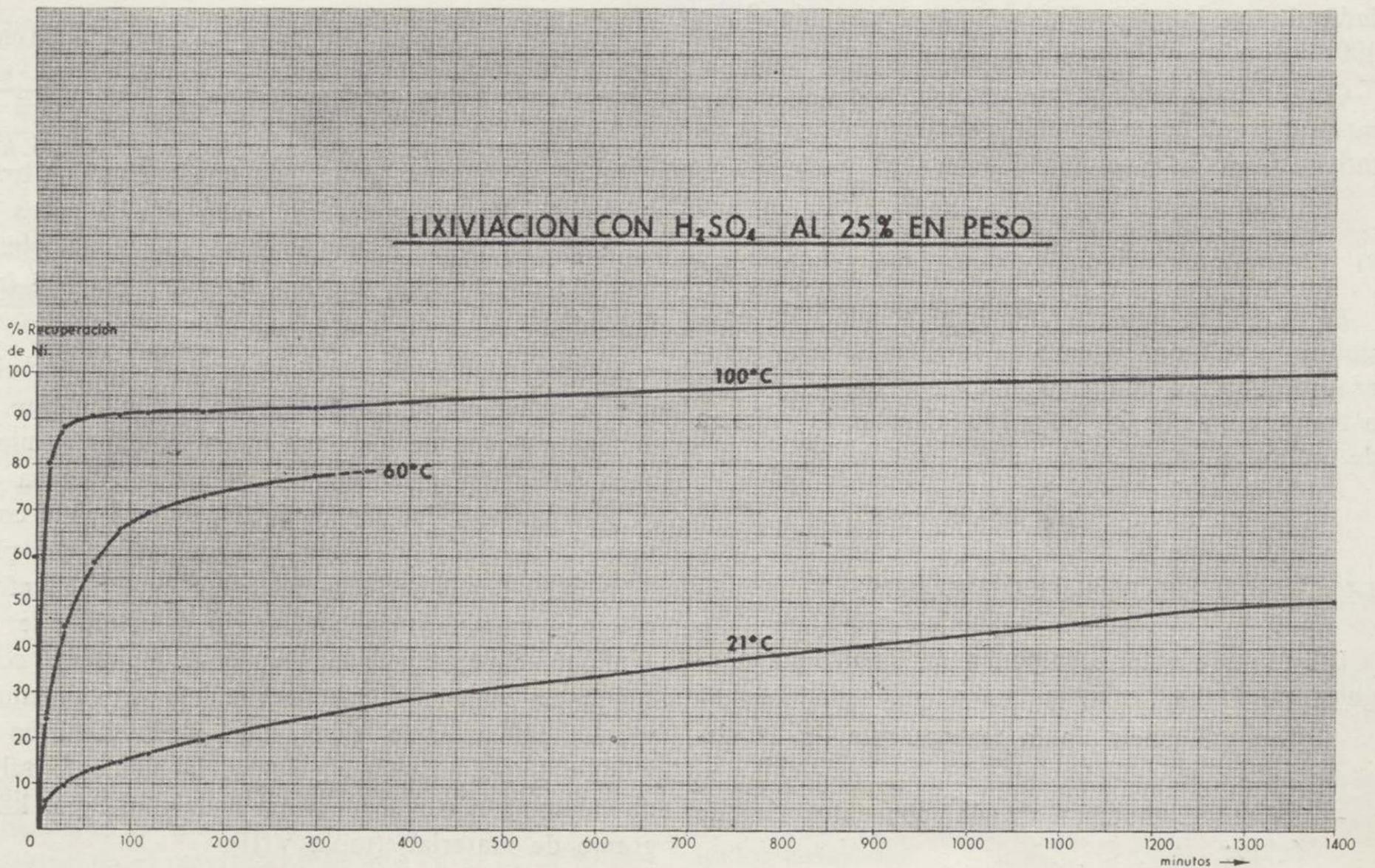
En él se observa cómo, de una manera aproximada, el contenido en hierro es de 10 veces el de níquel, y el de magnesio unas 100 veces, punto también comprobado en los otros ensayos en frío y caliente.

El agotamiento del ácido es muy rápido, por ello la velocidad de la lixiviación baja rápidamente, e incluso a partir de los trescientos minutos comienza a descender el contenido en hierro a causa de la precipitación del mismo debido al casi total consumo del ácido, que hace subir el valor del pH. Esto resulta más acusado cuando el ensayo se efectúa con una cantidad de ácido inferior, que se agota rápidamente, ya que entonces incluso el contenido en níquel de la solución lixivante disminuye, así, por ejemplo, empleando ácido sulfúrico al 10 por 100 a 100° C se obtiene la siguiente tabla de valores (3,5 litros de solución lixivante por kilogramo de material) (tabla VIII).

GRÁFICA 1

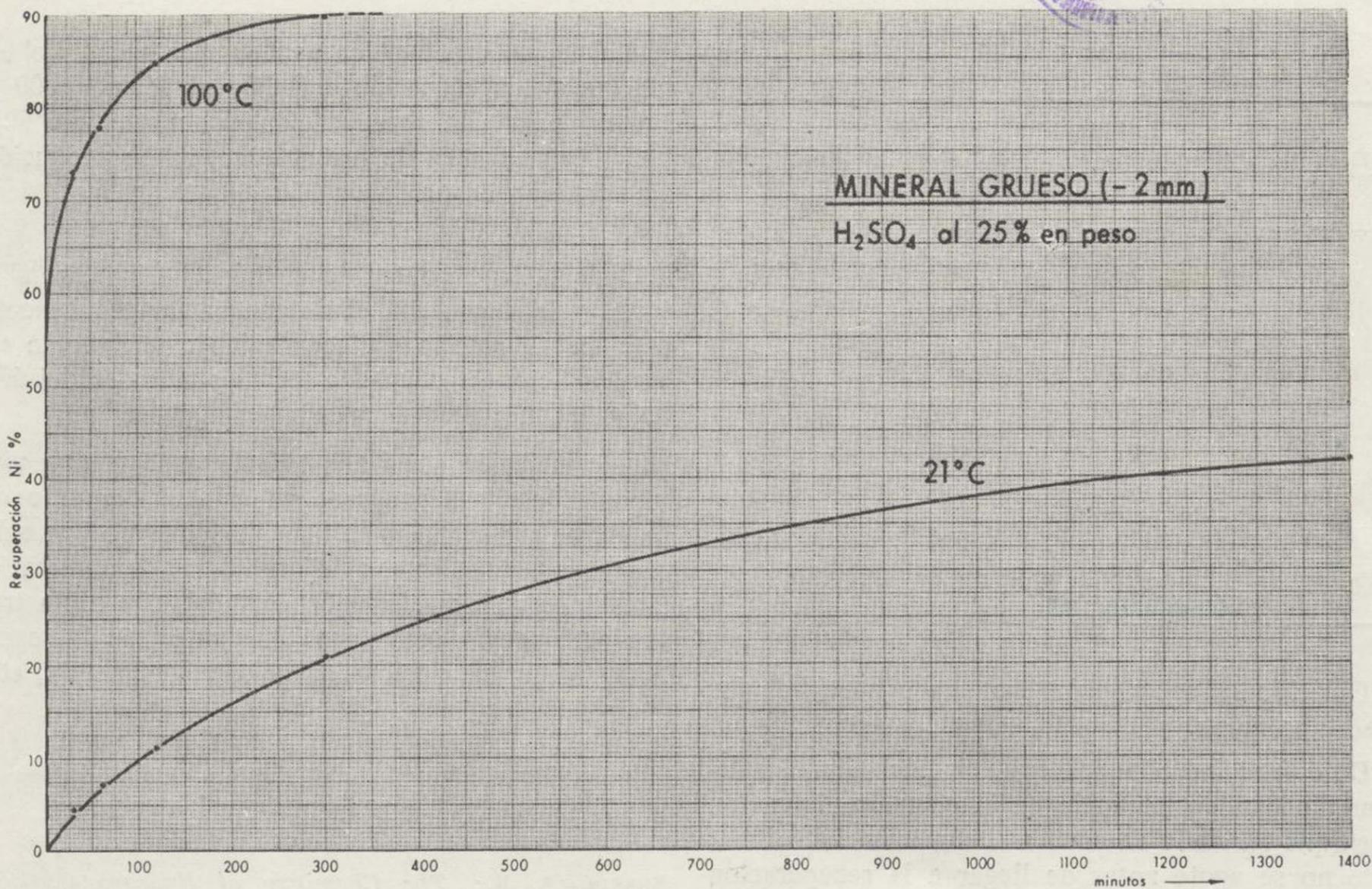


GRÁFICA 2





GRÁFICA 3



GRÁFICA 4

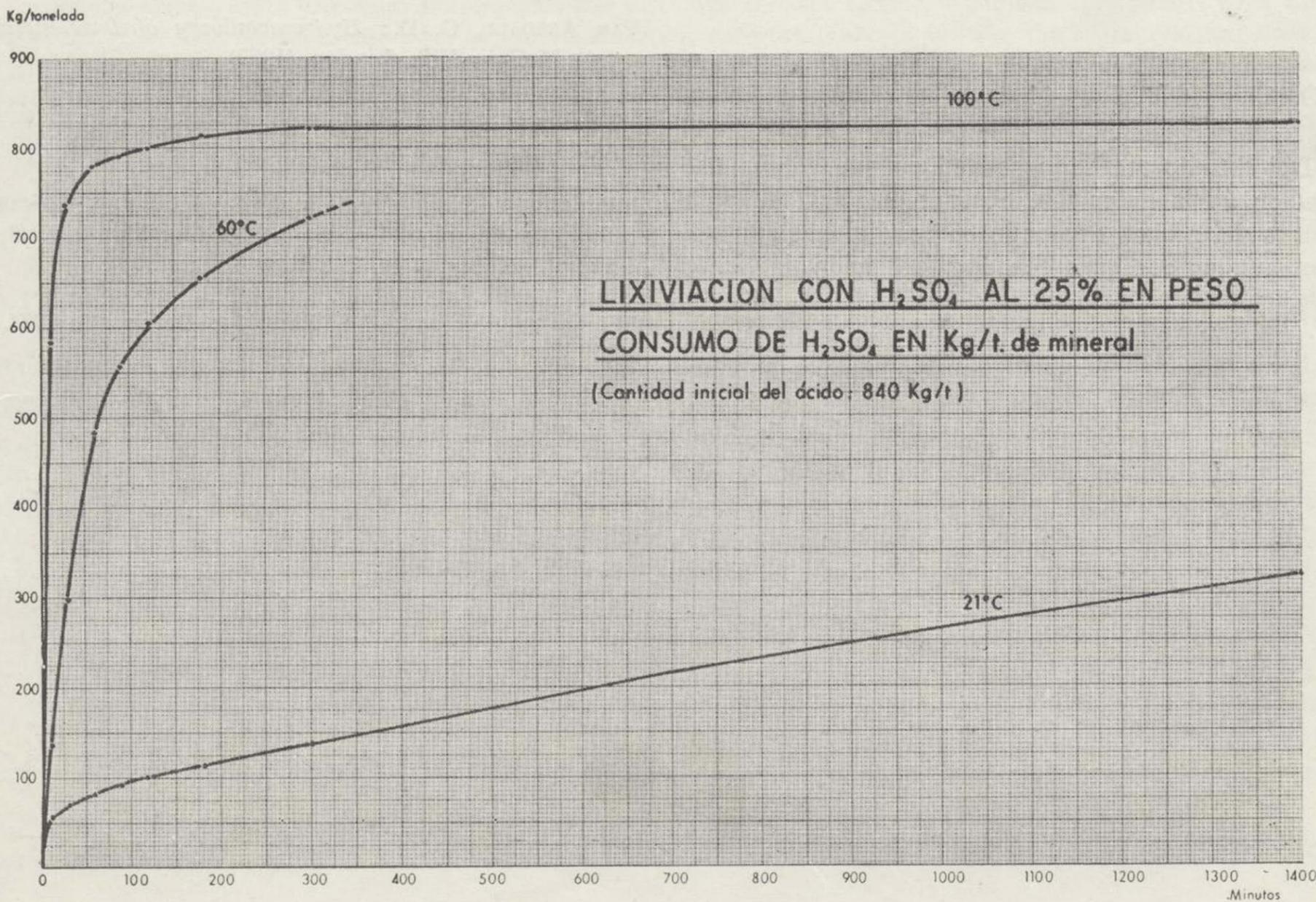


TABLA VIII

Tiempo minutos	Análisis del líquido Lixivante (p. p. m.)		Recuperación del Ni (%)
	Ni	Fe	
10	250	2.960	39,7
30	261	2.740	41,4
60	270	2.460	42,8
90	275	1.980	43,6
120	281	1.460	44,6
180	290	920	46,0
300	245	680	38,9
1.400	170	460	27,0

El ácido se agota prácticamente a partir de los treinta minutos.

De estos resultados se deduce la necesidad de disponer de suficiente ácido en la solución lixivante, para que teniendo en cuenta el consumo del mismo, éste no se agote antes de llegar a la recuperación deseada.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado se deduce que con la lixiviación ácida es posible obtener grandes recuperaciones del níquel, operando en condiciones apropiadas, aunque con gran consumo del ácido lixivante.

Así, en el caso del ensayo en que se han obtenido mejores resultados (H_2SO_4 al 25 por 100 y $100^\circ C$) para una recuperación del níquel del 90,2 por 100 (una hora de tratamiento) se ha producido un consumo de ácido de 780 kilogramos por tonelada tratada.

Dado el bajo contenido en níquel del material a tratar y la imposibilidad de concentrar previamente este metal, resulta antieconómico este proceso en las condiciones ensayadas (precios actuales del ácido y del níquel).

La conclusión anterior no descarta la posible viabilidad de otros procesos en que el consumo de reactivos sea menos significativo y que no han sido ensayados, tales como la lixiviación amoniacal a altas temperaturas (presión elevada) con o sin tratamiento previo del mineral, los procesos de segregación seguidos de lixiviación o concentración, etc.

BIBLIOGRAFIA

- BURKIN, A. R.: *The Chemistry of Hydrometallurgical Processes*. Ed. E. & F. N. Spon Ltd. London, (1966).
- VAN ARSDALE, G. D.: *Hydrometallurgy of Base Metals*. Ed. McGraw-Hill. London (1953).
- BOLDT, J. R.: *The Winning of Nickel*. Ed. Methuen & Co. London (1967).
- International Symposium on Hydrometallurgy*, Chicago. Ed. The American Institute of Mining, Metallurgical & Petroleum Engineers, Inc. New York (1973).

Recibido: Octubre de 1974.

Metodología y resultados del estudio hidrogeológico del macizo kárstico de Garraf, Barcelona

Por E. CUSTODIO GIMENA (*)

RESUMEN

El macizo de Garraf es una potente formación calcárea próxima a Barcelona con notables desarrollos kársticos superficiales, numerosas simas y descarga a través de manantiales submarinos de carácter muy irregular. Se establece la base probable de la red kárstica superior y las características hidrogeológicas de la zona con base a estudios con perforaciones y ensayos de permeabilidad y de pozo único utilizando I-131. Se determina el drenaje en profundidad y los parámetros hidráulicos que rigen la circulación del agua subterránea con base a los trabajos realizados hasta el momento. Las calizas triásicas son más permeables y más homogéneas que las calizas y dolomías cretácicas y jurásicas, a pesar de que éstas muestran un mayor desarrollo kárstico.

ABSTRACT

The Garraf massif is a very thick limestone formation just south of Barcelona, showing conspicuous surface karstic phenomena, many sink-holes and ground water discharge through submarine springs, characterized by a high irregular flow. The probable base level of the upper karstic net-work is shown and also the hydrogeological characteristics of the area as derived from the studies with bore-holes and permeability tests and single bore-hole techniques using I-131 as tracer. The deep drainage pattern and the groundwater hydraulic parameters are determined, based on the works done till the present. Triassic limestones are more pervious and more homogeneously permeable than cretaceous and jurassic limestones and dolomites, in despite of the more developed karstification of the last ones.

1. INTRODUCCION.

El macizo de Garraf es una vasta área montañosa (fig. 1) que queda aprisionada geográficamente entre el Bajo Llobregat (junto a Barcelona), la depresión del Penedés y el Mar Mediterráneo, formando una especie de gran isla casi deshabitada, desconocida y agreste que se extiende como prolongación occidental de la Cordillera Litoral Catalana a lo

largo de unos 30 kilómetros de costa y con una penetración hacia el interior que no rebasa los 15 kilómetros, extendiéndose sobre una superficie del orden de 200 km². Las vías de comunicación importantes se limitan a rodear el Macizo de Garraf, dejando entre ellas amplias zonas inaccesibles, o a lo más pobremente servidas por a veces difíciles carreteras secundarias. Los barceloneses frecuentemente sólo conocen los pintorescos paisajes costeros, las excelentes playas de Sitges, Vilanova, Cubelles y Cunit y el penoso puerto del Ordal en la carretera de Barcelona a Tarragona por Vilafranca del Penedés; apenas se hacen idea de los paisajes interiores, difíciles, duros, casi sin vegetación arbórea en el triángulo Begues-Garraf-Vallcarca, y con bosque de pinos en el resto.

En sentido restringido, el Macizo de Garraf que

(*) Dr. Ingeniero Industrial.

— Profesor de la Universidad Politécnica de Barcelona (departamento de Técnicas Energéticas, encargado de la Cátedra de Tecnología Nuclear).

— Profesor del Curso Internacional de Hidrología Subterránea.

— Ingeniero Colaborador de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental.

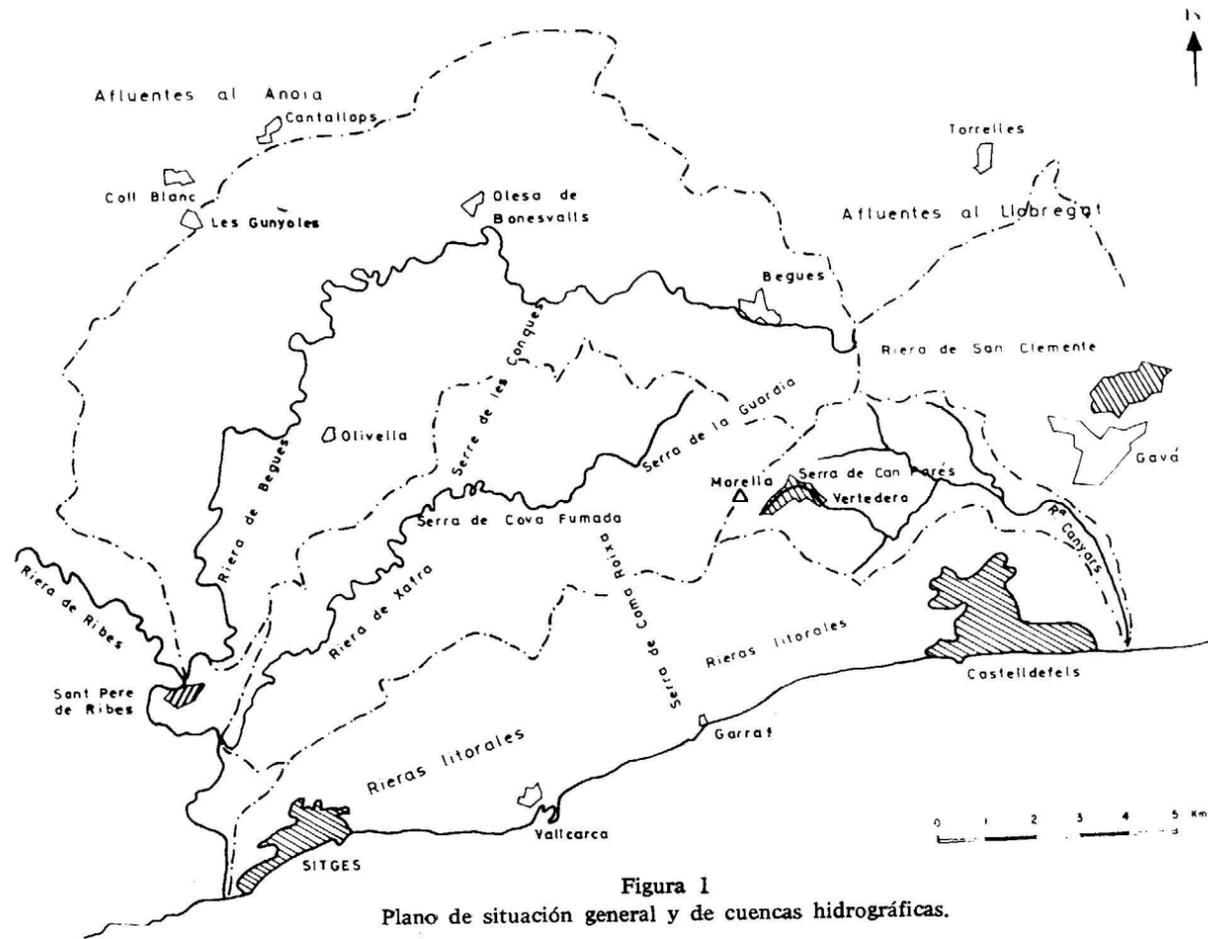


Figura 1
Plano de situación general y de cuencas hidrográficas.

se tomará en consideración es su porción NE (figura 2) sobre unos 80 km², la parte más desértica agreste y accidentada, dominando los materiales calizos y dolomíticos, sustento de una morfología kárstica que más adelante será comentada. Aunque las alturas máximas alcanzadas son pequeñas en valor absoluto, del orden de 600 metros, su proximidad al mar hace que sean importantes y den origen a profundos acantilados y encajados barrancos que buscan su salida despenándose hacia la costa.

En realidad se trata de una antigua superficie de erosión arrasada, cortada radialmente por jóvenes barrancos que en muchos lugares aún no han llegado a destruir la planicie inicial. La geología regional (fig. 3) muestra la aparición de materiales paleozoicos, principalmente pizarras, en el borde oriental, cerca del río Llobregat, fuera de la zona restringida en consideración, sobre los que van apareciendo los materiales triásicos en facies germá-

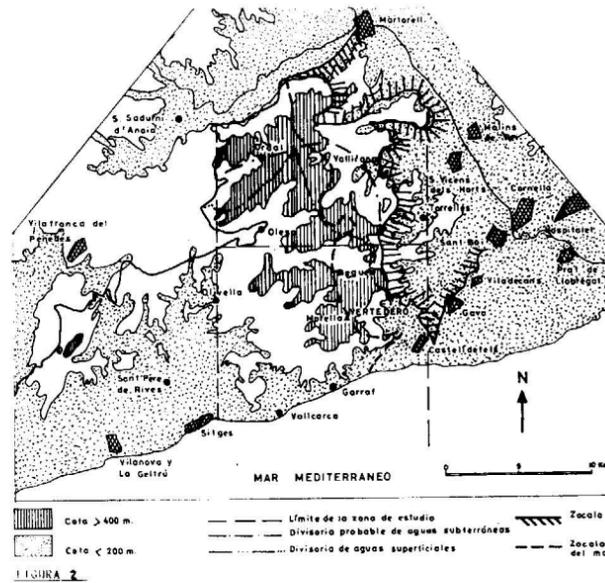


Figura 2
Areas para el balance regional del sector oriental de Gar

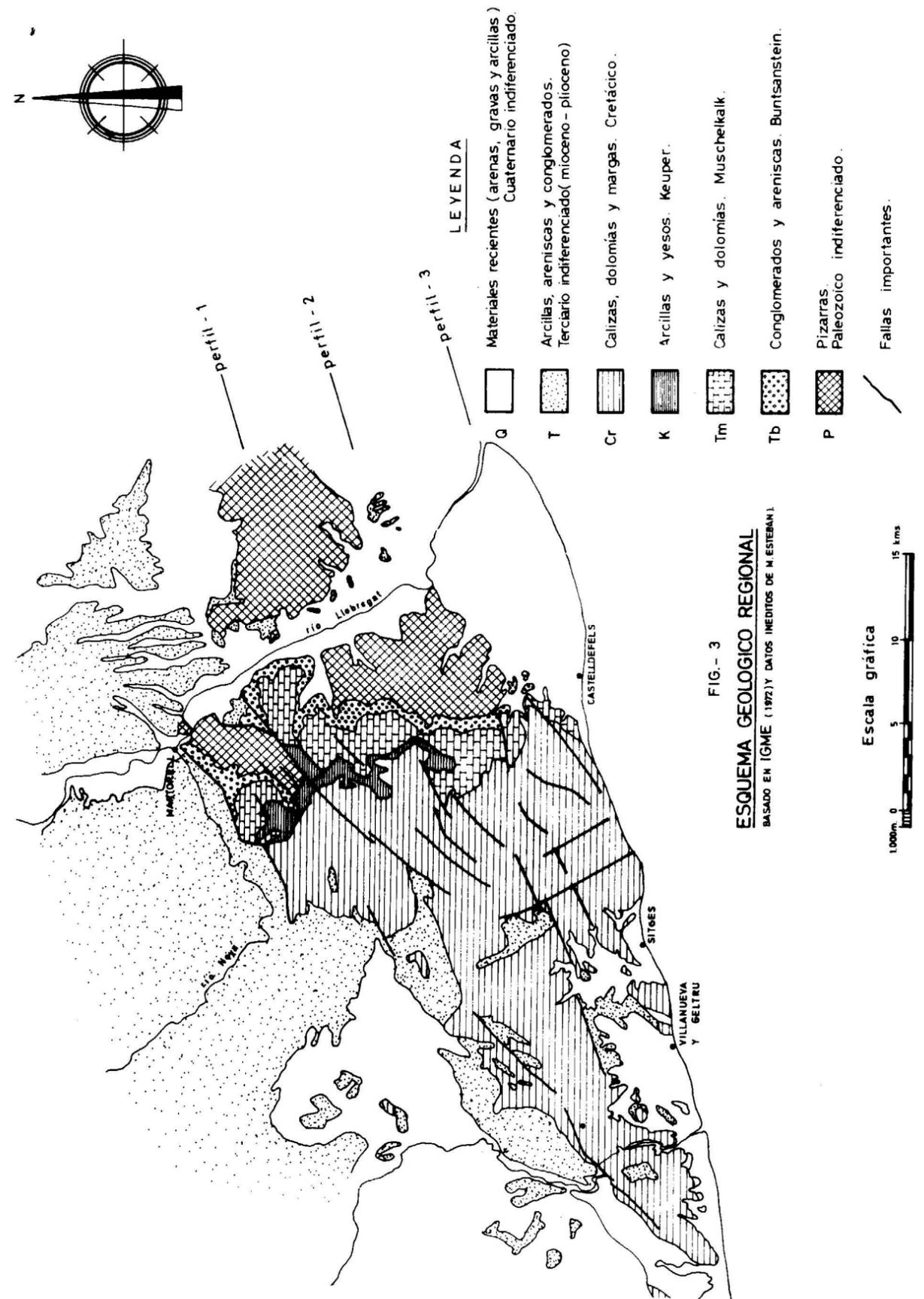


FIG. - 3
ESQUEMA GEOLOGICO REGIONAL
BASADO EN IGME (1972) Y DATOS MEDIDOS DE M. ESTEBAN.

Escala gráfica
0 5 10 15 kms

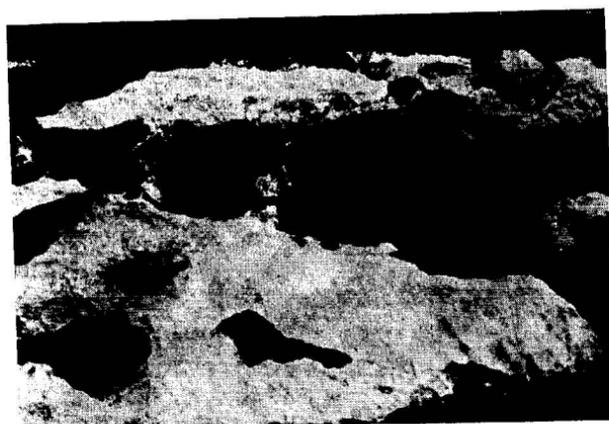


Figura 4
Vista del detalle del lapiaz del área de La Pleta-Campgras.

nica, el jurásico y el cretácico, dando un conjunto que regionalmente buza unos 20 a 30° C hacia el WSW, con un grado de fragmentación y dislocación muy elevado. Los materiales carbonatados, calizas y dolomías, en espesores de varios centenares de metros, dominan en la mayoría del macizo, descontando pequeñas llanuras marginales, en general de origen tectónico y rellenas de materiales detríticos del mioceno.

El aspecto del macizo de Garraf visto desde el delta del Llobregat es el de una mole montañosa de gran extensión y pelada, que cierra el borde SW, sobre el que lanza angostos barrancos, como el de Vall d'en Joan, en materiales triásicos, cuya cabecera central, llamada Fondo de Les Terradelles, se encaja en materiales jurásicos y cretácicos.

El aspecto de los barrancos que caen sobre el mar es duro, casi sin vegetación, mostrando los estratos calcáreos con facilidad, dejando aparecer cantiles cuando se trata de niveles masivos. Desde las zonas altas el relieve contrasta vivamente con la planicie marginal del delta del río Llobregat, en el área de Castelldefels. Los barrancos se encajan rápidamente a partir de la altiplanicie, la cual está escalonada entre las cotas 350 y 600 metros, a causa de una intensa dislocación tectónica posterior a su formación.

Por su interior sólo se han abierto camino dos barrancos, el de Xafra y el de Begues, los cuales se dirigen hacia la depresión tectónica litoral de Ribes, para desaguar por Sitges. El paisaje empieza a dulcificarse ligeramente y aparece el bosque de

pinos, con la aparición de un suelo pobre sobre calizas margosas, bosque que se intensifica hacia el interior y hacia el oeste.

2. DESARROLLO KARSTICO

Sobre todo el macizo de Garraf se ha desarrollado una típica morfología kárstica, pero en el área reducida en consideración, y en especial en la línea Begues-Garraf, es donde alcanza un desarrollo espectacular, con poco transitables lapiaces (figura 4), llamados "rasclers en" la toponimia local, solo parcialmente disimulados por una pobre vegetación que se aferra a la arcilla que se acumula en los espacios entre las aristas (fig. 5). Las dolinas son abundantes, con su fondo plano por colmatación

Figura 5

Relleno por arcilla y suelo del lapiaz de Garraf. Área de La Plana Novella.

de arcilla roja (fig. 6) y en los alrededores de Begues existe una gran depresión con relleno arcilloso que el profesor LLOPIS (1941) identificó como un polje. Existen frecuentes pequeños valles que mueren en una dolina y el número de simas, llamadas "avenc" en la toponimia local, es realmente impresionante. Los diferentes centros excursionistas, juntamente con los profesores LLOPIS y MONTORIOL, entre otros, han localizado más de 150, alguna de ellas de pocos metros de profundidad, pero hay varias de ellas visitables que rebasan los 50 metros y aún algunas que llegan a los 100 metros, siendo la más profunda la llamada Avenc de l'Esquerrá, que alcanza los 205 metros de penetración vertical (Editorial Alpina, 1970). En general se desarrollan sobre los restos de la antigua altiplanicie, pero



Figura 6

Vista parcial de la dolina rellena de material arcilloso de Camp-Gras y del lapiaz periférico.

también hay alguna que se ubica sobre los flancos o sobre el fondo de los barrancos. En contraste, las cuevas son escasas y poco importantes, no llegando a la treintena las conocidas, con unos pocos metros de recorrido en general, siendo la más larga de 60 metros naturales, correspondiendo precisamente a la surgencia submarina más importante, conocida por La Falconera, la cual será comentada más adelante. Más de la mitad de estas simas y cuevas se localizan en un área muy restringida, unos 5 km², en los alrededores del Pic de la Morella, entre las poblaciones de Begues y Garraf, zona que resulta un verdadero colador, testimonio de épocas pretéritas de gran actividad de disolución, actualmente sustituida por una fase de relleno químico y clásico.

El karst se ha desarrollado preferentemente sobre calizas cretácicas, aunque también existe sobre los niveles jurásicos y triásicos.

3. HIDROMETEOROLOGIA.

Contrariamente a lo que la aridez de algunas paisajes hace pensar, la pluviometría es relativamente elevada, con un valor medio de 600 mm/año, oscilando entre 350 y 1.000 metros y variando localmente entre valores medios de 530 mm en el oeste a 700 mm al este. Son frecuentes tormentas de cierta intensidad, rebasándose casi cada otoño la intensidad de 25 mm en veinticuatro horas, y los 90 mm en veinticuatro horas en la mitad de los años.

A pesar de esa pluviometría relativamente elevada, no existen cursos de agua permanentes, y los barrancos sólo llevan algo de agua durante e inmediatamente después de tormentas intensas. Ello es una consecuencia de la elevada permeabilidad superficial del terreno, la cual asimismo condiciona la pobreza de la red de drenaje en muchas zonas.

4. DATOS DE BASE, INVENTARIO Y SURGENCIAS SUBMARINAS.

Recientemente se ha concluido un estudio realizado por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, por encargo del Ayuntamiento de Barcelona, acerca de la hidrología subterránea del macizo de Garraf (Custodio y Galofré, 1973), cuya metodología y resultados en grandes líneas, se va a exponer sucintamente a continuación. Los objetivos del estudio eran los de identificar los recursos de agua subterránea explotables, y las direcciones de flujo con vista al análisis del movimiento de contaminantes.

Los datos de base disponibles, a pesar de ser un área muy próxima a Barcelona y con un fuerte déficit hídrico, eran realmente escasos y dispersos, siendo los más importantes los contenidos en el Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental, realizado por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y el Servicio Geológico de Obras Públicas (MOP, 1971), del que además se conservan algunos sondeos piezométricos y en-



Figura 4

Vista del detalle del lapiaz del área
de La Pleta-Campgras.



Figura 5

Relleno por arcilla y suelo del lapiaz de Garraf.
Area de La Plana Novella.



Figura 6

Vista parcial de la dolina rellena de material arcilloso de Camp-Gras y del lapiaz periférico.

sayos, con todos los datos de campo, de forma que es posible una reinterpretación en caso necesario. Asimismo se recopiló la interesante información contenida en los trabajos de diversos estudios de la región, entre los que cabe citar los de LLOPIS, MONTORIOL y ASTIER, en las publicaciones y archivos de los Centros Excursionistas, y también en diversos informes hidrogeológicos y geofísicos privados recientemente realizados (ver referencias bibliográficas).

Una de las primeras tareas fue la de inventariar las captaciones y surgencias de agua subterránea

de agua. Los pozos existentes se sitúan en su mayoría muy próximos al litoral y zonas marginales, por lo que la información obtenida debía ser complementada con sondeos de reconocimiento. No existen manantiales importantes aparte de algunas pequeñas surgencias colgadas de poco o muy escaso caudal. A pesar de la gran extensión del macizo, prácticamente no existe agua útil para soporte de población. Las simas están secas y sólo unas pocas llegan a actuar como surgencias durante e inmediatamente después de las lluvias; en alguna de ellas se citan pequeñas cantidades de agua es-

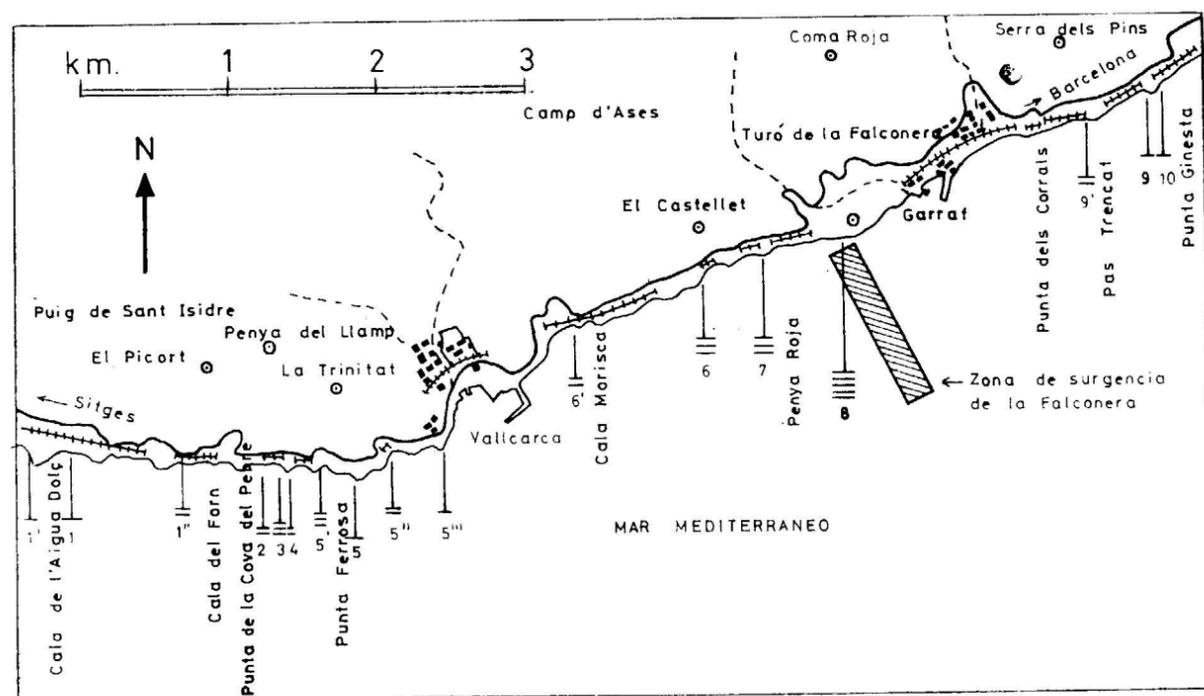


Figura 7

Surgencias submarinas localizadas en las costas de Garraf. Modificado de Montoriol (1966) y Astier (1971). Campañas "Operación Tritón" (1960) y "Garraf 70" (1970).

de la zona, de cualquier tipo que fuesen, recurriendo a los archivos de la Delegación de Minas de Barcelona, Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, y principalmente empresas de perforación, seguido de una secuencia programada de visitas a los Ayuntamientos de la zona y a los puntos de agua que resultaban ser de interés inmediato.

Se inventariaron casi 700 puntos de agua, de los cuales se han considerado de interés para el estudio del macizo unos 30 pozos y unas pocas surgencias

tacionaria sin importancia, acumulada en cavidades. Las únicas excepciones son algunas simas y grietas en el borde de Castelldefels, en el contacto de las calizas con el cuaternario del delta. En realidad forman parte de la familia de las surgencias submarinas por las que se efectúa el drenaje al mar del macizo, de las que se conocen 17 (fig. 7), después de los últimos trabajos de Montoriol y Astier. Se trata de pequeñas salidas al mar difícilmente localizables, con la excepción de la pequeña

surgencia de Aigua Dolça, cuya toponimia indica claramente su naturaleza, y la mucho mayor de la Falconera, que es visitable. La Falconera aparece a algunos centenares de metros al oeste del pueblecito de Garraf, al pie de un mogote calcáreo (fig. 8), en proceso de demolición por una explotación de piedra caliza, en el que aparecen claros ejemplos de planos de falla. La surgencia consta de una parte aérea natural que penetra unos 60 metros, seguida de un gran número de galerías artificiales realizadas con el propósito fallido de captar agua, y de una parte bajo el nivel del mar, explorada por submarinistas hasta donde es posible, que llega a la cota -30 metros y que se prolonga bajo el mar de forma desconocida, pero de la que se conocen algunas salidas en el fondo marino a lo largo de un kilómetro de recorrido. Se ha especulado mucho sobre su caudal, características y aprovechamiento, y en diversas ocasiones se han realizado tentativas de captar sus aguas, sin éxito alguno. Tradicionalmente se le atribuye un caudal de 500 l/seg, determinado en los años 30, pero la cifra es dudosa, no sólo por su gran variabilidad temporal, sino por los notables errores de aforo que introduce la complejidad de circulación del agua, tal como se puso de manifiesto en los trabajos de estudio que se realizaron en 1970 con ocasión del Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental. Es indudable que existe circulación permanente de agua salobre, de salinidad variable, estimándose los caudales de base valorados en agua dulce entre 50 y 150 l/seg, pudiendo llegar a varios m³/seg en época de fuertes lluvias tormentosas. Las fuertes avenidas de agua originan arrastres de sedimentos que a veces producen manchas terrígenas en el mar, que llegan a delatar su salidas submarinas.

5. GEOLOGIA.

Otra de las notables lagunas sobre el conocimiento del macizo de Garraf era la geología de detalle, la cual había quedado sólo esbozada en el Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental. Este hecho, extraño en principio, al tratarse de una zona colindante a Barcelona, queda explicado por las dificultades que ello entraña, no sólo por los problemas de acceso, sino por la falta de guías geológicas claras, ausencia de macrofósiles, y una intensa fracturación y dislocamien-

to que exigía un planteamiento básico previo muy minucioso. Después de tres meses de trabajo intensivo y detallado a cargo del especialista en calizas, Dr. Mateo Esteban, de la Universidad de Barcelona, se lograron identificar y establecer las columnas estratigráficas de base y cartografiar a escala 1/10.000 las unidades principales, obtener cortes representativos hasta el nivel del mar y trazar un plano de litología probable a cota cero. En los lugares más conflictivos la cartografía se realizó a escala 1/5.000. Los diferentes niveles son, de más antiguo a más moderno:

a) Buntsandstein, impermeable, reposando discordante sobre pizarras paleozoicas, con un espesor de alrededor de 150 metros. Cierra el borde NE.



Figura 8

Vista de la población y puerto de Garraf, con el mogote calcáreo bajo el cual aparece la surgencia de La Falconera.

b) Muschelkalk, con potencia variable entre 140 y 200 metros, formado por un nivel inferior dolomítico masivo, un nivel rojo arcilloso intermedio y un nivel calcáreo superior que cerca del techo se vuelve margoso.

c) Keuper, de espesor muy variable, ya sea por erosión o por laminación. El espesor medio parece ser de unos 20 metros, aunque hay sitios en que falta totalmente y en otros llega a 50 metros.

d) Jurásico, que se inicia con unos niveles brechoides calcáreos poco espesos, siguiendo una potencia promedio de 140 a 160 metros de dolomías negras para acabar con un nivel de calizas laminadas de color gris a negro de hasta 100 metros de potencia. Este jurásico reposa sobre el triásico, en

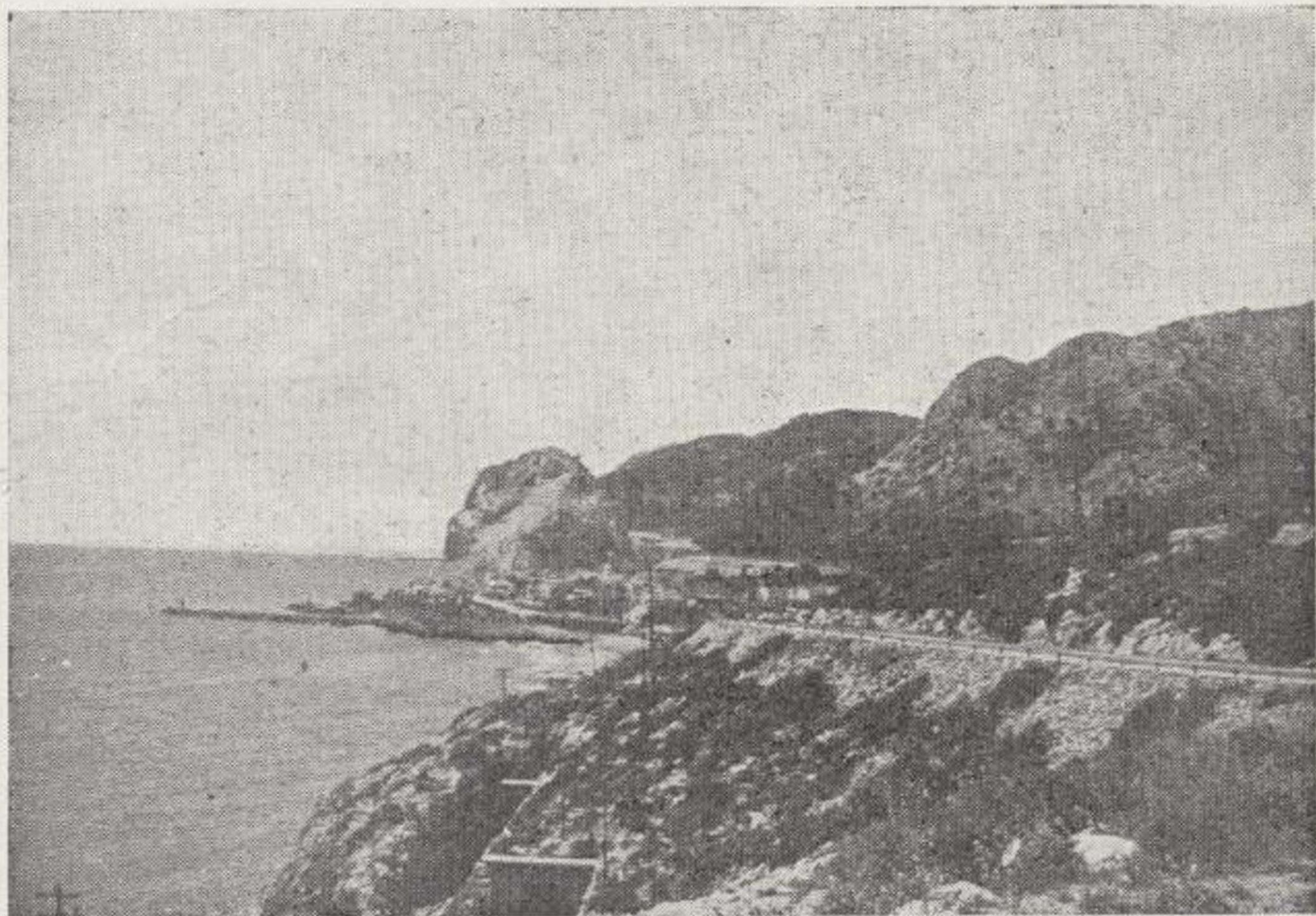


Figura 8

Vista de la población y puerto de Garraf, con el mogote calcáreo bajo el cual aparece la surgencia de La Falconera.

general sobre el Keuper, pero en algunas zonas falta y bajo el punto central entre Begues y Garraf, donde la karstificación es mayor, falta, además, parte del Muschelkalk debido a la presencia de una zona elevada del zócalo, la cual a su vez, actuando de umbral, impidió la sedimentación de los niveles jurásicos inferiores. En realidad el jurásico es bastante variable, pues las dolomías negras pueden variar entre la inexistencia a más de 200 metros de potencia, aunque como se ha dicho los espesores más comunes son de 140 a 160 metros.

e) Cretácico, que se inicia de abajo hacia arriba por un nivel de calizas finas en blancos, de color gris a beige, de unos 350 metros de potencia, que

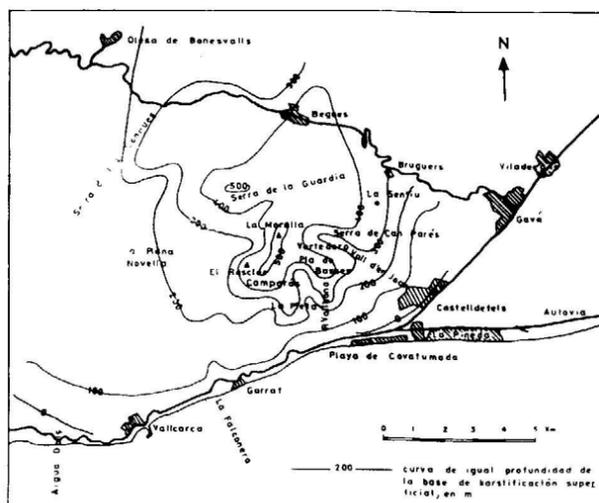


Figura 9

Esquema de la base de nivel superficial de karstificación.

pasan a calizas masivas de un espesor de unos 150 metros, acabando en unos 50 metros de margas cubiertas por dolomías, de las que la erosión sólo ha respetado algunas zonas hundidas entre fallas.

f) Niveles superiores, miocénicos y cuaternarios, sin interés para el estudio y de escaso desarrollo en la zona restringida en consideración.

Tal como se ha dicho, el grado de fragmentación es muy importante, siendo el conjunto un mosaico densamente cortado por diaclasas y fallas. Es difícil definir unas orientaciones preferenciales, pero éstas parecen ser las NNE-SSW, S-W y NW-SE, tratándose en general de fallas de pequeño salto, frecuentemente de menos de 1 metro y muy frecuentes, a veces ramificadas y de tipo gravitacional, existiendo

sólo unas pocas de más de 30 metros de salto. La repetición de estos pequeños movimientos, con caída en el sentido del buzamiento general de 20 a 30° hacia el WSW, hace que insensiblemente el espesor aparente de los diferentes niveles vaya creciendo, explicándose así los exagerados espesores de materiales carbonatados secundarios de las cartografías geológicas antiguas, las que realmente sólo son del orden de 700 metros. El macizo está cortado de NW a SE por unas pocas fallas de transposición (direccionales), que han jugado repetidas veces, y que producen desplazamientos horizontales importantes de hasta algunos kilómetros, e incluso verticales, las cuales forman parte de un sistema que afecta también a la cordillera prelitoral catalana; uno de estos sistemas resulta claramente identificable cerca de la población de Garraf, y otro de ellos, con varios planos de movimiento, cerca de la población de Vallcarca; un tercer sistema menor pasa probablemente por Castelldefels. Estos movimientos tienen probablemente un importante papel karsticogénico en los niveles calcáreos, al preparar zonas fracturadas por las que la disolución se inicia preferentemente, y que parecen coincidir con las alineaciones de simas y con las dos surgencias submarinas más destacadas.

6. FLUJO DEL AGUA SUBTERRANEA.

A fin de determinar la forma del flujo del agua subterránea, era preciso obtener una superficie piezométrica representativa y determinar la profundidad de karstificación. Esto último es un problema difícil, pero que se pudo tantear aproximadamente ya que se disponía del inventario de las simas y de sus profundidades. Así se dibujó el plano de máxima profundidad de las simas por zonas, convirtiéndolo en un plano de líneas de igual cota probable (fig. 9) de la base de la karstificación, encontrándose que forma una especie de domo centrado en La Morella que se extiende hasta Begues, con cotas del orden de 500 metros y que desciende con una pendiente entre el 6 a 10 por 100 hacia el mar y hacia los lados E y W. Los datos geoelectrónicos disponibles, y una campaña especial realizada para completar los datos que se tenían, utilizando líneas de emisión de 1 kilómetro, permiten también diferenciar la existencia de una zona superior con cavidades y otras más profundas compactas, en todo caso con una karstificación mucho menos desarrollada; los datos coinciden con los antes comentados. En principio se tra-

ta de un karst poco profundo y seco, independientemente probablemente del que da origen a las surgencias submarinas, las cuales tendrían su origen en las zonas especiales de dislocación tectónica antes mencionadas y serían a modo de drenes profundos del macizo, lo cual explica la existencia de caudales de base.

Para la realización de la superficie piezométrica se revisaron de nuevo los sondeos construidos para el Estudio de los Recursos Hidráulicos totales del Pirineo Oriental, que estaban nivelados topográficamente y se procedió a seleccionar 39 pozos costeros que fueron asimismo nivelados, determinándose además el nivel medio del mar en el puerto de Garraf, a fin de tener en cuenta la diferencia existente con el nivel medio del mar en Alicante, que resultó ser de +35 centímetros. Esta red piezométrica fue completada en la parte montañosa del SE, con la ejecución y nivelación de 5 nuevos sondeos entre 100 y 300 metros de longitud.

Las superficies piezométricas obtenidas con un mes de intervalo, apenas difieren entre sí, y mues-

tran un gradiente hacia el mar del 1,5 por 100 en el lado W, que asciende hasta el 7 por 100 en el lado E (figs. 10 y 11), existiendo una fuerte elevación piezométrica en Begues debido a la existencia de un umbral entre ese lugar y la costa, ya que el zócalo está elevado. En el área de Castelldefels existen claras depresiones piezométricas de bombeo, con cotas del agua por debajo del nivel del mar. Otras depresiones menores por debajo del nivel del mar existen en el área de las poblaciones de Garraf y Vallcarca, no correlacionables con bombeos, ya que éstos no existían. Se trata de un fenómeno que no se había observado hasta el momento y cuya explicación es difícil. No cabe pensar en un fenómeno tipo Venturi, ocasionado en la circulación kárstica profunda ligada a surgencias submarinas, puesto que ello exigiría velocidades de circulación inverosímiles, superiores a 10 m/seg. La única explicación que se ha encontrado está en relación con la actividad de las grandes canteras que existen precisamente en esos lugares. Se trata de una zona de muy baja permeabilidad, según se deduce de las perforaciones

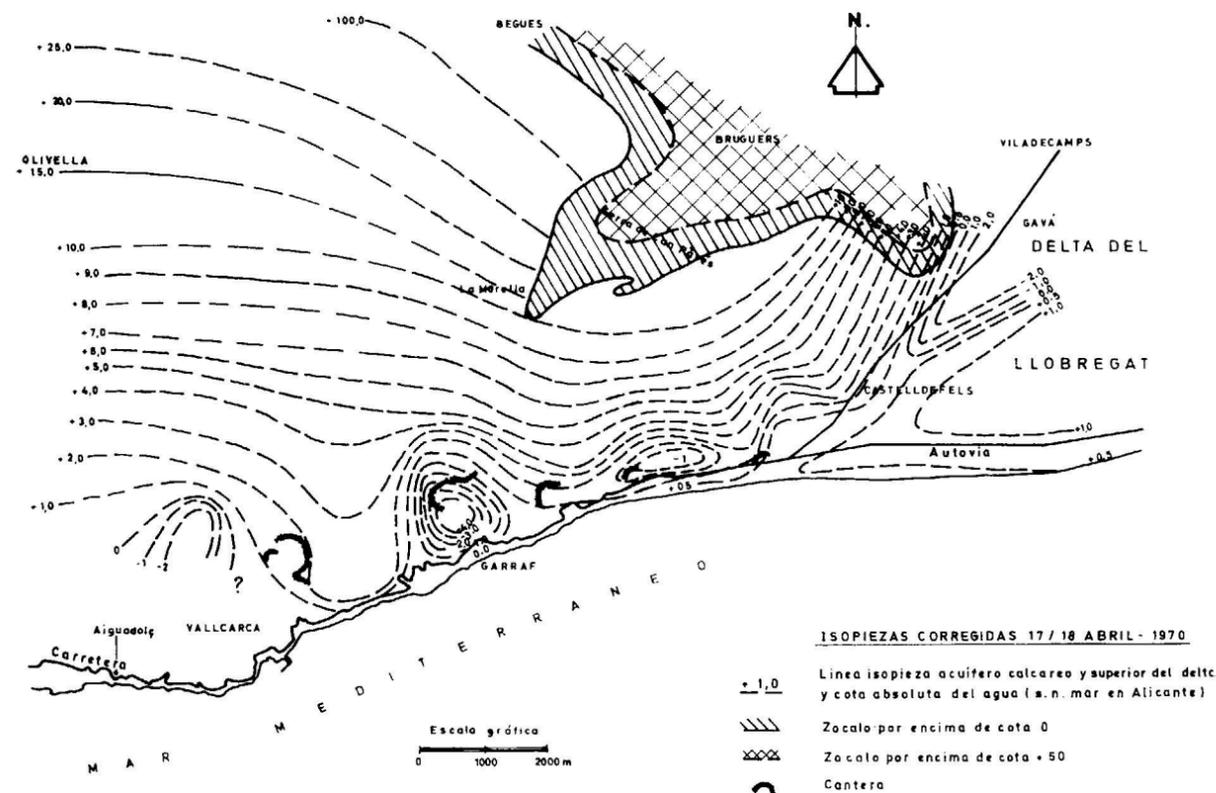


Figura 10
Superficie piezométrica.

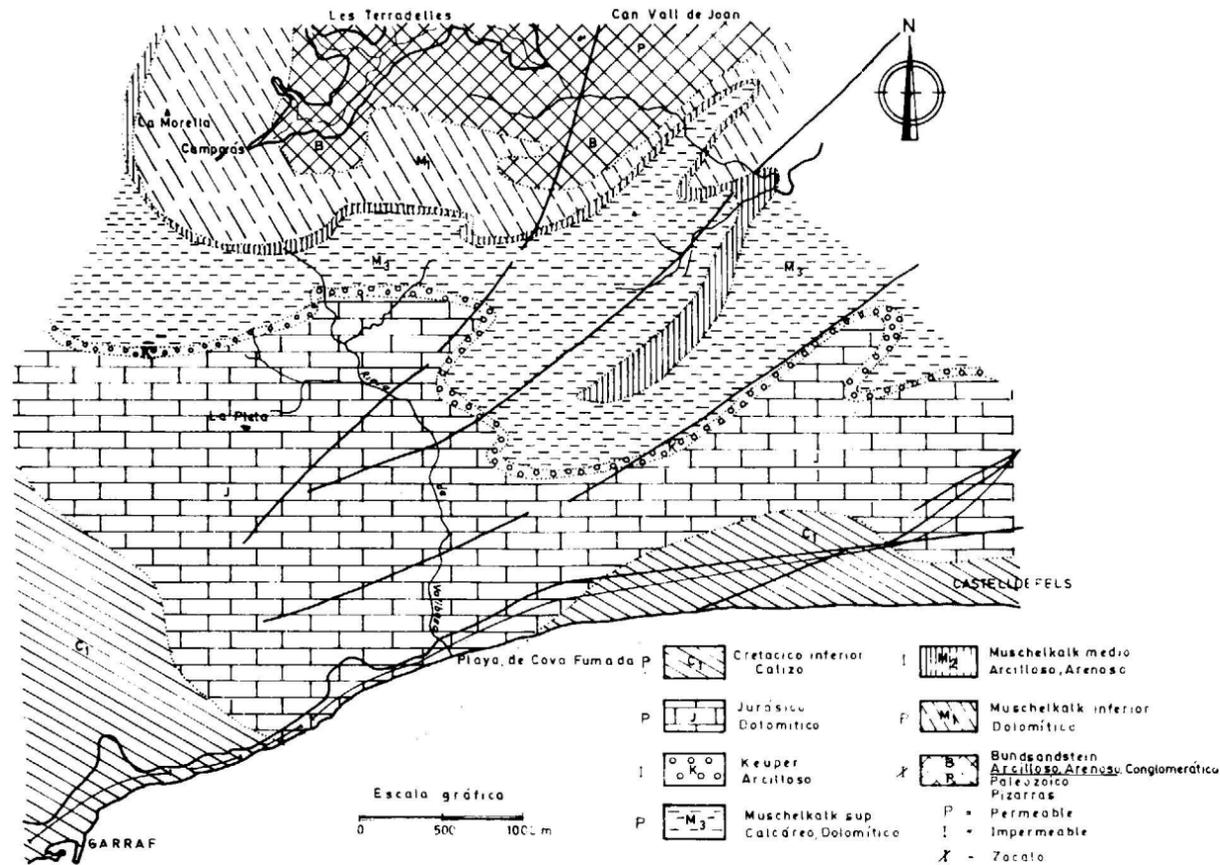


Figura 11

Materiales existentes a cota 0.

existentes, de modo que el agua subterránea tiene muy poca movilidad; las continuas explosiones de barrenos y la descompresión asociada a las extracciones de material pueden originar un aumento de la porosidad de fisuración que no puede ser rápidamente llenada por aportes de agua laterales, y por eso aparece una depresión piezométrica. No parece lógico recurrir a efectos osmóticos o termocinéticos, dado el tipo de material y sus circunstancias.

Admitiendo que el medio, aunque anisótropo, puede tratarse mediante redes de flujo ortogonales, es fácil deducir la forma macroscópica del flujo del agua subterránea (fig. 12), que resulta ser de N a S aproximadamente; la escorrentía kárstica sigue un patrón diferente condicionado preferentemente por la pendiente de la base de karstificación y la existencia de direcciones preferenciales, efectuándose en abanico, es decir, desde Begues al mar por el área

de Sitges, de la Morella al área de Garraf y del fondo de Las Terradellas a Castelldefels.

No se creyó conveniente realizar ensayos regionales de trazadores en el sistema kárstico, por estar éste seco y ser muy costosos, largos y de resultados inciertos en las circunstancias existentes. El estudio de las características químicas del agua de los pozos y pequeños manantiales puede cumplir ese cometido en lo que respecta a la zona saturada, por lo que se realizó una campaña de muestreo y análisis químico de iones fundamentales, tratándose los resultados por los métodos usuales de la geohidroquímica, es decir, analizando las relaciones entre iones y manejando diagramas columnares, triangulares y poligonales en un plano. Así se ha podido identificar la relación entre Begues y la zona N de Castelldefels y la existente entre Vall d'en Joan y centro de

Castelldefels, deduciéndose que la franja costera de Castelldefels tiene un área de recarga diferente del resto.

7. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS MATERIALES.

La gran heterogeneidad del medio y la importancia de la fisuración hace difícil definir las características hidráulicas de los materiales. No obstante, se han interpretado los datos de los sondeos preexistentes, de los ensayos de bombeo en pozos y se han realizado pruebas cuidadosas en los sondeos que se construyeron recientemente, más algunas comprobatorias o complementarias en los sondeos más antiguos. El conocimiento de estas características es esencial para definir las posibilidades de establecer aprovechamientos de aguas subterráneas, conocer el punto de tránsito entre dos puntos, y establecer un modelo físico de mezcla y dispersión apropiado.

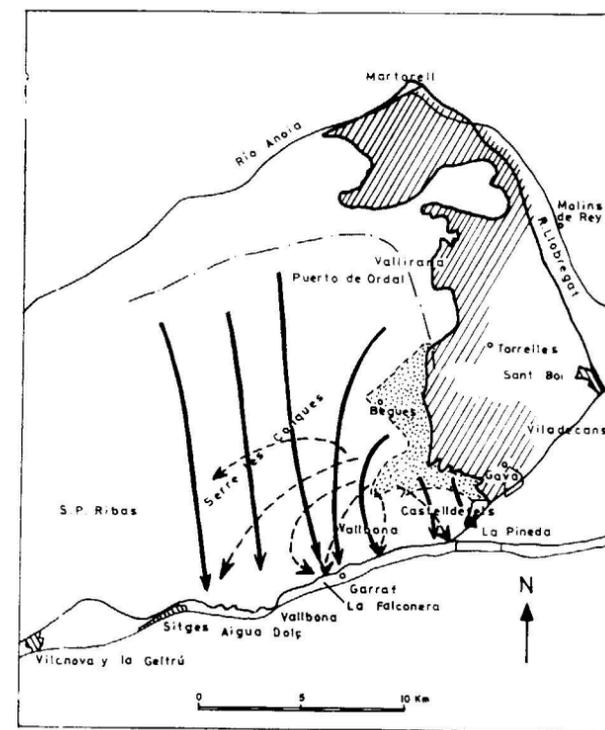


Figura 12

Esquema general tentativo del flujo del agua subterránea en el área de estudio del macizo de Garraf.

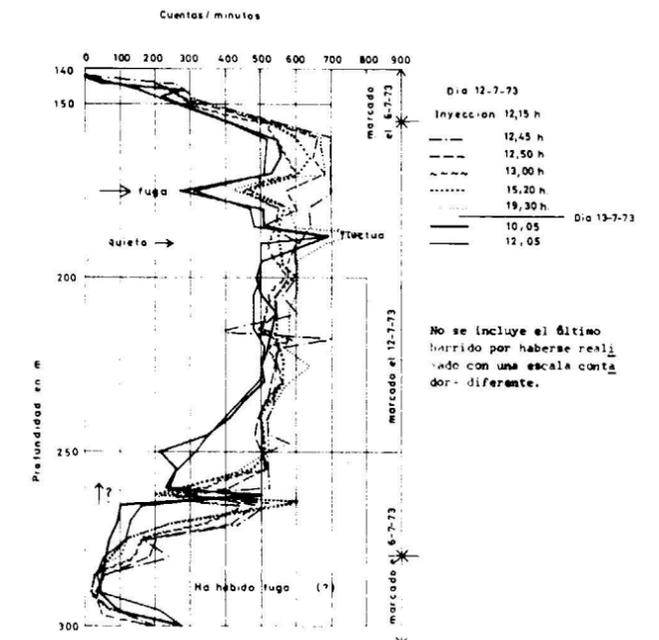


Figura 13

Resultados del ensayo de pozo único con marcado de toda la columna con I-131, realizado el 12-7-1973.

A fin de no encarecer en exceso los trabajos, obteniendo la mejor información del medio permeable por fisuración, se optó por la perforación a pequeño diámetro con tomas de testigo continuo sistema "wire line", es decir, sin extracción de varillaje, y para soslayar las dificultades inherentes a la ejecución de pruebas de admisión de agua, éstas se realizaron sólo en circunstancias especiales, substituyendo el resto por una testificación geofísica de resistencia del terreno, potencial espontáneo e intensidad de radicación gamma natural, ensayos de pozo único por marcado de toda la columna con radioisótopo I-131 a fin de determinar flujos horizontales (figura 13), seguido de inyecciones puntuales de trazador para determinar flujos verticales en el interior de la perforación, según el método desarrollado por el Gabinete de Aplicaciones Nucleares a las Obras Públicas, y cuando se creyó necesario y posible, por ensayos de cuchareo con válvula de pequeño diámetro accionada por el cable del wire-line (fig. 14).

Teniendo en cuenta la dispersión de resultados a consecuencia de la heterogeneidad del medio, se llega a las siguientes conclusiones generales:

— Las calizas cretácicas resultan en general muy poco permeables en profundidad en la porción W y

central del macizo de Garraf, con permeabilidades medias que no llegan a 0,001 m/día, siendo éstas algo más elevadas en el sector oriental, hasta 0,01 m/día. Ello contrasta con los relativamente bajos gradientes piezométricos observados, lo cual sería señal de la existencia, o bien de un nivel inferior

— Los materiales carbonatados triásicos son en general moderadamente permeables, entre 1 y 10 m/día en el intervalo más frecuente, localmente algo mayor. En ciertas zonas dislocadas, los yesos y anhidritas del Muschelkalk medio resultan notablemente permeables.

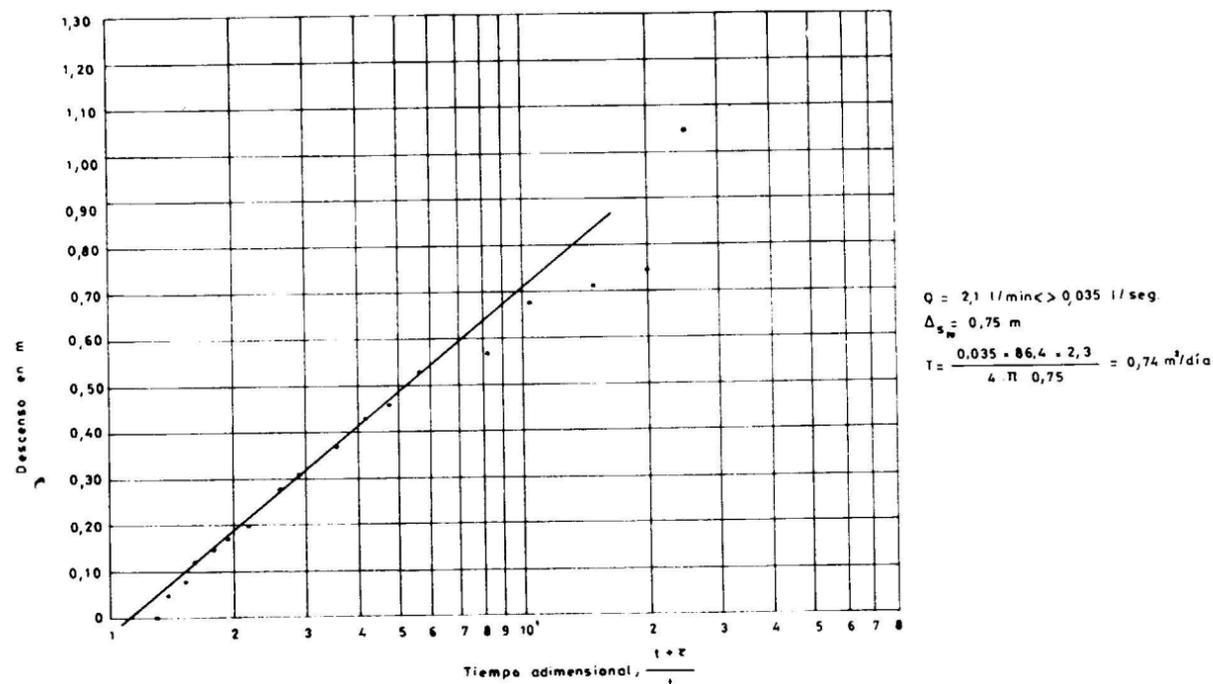


Figura 14

Gráfico del primer ensayo de cuchareo en el sondeo S-1.

más permeable, que pudiera ser las dolomías jurásicas, o un cierto desarrollo kárstico profundo, sin más manifestaciones exteriores que las surgencias submarinas, o bien ambos. Es de destacar que en algunos lugares la permeabilidad es tan reducida, que los piezométricos tardan varios meses en alcanzar un nivel de agua estable después de una perturbación, y ello fue causa de un error de interpretación piezométrica en estudios anteriores.

— Las dolomías jurásicas en profundidad son similares a las calizas cretácicas del lado oriental, con permeabilidades del orden de 0,01 a 0,02 m/día, salvo en zonas más tectonizadas y próximas a la costa, donde la permeabilidad media puede llegar a 20 m/día en promedio, por un posible efecto de descompresión.

No se tienen determinaciones de la porosidad efectiva, la cual se estima que puede situarse según las zonas y circunstancias, entre algo menos del 1 por 100 y el 5 por 100.

8. RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA.

En lo que respecta a los recursos de agua disponibles, han sido valorados con base a tres criterios:

a) Balance hidrometeorológico, deduciendo la infiltración eficaz.

b) Análisis hidrodinámico con base a la superficie piezométrica y características de los materiales,

con las dificultades que aporta en la zona W la existencia de un drenaje profundo preferente.

c) Estimación de la recarga efectiva por balance químico de ión cloruro entre la lluvia, escorrentía e infiltración.

Se obtiene que la infiltración eficaz media se sitúa entre 100 y 140 m/año, creciendo de SW-NE, equivalente a 27 millones de m³/año a lo largo de 14 kilómetros de costa, o sea $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}/\text{km}$ de costa, de los cuales $0,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{año}/\text{km}$, aparecen en forma de manantiales submarinos y en grietas litorales, otros 0,2 son extraídos mediante pozos y el resto (1,1) es vertido difuso al mar o no detectado, colaborando al establecimiento de una determinada interfase agua dulce-salada, sirviendo pequeña proporcionalmente la parte que recarga los acuíferos del delta del Llobregat. Además de las cantidades citadas, se estima que otros 60 a 80 mm/año de agua de lluvia descargan al mar por la red kárstica situada por encima del nivel del mar. Parece difícil y costoso incrementar el grado de explotación, salvo en circunstancias locales que favorezcan una permeabilidad elevada y extendida, pero en general con problemas de salinización marina.

9. INTRUSION MARINA.

Al contrario de lo que generalmente se cree, en el litoral de Garraf no existe una intensa intrusión marina, dado que la explotación es pequeña y el flujo del agua dulce al mar es elevado. Aunque los datos son escasos, y se basan sólo en los de unos pocos sondeos mecánicos y reconocimientos geofísicos, se cumple aceptablemente la ley de Ghyben y Herzberg, o sea que la profundidad de la interfase agua dulce-salada se sitúa a una profundidad bajo el nivel del mar de 40 veces la altura piezométrica del agua dulce sobre dicha referencia. La zona de mezcla tiene un espesor de unas pocas decenas de metros con potables irregularidades debidas a la presencia de fisuras y zonas de permeabilidad preferente.

No obstante, en las zonas litorales muy rotas o karstificadas, que es donde se sitúan las captaciones productivas, lógicamente las circunstancias cambian ya que allí existe una depresión piezométrica local

que eleva la interfase, lo cual se une a una espesa zona de mezcla.

En el interior de los conductos kársticos litorales y zonas asociadas, la relación agua dulce-agua salada da origen a una interfase muy tendida y penetrante y a un elevado grado de mezcla local, que los hace de aprovechamiento difícil o imposible, como lo demuestran los frecuentes fracasos a nivel mundial, y en la zona de Garraf, al sur de la zona restringida considerada, a unos 7 kilómetros del mar, una perforación tuvo la fortuna de intersectar a nivel del mar un conducto kárstico importante con agua dulce; basta una explotación de algunas docenas de l/seg, superior a un cierto límite variable según la época del año, para que la salinidad aumente alarmantemente en pocos días por rápido desplazamiento de la interfase en el conducto.

10. CONCLUSION.

Lo expuesto es una visión sintética de los conocimientos actuales. Con los trabajos realizados recientemente se ha logrado un notable avance en el conocimiento geohidrológico del macizo de Garraf, pero se es consciente de que apenas se ha traspasado el umbral del empezar a comprender, quedando aún largo camino a recorrer y muchas razones para rectificar conclusiones, revisar resultados y aceptar las justas críticas de otros estudiosos que con más datos y ciencia elaborarán aproximaciones más ajustadas.

1.1.—REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTIER, L.: *Surgencias subterráneas en el karst litoral: hidrogeología kárstica*. Geo-y-Bio "Karst", pág. 518 (755/758). Barcelona (1971).
- CUSTODIO, E.: *Etudes geohydrochimiques dans le delta du Llobregat, Barcelone (Espagne)*. Assemblée Générale de Berne. Assoc. Int. d'Hydrologie Scientifique. Vol. de Géochimie, pág. 134-155. Gentbrugge (1967).
- CUSTODIO, E.: *Teoría elemental del movimiento del agua subterránea*. Hidrología Subterránea. M. R. Llamas y E. Custodio, coordinadores. Ediciones Omega Barcelona (en prensa) (1974).

- CUSTODIO, E., y GALOFRE, A.: *Estudio de las afecciones hidrológicas del vertedero controlado de basuras en el Macizo de Garraf*. Ayuntamiento de Barcelona y Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental Barcelona. Memoria, planos, anejos y planos geológicos a escala 1/10.000 y 1/5.000 (1973).
- LLOPIS, N.: *Morfología e hidrogeología subterránea de la parte oriental del macizo kárstico de Garraf (Barcelona)*. Estudios geográficos, núm. 4, págs. 413-466. Madrid (1941).
- LLOPIS, BESCOS, y MUNTAN: *Garraf: guía cartográfica*. Editorial Alpina. Granollers (1970).
- MOP: *Estudio de los recursos hidráulicos totales de las cuencas de los ríos Besós y Bajo Llobregat*. Segundo Informe. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona. 4 tomos (1966).
- MOP: *Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental; zona Sur, Subzona 1*. Garraf-Panadés-Gayá-Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona (1971).
- MONTORIOL, J.: *Estudio hidrogeológico del Fondo de Les Terradelles (Macizo de Garraf, Barcelona)*. Speleon, III, 1 y 2, pág. 3-31. Oviedo (1952).
- MONTORIOL, J.: *Estudio de las formas kársticas hipógeas desarrolladas en los bordes del polje de Begues (Macizo de Garraf, Barcelona)*. Speleon, pág. 3-38. Oviedo (1964).
- MONTORIOL, J.: *Las surgencias de las Costas de Garraf (Barcelona)*. Dritter internationaler Kongress für Speleologie. Themenkreis B., págs. 43-49. Viena (1966).

Recibido, julio 1974.



Geotermismo de la zona volcánica de Olot. Nota preliminar sobre posibilidades geotérmicas

Por Oriol RIBA (*)

RESUMEN

Por primera vez se ha considerado con detalle las posibilidades geotérmicas del área de Olot.

Se ha estudiado la relación entre los volcanes cuaternarios (Mindel-Ris 0,11 M. A.), y las estructuras, fallas y pliegues, de la cobertera terciaria bastante potente que comprende varios niveles almacén. Los aparatos volcánicos de la zona plegada septentrional, se sitúan sobre dos bóvedas anticlinales, cuyos núcleos, próximos al nivel de despegue del substrato, podrían albergar cámaras magmáticas, alineadas según sistemas de fracturas distribuidoras de las efusiones (el principal N-S). Las manifestaciones geo-térmicas son débiles, mientras que la sismicidad se muestra elevada, lo que nos hace pensar que el área volcánica de Olot puede constituir un sistema geotérmico cerrado.

RÉSUMÉ

On envisage pour la première fois les possibilités géothermiques de l'aire volcanique d'Olot en y étudiant les volcans quaternaires (Mindel-Ris, 0,11 M. A.) en rapport avec la structure de failles et de plissement de la couverture tertiaire assez épaisse (renfermant quelques niveaux perméables). Grossièrement, les appareils volcaniques de la zone plissée au Nord sont placés sur deux voûtes anticlinales dont les noyaux près du niveau de décollement sur le substratum hypothétiquement pourraient renfermer des chambres magmatiques et, en général ils sont alignés sur des systèmes de fractures distributrices des éffusions (le principal est N-S). Les manifestations géothermales, sont actuellement assez faibles et la sismicité se montre active, ce qui nous fait penser que l'aire volcanique d'Olot constituerait un système géothermique fermé.

ABSTRACT

Possible geothermal resources of the volcanic area of Olot (prov. Gerona) are studied. This quaternary volcanoes (of Mindel-Riss age, 0,11 M. Y.) are related to the structural features, specially the fold and fault systems of the thick tertiary-mesozoic cover (including some pervious strata). The volcanoes of the northern folden zone are found around the axis of two large anticlines. Hypothetically, the anticline cores upon the décollement level of the cover would be occupied by magmatic chambers. Present geothermalism is very weak, but sismicity remains active. Based on this study Olot area could be considered a closed geothermal system.

INTRODUCCION.

El presente trabajo fue realizado en agosto de 1972 para la Compañía General de Sondeos y se publica ahora sin realizar su puesta al día, de acuerdo con los nuevos trabajos aparecidos sobre la región de Olot, particularmente las tesis de PALLI y de DONVILLE (1973).

En el transcurso de los últimos lustros la utilización de las energía geotérmica ha pasado de ser una curiosidad científica e industrial, limitada a unos

(*) Departamento de Estratigrafía, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona.

pocos campos en todo el mundo, a convertirse en un recurso natural tan común como la energía hidroeléctrica, el petróleo o el carbón. El desarrollo geotérmico se ha iniciado en los campos volcánicos; pero se ha visto que muchas cuencas sedimentarias son susceptibles de ser utilizadas comercialmente empleando el calor almacenado y protegido por los depósitos sedimentarios (por ejemplo, la cuenca Pannónica, la cuenca Parisina). El progreso tecnológico ha sido muy importante además, ya que se considera comercialmente competitiva la utilización de aguas subterráneas a temperaturas superiores a los 50° C. Las plantas generadoras de energía eléctrica

ca de origen geotérmico alcanzan una producción más económica que las convencionales.

El desarrollo de la energía geotérmica se inició especialmente en aquellos países que ofrecen campos volcánicos con fuerte actividad hidrotermal, de geysers, fumarolas, etc., tales como Italia, Estados Unidos, Japón, Islandia, Nueva Zelanda, U.R.S.S., etcétera. G. FACCA (1970, U. N. Symp. en Pisa), considera que durante el período 1961 a 1970 se ha pasado de la infancia a la madurez en lo que atañe a la exploración de los recursos geotérmicos en todo el mundo y en las técnicas de investigación y explotación, sondeos y plantas productoras de electricidad. La energía geotérmica se ha abaratado, y no sólo se utiliza transformada en electricidad, sino que directamente se emplea el calor en agricultura, calefacción, industrias, etc., de tal forma que está destinada, en ciertas regiones polares, a transformar el hábitat humano de aquellas comunidades.

En la España peninsular, aún no se han iniciado investigaciones de esta índole. Es preferible empezar por las zonas volcánicas, y la de Olot, desde luego, es la más propicia; ya que, de acuerdo con lo que a continuación se expone, y dada la experiencia alcanzada en otras áreas similares, podemos pensar existan grandes posibilidades de éxito. Otras áreas deberán de ser también estudiadas, como la del Campo de Calatrava (Ciudad Real), Cabo de Gata, y zonas de la Bética. Téngase presente que, recientemente, el sondeo de investigación de hidrocarburos offshore, Castellón B-1, tuvo que ser abandonado a causa de la excesiva temperatura encontrada en el fondo. Es posible que esta anomalía térmica esté relacionada con el vulcanismo de Las Columbretes y, en general, con la tectónica de la costa mediterránea hasta el Ampurdán.

La documentación extractada, sintetizada e interpretada, que se ofrece a continuación hace referencia a los trabajos anteriores, inéditos y editados, que se han podido consultar, la cual ha sido complementada con una campaña de campo y fotogeología.

1.1. ESTRATIGRAFÍA.

A pesar de tratarse de una área volcánica localizada en una zona poco extensa, la estratigrafía no puede limitarse a ella, pues es necesario tener una visión más amplia acerca de los cambios laterales de facies, que también pueden serlo de porosidad y permeabilidad de los posibles acuíferos existentes en el Terciario, así como de la alimentación o recarga que éstos puedan tener.

Es necesario basar la estratigrafía en: 1, Trabajos publicados, informes de algunas compañías petrolíferas y cartografía geológica detallada. 2, Logs de sondeos próximos al área de Olot.

1.1.1. Síntesis estratigráfica.

Nos hemos basado en el Informe de G. DEFALQUE (SEPESA, 1968) y en la tesis reciente de MIGUEL GICH VIÑAS (Univ. Barcelona, 1972); ambos trabajos realizados independientemente van acompañados de una cartografía detallada de facies y formaciones a escala 1:50.000. Se han tenido en cuenta también los trabajos de KROMM, sobre estratigrafía de la Hoja de "Olot" y los niveles continentales del Eoceno superior; el informe de P. R. LANGE (CIEPSA), (1957), y varias notas aparecidas recientemente de GICH, REGUANT, MASCAREÑAS y FERRER.

En el cuadro número 1 se resume la posición es-

CUADRO I

Unidades litoestratigráficas más importantes de la zona de Olot y sus equivalencias cronoestratigráficas

Sur		Norte		
Priaboniense + Biarritz	MILANY VIC-VIDRA	BELLMUNT	"Ludiense"	
Biarritzense + Luteciense	FINISTRES FARGA FABREGUES			
Luteciense	TAVERTET BANYOLES ANHIDRITA	VALLFOGONA-B	Luteciense	
		VALLFOGONA-A	Luteciense + Cuisiense	
		CORONES	Cuisiense + Ilerd. Sup.	
		SAGNARI	Ilerdense med. + inf.	
	FAR	"GARUMNENSE"	Paleoceno + Cret. sup.	

Van en cursiva las unidades de facies continental (ver anexo final).

tratigráfica local de las formaciones y miembros más importantes de la zona de Olot.

En las figuras 1 y 2 se indica gráficamente la posición estratigráfica y las correlaciones de las principales unidades estratigráficas, según G. DEFALQUE (1968) y M. GICH (1972) con sus edades. En el anexo final se expresan las equivalencias y sinonimias de las unidades litoestratigráficas utilizadas por los autores modernos.

1.º *Basamento paleozoico*. En los sondeos de Riudaura y Juanetas-1 se ha cortado el granito. En

otros lugares hay Paleozoico metamórfico (Guillelés) o el Paleozoico normal (Pirineo).

2.º *Permotrias*. Aflora en el borde pirenaico, con su facies roja característica. No ha sido reconocido en el borde Sur de la cuenca. Probablemente se acuña hacia el eje de la misma. En los sondeos resulta difícil de separar del "Garumnense" suprayacente.

3.º *Garumnense*. (Fm. de Tresp.). Descansa en disconformidad sobre el Permotrias (KROMM acusa que el límite entre ambas formaciones es muy difícil

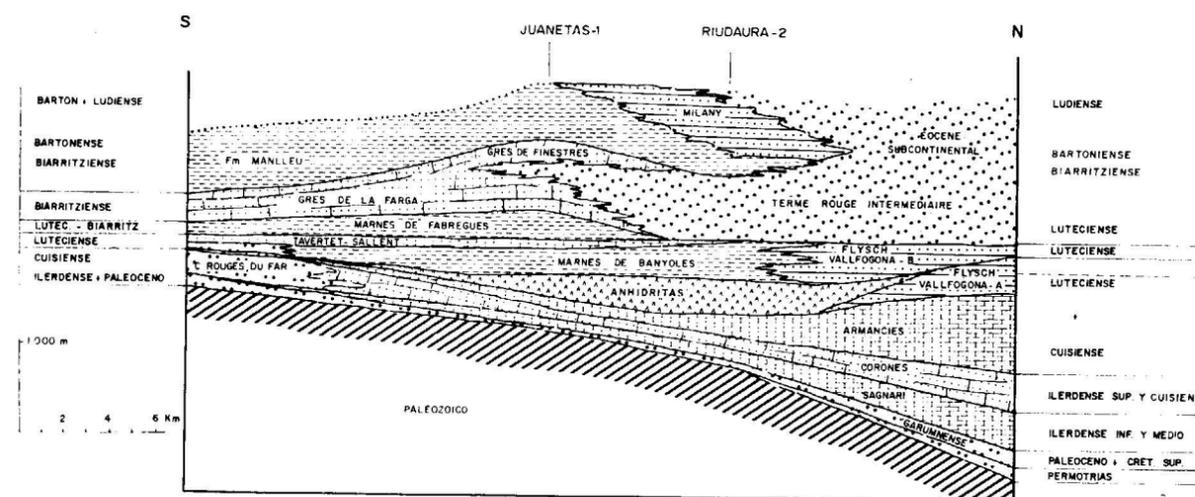


Figura 1. Según G. DEFALQUE.

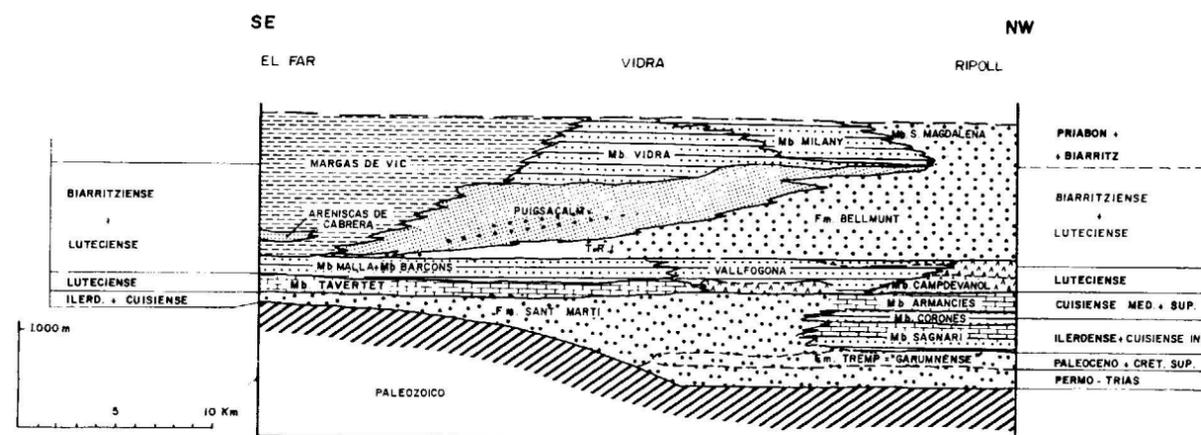


Figura 2. Según M. GICH.

de establecer), o en discordancia sobre el Paleozoico del borde Sur. Conglomerados, areniscas y arcillas rojas con algunas intercalaciones calcáreas con abundante *Microcodium*.

4.º *Fm. de El Far (Fm. de Sant Martí Sacalm)*. Serie roja, comprensiva del borde Sur de la cuenca eocena, que puede englobar el "Garumnense" hasta los equivalentes continentales de la Fm Armancies. Es decir, Cretácico sup. a Cuisiense sup. Presenta algunas intercalaciones calcáreas fosilíferas que han podido ser correlacionadas con las calizas de Sagnari y Armancies.

5.º *Fm. de Sagnari*. (Calizas de Alveolinas=calizas inferiores). Esta formación y las dos siguientes tienen la localidad tipo en el valle del Freser, entre Campdevàrol y Bruguera. Margas esquistosas, areniscas con *Ostreas* y calizas con nódulos de sílex en la base, pasando a calizas con Alveolinas.

6.º *Fm. de Coronas*. Compuesto por: 1. Calizas fértidas y areniscas, 2. Areniscas y margas rojas y 3. Calizas fértidas con sílex. Cuisiense inf. Ilerdiense.

7.º *Fm. de Armancies*. Calizas masivas y alguna caliza margosa. (Calizas superiores). *Vallfogona-A*. Parte culminante de Armancies, detrítica, con facies flysch es anterior a las evaporitas. Edad: Cuisiense-Luteciense. *Vallfogona-A*, sólo está representada en el borde N de la cubeta, acuniándose hacia el Sur, no alcanza la zona de Olot.

8.º *Anhirita*. Formación compuesta esencialmente por anhidrita, halita y dolomías. Descansa sobre las Fm. Armancies y *Vallfogona-A*. Está poco representada en superficie. Parece que el área central de la sedimentación estuvo situada en el eje de Olot. Las potencias dadas en los sondeos, posiblemente están exageradas por el replegamiento y halocinesis. Edad luteciense.

9.º *Vallfogona-B y Margas de Banyoles*. *Vallfogona-B* es formación detrítica con facies flysch del borde Norte de la cuenca que apenas llega a la zona de Olot. Hacia el Sur está reemplazada por las Margas de Banyoles, que incrementan mucho de potencia hacia el SE del área de Olot. Encima de las margas de Banyoles y en el sector Sur de la cubeta descansan las *Calizas de Tavertet*. Edad luteciense.

10. *Fábregues*. Margas de Fábregues, gris-azuladas, descansan sobre las calizas de Tavertet. Aflojan en el valle de Joanetes. Pasan hacia el N a la formación roja continental de Bellmunt. (*Mb. Malla*). Edad Luteciense-Biarritzense.

11 *Fm. de La Farga*. Arenisco de la Farga (*Mb. Barcons*). Microconglomerados, areniscas y areniscas margosas, marinos, al N de Juanetas y de la Sierra de Finestres pasan a la Fm. Bellmunt, continental. Roja. Edad Biarritzense.

12. *Fm. de Finestres*. Areniscas calcáreas, conglomerados de la Sierra de Finestres (*Mb. Puigsacalm*), formando un cantil-nivel guía. Nivel marino, que al N de Sant Privat de Bas pasa a continental (Fm Bellmunt). Edad Biarritzense.

13. *Fm. de Vidrà (Fm. Manlleu)*. Margas azuladas y areniscas, marinas. Progresivamente más detríticas hacia el Norte. Pasan en parte a la Fm Milany; y luego a la Fm Bellmunt, continental. Edad Priaboniense-Biarritzense.

14. *Fm. de Bellmunt* ("Eocène Subcontinental"). Formación detrítica roja continental, con conglomerados, areniscas y lutitas rojas. Direcciones de procedencia del Este y en parte del Norte; granodecrecencia de E. a W, y de arriba a abajo de la serie. Hacia el Sur pasa lateralmente a las formaciones superiores a las calizas de Tavertet. La lengua que más se extiende hacia el S y SW ha recibido el nombre de *Tramo Rojo Intermedio*, intrcalándose entre las formaciones de Barcons y Puigsacalm (o areniscas del Santuario de Bellmunt).

1.1.2. Síntesis evolutiva.

a) Al iniciarse el Terciario, el Macizo catalán, situado al S y SE de la región de Olot, constituía el área fuente de los materiales detríticos. La erosión había barrido todo el Permotriás del borde meridional y los materiales más recientes que pudieran existir. Esta formación, en cambio, se ha conservado en todo el borde Norte del actual Eoceno, y sobre la misma descansa, en disconformidad o falsa concordancia la formación "garumnense", que, al parecer, tampoco rebasó hacia el Sur el paralelo de Olot.

b) Durante el Paleoceno y Eoceno inferior (Ilerdiense+Cuisiense), el eje de la cubeta sedimentaria marina se situaría mucho más al Norte de Olot-Ripoll. Debido a esto las formaciones marinas más profundas sólo se ubican en el borde Norte de la cubeta sedimentaria actual, adelgazándose y acuniándose, hacia el Sur, con niveles continentales rojos (Fm. de El Far). Las calizas de Sagnari y Armancies se hacen más clásticas en este sentido, y se encuentran en todo el área volcánica de Olot. La formación

Corones representa un episodio regresivo ocurrido en el Ilerdiense sup. Cuisiense inf.

c) A partir del Luteciense es cuando se verifica la primera llegada de aportes terrígenos procedentes del Norte (Fm. *Vallfogona-A*), preludio de la surrección de la cadena pirenaica. Cosa que va sucedida de una importante regresión marina con la instalación de un surco lagunar con intensa deposición de evaporitas, y cuyo eje se colocaría entre los sondeos de Juanetas y Riudaura, extendiéndose tanto al Este como al Oeste; quizá en disposición no sincrónica.

d) A partir del Luteciense sup., sucede nueva transgresión marina, en un surco situado sobre la región de Olot. Aportes detríticos (*Vallfogona-B* en facies flysch procedentes del Norte, pasaban lateralmente y hacia el S y SE a las margas de Banyoles, recubiertas por las calizas de Tavertet (con aportes meridionales).

e) En el Biarritzense, el surco se traslada aún más hacia el Sur, y a partir de este momento, coincidiendo con los primeros plegamientos pirenaicos, empiezan a llegar los aportes detríticos rojos de la Formación Bellmunt, procedentes del Pirineo y desviados luego paralelamente al surco sedimentario, llevando una dirección Este o Oeste en la zona de Olot (demostrado por KROMM mediante la granodecrecencia en este sentido). Estos materiales continentales pasan, indentándose, hacia el Sur a los sedimentos marinos de las formaciones de *Vallfogona*, *Fábregues*, *La Farga*, *Finestres* y *Manlleu (Vidrà)*, *Puigsacalm* y *Milany*.

f) Así pues, en el transcurso del Eoceno se verifica la traslación del surco sedimentario marino, de Norte a Sur de Olot; y con ello una inversión de aportes en la vertical del área volcánica de Olot. Los conglomerados de Bellmunt son tanto más detríticos cuanto más al Este y más altos se encuentran en la serie estratigráfica. Le regresión del Eoceno superior se realiza en dirección SW. Todos los detalles estatigráficos de Eoceno vienen controlados por las tendencias evolutivas que se acaban de esbozar.

1.1.3. Permeabilidades.

En los logs de los sondeos Riudaura-1 y Juanetas-1 pueden apreciarse las zonas estratigráficas que poseen permeabilidad-porosidad y que, por lo tanto, pueden ser acuíferos o gasíferos de interés para el estudio propuesto.

a) *Formación de Bellmunt* (Eoceno continental). Cortado solamente en el sondeo de Riudaura-1.

— Presenta hacia la base, de 237 a 262 metros contados a partir del límite con la Fm. *Vallfogona*, un horizonte gasífero.

— Entre 122 y 134 metros entrada de agua.

No creemos se presenten en esta formación acuíferos importantes, y debe ser considerada como una formación impermeable, dadas las similitudes de composición y origen con las formaciones del Terciario continental del Ebro.

b) *Formación de Vallfogona, Margas de Banyoles y Margas de Folgueroles*, no han dado indicio alguno de permeabilidad.

c) *Fm. Calizas de Tavertet*. En el sondeo de Juanetas-1 ha habido una pérdida de lodo a 37 metros por encima de la base de la formación; compuesta por margas calcáreas y calizas detríticas. Porosidad: 0,2 por 100.

d) *Fm. Anhidrita*. Esta formación evaporítica está constituida esencialmente por anhidrita en el sondeo de Riudaura, con anhidrita blanca pulverulenta o cristalina con pocas intercalaciones de margas arcillosas y dolomías; más al S, en Juanetas, las dolomías, calizas oolíticas, dolomías con inclusiones de anhidrita, representan, aproximadamente el 50 por 100 de la sección.

En el sondeo de Riudaura-1 hubo pérdidas de lodo en la base de la formación y entre 310-450 metros, contados a partir de la base, los ensayos dieron como resultado recuperación de lodo y lodo emulsionado de gas.

Menos importantes han sido los indicios de permeabilidad en el sondeo de Juanetas-1; gas a unos 100 metros de la base, y a 300 de la misma, recuperación de lodo.

e) *Formaciones Sagnari, Coronas y Armancies*. Estas tres formaciones no resultan fáciles de separar en Riudaura-1 que presentan, en conjunto un espesor de 385 metros. En este intervalo se registraron tres pérdidas de lodo en lo que sería la Fm Armancies y cuatro en la Sagnari. En la base de Coronas se recuperó lodo emulsionado con gas. En la Fm. Sagnari, las recuperaciones de lodo en los ensayos fueron particularmente importantes.

En Juanetas-1 se registraron pérdidas de lodo en ambas formaciones calcáreas, Sagnari y Armancies. Los tests también recuperaron lodo.

En resumen, las formaciones calcáreas de Sagnari y Armancies y la formación evaporítica son las que

han presentado una porosidad secundaria (y quizá también primaria) importantes unidas a permeabilidades, con fuertes pérdidas de lodo, que pueden constituir buenos acuíferos, o almacenes de gas. Nada se sabe de las formaciones calcáreas superiores (Fm. Tavertet). Las formaciones detríticas superiores: Bellmunt, Puigsacalm, Vidrá, etc. no creemos constituyan acuíferos importantes capaces de ser explotados. Quizás las calizas detríticas y areniscas calcáreas de Finestres puedan ser excepción.

1.2. TECTÓNICA.

El volcanismo cuaternario de Olot se asienta sobre un relieve que recorta el Paleógeno plegado y fracturado.

De acuerdo con DEFALQUE y KROMM, la tectónica de la zona volcánica de Olot corresponde a dos estructuras esencialmente distintas:

1. Plegamientos de dirección sensiblemente de E a W, de edad pirenaica.
2. Fracturas verticales de dirección NW-SE, afectando el zócalo.

Como se verá a continuación parece existir íntima relación entre la tectónica de plegamiento de la cobertera paleógena, las mencionadas fallas y la disposición estratigráfica resumida en el capítulo precedente.

1.2.2. Estructura de plegamiento (ver fig. 3).

En la transversal N-S, pasando por Olot, a la cubeta sedimentaria eocena, se pueden distinguir las siguientes cinco zonas tectónicas:

1. Reborde Norte de la cubeta.
2. Sinclinorio de Ripoll.
3. Anticlinal cabalgante de Vallfogona.
4. Zona media de la cubeta.
5. Zona tabular meridional.

El volcanismo de Olot afecta a las zonas 2 a 5.

1. *Reborde Norte de la cubeta*: constituido por pliegues muy apretados; cabalgamiento del Paleozoico sobre el Permotrias y Garumnense. Dirección de los pliegues N70E a N80E. Pliegues recumbentes, vergentes al S, con numerosos niveles de deslizamiento y despegue. Esta zona está recortada por innumerables fallas transversales NW-SE, que no

rebasan la línea Ripoll-Sant Pau de Segúries-Montagut.

2. *Sinclinorio de Ripoll*: El sinclinal de Ripoll se abre en un sistema de pliegues apretados disimétricos, vergentes al S, y de flanco S invertido; ocupa la zona de Ripoll-Vall de Vianya-valle del Fluviá.

3. *Anticlinal de Vallfogona*: Importante estructura que se extiende desde el W de Ripoll hasta Besalú. Anticlinal asimétrico, vergente al Sur; cabalgante desde el sondeo Vallfogona-1 hasta Riudaura. Llega a cobijar el anticlinal de Clapera (al W de Riudaura).

En el sondeo Vallfogona-1 se atravesaron 900 metros de evaporitas a las que se les da un carácter diapírico. Al S de Castellfullit de la Roca, el eje anticlinal, junto con los pliegues más inmediatamente al S, sufre una significativa doble inflexión que luego comentaremos.

4. *Zona media de la cubeta*. Es la zona volcánica de mayor extensión. Situada al S del anticlinal de Vallfogona; presenta pliegues de gran radio, en gran parte recubiertos por el manto volcánico (y difíciles de situar), con el sinclinal de Olot-Milany, ligeramente disimétrico; y más al S el anticlinal de Sacot, con un relevo por otro eje ligeramente más al N en Santa Pau pasa más al Este al anticlinal de Mieres. Este eje anticlinal es de difícil correlación con los ejes anticlinales situados al otro lado del llano cuaternario de Bas; probablemente enlace con el anticlinal de Sant Privat de Bas; muy difícilmente con el de Juanetas. Este último se cree que pasa, hacia el Este, a la flexura de la Sierra de Finestres.

5. *Zona tabular meridional*. Al Sur del anticlinal de Bellmunt-Juanetas; y al Sur de la Sierra de Finestres; el Terciario, muy condensado y delgado, adquiere una estructura en grandes bloques, separados por fallas, basculados y sin plegar. El conjunto, por lo menos en principio, buzará hacia el Norte, suavemente, divergiendo del bloque de las Guillelés-Montseny.

1.2.2. Las grandes fallas NW-SE.

Al Sur del anticlinal de Vallfogona, existen dos fallas, de dirección NW a SE, que delimitan en un bloque la zona volcánica de Olot.

a) *Falla de Amer*, o del *Brugent*. Se puede seguir desde Amer-Les Planes-Juanetas-Riudaura. De carácter normal; bloque caído, el Oriental. Afecta el zócalo, con un salto superior a los 1.500 metros. Según GICH (1972) esta falla en realidad está compuesta por dos fallas paralelas que corren a poca distancia una de otra. DEFALQUE deduce por los datos de subsuelo que dicha falla es, en Riudaura, de plano bastante tendido: unos 45°.

b) *Falla de Llémana*. Pasa por Sant Martí de Llémana y Santa Pau. Es una falla en tijeras. Al norte de la Sierra de Finestres, el labio hundido es el occidental; al Sur de la misma lo es el oriental. El bloque volcánico de Olot, por lo tanto, está en posición deprimida con respecto al resto del territorio. Interesaría saber si en este sector, la depresión del bloque de Olot pudo estar en relación con la emisión volcánica.

Otras fallas, paralelas a éstas, formando importante sistema que abarca todo el NE de Cataluña, se encuentra en Sant Joan de Fàbregues, Albanyá; Sant Aniol de Finestres; Banyoles, etc. Ver DONVILLE (1973).

1.2.3. Resumen tectónico y evolutivo.

Pliegues sensiblemente de E a W, pertenecientes a una cobertera que se ha despegado, por lo menos en parte, del basamento paleozoico.

Estilo tectónico de plegamiento, de gran intensidad en el Norte y que disminuye hacia el Sur, hasta dar un reborde meridional tabular. Vergencia al Sur. Pliegues recumbentes y acostados en la parte Norte, con fallas cabalgantes muy tendidas, que hacia el S se hacen más verticales. Intervención del basamento paleozoico en la tectónica del borde Norte de la cubeta. Pero hacia el centro no se sabe con certeza cuál ha sido la participación en el plegamiento. La sísmica de reflexión acusa una elevación del zócalo en el anticlinal de Sant Privat de Bas, y probablemente en el anticlinal de Sacot. No sabemos pues, de modo cierto, si las fallas inversas que afectan a la zona de Olot, paralelas a los ejes de plegamiento, pertenecen sólo a la cobertera o, por lo contrario, se prolongan en forma de escamas en el Paleozoico.

Existe una fuerte influencia estratigráfica en la tectónica: Las variaciones de potencia del Paleógeno-Eoceno inferior, acuñándose hacia el Sur; el enorme

lentejón de la formación de evaporitas; la condensación de las formaciones eocenas hacia el Sur, etc. pueden haber influido poderosamente en el desarrollo tectónico. Los niveles margosos, sobre todo en las zonas del Norte (Formación Coronas, Fm. Vallfogona; según ESTÉVEZ, 1970), pueden haber servido de niveles de despegue plástico. La formación de Anhidrita, antes de iniciarse el plegamiento propiamente dicho, pudo haber dado lugar a una halocinesis intensa, formando intumescencias salinas alargadas según el anticlinal de Vallfogona (quizás incluso algún pliegue diapírico); y más tarde, jugar como importante nivel de despegue estructural del paquete estratigráfico superior a la misma, de acuerdo con una tectónica de gravedad impulsada por un Pirineo en proceso de elevación.

No se han encontrado discordancias angulares, ni progresivas, para situar las fases de plegamiento. Para precisarlo, es necesario recurrir a regiones situadas más al Oeste. Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente (I.1.2.), los materiales de las formaciones de Bellmunt y Vallfogona, detríticos, de procedencia Norte, cuya base se sitúa en el Luteciense, indican por lo menos, la primera fase de plegamiento.

En cuanto al sistema de fallas NW-SE, se está discutiendo mucho acerca de si son, además de fallas normales, fallas de desgarre. KROMM (1968) opina que tienen un desplazamiento horizontal no despreciable, de sentido dextrorso (bloque E corrido al S); así se explica el desplazamiento de los ejes de plegamiento en ambos lados de las fallas. Pero nosotros observamos en el mapa geológico (en la zona del cerro Sant Juliá, al S de Sant Jaume de Llierca) la doble inflexión de los ejes de plegamiento al Este de la falla de Llémana, lo cual sugiere un movimiento de desgarre dextrorso para esta importante fractura olotina.

ESTÉVEZ (1970) concreta más la cuestión. Opina que el sistema N-S actúa tardíamente, cortando el sistema E-W y las estructuras de la cobertera. La falla de Oix (o de Sant Miguel de la Pera, según KROMM), empezaría a funcionar en la etapa de compresión luteciense, con componente horizontal dextrorsa. "Por último se invierte el sentido del movimiento para transformarse en un desgarre senestroso, con componente de falla normal que hunde el bloque oriental al tiempo que lo desplaza unos 2,5 kilómetros hacia el Norte. Este último movimiento, como el dextrorso, es difícil de datar con exactitud y puede ser quizás la suma de varios episodios

que se han sucedido desde la misma etapa de compresión hasta el Cuaternario, tiempo en que parece haber ocurrido su última acción relacionada, al parecer, con el vulcanismo de Olot."

Insistiendo sobre la edad de este sistema de fallas NW-SE que afecta al zócalo, ESTÉVEZ afirma que su "actuación comenzó ya en la etapa de sedimentación de la serie eocena, por cuanto se observan cambios de facies ligados a las mismas". Se trata de un fenómeno ya revelado en otros sectores del Pirineo catalán. Resumiendo a ESTÉVEZ, la falla de Oix no afectó aún a las formaciones de Sagnari y Coronas; pero durante el Cuisiense sup.-Luteciense inf., el labio oriental de dicha falla se mantuvo levantado, hasta el Luteciense sup. ya que la Fm. Vallfogona se reduce considerablemente hacia el E de la falla de Oix. Simultáneamente al depósito, también las fallas E-W debieron de actuar como inversas.

Considerando la falla de Amer (o del Brugent), en relación con el cabalgamiento del anticlinal de Vallfogona, es necesario admitir que dicha falla tuvo que empezar a moverse antes de la fase del plegamiento que dio lugar al mencionado cabalgamiento en la zona de Riudaura; ya que a pesar del salto de 1.500 metros en dicha localidad, la falla de Amer no ha sido registrada al Norte del cabalgamiento. Las últimas fases del plegamiento pirenaico se desarrollaron durante el Oligoceno (RIBA, 1966); por lo tanto, esta falla y en Riudaura—por lo menos— habrá sido sinsedimentaria y anterior como mínimo a la última fase de plegamiento, si recordamos el desplazamiento de los ejes de plegamiento sobre el que insisten tanto KROMM como DEFALQUE.

Ahora bien, el desplazamiento de los ejes observados en ambos lados del sistema de fallas NW-SE, normales y de desgarre, si se originase el plegamiento por despegue gravitatorio en relación con el zócalo, no debería de ser forzosamente atribuido a movimientos de desgarre, como se apunta más arriba, sino a un desarrollo autónomo de cada bloque con respecto a sus vecinos. Caben las dos hipótesis que deberían de tenerse en cuenta en trabajos de tectónica todavía por realizar. Pero desde luego, todo ello tiene que haber ocurrido antes de la formación del cabalgamiento de Vallfogona.

Es muy probable que este sistema de fallas haya vuelto a jugar durante el Terciario sup. y el Cuaternario, con motivo del vulcanismo gerundense.

II. EL VULCANISMO DE OLOT.

II.1. Naturaleza del vulcanismo.

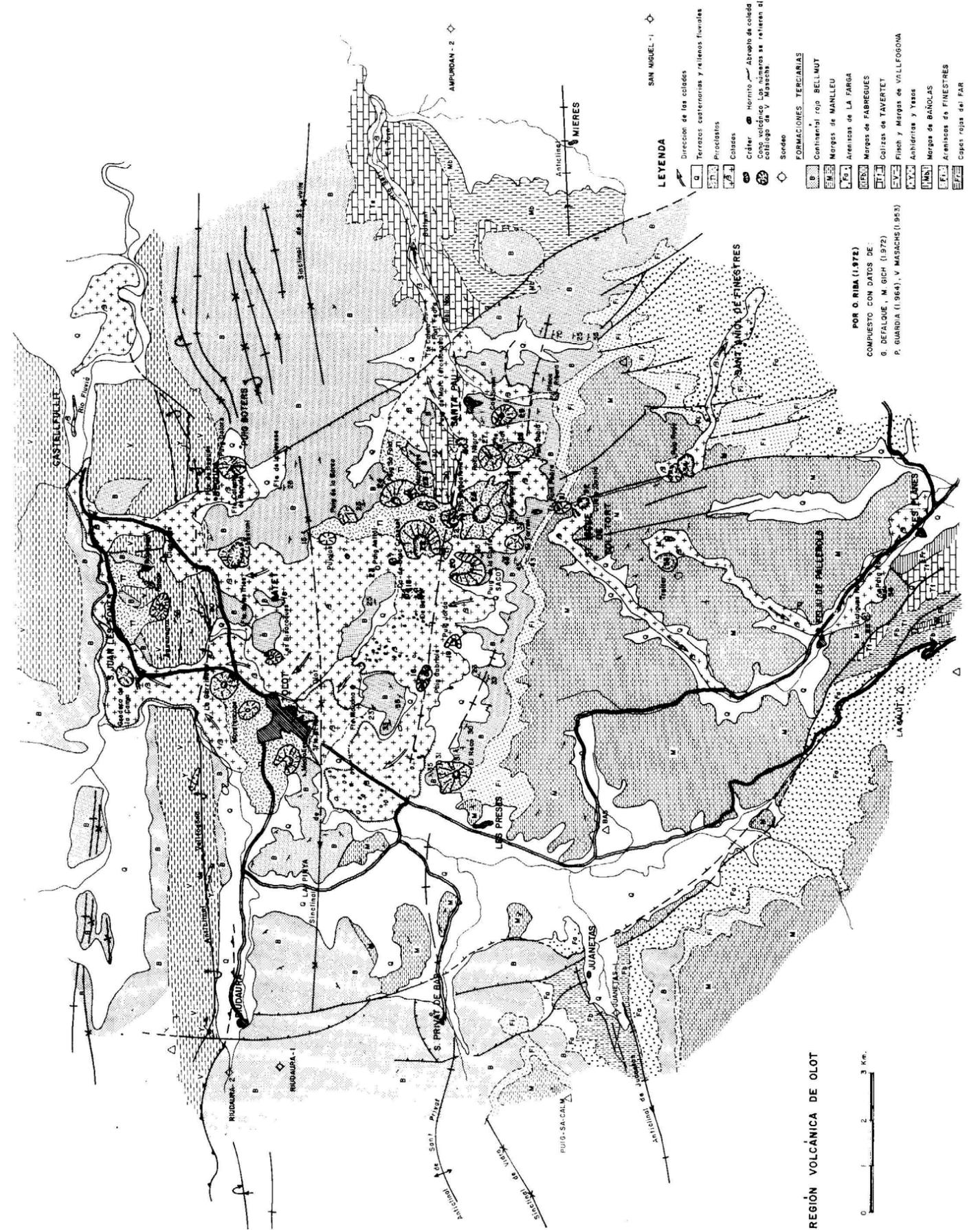
Para el presente estudio del vulcanismo de Olot se ha procedido, en primer lugar, a una revisión bibliográfica, por cierto muy nutrida, acerca del emplazamiento, denominaciones y sinonimias de los volcanes de Olot. Luego se ha procedido a un reconocimiento sobre el terreno, y, finalmente, a un repaso fotogeológico sobre la morfología y emplazamiento sobre el mapa de todos los aparatos volcánicos, posición de las coladas, etc., cosa que no se había realizado aún, de modo completo de todo el área del campo volcánico. Hemos utilizado los mapas parciales de RÍOS y MASACHS (1953) y de GUARDIA (1964). El resultado de este estudio, junto con los nuevos datos geológicos, es el que consta en el mapa adjunto (fig. 3).

El vulcanismo de Olot se debe a la actividad stromboliana: emisiones de gases dominantes, ritmadas, con gran proyección de piroclastos (bombas, escorias, lapilli—en el país greda—y algunas cenizas) y efusiones importantes de coladas de lava.

La naturaleza de la lava emitida es el basalto. Basanita nefelínica en los volcanes de Les Planes y Montsacopa; traquidolerita o traquibasalto en Castellfolit (Según MARCET RIBA y SAN MIGUEL). Es decir, emisiones básicas, fluidas y relativamente a la más alta temperatura.

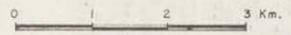
Los conos volcánicos, en general, están bien conservados, sobre todo los más recientes; pues han habido varias fases eruptivas. Los antiguos, se pueden reconocer por la disposición periclinal inclinada periféricamente de algunas grederas (por ejemplo los que se encuentran al N del cono de Santa Margarita). En otros casos la mala conservación se debe a volcanes emplazados en zonas muy expuestas a la erosión (volcanes de la Sierra de Finestres). Por estas razones hay volcanes de reconocimiento dudoso; otros nuevos que no habían sido señalados; otros que habían sido, o son, confundidos con grandes hornitos de explosión.

Todos los volcanes observados pertenecen al tipo de acumulación piroclástica; no se han observado conos de tipo estrato-volcán, con alternancia de piroclastos y lavas. Faltan en los de Olot los conos o cráteres adventicios, lo cual, junto a los demás caracteres atestigua el carácter efímero de las erupciones. Dentro de este tipo de acumulación hay conos en los que la emisión de lavas se





REGIÓN VOLCÁNICA DE OLOT



- LEYENDA**
- Dirección de las coladas
 - Terrazas cuaternarias y rellenos fluviales
 - Piroclastos
 - Coladas
 - Cráter Hornito Abrupto de colada
 - Cono volcánico. Los números se refieren al catálogo de V. Masachs.
 - Sondeo
 - FORMACIONES TERCIARIAS**
 - Continental rojo BELLMUT
 - Margas de MANLLEU
 - Areniscas de LA FARGA
 - Margas de FABREGUES
 - Calizas de TAVERTET
 - Fliisch y Margas de VALLFOGONA
 - Anhídridas y Yesos
 - Margas de BAÑOLAS
 - Areniscas de FINESTRES
 - Capas rojas del FAR

POR O. RIBA (1.972)
 COMPUESTO CON DATOS DE:
 G. DEFALQUE, M. GICH (1.972)
 P. GUARDIA (1.964), V. MASACHS (1.953)

Figura 3.

ha producido por el cráter, aunque son raros (Puig de Banya de Boc, Puig d'Adri, quizá Roca Negra y el Cruscat); pero lo más frecuentes es que hayan sido desbrocados por colapso lateral del cono. Finalmente, hay el tipo volcánico en el que la emisión de la colada se ha realizado lateralmente, dejando el cono completo (Sta. Margarita, Puig Rodó, Traiter, Can Tiá, etc.). Hay aparatos monoácicos o monogénicos (cono regular, con una sola boca) o poliácicos, dando varios cráteres en un mismo aparato compuesto. Entre estos últimos, hay un caso de conos anidados ("nested craters") en Puig de la Costa; o bien se presentan alineados sobre los flancos de la fisura que les ha dado origen. En los demás casos se ofrecen alineaciones de conos, como los de Font Pobra; y de Martinyá-Puig Safont.

Las escorias y lapillis pueden revestir la topografía, formando verdaderos campos, o recubrir parcialmente las coladas basálticas.

Las coladas volcánicas a menudo superpuestas, se han escurrido siguiendo las líneas de máxima pendiente; saltando en cascadas; recubriendo los valles fluviales. En algunas ocasiones han barrado el paso de algunos ríos estancado sus aguas. Esto es lo que ocurrió al Fluviá, aguas arriba de Olot, como consecuencia de la irrupción de la colada de Voratosca. El relleno sedimentario reciente lo ha obliterado, pero queda constancia de ello por las turberas existentes y la morfología casi llana de La Plana de Bas. Las coladas volcánicas, las más recientes, aún conservan la morfología rugosa y atormentada de un "malpais", sembrado de "hornitos".

Los "hornitos" pueden ser intumescencias, debidas al gas de piroclastos; formando los clásicos "hornitos" o "fumerolle active"; o simplemente no han estallado; conservando la forma de ampolla o grano. Es de advertir que algunos aparatos volcánicos señalados en Olot por algunos autores, hayan sido en realidad grandes hornitos (por ejemplo, los apuntamientos existentes entre los volcanes Cruscat y el Pujalós. Esto tiene importancia para el análisis tectónico del vulcanismo olotino).

II.2. Edad del vulcanismo de Olot.

En el trabajo que presentamos puede interesar la edad del vulcanismo y la duración, o fases que éste haya podido tener en la región de Olot. Sin entrar en un análisis estratigráfico, remitimos a los trabajos de detalle de SOLÉ SABARÍS (1962), GUARDIA (1964) y DONVILLE (1973), cuyas conclusiones exponemos:

1. SOLÉ SABARÍS, concluye, en su documentado trabajo sobre la edad del vulcanismo olotino que: "... en la región de Olot ha existido un vulcanismo *prepliocénico* poco importante, seguido de otro de intensidad máxima en el Cuaternario medio (*probablemente entre Mindel y Riss*), seguido seguramente de erupciones poco importantes *postwürmienses*", de tipo explosivo.

2. GUARDIA, aprovechando los datos estratigráficos proporcionados por SOLÉ SABARÍS, mediante la paleontología, estudia en el campo la sucesión relativa de nueve coladas que se hallan sucesivamente superpuestas y aplica los métodos de paleomagnetismo que le sirven no sólo para estudiar las variaciones del campo magnético terrestre, sino también y esto es lo importante, para establecer correlaciones estratigráficas entre coladas separadas en el espacio.

Llega a las siguientes conclusiones: Las cinco primeras coladas 1, 2, 3, 4 y 5 se han escurrido por el valle del Fluviá y sus afluentes Riudaura y Toronell, se hallan superpuestas normalmente e indica en relación a su paleomagnetismo que ha transcurrido un tiempo reducido entre las coladas 1 a 5, las cuales son de edad pre-würmiense y post-mindelense. La terraza con *Elephas primigenius*, de edad würmiense, es posterior a la colada 5. Las coladas 6, 7, 8 y 9 son todas ellas würmienses o post-würmienses, como SOLÉ SABARÍS afirma. La colada 6 emana de los volcanes Santa Margarita, Cruscat, etcétera, formando el malpais de Voratosca; la colada 7 emana del grupo de Batet (Pujalós, Puig de la Garsa) y desciende directamente a Olot; y la colada 8 es oriunda del Bisarroques; y finalmente la colada 9 sale del volcán Puig Dolors. GUARDIA, al referirse a los volcanes de los ríos Brugent y afluentes y Sert dice que los datos paleomagnéticos no son comparables con los de la zona N de Olot, lo cual prueba que ha habido otras fases eruptivas cuaternarias no exactamente contemporáneas de aquellas que han dado luz a las lavas del valle del Fluviá.

3. DONVILLE, en su tesis, afirma que al edad absoluta del vulcanismo de Olot, es de 0,11 M. A.

II.3. Manifestaciones póstumas de la actividad volcánica.

No existe ningún documento histórico que nos acuse fenómeno eruptivo alguno ni de intensas ma-

nifestaciones póstumas, salvo "las dos bocas de fuego" abiertas como consecuencia del terremoto de 1427 cerca de Amer, con emanación de un gas sofocante. Fue un fenómeno muy rápido, que no ha vuelto a repetirse, y que nunca se ha manifestado en la zona olotina. Así pues, en Olot, no hay ni ha habido en tiempo histórico actividad volcánica de tipo mofeta, fumerola, sulfatara, etc. En cuanto a fuentes termales o de agua caliente se ha hecho una investigación, midiendo temperaturas y preguntando a la gente conocedora de la región. Los resultados se exponen a continuación (II.3.1.).

II.3.1. Los manantiales.

En la zona de Olot no existen manantiales con aguas carbónicas o caldas como los que existen en la zona gerundense.

Para averiguar si las fuentes que manan sus aguas después de haber atravesado los materiales volcánicos poseen una temperatura superior a la normal y que pudiera indicar la existencia de calor remanente subterráneo o en la parte superficial de las coladas y otros materiales efusivos, se ha realizado una serie de mediciones con un termómetro de laboratorio de las aguas en sus propios manaderos. Las mediciones han sido hechas entre el 31 de agosto y el 4 de septiembre de 1971.

Font Moixina ferruginosa (Olot), 11° C.

Font Moixina (Olot), 12° C.

Font de Sant Roc, cerca de la antigua estación del F. C. (Olot), 12° C.

Font de les Tries (Olot), 14° C.

Font de Can Devesa (cerca de c. Xicot, camino de Begudá a Sant Juliá), 12° C.

Font de Begudá, bajo la Parroquia, 14,2°, temperatura constante todo el año.

Font Calenta de Begudá, 14°, temperatura constante todo el año.

Font de la Sal (Santa Pau), 500 metros al SW del pueblo, 11,5° C.

Font del Molí Nou (Santa Pau), en el Km. 10,6 de la carretera a Mieres, 14° C.

Font Calenta (sita sobre la Falla de Llémana), 14,5° C., temperatura constante todo el año.

Font Freda (próxima a la anterior), 11,5° C.

Téngase presente que la temperatura media anual de la ciudad de Olot, según el período 1896-1915, es de 12,4° C. Habiendo sido hechas las medidas en pleno verano se comprueba que las aguas manan

a temperaturas próximas a la media anual. Las llamadas fuentes calientes ofrecen tal cualidad, especialmente en invierno, ya que las aguas se mantienen sensiblemente a temperatura constante. La fuente de Santa Pau, bastante caudalosa, se sitúa en la base de la colada basáltica del río Sert y tiene una alimentación lateral gracias a la falla NNW-SSE de Llémana.

Los demás manantiales están todos relacionados con las rocas volcánicas.

En la orilla derecha del río Fluviá, aguas abajo de la antigua estación del Ferrocarril de Gerona-Olot, en esta última localidad, existe la Font Pudosa, de aguas sulfurosas. Según RÍOS y MASACHS se debe a la reducción de los yesos eocenos por la turba del antiguo lago de la depresión de Bas; no a un vulcanismo residual.

La fuente carbónica más próxima está situada entre Amer y Les Planes, es la llamada "Font Picant" de Amer; según los mencionados autores está en relación con la falla de Amer, que pone en contacto el Eoceno con el zócalo paleozoico.

Ahora bien, nos preguntamos si estos datos termométricos son reveladores de la ausencia de termalismo en la zona olotina, ¿o en realidad el termalismo puede estar encubierto bajo los mantos de lavas y escorias? Es una posibilidad, ya que los principales manantiales, y desde luego todos los medidos, se encuentran en la base de las coladas y en su punto de cota más bajo. Las coladas son porosas y permeables, y las aguas de un posible termalismo, pueden haberse enfriado al fluir por un acuífero superficial y ser mezcladas con las demás aguas vadasas.

II.3.2. La Sismicidad.

La zona volcánica de Olot-Gerona, ha sido foco de numerosas manifestaciones sísmicas en el transcurso de la historia moderna. En la lista adjunta se consignan los seísmos registrados en las crónicas y que han sido compendiados recientemente por FONTSERÉ et al (1971)(*). La intensidad está estimada en grados Mercalli, números romanos.

1101: Ripoll; 1152: Ripoll; 1224 (VI) Barcelona-Gerona; 1343: 28/11, Anglés (IV); 1373; 1374; 1376: 1/2, Cataluña (V); 1396; 1373: 2/1, Olot (VIII);

(*) "Fund. SALVADOR VIVES CASAJUANA": 547 pp. Barcelona (1971). No se mencionan aquí aquellos terremotos generales de cuyas reseñas no se hace referencia especial a la región de Olot.

1420	Dudoso		
1427	23/2	II.	Amer, Olot.
	2/3	IV.	Provincia de Gerona.
	4/3	VI.	Provincia de Gerona.
	13/3	V.	Olot.
	15/3	VIII.	Lloret Salvatge, La Cellera, Amer, Hostoles, Bas.
	23/4	VI	Terremoto destructor en todo el valle de Hostoles. Se cita que "...junto a Amer se abrieron dos bocas de fuego", concretamente en Lloret Salvatge surgieron cuatro fumarolas, con emanaciones sulfúricas, llama corta, de menos de 20 centímetros, azuladas; mucho vapor asfixiante que produjo muchas muertes; gran presión que hacía despedir piedras a gran distancia.
	15/5	IX.	Terremoto destructor que arruinó completamente Olot, Castellfullit de la Roca, Ridaura, Santa Pau, Mallol. Hubo muchas víctimas. Se cita que, en el paraje llamado "Bosc de la Tosca", el bosque fue quemado por tres bocas de fuego y que inmediatamente se apagaron..." Quedaron asoladas todas las masías de la comarca.
1428	2/2	X.	Terremoto destructor en Camprodón y todo el valle de Vianya, Castellfullit, Olot. Muchas víctimas.
	26/6	VIII.	La Garrotxa y zona de Olot.
1431	20/10	—	Amer.
	23/12	—	Amer.
1432	15/12	—	Amer.
1798	12/8	VI.	General en toda la provincia de Gerona.
	13/8	VI.	Idem. Perturbaciones en las fuentes termales.
1852	20/1	—	San Juan de las Abadesas, Olot.
	25/1	V-VI.	Idem. Réplicas del anterior.
	29/1	V-VI.	idem. Hipocentro profundo.
1887	3/6	IV.	La Cellera.
	27/6	IV.	La Cellera. Lloret Salvatge. "Viento huracanado" y a elevada temperatura sale de un pozo; epicentro en Lloret.
1898	16/1	—	La Cellera.
1901	24/9	II.	La Cellera.
	18/9	IV.	Olot, Gerona.
	?/10	II.	Olot, Gerona.
1902	6/5	IV.	Olot. Alteraciones en "els bufadors" de Olot.
1903	20/4	II-VI.	Olot, Gerona, etc.
1906	4/1	IV.	La Cellera-Amer-Bas. El mismo epicentro que el sismo de 1427.



	26/4	II.	La Pinya.
1906	9/11	I.	La Cellera.
1907	21/10	IV.	Tortellá.
1909	6/2	—	Olot.
	6/4	VI-VII.	Pasteral, Amer, Les Planes, San Feliu de Pallerols, Olot.
	10/4	—	Olot, San Esteve.
	21/7	III.	Olot, general en toda la región.
1912	14/7	VI.	Olot, Castellfullit, Montagut, Oix, Tortellá, Sant Jaume, Argelaguer.
1919	29/11	II?	Olot.
1923	10/7	II?	Olot.
	9/9	IV.	Olot, Ribes de Freser.
	9/11	IV.	Olot.

II.4. *El vulcanismo olotino y sus relaciones con la estructura.*

El vulcanismo de Olot está, desde luego, íntimamente relacionado con las demás manifestaciones volcánicas de toda la parte oriental de la provincia de Gerona. Se trata de un vulcanismo neógeno y cuaternario emanado a lo largo de las fallas maestras que recortan el zócalo en buen número de bloques (SOLÉ SABARÍS, 1962). Cuando no existe la cobertera terciaria, o ésta no fosiliza las fallas maestras, la explicación del vulcanismo queda clara. El campo volcánico de Olot no reúne totalmente estas condiciones.

II.4.1. Hasta hace poco tiempo, los autores que han tratado del campo volcánico de Olot, han reproducido el mapa geológico de CHEVALIER (1926), o el de MARCET RIBA, presentado en la Guía C-4 del Congreso Geológico Internacional (1926). En dichos mapas se dibuja una red de fallas (varios sistemas) que, prácticamente dos a dos, van uniendo todos los volcanos de la comarca olotina. Sabemos que una gran parte de la comarca está recubierta por los conos, coladas y piroclastos; por lo tanto no son fallas observadas y el conjunto carece de valor para una investigación como la propuesta.

II.4.2. Todo el vulcanismo de Olot queda comprendido entre las fallas de Amer y de Llémana. Observando el mapa geológico, los volcanes pueden ser agrupados en tres grandes conjuntos:

1. Conjunto Norte o de Olot. Se encuentran los volcanes situados entre el sinclinal de Olot y el de Castellfullit. Pertenecen a la zona (3), descrita en el apartado I.2.1: anticlinal de Vallfogona.

2. Conjunto intermedio o de Santa Pau. Engloba los volcanes situados entre el sinclinal de Olot y el escarpe de la Sierra de Finestres. Pertenecen a la zona (4): anticlinal de Santa Pau.

3. Conjunto meridional o del valle del Brugent. Comprende los volcanes entre la Sierra de Finestres y la falla de Amer. Pertenecen a la zona de tectónica tabular meridional (5).

Observando el mapa geológico (fig. 3), existe una clara relación entre vulcanismo y el sistema de fallas NNW-SSE para el conjunto meridional o zona tabular. Véase que los volcanes de Puig Dolors—Puig Moner (al N de Granollers de Rocacorba)—, Puig de la Banya de Boc (en S. Martí de Llémana) están sobre la falla de Llémana. Otra alineación está sobre la falla Font Pobra-Can Tià-Puig Rodó.

El sistema antedicho de fallas de la zona meridional, NNW-SSE, es muy probable se prolongue hacia el N. Un análisis—sólo iniciado por nosotros—de las diaclasas, revela que hay un sistema muy claro de componente N; otro secundario, paralelo a los ejes de plegamiento. Pero las fallas parecen estar ocultas bajo los depósitos fluviales, volcánicos y la vegetación. Si se observa el mapa geológico pueden advertirse algunas alineaciones de

volcanes muy significativas que abogan por este sistema: Puig Rodó-Can Tiá-Font Pobra-Santa Margarita-Cruscat-Puig Astrol. O este otro: Puig Subiá-Roca Negra-Martinyá-Puig Safont-Pujalós-L'Estany-Rapás... U otra alineación de dirección SW-NE: Montsacopa-La Garrinada-Aigua Negra-Rapás-Rapassot.

Aparte las relaciones con las fracturas del zócalo; veamos las que pueden existir con el plegamiento. Obsérvese que los conjuntos de volcanes (Norte e Intermedio) se hallan agrupados en las proximidades de los anticlinales de Vallfogona y Santa Pau. En el mapa geológico queda demostrado que el anticlinal de Vallfogona es asimétrico, flanco meridional invertido y fallado en la parte W del mismo, vergencia al Sur. Para nosotros el eje principal pasa más al Norte de lo que se ha indicado anteriormente, pasa por Mallol y sigue por el norte de Les Preses hacia el Este, pasando también por el Norte de Santa Pau (de ahí el nombre que le damos). Es muy probable que este eje anticlinal, hacia el Este evolucione a un pliegue-falla, vergente también al S. El anticlinal de Sacot sólo lo hemos identificado cerca de Can Samal (al N del cerro 912 metros "Roca Lladra"), pero no lo hemos vuelto a identificar ni al S del volcán de Puig de la Costa ni del de Santa Margarita.

Nuestra hipótesis, en resumen, es la siguiente: las emisiones magmáticas estarían regidas por el sistema de fallas normales, y a la vez de desgarre, NW-SE que afecta al zócalo y, visiblemente, a la zona tabular meridional. El vulcanismo de tipo fisural queda claro. Más al Norte, nos preguntamos, ¿cómo ha reaccionado la cobertera sedimentaria plegada ante la inyección magmática? Es posible que el magma se haya introducido despegando la cobertura de su substrato, muy probablemente dando lugar a dos lacolitos intrusivos alargados según el eje anticlinal, redistribuyéndose luego por fisuras paralelas a los planos de plegamiento, por los planos de estratificación—dando sills—, por fisuras paralelas al sistema NW-SE; por fisuras paralelas a las fallas conjugadas al deslizamiento de bloques a lo largo de las fallas de desgarre. Estas hipótesis de trabajo quizá expliquen las agrupaciones de volcanes de los conjuntos Norte e Intermedio, correspondientes al anticlinal de Vallfogona y al anticlinorio de Santa Pau. Los volcanes y sus correspondientes "necks" se situarían preferentemente en las intersecciones de las mencionadas fisuras.

III. POSIBILIDADES GEOTÉRMICAS DEL VULCANISMO DE OLOT.

Básicamente, el problema planteado radica en: 1.º Si a relativa poca profundidad existe en la zona volcánica de Olot uno o varios focos o zonas con temperaturas elevadas remanentes de las pasadas erupciones cuaternarias; 2.º Si pueden existir acuíferos, lo suficientemente permeables y porosos, y con recarga asegurada, para que las aguas al llegar a dichos focos caloríficos puedan transformarse en vapor, o por lo menos en aguas a elevada temperatura para poder ser utilizadas industrialmente y su transformación en otras energías, y 3.º Si además existen estructuras convenientemente selladas para que se acumulen los gases y vapor de agua, formando trampas o yacimientos susceptibles de ser perforados y explotados de forma similar a lo que se hace con los yacimientos de hidrocarburos.

III.1. Sobre los focos caloríficos, no hemos encontrado "indicios activos" que nos revelen la proximidad de tales fenómenos.

1. Como argumentos negativos tenemos la ausencia de solfataras fumaroles y mofetas, de geysers y fuentes termales en toda el área del vulcanismo olotense. Como ya se ha citado, solamente tenemos dos manantiales débilmente calientes, y otro, ya muy alejado, en Amer.

2. Como argumentos positivos, diremos que la ausencia de fuentes termales quizá sea debida a que en las dos áreas volcánicas de Olot y Santa Pau, alrededor de los anticlinales de Vallfogona y anticlinorio de Santa Pau, la cobertera de materiales volcánicos y derrubios cuaternarios es muy continua, fosilizando las fisuras y posibles manantiales cuyas aguas se escurrirían por debajo de las coladas basálticas mezclándose con las aguas vadosas y naturalmente, enfriándose. Los principales manantiales fluyen al pie de los mantos volcánicos.

3. Sísmicamente, el área de Olot no ha cesado de sacudirse con relativa frecuencia. En una ocasión hubo emanación de gases incandescentes y sofocantes, cerca de Olot (1427, en el "Bosc de la Tosca" al SW de Olot).

4. Sería preciso ver el grado geotérmico medido en los sondeos próximos al área volcánica de Olot. Solamente disponemos del correspondiente al Sondeo Juanetas-I (49° a 1.320 metros con 11° de temperatura media superficial) que arroja 34,7 metros por cada grado. Es un valor en metros demasiado elevado, aunque la distancia al primer volcán es su-

perior a los 6,5 kilómetros y hay por en medio las fallas de Amer.

5. Otro argumento en favor pueden ser las consideraciones en cuanto a la edad de las últimas erupciones: las principales tuvieron lugar durante el Rissense y las últimas a finales del Würmiense (quince a ochenta mil años); y también a las distintas fases eruptivas escalonadas en el tiempo, lo cual implica una mayor permanencia de un magma activo, y por lo tanto la creación de un volumen mayor de roca recalentada.

6. Finalmente, si realmente existieran los lacolitos a que hemos aludido anteriormente (II.4.2.) ubicados a modo de intumescencia bajo los anticlinales de Vallfogona y Santa Pau, se dispondría de masas almacenes de energía térmica a poca profundidad. Dichas masas rocosas se podrían detectar mediante gravimetría, sísmica de reflexión, la investigación magnética y otras técnicas.

III.2. Respecto a las condiciones 2.º y 3.º aludidas en primer párrafo, recordaremos que rocas almacén, de reconocida permeabilidad y porosidad, existen en las formaciones de Sagnari, Armancies, Anhidrita y probablemente Tavertet (ver I.1.3.). Coberteras que sellan estructuras posibles, tenemos todas las formaciones arcillosas, margosas y las evaporíticas (Corones, Vallfogona, Banyoles, etc.).

Tratándose de un país plegado, las posibilidades de encontrar estructuras susceptibles de almacenar gas o vapor de agua son muy grandes; sobre todo teniendo en cuenta que dos zonas volcánicas se sitúan sobre ejes anticlinales. Los sinclinales; por otro lado, dirigirán la circulación en los acuíferos abiertos. Parece que hay un buzamiento axial de los ejes hacia el Oeste.

Ahora bien, para que las estructuras de plegamiento puedan constituir buenos almacenes, es requisito imprescindible que las fallas o fisuras que han permitido la emisión volcánica estén hoy cicatrizadas. La falta de indicios de actividad volcánica y las potentes formaciones arcillosas o plásticas existentes y la relativa tranquilidad sísmica pueden ser factores de esta estancueidad.

Consideramos aún prematuro, por falta de datos superficiales y los de la sísmica de reflexión, intentar levantar perfiles estructurales y realizar un análisis estructural para hacer recomendaciones sobre el emplazamiento de sondeos de exploración.

III.3. *En resumen.* De acuerdo con la clasificación de los campos geotérmicos de J. Mc NITT (U.N.

Symp. Pisa, 1970) el campo volcánico de Olot puede ser clasificado en la categoría I-B ("Fields associated with quaternary volcanic centers in structures caused by tectonic processes such as fault blocks and regional fissures") o en la categoría II-A ("Fields associated with cenozoic tectonism in hinterland fault block structures").

Poca experiencia se tiene acerca de campos volcánicos con cobertera sedimentaria plegada y del comportamiento que ésta haya podido tener ante la intrusión magmática. Apuntamos como hipótesis la posibilidad de formación de lacolitos en los ejes anticlinales que podrían redistribuir la lava a lo largo de fisuras longitudinales al plegamiento.

El vulcanismo de Olot es muy reciente, pero no activo en la actualidad. Nueve coladas superpuestas, se han reconocido separadas por paleosuelos, derrubios cuaternarios, etc. lo cual demuestra una persistencia en el tiempo que habrá podido recalentar una masa de roca mayor que si se hubiera producido en una sola fase aislada. Hay indicios para suponer que en dicha área haya habido un vulcanismo terciario.

Cuestión fundamental está en si la energía térmica almacenada se ha disipado (hipótesis basada en la falta de indicios activos, tales como fumarolas, mofetas, solfataras, geysers, fuentes termales) o por lo contrario estamos ante el caso de un sistema geotérmico cerrado. Cerrado debido a las potentes masas de terrenos plásticos e impermeables que habrán podido cicatrizar las fisuras y fracturas abiertas cuando el vulcanismo, y los llamados "self sealing processes" por FACCA (1970) debidos a la circulación de aguas termales que abandonan depósitos minerales y producen minerales de neoformación por alteración (arcillas). Con las debidas reservas, y dada la juventud del campo de Olot, y similitud con otros campos similares, nos inclinamos en pensar que se trata de un sistema cerrado, sin, o a penas sin, manifestaciones de ninguna clase (especialmente en las zonas intermedias y norte del campo de Olot). Esto podrá ser demostrado con uno o pocos sondeos de exploración bien emplazados.

Si se demuestra que la energía térmica no se ha disipado y estamos en un campo sellado, la investigación deberá de planearse como si se tratara de hidrocarburos, buscando trampas para el aprovechamiento de gases y especialmente de vapor ("steam system"), o de sistema mixto vapor y agua. Deberá también demostrarse la existencia de acuíferos, naturaleza química de las aguas y la posible recarga

de los mismos. Ante esta posibilidad cabe también pensar en la generación de gas metano por recarbonización de depósitos bituminosos o carboníferos; así como en la síntesis inorgánica de metano por efecto del contacto del magma con las formaciones carbonatadas.

Si se demuestra, por el contrario, que la energía geotérmica de Olot está en un avanzado estado de disipación y las estructuras están abiertas, la investigación deberá de encaminarse a la posible explotación de un "water thermal system" bien sea en acuíferos sinclinales, o bien en las fallas activas que acusan en la actualidad un marcado termalismo: Fallas de Llémana en Santa Pau y en Batet; falla de Amer en Sant Felú de Pallerols y Amer; ya que el agua, a temperaturas inferiores al punto de ebullición (entre 50 y 100° C), constituyen en la actualidad una fuente de energía competitiva.

Digamos, finalmente, que en la provincia de Gerona existen otras áreas que merecían, por su volcanismo, una investigación de energía geotérmica.

A N E X O

EQUIVALENCIAS Y SINONIMIAS LITOSTRATIGRAFICAS DEL PALEOGENO DE LAS COMARCAS DE OLOT Y RIPOLL

Fm. BELLMUNT (Gich)=EOCENE SUBCONTINENTAL (Defalque)=TERME ROUGE INTEREMEDIAIRE (Defalque)=MOLASSE DE L'EOCENE SUP. (Kromm)=TRAMO ROJO INTERMEDIO (Almela y Ríos).

Mb. SANTA MAGDALENA equivale a la parte superior de la Fm. BELLMUNT (Gich).

Fm. MARGAS DE MANLLEU (Almela y Ríos)=MARGAS DE VIC (Reguant). En parte más al S equivalen al Mb. VIDRA (Gich).

Mb. PUIG SALCAM (Gich)=GRES DE FINESTRES+GRES DE LA FARGA (Defalque).

MARNES DE FABREGUES (Defalque)=equivale a la capa margosa M de Mb. MALLA (Gich).

Mb. BARCONS (Gich)=MARNES ET GRES DE LA FARGA (Defalque).

VALLFOGONA-B (Defalque) equivale lateralmente a las MARGAS DE BAÑOLAS (Defalque et alt.)=Mb. VALLFOGONA (Gich) equiv. a Mb. CAMPDEVANOL (Gich).

VALLFOGONA-A (Defalque) equivale lateralmente a la Fm. de ANHIDRITA (Defalque)=a la parte media de la Fm. VALLFOGONA (Gich).

Fm. SANT MARTI SACALM (Gich)=Fm. Far (Defalque) o COUCHES ROUGES DU FAR (Defalque) en parte equiv. lateral de Fm. CORONES (Gich y Defalque)= "Episode régressif du Cuisien et de la base du Lutétien" (Kromm).

SAGNARI (Gich, Defalque et alt.)="CALCAIRES A ALVEOLINES" "transgressiom Ilerdiense" (Kromm).

ARMANCIES (Defalque y Gich)="Calcaires á Silex" (Kromm).

BIBLIOGRAFIA

SOBRE APROVECHAMIENTO GEOTERMICO

KOENIG, J. B.: *Geothermal development* "Geotimes", march, 1971, págs. 10-12 (1971).

PROCEEDINGS OF THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY. Vol. II, GEOTHERMAL ENERGY; I. United Nations (1964).

PROCEEDINGS OF THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES ON ENERGY. Vol. III, GEOTHERMAL ENERGY: II. United Nations (1964).

THE ECONOMIC POTENTIAL OF GEOTHERMAL RESOURCES IN CALIFORNIA. *Geothermal Resources Board. State of California*, January (1971).

GEOTHERMAL RESOURCE INVESTIGATIONS, IMPERIAL VALLEY OF CALIFORNIA-STATUS REPORT. *United States Department of the Interior, Bureau of reclamation*, April (1971).

UNITED NATIONS SYMPOSIUM ON THE DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF GEOTHERMAL RESOURCES, Pisa (1970).

Section I.: *Geothermal Systems*, "Rapp." by E. TONGIORGI.

Section II.: *General Report on the Status of World Geothermal Development*, "Rapp." by G. FACCA.

Section III.: *The Geologic Environment of Geothermal Fields as a Guide to Exploration*, "Rapp." by J. Mc NITT.

BODVARSSON, G.: *The Exploitation of Geothermal Resources in the Present an Future*, "United Nations" (en prensa).

BARNEA, J.: *Geothermal Power*, "Scientific American", vol. 226, núm. 1, Jan., 1972, págs. 70-77.

CALAMAI, A., CERON, P.: *Air convection within "Montaña de Fuego" Lanzarote Island-Canarian Archipélago*, "U.N. Symposium", Pisa (1970).

GARRISON, L. E.: *Geothermal steam in the Geysers-Clear Lake Region, California*, "Geol. Soc. Am. Bull", v. 83, págs. 1.449-1.468 (1972).

BIBLIOGRAFIA DE LA REGION VOLCANICA DE GERONA (ESPECIALMENTE OLOT)

ALMELA, L.; RÍOS, J. M., y GARRIDO, J.: *Contribución al conocimiento de la zona subperinaica catalana. Observaciones geológicas sobre el borde Sur de los Pirineos orientales*, "Bol. IGME", t. 56, págs. 337-389 (1943).

ALMELA, A.: *Mapa Geológico de España*. Explicación de la Hoja núm. 294 "MANLLEU" "IGME" (1964).

ASHAUER, H.: *Die östliche Endigung der Pyrenäen*, "Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., III, 10, 115 p. Trd. esp. CSIC (1934).

ASHAUER, H. und TEICHMULLER, R.: *Die variscische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens*, "Abh. Gess. Wiss. Göttingen, Mart. Phys Kl", III, 16. Trad. (1935).

BATALLER, J. R.: *Estudio geológico de las aguas minerales de Cataluña*, "Rev. Ibérica", vol. 41, págs. 8, 40, 56, 152, 184 (1934).

BOLÓS, F. DE: *Noticia de los extinguidos volcanes de la villa de Olot* "Mem. Agricult. y Artes de Barcelona" (1820).

BOLÓS, A. DE: *L'estructura del pla d'Olot*, "Geol. Med. Occid.", t. 2, pág. 4, núm. 20. Barcelona (1931).

BOLÓS, M. DE: *Terrasses du Fluviá* "Livr. Guide exc. INQUA, V Congr. Int." 10 7 págs., Barcelona (1957).

CALDERÓN, S.; CAZURRO, M., y FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Las formaciones volcánicas de la provincia de Gerona*, "Mem. R. S. Esp. Hist. Nat.", t. 4, págs. 335-342 (1907).

CHEVALIER, M.: *Essai sur la physiographie de la Catalogne orientale*, Imp. Castelló. Palamós, 26 pp. (1926).

CHEVALIER, M.: *Contribution a l'étude du volcanisme en Catalogne*, "C. R. 26 Congr. Geol. Inst.", t. 4, páginas 1.453-1.793. Madrid (1928)

CHEVALIER, M.: *Les terrasses quaternaires des environs d'Olot*, "Géolo. Med. Occid.", t. 2, pág. 4, núms. 21-23. Barcelona (1931).

DALLONI, M.: *Etude géologique des Pyrénées catalanes*, "Ann. Fac. Sc. Marseille", t. 26, fasc. 3, 373 pág. Alger (1930).

DEFALQUE, G.: *Etude des permis de Montagut d'Olot et de la region située à l'Est et au Sud de ces permis*, CIEPSA-SEPESA, "Rapp. Géol." 54 (1968).

DONVILLE, D.: *Géologie néogène et âges des éruptions volcaniques de la Catalogne orientale*, "Tesis Univ. Toulouse" (1973).

EETÉVEZ, A. *La estructura de la Garrotxa (Gerona) en el sector comprendido entre Coma Negra y Sant Joan les*

Font. Relaciones entre zócalo y cobertura, "Cuad. Geol.", t. 1, págs. 123-133. Granada (1970).

ESTÉVEZ, A.: *La estructura de la Garrotxa (Gerona) en el sector comprendido entre Coma Negra y Sant Joan les Font. Relaciones entre zócalo y vobertera*, "Cuad. Geol.", v. 1, págs. 123-133, 2 figs. Univ. Granada (1970).

FONTBOTÉ, J. M. et GARCÍA, B.: *Le versant Sud des Albères*, "C. R. Soc. Géol. fr." (6), t. 8, págs. 939-960.

FONTBOTÉ, J. M. et GARCÍA, B.: *Aperçu sur la tectonique cassante de la zone axiale des Pyrénées orientales entre les bassins de la Cerdagne et de l'Ampourdan. Roussillon*, "Bull. S. Géol. Fr." (6), t. 8, págs. 884-890 (1958).

FONTBOTÉ, J. M. et VILLALTA, J. F. de: *Le versant espagnol des Pyrénées orientales (Ampourdan)*, "Bol. S. Géol. Fr." (6), t. 8, págs. 939-960 (1958).

FONT SAGUÉ, N.: *L'Andesita anfibòlica de Vilacolum (Empordà)*, "Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.", 2.ª Ep., t. 4, págs. 56-63. Barcelona (1907)

GUARDIA, P.: *Volcans tertiaries et quaternaires de la province de Gerona et paléomagnétisme de leurs coulées*, "Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dynam" (2), v. 6, fasc. 3, págs. 201-210 (1964).

KROMM, F.: *L'âge et les conditions de sédimentation des couches rouge de l'Éocène terminal entre l'Ampurdán et le rio Ter (Prov. de Gerone-Espagne)*, "Act Soc. Linn. Bordeaux", t. 103, sér. B, núm. 9, pág. 12 (1966).

KROMM, F.: *Caractères géologiques principaux de la région d'Olot-Besalu (Prov. de Gérone-Espagne)*, "Act. Soc. Linn. Bordeaux", Sér. B., t. 104, núm. 17, págs. 4-18 (1967).

LLOPIS LLADÓ, N.: *Sobre la Geología de la Garrotxa y la estructura del borde occidental del Ampurdán*, "An. Univ. Barcelona", 1941-1942, págs. 213-238 (1942).

LLOPIS LLADÓ, N.: *La morfoestructura de los Catalánides*, "CISC. Inst. "L. Mallada", 372 págs. Barcelona (1974).

MARCET RIBA, J.: *Periodos eruptivos de la provincia de Gerona. Provincias petrográficas gerundenses. Mudanzas magmáticas gerundenses*, "Est. Geol.", núm. 9, páginas 189-217 (1948).

MARCET RIBA, J.: *Edad geológica de los periodos eruptivos de las Gabarres y de la Costa Brava Catalana*, "Mem. R. Ac. Cienc. Artes Barcelona", t. 29, págs. 385-441 (1948).

MARCET RIBA, J.: *Rocas eruptivas de las Gabarres y de la zona adyacente de l Costa Brava Catalana*, "Publ. Inst. Mun. Cienc. Nat. Barcelona, Ser. Geol.", v. 1 núm. 1 (1947).

- MASACHS, ALAVEDRA, V.: *Aportación a una revisión del volcanismo gerundense*. "IGME. Libro Jub.", t. 1, 45 páginas (1950).
- PALLI, L.: *Estratigrafía del Pleoceno del Empordá y zonas limítrofes*. "Pub. de Geol., Univ. Aut.", Barcelona, núm. 1.
- RIBERA FAIG, J.: *Sobre el Plioceno del Alto Ampurdán*. "Bol. R. S. Esp. Hist. Nat.", t. 43, págs. 41-64 (1945).
- RÍOS, J. M., y MASACHS ALAVEDRA, V.: *Mapa Geológico de España*. Explicación de la Hoja núm. 295 "BAÑO-LAS" (Gerona y Barcelona). IGME, E. 1:50.000 126 pp. (1953).
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M., y MARCET RIBA, J.: *Región volcánica de Olot*. "26 Congr. Geol. Inst. Exc. C-4", págs. 39-64 y 140-216". IGM1. Madrid (1926).
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: *Catálogo de los volcanes de la provincia de Gerona*. "Bull. Vulcanologique. Un. Géod. et Géophys. Int.", Nápoles, 16 págs. (1927).
- SOLÉ SABARÍS, L.: *Observaciones sobre el Plioceno de la Comarca de la Selva (Gerona)* "Est. Geol.", t. 4, págs. 287-307 (1948).
- SOLÉ SABARÍS, L., y LLOPIS LLADÓ, N.: *Terminación septentrional de la Cordillera Costera Catalana*. "Assoc. Est. Gel. Med. Occid.", t. 6, núm. 1, 87 pp. Barcelona (1939).
- SOLÉ SABARÍS y MARCET RIBA, J.: *Mapa Geológico España. Explicación de la Hoja núm. 334 "GERONA"*. "IGME", E, 1.50.000, 140 p. (1949).
- SOLÉ SABARÍS, L.; FONTBOTE, J. M., MASACHS, V., y VIRIGILI, C.: *Continuidad de las escamas de corrimiento del Ampurdán entre Figueres y el Macizo de Montgrí*. "Univ. Barcelona. Vol. Hom. F. Pardillo", 10 pp., Barcelona (1955).
- SOLÉ SABARÍS, L.: *L'Empordá et région volcanique d'Olot*. "Livret Guide Exc. aux Pyrénées, INQUA, V. Congr. Inter.", 107 pp. Barcelona (1957).
- SOLÉ SABARÍS, L.: *Observaciones sobre la edad del volcanismo gerundense*. "Mem. R. Ac. Cienc. Artes Barcelona", v. 34, núm. 12, págs. 359-372 (1962).
- VILLALTA, J. F. de: *Le Néogène de l'Ampourdán*. "Bull. Soc. Géol. Fr." (6), t. 8, págs 947-948 (1958).

Recibido: Octubre 1974.

Consideraciones petrológicas, estructurales y estratigráficas en la depresión de Peraleda-Valsequillo (Badajoz-Córdoba)(*)

Por V. SANCHEZ CELA y V. GABALDON LOPEZ

RESUMEN

En el presente trabajo se atribuye edad devónica y carbonífera para los materiales de la depresión de Peraleda-Valsequillo, deducida a partir de nuevos datos petrológicos-estructurales de las sierras cuarcíticas, y a la existencia de rocas calcáreas bien situadas en la columna estratigráfica.

ABSTRACT

In this paper Devonian and Carboniferous age is given for the materials pertaining to the Peraleda-Valsequillo depression.

This age is deduced from new petrologic-structural data of the cuarcitic formations as well as the existence of calcareous rocks whose position in the stratigraphic column is well established.

I. INTRODUCCION

La zona objeto de estudio está situada en la confluencia de las Hojas a escala 1:50.000 número 831 (Zalamea de la Serena), 832 (Monterrubio de la Serena), 856 (Maguilla) y 857 (Valsequillo) (fig. 1).

En esta zona, constituida por una amplia depresión de dirección hercínica NW-SE limitada por sierras cuarcíticas, se había definido la existencia de un posible Precámbrico por las características estructurales y estratigráficas, que en resumen eran las siguientes (fig. 2).

"Las sierras cuarcíticas que limitan la depresión de Peraleda-Valsequillo serían los flancos de un gran anticlinal de edad Ordovícica, en cuyo núcleo y discordante aflora un sustrato migmatítico que puede ser atribuido al Precámbrico. Las cuarcitas,

que se atribuyen al Arenig, presentan un conglomerado basal discordante sobre los esquistos migmatíticos. Esta discordancia parece corroborarse por las estructuras que son 'disconformes'."

Al estudiar detenidamente estas estructuras y los materiales relacionados con ellos ha hecho que llegáramos a conclusiones estratigráficas, estructurales y petrogenéticas diferentes a las establecidas actualmente para aquella zona.

Los datos bibliográficos existentes demuestran cierta disconformidad en cuanto a la estructura y estratigrafía de estos materiales.

R. MAASS (1961), aunque estudia una parte muy limitada de esta depresión (Hoja n.º 832, Monterrubio), atribuye al Preordovícico los esquistos, sobre los que aparece discordante el conglomerado basal del Ordovícico, éste representado por las cuarcitas.

T. FEBREL (1963) y T. FEBREL y J. SAENZ DE SANTAMARÍA (1964) interpretan a los conglomerados como "adosados" a las cuarcitas, a las que atribuyen edad devónica.

(*) Este estudio ha sido realizado en parte con la ayuda del proyecto MAGNA del Instituto Geológico y Minero de España.

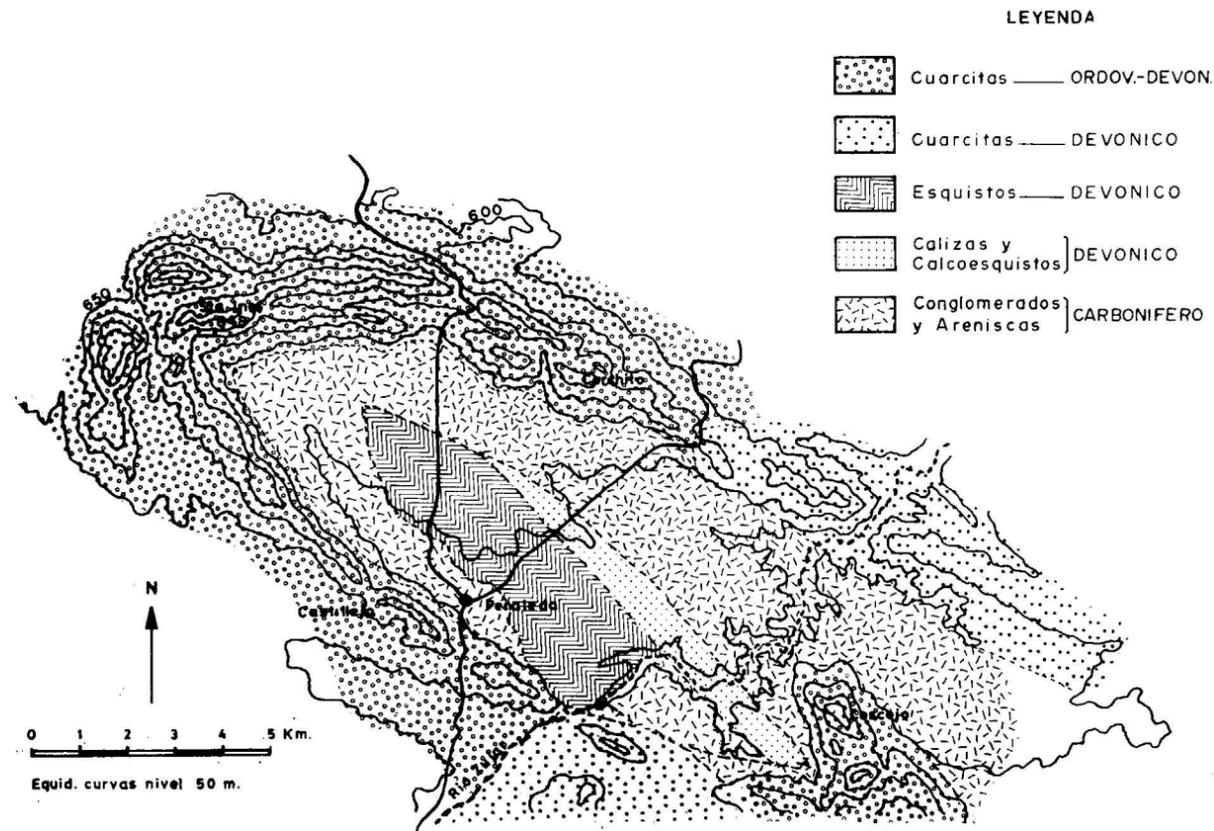


Figura 1

Esquema geológico de la depresión de Peraleda.

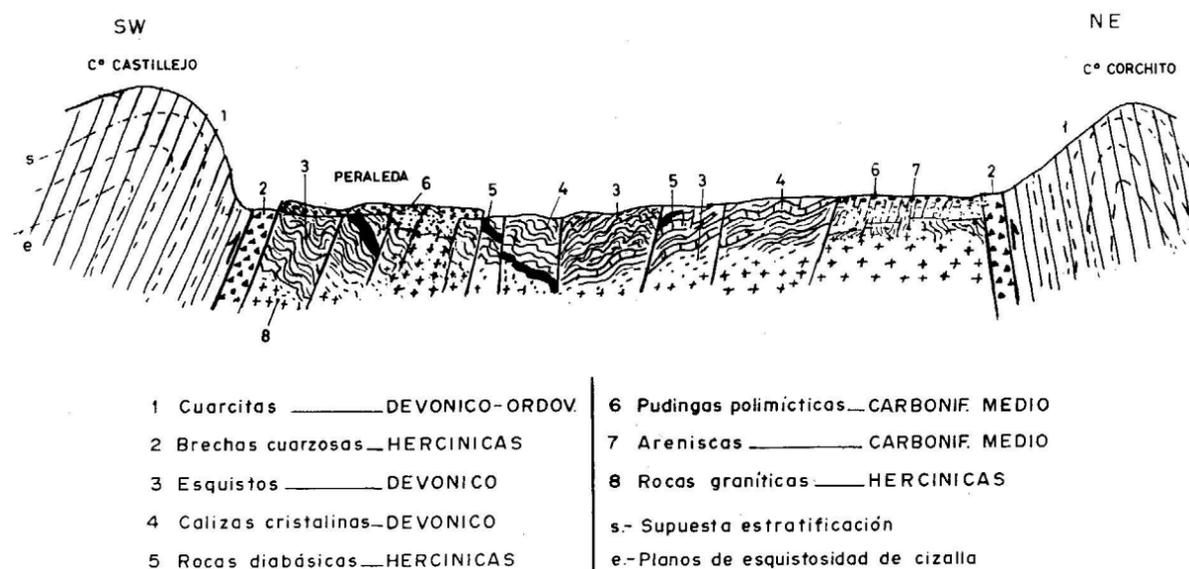


Figura 2

Interpretación estructural-estratigráfica-petroológica de la depresión de Peraleda.

N. LLOPIS LLADO et al. (1970) coinciden en gran parte con los resultados de MAASS, estableciendo una discordancia de posible edad precámbrica, entre los esquistos que atribuyen al Precámbrico y las cuarcitas del Ordovícico.

La evolución de las conclusiones establecidas por nosotros nacieron del estudio y observaciones realizadas en los siguientes materiales:

1.º Tipos de *conglomerados* y posición estratigráfica con relación a los materiales cuarcíticos de las sierras.

2.º Relación estructural de los *esquistos* con los materiales adyacentes: cuarcitas y conglomerados.

3.º Existencia de *calizas cristalinas* y *calcoesquistos* asociados a los esquistos muy análogos a los de Campillo de Llerena de edad conocida.

4.º Existencia de *rocas diabásicas* muy análogas a las de zonas próximas bien "situadas" en la columna estratigráfica.

5.º Caracteres petrológicos-estructurales de las *sierras cuarcíticas*.

II. CONGLOMERADOS Y ARENISCAS

El estudio petrológico-estructural de las facies conglomeráticas de la depresión de Peraleda, ha constituido para nosotros la pieza fundamental para llegar a consideraciones estructurales y estratigráficas diferentes a las establecidas hasta la actualidad y a conclusiones petrogenéticas no abordadas con relación a algunas facies conglomeráticas existentes en dicha zona.

Del citado estudio se deduce, que existen en el área de Peraleda dos facies conglomeráticas con caracteres petrológicos, estructurales y estratigráficos muy distintos.

La facies más abundante, y a la que se refieren casi todos los autores, está constituida por unas pudingas polimícticas discordantes sobre la formación esquistosa "migmatítica" y que se "adosa", como bien ha advertido T. FEBREL en Valsequillo, a las cuarcitas de la Sierra del Castillejo, supuesto flanco anticlinal de edad ordovícica.

Esto es fácilmente comprobable en el mismo pueblo de Peraleda, en donde se aprecia cómo las pudingas buzan unos 5 a 30º en sentido contrario de la alineación cuarcítica. Asimismo en el corte del río

Zújar este conglomerado en ningún punto aparece a la base de dichas cuarcitas.

Existe también una brecha cuarzosita concordante con la "estructuración" cuarcítica, que algunos autores asocian con las pudingas y que claramente se puede apreciar su íntima relación con zonas de fracturas, como se observa en el pueblo de Peraleda, corte del río Zújar, etc. (fig. 2).

El que en algún punto la zona de brecha afecte a las pudingas no es razón para que se puedan relacionar ambas facies conglomeráticas, ya que sus caracteres sedimentológicos, mineralógicos y estructurales son tan distintos que es imposible tratar de relacionarlas.

El proceso de granitización patente en la depresión de Peraleda-Valsequillo, manifestado en parte por una abundante silicificación, puede en algunos casos enmascarar los contactos entre ambas facies. Esto es la causa de que las facies de pudingas aparezcan como "soldadas" tanto a la formación esquistosa como a las cuarcitas, lo que añadido a los potentes coluviales de ladera que enmascaran los contactos ha dado motivo a diversas interpretaciones estructurales-estratigráficas.

Por contener cantos de rocas diabásicas y pórfidos muy semejantes a las formaciones localizadas entre el Devónico Superior y el Carbonífero Inferior atribuímos las pudingas polimícticas al Carbonífero Medio-Superior, posiblemente Dinantiense Superior-Namuriense.

La textura y composición de las pudingas polimícticas es variable según su distribución espacial estando condicionada esta variabilidad:

- 1.º Por la naturaleza de las áreas madres, y
- 2.º Por el proceso de granitización.

En general se aprecia una máxima variabilidad tanto en la naturaleza de los cantos como en el grado de granitización en el sentido NW-SE, es decir, de Peraleda hacia Valsequillo. Así, cerca de la "cerrada" cuarcítica, hoja de Zalamea, el conglomerado está formado por cantos redondeados-subredondeados de 2 a 8 centímetros por término medio, constituidos fundamentalmente por materiales cuarcíticos y en menor cantidad de pórfidos graníticos, y esporádicamente de rocas diabásicas.

La "matriz", muy abundante en algunos puntos, está constituida por granos fundamentalmente de cuarzo y asociaciones cuarcíticas, de contornos difusos, con frecuencia indentaciones a modo de "gol-

fos de corrosión". Subordinado hay algún feldespato potásico, casi siempre en asociaciones micrográficas con cuarzo, y como éste, de contornos difusos. Accesorios hay minerales opacos, turmalina y moscovita. Todos estos elementos están englobados en una pasta-cemento sericítica con recristalizaciones moscovíticas y cuarzo cripto-microcristalino.

En los alrededores del pueblo de Valsequillo este conglomerado, que es una continuidad estructural-estratigráfica del de Peraleda, presenta caracteres distintos, tanto que estudiados aisladamente podrían interpretarse como conglomerados diferentes.

Los cantos aquí son en gran proporción de naturaleza básica, constituidos por rocas diabásicas de diferentes facies texturales-mineralógicas, con otros de rocas cuarcíticas, calcáreas, pórfidos graníticos y rocas graníticas.

Tanto en el campo como al microscopio petrográfico es muy difícil clasificar lo que es matriz y lo que es cemento, a causa de estar muy recristalizados por el proceso de granitización, bastante intenso en este área. Así al N del pueblo de Valsequillo los cantos son ya difíciles de individualizar, estando englobados por un "cemento" que ya "visu" o petrográficamente deberíamos clasificar mejor como un verdadero granito, al estar formado por granos de tamaño grueso más o menos trabados entre sí de cuarzo y feldespatos alcalinos, con micas accesorias.

Es muy significativo que estas rocas se enlazan más o menos gradualmente con los granitos que afloran al NW y E de Valsequillo.

Para nosotros este área es un bonito ejemplo de granitización que afecta a un conglomerado sedimentario y en la que a una escala relativamente reducida se aprecia el paso gradual desde un conglomerado a un verdadero granito.

Entre los conglomerados de Peraleda y los de Valsequillo muy granitizados existe toda una gama de facies conglomeráticas intermedias.

Las areniscas, asociadas a los conglomerados, presentan texturas samíticas y sefítico-samíticas. Están constituidas por granos casi en su totalidad de cuarzo de contornos difusos, con frecuentes indentaciones a modo de "golfos de corrosión". Subordinado hoy feldespato potásico, casi siempre en asociación micrográfica con cuarzo y como aquél de contornos igualmente difusos.

La matriz, muy abundante, está constituida por pequeños granos de cuarzo mono y policristalino de

contornos difusos. Subordinado hay algún feldespato potásico en texturas micrográficas. Accesorios hay minerales opacos (ilmenita), turammina y moscovita. Todos estos elementos están englobados en una pasta-cemento sericítica con recristalizaciones moscovíticas y cuarzo microcristalino.

De los estudios petrográficos deducimos que los conglomerados y areniscas de la depresión de Peraleda-Valsequillo proceden de un área madre de naturaleza fundamentalmente cuarcítica, con pizarras y algunas alineaciones de pórfidos-porfiroides graníticos y de rocas diabásicas.

III. ESQUISTOS

Los caracteres estructurales y texturales-mineralógicos de esta formación son muy análogos a los de Campillo de Llerena, en donde han sido datados como de edad devónica (1). Presentan una esquistosidad principal muy replegada a causa de las abundantes "inyecciones de cuarzo". Los repliegues a escala local podrían en algún caso interpretarse como disconformes con la alineación estructural de las cuarcitas, pero si los analizamos a escala de la estructura general de la "cerrada cuarcítica" vemos que no es así, puesto que cerca de las sierras cuarcíticas la esquistosidad es paralela a la estructuración de las cuarcitas. Esta aparente disconformidad estructural, interpretada por algunos autores como discordancia estratigráfica, parece que está motivada por dos hechos principales:

1.º Los esquistos del núcleo están muy replegados, con direcciones de esquistosidades muy variables a causa de las abundantes inyecciones diferenciales, encontrándose estadísticamente todas las direcciones entre las típicas hercínicas NW-SE y otras que más o menos pueden ser perpendiculares a éstas. Estas últimas parece ser que fueron tomadas como únicos datos estructurales para indicar la dirección de la esquistosidad por algunos autores anteriores; y

2.º A causa de los abundantes piedemontes y recubrimientos en general Pliocuaternarios, que hacen que difícilmente pueda observarse la evolución de las direcciones estructurales de los esquistos desde las zonas centrales de la depresión hasta las sierras cuarcíticas.

Afortunadamente hay suficientes afloramientos, más o menos continuos, en los que se pueden estu-

(1) Memoria explicativa del "Plan Magna" a escala 1/50.000, hoja 13-24, Maguilla (IGME, en prensa), 856.

diar esta evolución. Como ocurre con el cauce del río Zújar que aproximadamente atraviesa las sierras y depresión de Peraleda en dirección SW-NE, y en donde se puede apreciar la concordancia estructural de los esquistos con las sierras cuarcíticas.

Petrográficamente los esquistos presentan bandas más o menos replegadas de inyecciones granoblásticas de cuarzo, que alternan con asociaciones micáceas de clorita-moscovita-biotita, diferencialmente recristalizadas, con restos de minerales sericíticos. Subordinados hay desdespatos alcalinos: albita o albita-oligoclasa, y en menor proporción feldespato potásico, éste casi siempre microclina. Accesorios puede haber apatito y minerales opacos, y esporádicamente turmalina y rutilo.

Todos presentan una esquistosidad principal muy acusada. La estratificación no se aprecia salvo en los casos en donde aparecen rocas carbonáticas.

De ninguna manera podemos aceptar la alternancia de "niveles" micáceos y cuarcíferos como indicativo de estratificación, pues, para nosotros, está claro la inyección silíceas que origina un bandeado metamórfico según direcciones de flujo subverticales, casi siempre oblicuas a la estratificación.

En algunas zonas aparecen niveles de feldespatización más acusada. Estas, que suelen cortar a la esquistosidad principal, originan una segunda esquistosidad, menos marcada.

La feldespatización se acentúa según avanzamos en dirección SE, es decir, a medida que nos acercamos a los afloramientos graníticos de Valsequillo, lo que parece indicarnos que el gradiente de granitización, que sigue la dirección hercínica principal,



Figura 3

Caliza cristalina metamorfizada con restos de braquiópodos (río Zújar-pto. 1º 49' 20", 38º 27' 10").

aumenta gradualmente de Peraleda a Valsequillo, lo que corrobora las observaciones realizadas en los conglomerados.

IV. ROCAS CARBONATICAS

La existencia de calizas cristalinas y calcoesquistos concordantes con los esquistos en la depresión de Peraleda-Valsequillo había sido citada por FEBREL (1963) en la zona del río Zújar (Hoja de Valsequillo), en donde dicho autor las incluye dentro de las facies "estrato-cristalinas" pertenecientes al Devónico.

A pesar de que dicho autor las databa como del Devónico teníamos ligeras dudas sobre su posición estratigráfica debido a que también existían otros datos bibliográficos (MAASS, 1961; LLOPIS LLADO et al., 1970), así como comunicaciones verbales de otros autores, que atribuían a estos materiales y esquistos relacionados edad preordovícica, posiblemente precámbrica.

El encontrar más tarde macro y microfauna bien clasificable, en la zona de Campillo de Llerena, en facies petrográficas muy análogas a las de Peraleda-Valsequillo (calizas cristalinas y calcoesquistos intercalados en la serie de esquistos) nos hizo pensar, en principio, que la datación de FEBREL podía ser correcta. Esto originó que investigáramos con más detenimiento en la zona del río Zújar, investigación que fue coronada por el éxito al encontrar otros afloramientos de rocas carbonáticas en la depresión de Peraleda.

Estas rocas, al parecer, no debieron de ser "advertidas" por los autores que atribuyen el núcleo de Peraleda a un posible Precámbrico. Lo cual, en parte, tiene su explicación puesto que hasta hace poco sólo afloraban en reducida extensión en el río Zújar. La "erosión humana" ha hecho que aparecieran retazos de afloramientos más extensos al haber sido arrancadas encinas que en sus raíces arrastraron bloques calcáreos ocultos por los sedimentos plio-cuaternarios.

En estos nuevos afloramientos de rocas carbonáticas aparecen, en puntos muy aislados, restos de micro y macrofauna mal conservados a causa del metamorfismo, análogos a los de la zona de Campillo, en donde la presencia de algún braquiópodo bien conservado hizo posible su datación (fig. 3).

Indudablemente la presencia de restos fósiles invalidaban ya una posible edad precámbrica.



Figura 3

Caliza cristalina metamorfizada con restos de braquiópodos (río Zújar-pto. $1^{\circ} 49' 20''$, $38^{\circ} 27' 10''$).

V. ROCAS DIABASICAS

La existencia de estas rocas en la depresión de Peraleda, observada por nosotros ya al iniciarse este trabajo, fue uno de los primeros hechos que nos hizo pensar sobre consideraciones de índole estratigráfica de los materiales encajantes, pues en aquellas fechas ya empezábamos a sospechar cierta relación entre las rocas diabásicas y su situación dentro de la columna estratigráfica general, deducidas del estudio de estas rocas en áreas próximas (SÁNCHEZ CELA y ORDÓÑEZ, 1974).

Las conclusiones a que habíamos llegado sobre la "situación" estratigráfica y petrogénesis de estas rocas son aplicable a los afloramientos de la depresión de Peraleda, que son una continuación de los localizados más al SE, en el área de Los Blázquez, considerados en el citado trabajo.

Los afloramientos, que son muy reducidos, se localizan al SE del pueblo de Peraleda estando asociados a los esquistos. Los caracteres más sobresalientes son:

- a) Presencia de contactos difusos con los esquistos.
- b) Petrográficamente y a escala muy reducida comprende tipos entre diabasas típicas y rocas denominadas por nosotros como "protodiabasas" constituidas por diabasas calcáreas con todos los tránsitos entre rocas carbonáticas calco-esquistosas y las diabasas.
- c) Están estructuralmente conformes con la formación de esquistos, presentando una marcada esquistosidad.

Aunque no aparezcan otros afloramientos visibles de estas rocas consideramos posible su existencia en otros puntos de la depresión de Peraleda, como en la zona del mapa interpretado por nosotros como de afloramientos de rocas carbonáticas, por la existencia de suelos de tonos pardo-rojizos muy característicos de asociaciones de rocas carbonáticas-rocas diabásicas en áreas muy próximas, y que parcialmente se han podido comprobar a causa de la labor humana al arrancar fragmentos de rocas carbonáticas del subsuelo.

VI. CUARCITAS

a) *Introducción.*

Las formaciones cuarcíticas, que forman casi siempre la mayoría de las sierras en esta zona, constituyen para nosotros los materiales que presentan los problemas estructurales, estratigráficos y "petrogenéticos" más acusados.

La dificultad de la interpretación estructural-estratigráfica se ha plasmado ya en los mapas geológicos de la zona o de áreas próximas, en donde una misma sierra cuarcítica ha sido interpretada por diversos autores como un anticlinal, como un sinclinal y hasta por un flanco de un anticlinal o sinclinal.

En la presente nota queremos exponer una serie de observaciones que creemos son fundamentales para la comprensión petro-estructural y por añadidura, de la "situación" estratigráfica de las cuarcitas de dicha zona. Todas estas observaciones se han realizado en "flancos" de posibles anticlinales, como son los que cierran la depresión de Peraleda, mediante el estudio de su evolución longitudinal, transversal y en profundidad.

b) *Evolución longitudinal.*

En el aspecto petrográfico hemos observado como, en muchos casos, un aparente "estrato" cuarcítico evoluciona linealmente, a veces a escala métrica, de una cuarcita a una pizarra a través de facies intermedias, en zonas donde no se aprecia alteración de índole tectónica.

En el aspecto estratigráfico es muy difícil explicar como un mismo "banco" cuarcítico evoluciona, por ejemplo, de un Ordovícico a un Devónico, si como afirman algunos autores aquellos "bancos" corresponden a estratos de un flanco de un pliegue.

Esta "anomalía" geológica no se manifiesta frecuentemente a causa de la ausencia de pruebas faunísticas, pero cuando éstas aparecen surgen entonces los graves problemas de interpretación petro-estructural.

Así los bancos cuarcíticos del cerro Corchito, supuesto "flanco anticlinal" de la cerrada de Peraleda (Hoja de Maguilla), atribuido al Ordovícico, se continúa al SE, hoja de Valsequillo, por la Sierra del Torozo datada por su fauna por T. FEBREL, como del Devónico (Eifeliense-Cobleciense). En esta alineación cuarcítica interpretada como un flanco es

evidente que no se aprecia la estructura de un pliegue anticlinal, que con un eje axial que cabecee hacia el SE pudiese dar explicación a aquella evolución estratigráfica.

Independientemente de otras observaciones complementarias la explicación posible para esta evolución sería la de constituir cada alineación cuarcítica pliegues de tipo anticlinal, en los que la estratificación estuviese enmascarada por la "esquistosidad o planos de cizalla", estos condicionados por factores petrogenéticos.

c) *Evolución transversal.*

Del estudio petrográfico transversal de una alineación cuarcítica atribuida como perteneciente a un flanco de un pliegue, como por ejemplo la sierra del Castillejo de Peraleda, se deduce lo siguiente:

La zona central ("columna vertebral") de la Sierra corresponde a cuarcitas típicas de textura granoblástica. Hacia los bordes pasan gradualmente a cuarcitas areniscosas, muchas veces verdaderos microconglomerados, y por último la zona de contacto con los esquistos es una brecha de "cantos" angulosos de cuarzo de tonos hialinos, que a veces forman verdaderos diques muy fracturados.

En la zona de brecha, que puede ocupar una franja de hasta 50 metros, se aprecian frecuentes mineralizaciones y sobre todo, lo que creemos interesante, concentraciones feldespáticas más abundantes que en el resto.

Esta brecha cuarzosa ha sido interpretada por diversos geólogos como un "conglomerado basal" de las sierras, éstas atribuidas, por sus facies cuarcíticas, al Ordovícico, y que ya ha sido tratado en el apartado II (Conglomerados y areniscas).

Otro carácter importante relacionado con esta evolución es la existencia frecuente de "pizarras talcosas" que hemos interpretado como de origen tectónico, secundario y originadas a causa del efecto de cizalla, al deslizarse unos tramos pizarrosos sobre otros, que siguen en general la dirección de estructuración de más pendiente.

d) *Evolución en profundidad.*

El estudio petrográfico de una alineación cuarcítica en profundidad, no siempre posible de realizarlo a causa de no existir buenos cortes, creemos que constituye una de las "piezas clave" para la posible

comprensión petro-estructural de gran parte de las sierras cuarcíticas.

En los pequeños cortes del área de Peraleda hemos observado, a pesar de la reducida escala, una evolución petrográfica en profundidad de los "bancos" cuarcíticos.

Esta evolución en profundidad ya la habíamos observado en otras áreas próximas en donde los cortes en profundidad son más acusados como ocurre en las Sierras de Castuera, Cabeza de Buey y Hornachos.

Esta evolución en profundidad se traduce más o menos en lo siguiente: Las cúspides de los bancos cuarcíticos corresponden más a una asociación de cuarzo-cuarcita que a una verdadera cuarcita; muchas veces es cuarzo blanco o hialino muy puro. En profundidad pasan primeramente a cuarcitas típicas granoblásticas, constituidas en su casi totalidad de cuarzo, y luego gradualmente a cuarcita con cierta proporción de feldespatos alcalinos.

En aquellas zonas en donde los cortes son más profundos evolucionan a verdaderas "arcosas", en las que la textura no tan granoblástica parece que está condicionada por la composición; son, por lo tanto, más alterables. Esta alterabilidad de las cuarcitas más feldespáticas ("arcosas") añadido a la presencia de abundantes coluviales y a la de cortes poco profundos, parece ser la causa de que no se hayan podido interpretar adecuadamente los caracteres petrológicos y estructurales de muchas sierras cuarcíticas.

e) *Consideraciones petro-estructurales.*

De la evolución petrológica-estructural-estratigráfica en sentido longitudinal, transversal y en profundidad de una alineación cuarcítica interpretada como perteneciente a un "flanco" del anticlinal, como el de Peraleda, añadido a las observaciones petrográficas-estratigráficas de los materiales que constituyen el "núcleo" de este aparente anticlinal nos atreveríamos a establecer unas consideraciones petrológicas-estructurales que pudieran explicar más o menos racionalmente aquellas observaciones, y que teóricamente podían sintetizarse como sigue:

— Gran parte del material silíceo correspondiente a las alineaciones cuarcíticas del área de Peraleda son para nosotros productos de las manifestaciones más externas en los procesos de granitización de tipo dinámico.

— Estos procesos originarían silicificaciones ascendentes, mediante líneas de flujo subverticales, que dan lugar a planos y esquistosidades de cizalla así como diaclasados que borrarían, casi siempre, todo vestigio de la estratificación primitiva.

— Los materiales más silíceos adquieren un crucero de fractura mientras que las pizarras una esquistosidad de flujo originada por los fluidos hidrotermales que transporta la sílice y otros minerales.

— Debido al aporte de material hay un aumento de volumen que origina una compresión lateral y un crecimiento de las estructuras según la dirección del flujo, con abundantes pliegues a todas las escalas.

— El aumento de volumen sería la causa principal de las peculiaridades tectónicas de las cuarcitas con relación a las pizarras adyacentes y también de la existencia de zonas de brechas en muchos contactos de las masas cuarcíticas con los materiales pizarrosos. Estas brechas se habrían originado por inyección de cuarzo y simultánea brechificación a causa de los movimientos ascendentes.

— La existencia de esas "brechas" interpretadas por diversos autores como facies sedimentarias conglomeráticas, añadido a las disconformidades estructurales entre los materiales cuarcíticos y los pizarrosos ha dado motivo a interpretaciones estructurales-estratigráficas erróneas.

— El proceso de silicificación, muy diferencial en profundidad, podría ser representado con bastante aproximación por los relieves cuarcíticos en sus "épocas juveniles". Debido a que la erosión diferencial es más o menos proporcional al grado de silicificación, los gradientes y "profundidad" de silicificación podrían estar más o menos representados por los modelados actuales de las sierras.

— Por último, debemos considerar el concepto de "anticlinal petrológico" para definir una estructura "anticlinal", generalmente de naturaleza cuarcítica, que en su dirección estructural afecta a niveles estratigráficos diferentes, existiendo una disarmonía entre las estructuras sedimentarias, generalmente no patentes, y las tectónicas bien visibles pero tomadas en muchos casos como de origen sedimentario.

VII. CONSIDERACIONES FINALES

Del estudio geológico del área de Peraleda-Valsequillo añadido a "Consideraciones petro-estructurales de las sierras cuarcíticas" se pueden establecer consideraciones de índole estratigráficas, estructurales y petrogenéticas.

a) Consideraciones estratigráficas.

1) Los materiales esquistosos del núcleo de Peraleda-Valsequillo, que inercalan calcoesquistos, calizas, cristalinas y rocas diabásicas, se les debe atribuir una edad devónica por contener restos faunísticos, aunque mal conservados, y caracteres petrográficos muy análogos a los de Campillo de Llerena.

2) Las sierras cuarcíticas de la cerrada parecen corresponder (no hay datos faunísticos concluyentes a pesar de las huellas de *Scolithus*) a serie comprendidas entre el Devónico y posiblemente el Ordovícico.

3) Los conglomerados-pudingas, de cantos polimícticos, discordantes sobre los esquistos, están adosados a los materiales cuarcíticos de las sierras. Deben atribuirse al Carbonífero Medio por no estar afectados por la granitización lineal de pórfidos-dibasas del Carbonífero Inferior y por contener cantos de estas rocas análogas a los de otras zonas bien datadas.

b) Consideraciones petrológicas.

4) Existe un conglomerado-brecha de fragmentos de cuarzo que no tiene ninguna relación con el anterior, y aunque estructuralmente concordante con las cuarcitas no debemos atribuirle un significado estratigráfico al haberse originado por inyección de cuarzo y simultánea brechificación, fenómeno frecuente en las zonas del contacto de los bancos cuarcíticos con los materiales pizarrosos-esquistosos.

5) La granitización afecta a los conglomerados y areniscas que se transforman gradualmente de NW a SE, desde facies con cantos bien individualizados, poco feldespáticos, a facies graníticas, en las que difícilmente se individualizan los cantos.

6) Todos los materiales de la depresión de Peraleda han sufrido un metamorfismo con aportes de



VIII. BIBLIOGRAFIA

bajo grado que se manifiesta por cuarzo y feldespatos alcalinos que se inyectan según la "estructuración" primitiva y que originan numerosos repliegues a causa del aumento de volumen.

7) Las rocas diabásicas existentes en la depresión de Peraleda-Valsequillo han sido originadas por procesos de granitización durante el Carbonífero Inferior que afectan a rocas calcodolomíticas atribuidas al Devónico.

c) Consideraciones estructurales.

8) Las alineaciones cuarcíticas de la depresión de Peraleda corresponden a estructuras anticlinales que cierran en sí mismo y que están marginadas por materiales del Devónico con facies petrográficas distintas en ambos flancos a causa del diferencial proceso metamórfico, originado por la granitización dentro de la depresión.

FEBREL, T.: *Explicación de la Hoja n.º 857, Valsequillo (Córdoba-Badajoz)*. "Mapa Geol. Esp.", Escala 1:50.000 (1963).

FEBREL, T. y SAENZ DE SANTAMARÍA, J.: *El Devónico del Sur del batolito de Los Pedroches, en las provincias de Córdoba y Badajoz*. "Not. Com. Inst. Geol. Min.", 73, 51-60 (1964).

LLOPIS, N.; SAN JOSÉ, M. A., y HERRANZ, P.: *Nota sobre una discordancia posiblemente precámbrica al SE. de la provincia de Badajoz y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes*. "Bol. Geol. Min." LXXXI-VI, 586-592 (1970).

MAASS, R.: *Die Geologie insbesondere des Devon, im Bereich der Orte Castuera-Cabeza de Buey-Monterrubio (Extremadura, Südspeanien)*. "Abh. Akad. Wiss. Lit. Mainz". Wiesbaden, H-2 (1961).

SÁNCHEZ CELA, V., y ORDÓÑEZ, S.: *Consideraciones sobre unas rocas diabásicas del SE. de la provincia de Badajoz*. "Bol. Geol. Min. Esp.", LXXXV (1974).

Recibido: Febrero 1974.

Estudio Mineralógico de sedimentos Triásicos en el sector Occidental de la Cordillera Ibérica

Por M. A. CABALLERO (*) y M.^a D. RUIZ CRUZ (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian mediante difracción de rayos X, A. T. D. y análisis mecánico las fracciones totales, limo y arcilla de muestras pertenecientes al Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper de series del sector occidental de la Cordillera Ibérica.

Se trata de series muy detríticas en las que todos sus minerales mayoritarios son claramente heredados, sólo en el Muschelkalk el carácter químico es acentuado, aunque en él, junto a la dolomita y la calcita, aparecen minerales detríticos, tales como cuarzo, plagioclasas, illita e interstratificados.

ABSTRACT

Tre present paper studies, by means of X-Ray diffraction, DTA and mechanical analysis, the silt and clay total fractions of the Buntsandstein, Muschelkalk and Keuper samples at the West sector of the Iberica Range.

We here deal with detritic series in which the main minerals are clearly inherited, only in the Muschelkalk the chemical charater is emphasized eventhough detritic minerals such as quartz, plagioclasas, illite and interstratified minerals appear together with dolomite and calcite.

INTRODUCCION

La fracción fina del Trías español ha sido estudiada por diferentes autores: Martín Vivaldi y Mac Ewan (1960); Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego (1961); Lucas (1962); Dorronsoro, González y Martín Vivaldi (1967); Krum (1969); Marfil (1962); González, Fenoll Hach-Alí y Martín Vivaldi (1971); De la Peña (1972); Caballero y Lóñez Aguayo (1972).

Los autores citados anteriormnte ofrecen solamente un aspecto parcial del problema. Caballero, en 1972, realizó un estudio general sobre la distribución y génesis de los minerales arcillosos en cuatro cuencas de sedimentación triásica españolas, llegando a la conclusión de que la distribución en

el tiempo y en el espacio de los minerales de la arcilla, así como su génesis, estaba ligada íntimamente a la evolución geomafológica del área fuente, al clima, a la compartimentación de la cuenca y a los iones presentes en la misma. Todos estos factores condicionan que la evolución de las cuencas no haya sido contemporánea, e incluso, que determinados procesos como la herencia, la neoformación o la transformación de los minerales puedan ser suprimidos o favorecidos según las condiciones locales.

Tales conclusiones determinan que el estudio de la génesis y la distribución de los minerales triásicos deba ser detallada, evitando en lo posible la generalización a cuencas diferentes de la estudiada.

Estos hechos son los que nos han inducido a realizar un detallado estudio —el cual constituye la tesis doctoral de uno de nosotros (M. D. R. C.)— de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica, con objeto de tratar de establecer no sólo las relaciones existentes entre minerales arcillosos y

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

no arcillosos, sino las condiciones que han determinado la evolución de la cuenca en el tiempo y en el espacio.

El presente trabajo recoge los resultados iniciales obtenidos del estudio de las series litológicas muestreadas hasta el momento.

SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

La Cordillera Ibérica constituye el reborde oriental de la meseta castellana. Se inicia al sur del Paso de la Bureba (provincia de Burgos) y se extiende en dirección SE hasta el cabo de La Nao, en la provincia de Alicante, con una longitud de 450 a 500 kilómetros y una anchura de 100 kilómetros, que en la región de Albarracín-Serranía de Cuenca sobrepasa los 150 kilómetros.

El Triásico en la Cordillera Ibérica alcanza un gran desarrollo y es, indudablemente, la zona de la Península Ibérica, donde se encuentra mejor representado, con su característica facies germánica. Sus tres pisos poseen las peculiaridades propias, y ya conocidas de estos sedimentos: Buntsandstein, formado por areniscas, con pequeñas intercalaciones arcillosas y conglomerados basales que en algunos puntos se extienden a todo el piso. La potencia es muy variable, aunque, en general, se observa que disminuye hacia el Oeste; el Muschelkalk, formado por calizas, dolomías y margas, con frecuentes variaciones de potencia; y el Keuper, cons-

tituido por arcillas, margas abigarradas y niveles arenosos, de potencias variables; es frecuente la presencia de yesos y sales. Su potencia es considerable, disminuyendo, sobre todo, hacia el Oeste.

En las figuras 1 y 2 se muestra la situación geográfica de las series de Sigüenza y El Cercadillo, objeto de este estudio.

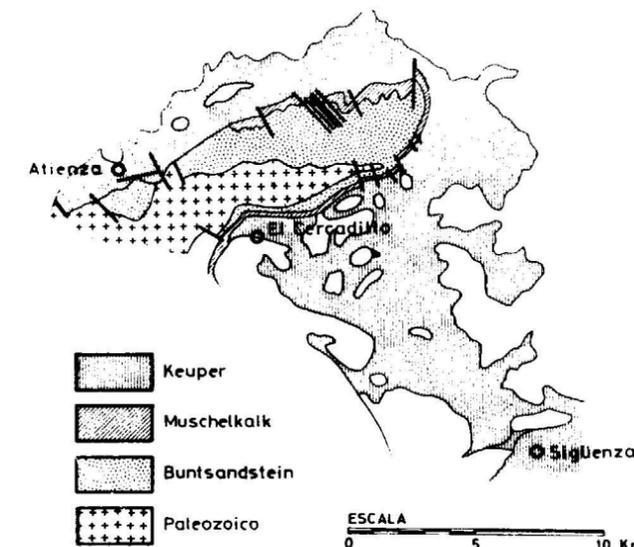


Figura 2

Situación geográfica de la Serie de El Cercadillo

MATERIALES Y METODOS

Las figuras 3 y 4 muestran las columnas estratigráficas correspondientes a las series de Sigüenza y El Cercadillo, respectivamente. En la primera de ellas los términos presentes pertenecen al Buntsandstein y al Muschelkalk; en la segunda están representados los términos de facies Keuper.

La potencia del Buntsandstein en esta zona es difícil de estimar, ya que aflora en el núcleo del anticlinal de Sigüenza; nosotros hemos muestreado los 35 metros superiores, únicos accesibles. El número total de muestras recogido ha sido de 16. Litológicamente está constituido por una alternancia de niveles rojos de areniscas, con estratificación cruzada, cantos abundantes y algunas de ellas muy micáceas, de 1 a 5 metros de potencia, y niveles de arcilla de color rojo o pardo, muy arenosas, con una potencia del orden del decímetro.

El Muschelkalk está constituido por dolomías que pasan en determinadas zonas a margas dolo-

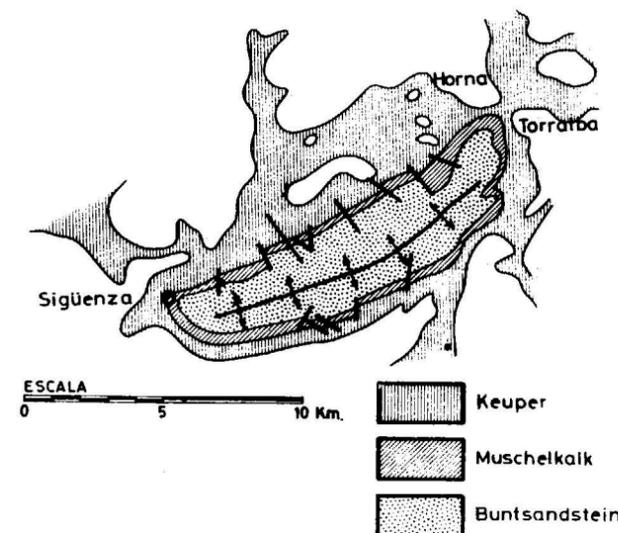


Figura 1

Situación geográfica de la Serie de Sigüenza

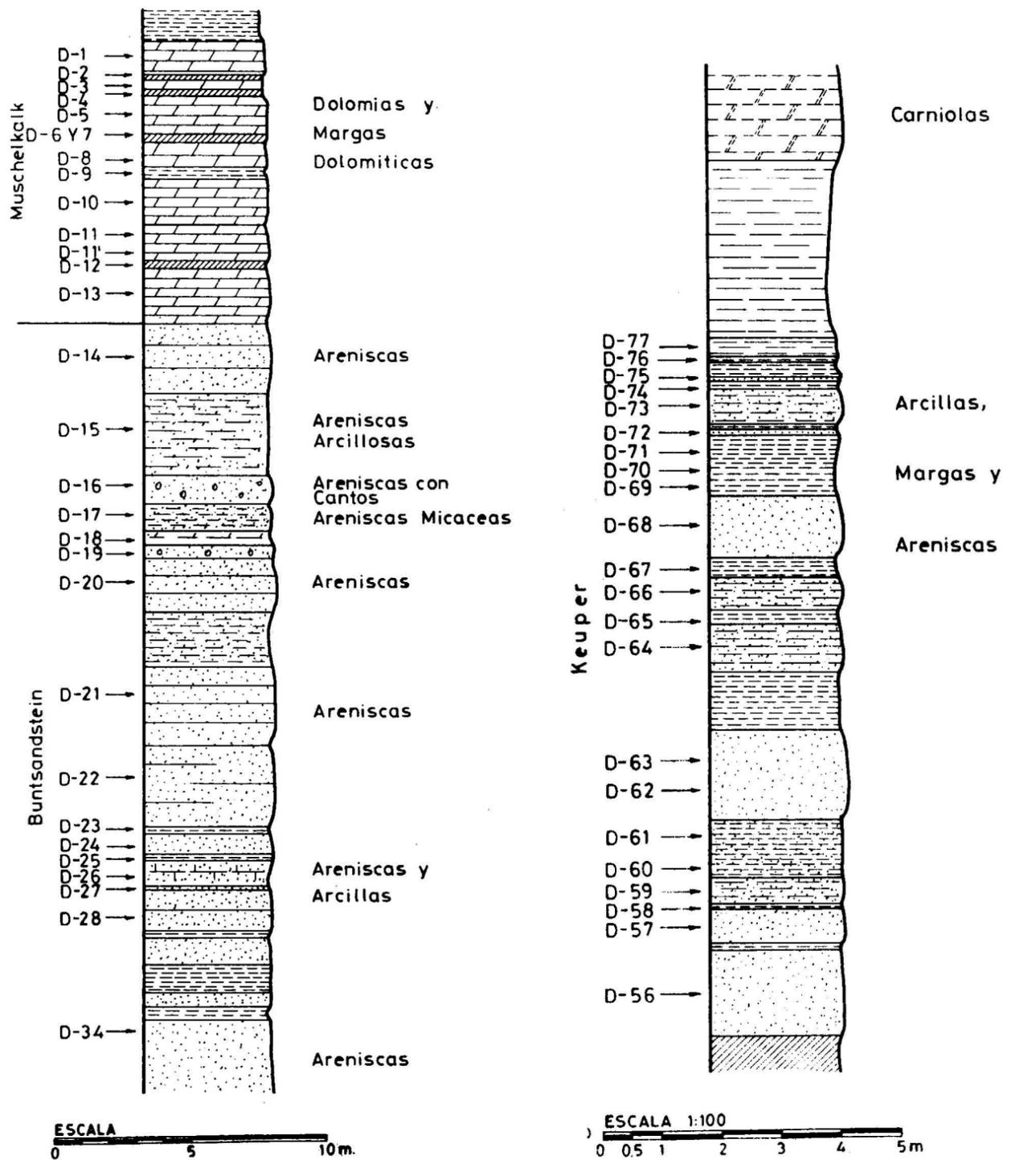


Figura 3

Columna litológica y situación de las muestras estudiadas de la Serie de Sigüenza

Figura 4

Columna litológica y situación de las muestras estudiadas de la Serie de El Cercadillo

míticas. Su potencia es de 12 metros. Según Schröder (1929), los términos presentes en este punto pertenecen al Muschelkalk inferior. Esta serie se ha establecido y muestreado en el flanco Norte del anticlinal de Sigüenza, al este del pueblo.

A unos 15 kilómetros en dirección Oeste y junto al pueblo de El Cercadillo se ha establecido y muestreado el Keuper, ya que en el punto anteriormente descrito las condiciones de afloramiento no eran adecuadas.

Litológicamente en el Keuper de esta zona pueden distinguirse dos tramos. En el inferior, de unos 85 metros de potencia, las areniscas de colores rojizos y pardos alcanzan un gran desarrollo, mientras que en el tramo superior, de unos 55 metros de potencia, las areniscas forman niveles poco potentes, predominando las margas y arcillas de colores abigarrados.

A algunas de las muestras se le procedió a realizar análisis mecánicos, según el método de Robinson y empleando como dispersante "Calgón".

Todas las muestras fueron analizadas mineralógicamente por difracción de rayos X, realizándose

estudios sobre preparados de polvo de la muestra total y de las fracciones arcilla y limo. Igualmente, las fracciones limo y arcilla han sido estudiadas sobre preparados de agregados orientados sin tratamiento previo y tratados con etilenglicol, calentamiento a 550° C, y en algunos casos, con ácido sulfúrico.

La fracción fina se obtuvo por decantación y utilizando "Calgón" como dispersante. Esta fracción fue tratada con Cl₂Mg, con objeto de homogeneizar el complejo de cambio.

Para la estimación semicuantitativa de los minerales arcillosos y no arcillosos se han empleado los poderes reflectantes dados por Martín Pozas (1968), Galán (1972) y Caballero (1972).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los datos relativos a composiciones mineralógicas y los análisis semicuantitativos correspondientes se han deducido de los difractogramas sobre las

Tabla I
Composición mineralógica y análisis semicuantitativo de las muestras globales. Serie de Sigüenza.

Piso	Muestra	Q	Pl	Cal.	Dol.	Filosilicatos
Musch.	D-1	3	2	—	70	25
"	D-2	4	4	—	65	24
"	D-4	3	3	—	70	24
"	D-5	2	2	—	80	16
"	D-6	1	1	—	88	10
"	D-7	4	2	—	71	23
"	D-8	1	—	3	90	6
"	D-10	1	—	4	79	16
"	D-11	1,5	—	13	71	14
"	D-11'	10	—	10	71	5
"	D-12	9	1	6	62	22
"	D-13	4	5	12	56	23
Bunt.	D-14	39	28	—	8	25
"	D-15	21	19	9	26	25
"	D-16	35	55	—	10	—
"	D-17	40	30	—	8	22
"	D-18	25	25	—	21	29
"	D-19	66	28	—	6	Trazas
"	D-20	47	43	—	9	Trazas
"	D-21	38	44	6	3	9
"	D-22	44	46	—	10	Trazas
"	D-23	24	14	—	—	62
"	D-24	52	28	7	5	7
"	D-25	39	22	—	—	39
"	D-26	29	21	37	13	Trazas
"	D-27	50	30	—	5	15
"	D-28	25	75	—	—	Trazas
Q	D-34	65	35	—	—	Trazas

Q.—Cuarzo; Pl.—Plagioclasa; Cal.—Calcita; Dol. Do-lomita.

muestras globales y sobre las fracciones limo y arcilla.

Las tablas I y II muestran las composiciones mineralógicas y los análisis semicuantitativos de las muestras globales. En las tablas III, IV, V y VI se da la composición mineralógica y los análisis semicuantitativos para las fracciones limo y arcilla, respectivamente. Las tablas VII y VIII muestran los resultados de los análisis mecánicos.

Serie de Sigüenza:

a) Buntsandstein (tablas I, III, V y VII).

Como minerales no arcillosos aparecen cuarzo, plagioclasa, dolomita y calcita. La proporción de cuarzo varía entre el 20 por 100 y el 60 por 100 del total de la muestra; en las más ricas en cuarzo, el porcentaje de minerales arcillosos es muy bajo o no aparecen. Las plagioclasas oscilan entre

TABLA II

Composición mineralógica y análisis semicuantitativo de las muestras globales. Serie de El Cercadillo.

Piso	Muestra	Q	Pl	Cal.	Dol.	Filosilicatos
Keuper	D-56	39	21	—	5	35
"	D-57	44	15	13	13	15
"	D-58	13	6	4	21	56
"	D-59	42	16	—	30	12
"	D-60	66	20	—	—	34
"	D-61	22	19	—	31	28
"	D-62	75	15	—	—	10
"	D-63	77	23	—	—	Trazas
"	D-64	24	18	9	39	10
"	D-65	34	14	—	19	33
"	D-66	22	19	—	26	33
"	D-67	45	20	—	5	30
"	D-70	46	15	35	4	Trazas
"	D-71	15	5	11	33	36
"	D-72	9	5	—	53	33
"	D-73	30	16	10	24	20
"	D-74	38	17	—	15	30
"	D-75	33	15	—	7	45
"	D-76	25	27	4	34	10
"	D-77	6	4	63	—	27

Abreviaturas iguales a las de la Tabla I.

TABLA III

Composición mineralógica y análisis semicuantitativo de la fracción limo. Serie de Sigüenza.

Piso	Muestra	Q	Pl	Cal.	Dol.	Il	Cao.	17,6 A	Cl
Bunt.	D-14	14	—	—	—	43	2,5	Ind.	—
"	D-15	8	20	28	28	44	—	—	—
"	D-17	38	34	—	5	23	—	Ind.	Tr.
"	D-18	23	10	—	26	41	—	—	—
4	D-19	26	—	—	—	25	—	Ind.	—
"	D-23	11	13	—	—	76	—	Ind.	—
"	D-24	20	—	—	—	64	5	Ind.	—
"	D-25	20	6	—	—	70	4	Ind.	—
"	D-26	5	11	14	15	65	—	Ind.	Tr.
"	D-27	13	9	—	—	75	3	—	—
"	D-28	31	—	—	—	33	6	Ind.	—
"	D-34	45	—	—	—	24	3	Ind.	—

Q.—Cuarzo; Pl.—Plagioclasa; Cal.—Calcita; Dol.—Dolomita; Il.—Ilita; Cao.—Caolinita; 17,6A.—Interstratificado.—Cl.—Clorita.

TABLA IV

Composición mineralógica y análisis semicuantitativo de la fracción limo. Serie de El Cercadillo.

Piso	Muestra	Q	Pl	Cal.	Dol.	Il	Cao.	Cl
Keuper	D-56	9	10	—	—	62	12	7
"	D-57	20	13	—	12	51	4	—
"	D-58	12	—	—	—	83	2	3
"	D-62	29	16	—	—	35	20	—
"	D-63	19	8	—	—	57	16	—
"	D-66	31	26	—	31	12	—	—
"	D-67	18	13	—	66	3	—	—
"	D-70	21	11	45	—	14	9	—
"	D-73	18	11	—	10	50	11	—
"	D-76	22	15	6	19	38	—	—

Abreviaturas iguales a las de la Tabla III.

TABLA V

Composición mineralógica y análisis semicuantitativo de la fracción arcilla. Serie de Sigüenza.

Piso	Muestra	Q	Pl	Cal.	Dol.	Il	Cao.	Cl
Bunt.	D-14	37	19	—	—	40	4	—
"	D-15	25	—	—	20	55	—	—
"	D-17	16	26	—	—	37	8	12
"	D-18	31	—	—	—	69	—	—
"	D-19	21	—	—	—	54	5	—
"	D-22	—	—	—	—	100	—	—
"	D-23	—	—	—	—	100	—	—
"	D-24	—	—	—	—	100	—	—
"	D-25	—	—	—	—	100	—	—
"	D-26	—	—	—	—	100	—	—
"	D-27	—	—	—	—	100	—	—
"	D-28	—	—	—	—	100	—	—
"	D-34	—	—	—	—	100	—	—

Abreviaturas iguales a las de la Tabla III.

TABLA VI

Composición mineralógica y análisis semicuantitativo de la fracción arcilla. Serie de El Cercadillo.

Piso	Muestra	Q	Pl	Cal.	Dol.	Il	Cao.
Keuper	D-56	—	—	—	—	91	9
"	D-57	23	—	—	—	73	4
"	D-58	—	—	—	—	88	12
"	D-62	34	—	—	—	48	18
"	D-63	—	—	—	—	93	7
"	D-66	31	—	—	14	55	—
"	D-67	—	—	—	—	100	—
"	D-70	18	13	33	—	31	5
"	D-73	—	18	—	14	63	5
"	D-76	—	—	—	—	100	—

Abreviaturas iguales a las de la Tabla III.

TABLA VII

Análisis mecánicos. Serie de Sigüenza.

Piso	Muestra	% Ar. gruesa	% Ar. fina	% Limo	% Arcilla
Bunt.	D-14	88	16,4	0,85	0
"	D-15	90	9,1	4	0
"	D-18	65	13,5	10,5	11,4
"	D-20	91	9,3	0,15	0
"	D-21	60	39,5	0,8	0

TABLA VIII

Análisis mecánicos. Serie de El Cercadillo.

Piso	Muestra	% Ar. gruesa	% Ar. fina	% Limo	% Arcilla
Keuper	D-57	80	7,3	0	8
"	D-61	78	10,8	1,6	1,9
"	D-70	89,6	10,8	1,1	1,9
"	D-72	80	10,6	0	6,9
"	D-73	82	16	0	6,4
"	D-76	80	19,5	0,5	0

un 15 por 100 y un 50 por 100. La dolomita está presente en todas las muestras llegando a formar hasta un 26 por 100 del total. La calcita, por el contrario, sólo aparece en algunas de ellas.

En la fracción limo siguen apareciendo los mismos minerales no arcillosos, aunque en menor proporción. Los filosilicatos de la arcilla son "ilita" y caolinita; el porcentaje de "ilita" en la fracción limo puede llegar a ser casi del 80 por 100. Presenta líneas bien definidas a 9,9 Å, 4,9 Å y 3,33 Å. La línea a 9,9 Å suele ser aguda y simétrica en la mayoría de las muestras, sin variaciones sensibles frente a los diferentes tratamientos, de lo que se deduce que se trata de una "ilita" bastante cristalina, en algunas muestras es verdadera mica.

La reflexión a 7,2 Å de la caolinita es bien visible en las muestras en que se presenta. En la mayoría de ellas puede verse también la línea a 3,5 Å.

Es casi constante en la fracción limo la presencia de líneas en la zona de 15 Å a 18 Å. Es frecuente que aparezca un umbral entre 15,4 Å y 17,6 Å o, a veces, líneas diferenciadas, comprendidas casi siempre entre estos valores. Otras líneas correspondientes a este mismo mineral suelen aparecer a 6,7 Å y 6,45 Å. Se trata, sin duda, de un mineral interstratificado, que permanece inalterable tras

el tratamiento con etilenglicol y el calentamiento a 550°C. En algunos de los difractogramas, muy próxima a la línea de 15 Å aparece otra a 14,2 Å, que se ha interpretado como clorita; es poco frecuente y de baja intensidad.

La fracción menor de 2 micras de esta serie está formada, casi en su totalidad, por ilita, que aparece como único constituyente en la mayor parte de las muestras. Presenta una línea a 9,9 Å más abierta siempre que en la fracción limo, y que suele agudizarse tras el calentamiento a 550°C.

Aparece en algunas muestras una pequeña reflexión a 7,2 Å, correspondiente a caolinita, y sólo en una de ellas se ha podido identificar a 14,2 Å la reflexión (001) de la clorita.

El mineral interstratificado antes descrito en la fracción limo aparece solamente en una de estas muestras.

La tabla VII muestra los análisis mecánicos realizados en las muestras de esta serie. Como puede comprobarse, la arena gruesa constituye la mayor parte de todas las muestras (60 por 100-90 por 100); la arena fina oscila entre 10 por 100 y 40 por 100, y las fracciones limo y arcilla representan una parte mínima del total.

En la figura 5 se exponen los registros obtenidos al estudiar algunas de las muestras de esta serie por A. T. D. Dado que la ilita es el componente mayoritario, la curva posee el aspecto de los A. T. D. correspondiente a este mineral. Presenta un endotérmico a 130°C, ancho y poco definido; otro

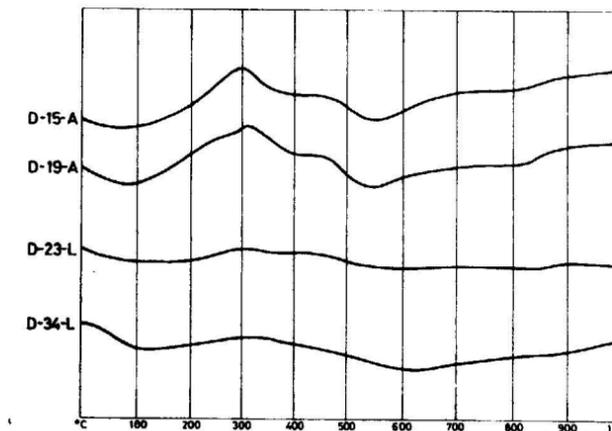


Figura 5

Registros de A. T. D. de muestras pertenecientes a la Serie de Sigüenza

endotérmico de iguales características aparece a 600°C, y por último, en algunos de los diagramas, puede verse en la región de los 900°C un ligero escalón exotérmico.

b) Muschelkalk (tabla I).

Las muestras correspondientes al Muschelkalk están formadas, casi en su totalidad, por dolomita, con pequeñas cantidades de cuarzo y plagioclasa. La calcita sólo aparece hacia la parte inferior de la serie, siendo, en general, poco abundante.

La proporción de minerales arcillosos es muy variable de unas muestras a otras, pero nunca llegan a sobrepasar el 25 por 100 del total.

La fracción arcillosa de estas muestras está formada, en su mayor parte, por ilita, que presenta, por lo general, una línea a 9,9 Å dentada y abierta, aunque ha podido comprobarse que en las muestras más margosas la línea se hace más aguda y simétrica.

Es frecuente que la ilita aparezca acompañada por un mineral que presenta bandas entre 14,0 Å y 18 Å, normalmente con un máximo a 17,6 Å, que permanece inalterable frente a los diferentes tratamientos.

Serie de El Cercadillo.

Keuper (tablas II, IV, VI y VIII).

Como minerales no arcillosos aparecen en esta serie cuarzo, plagioclasa, calcita y dolomita. El componente más abundante es el cuarzo, seguido de la plagioclasa. La cantidad de dolomita presente varía mucho de unas muestras a otras (0 por 100-50 por 100). La calcita es frecuente, pero poco abundante. La proporción de minerales arcillosos es también muy variable (0 por 100-56 por 100).

En la fracción limo, además de los minerales no arcillosos ya descritos, aparecen en mayor proporción ilita, caolinita y clorita. Las líneas de la ilita (10 Å, 4,9 Å y 3,33 Å) son bien definidas, agudas y simétricas, que desaparecen tras el calentamiento a 550°C. La línea a 14,2 Å de la clorita sólo aparece en las muestras correspondientes a la

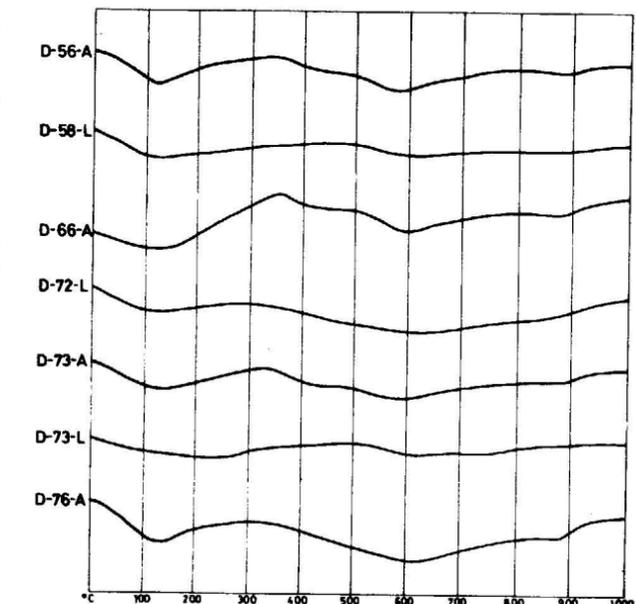


Figura 6

Registros de A. T. D. de muestras pertenecientes a la Serie de El Cercadillo

parte superior de la serie, presentando líneas abiertas y dentadas que sugieren una baja cristalinidad.

La fracción menor de 2 micras presenta como componentes casi exclusivos ilita y caolinita. La ilita, que en algunas muestras forma el 100 por 100 del total, presenta, por lo general, una línea a 9,9 Å asimétrica, abierta hacia pequeños ángu-

los y muy dentada, que se agudiza, por lo general, tras el calentamiento a 550°C. Su cristalinidad es mucho más baja que en la fracción limo. La caolinita presenta también a 7,2 Å líneas abiertas y dentadas, que desaparecen al calentar.

En la tabla VIII se muestran los resultados de los análisis mecánicos realizados sobre las muestras de esta serie. Puede observarse que se trata de muestras muy arenosas (Arena gruesa + Arena fina = 95 por 100), y el porcentaje de fracción limo y arcilla en ningún caso es superior al 10 por 100.

La figura 6 muestra los registros de A. T. D. realizados para algunas de las muestras de esta serie. Dada la similitud mineralógica con las muestras pertenecientes a la serie de Sigüenza, lógicamente, los registros de A. T. D. poseen similares características.

CONCLUSIONES

En las figuras 7-A y 8-A se muestra la variación de los minerales no arcillosos de las series de Sigüenza y de El Cercadillo, respectivamente. Las fi-

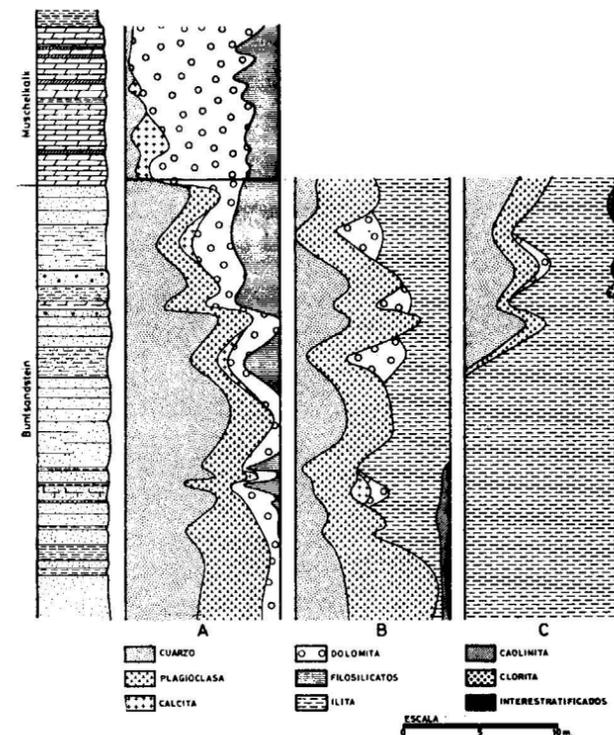


Figura 7

Variación de la composición mineralógica a lo largo de la Serie de Sigüenza. A, Muestra total; B, fracción limo; C, fracción arcilla

guras 7-B y 8-B muestran la variación mineralógica de la fracción limo en estas mismas series, y las figuras 7-C y 8-C, la misma variación para la fracción arcilla.

De los resultados expuestos anteriormente, así como de las figuras citadas se deduce que el cuarzo es un mineral muy abundante en todas las muestras, excepto en el Muschelkalk. La plagioclasa aparece siempre asociada al cuarzo, aunque en menor proporción que éste. La dolomita aparece, asi-

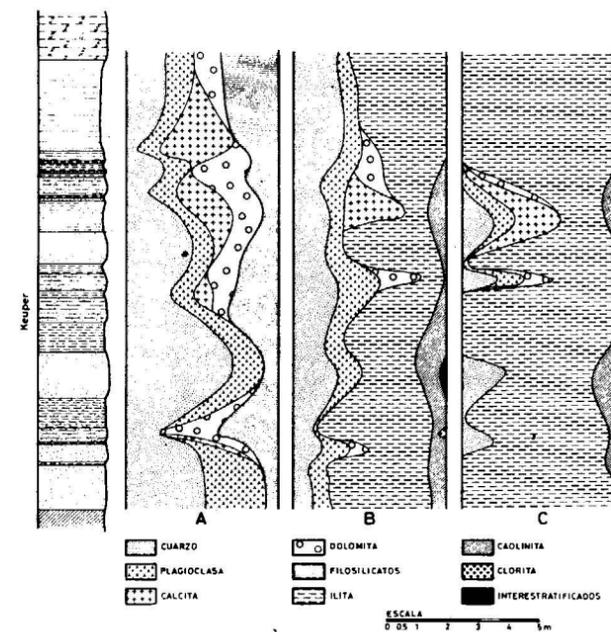


Figura 8

Variación de la composición mineralógica a lo largo de la Serie de El Cercadillo. A, muestra total; B, fracción limo; C, fracción arcilla

mismo, a lo largo de todas las series, siendo el componente fundamental de las muestras del Muschelkalk. La calcita se encuentra, sobre todo, en la parte inferior del Buntsandstein, en la parte inferior del Muschelkalk, y en pequeña proporción, en la mayor parte de las muestras del Keuper.

En cuanto a los minerales arcillosos, se observa que la ilita es el mineral mayoritario, tanto en la fracción limo como en la fracción arcilla, a lo largo del Buntsandstein y del Keuper, perdiendo importancia frente a los edificios a 17 Å en el Muschelkalk. La caolinita, siempre en mayor cantidad y mejor cristalizada en la fracción limo que en la

fracción arcilla, es algo más abundante en el Keuper que en el Buntsandstein, no apareciendo en el Muschelkalk. La clorita es muy poco frecuente, aparece tanto en el Buntsandstein como en el Keuper, en muestras aisladas.

La presencia del interestratificado, que presenta líneas alrededor de 17 Å, se encuentra limitada a los niveles muy detríticos del Buntsandstein y, en especial, a la fracción limo. En el Muschelkalk, este mismo interestratificado aparece en la fracción arcilla, y no existe en ninguna de las fracciones del Keuper.

La determinación de las especies que forman esta interestratificación es difícil, ya que no existe ningún edificio cristalino interestratificado, compuesto por dos tipos de láminas que pueda dar tales espaciados. Probablemente se trate de un edificio compuesto por más de dos tipos de láminas.

De los hechos expuestos anteriormente se deduce que las series estudiadas son muy detríticas, tal como muestra claramente su litología. Todos los minerales mayoritarios son detríticos (ilita, caolita, cuarzo, feldespatos). Sólo el Muschelkalk presenta un carácter químico acusado, aunque en él aparecen junto a la dolomita y a la calcita, cuarzo, plagioclasas, ilita e interestratificados.

La presencia de calcita en los términos inferiores del Buntsandstein y del Muschelkalk nos sugiere que en el Triás inferior y medio ha existido una alternancia rítmica en la concentración de Mg²⁺ en esta zona de la cuenca.

La presencia del interestratificado en la fracción limo del Buntsandstein, así como en la fracción arcilla del Muschelkalk y su desaparición en el Keuper, nos induce a pensar que se trata de un mineral heredado, ya que éste va disminuyendo en tamaño al aumentar las degradaciones continentales, por lo que se hereda primero en cristales más grandes (Buntsandstein) y posteriormente en cristales más pequeños (Muschelkalk). Una posible transgresión durante el Muschelkalk ha podido favorecer una disposición tal como la presente, ya que entonces las costas estarán más alejadas de este punto de depósito y, por lo tanto, el tamaño de las partículas disminuiría.

BIBLIOGRAFIA

CABALLERO, M. A., y LÓPEZ AGUAYO, F.: *Ambientes genéticos de los minerales de la arcilla en cuencias sedimentarias triásicas y wealdenses española*. VI Reunión del Grup. Español de Sed. Granada (1972).

CABALLERO, M. A.: *Estudio mineralógico y genético de la fracción fina del Trias Español*. Tes. Doct. Universidad Complutense de Madrid (1972).

DORRONSORO, C.; GONZÁLEZ, J., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: *Nota sobre la mineralogía del Trias Bético y Subbético*. VII Inter. Sed. Cong. Edimburg (publicado resumen) (1967).

GALÁN, E.: *Estudio mineralógico, genético y geológico de caolines españoles*. Tes. Doc. Universidad Complutense de Madrid (1972).

GONZÁLEZ, J.; FENOLL, P., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: *Estudio Mineralógico de los niveles arcillosos del Trias Alpujarride*. "Bol. Inst. Geol. Min.", LXXXI-VI, páginas 620-629 (1970).

KRUM, M.: *A scheme of clay mineral stability in sediments, based on clay mineral distribution in Triassic sediments of Europe*. 1969., Inter. Clay Conf. Tokyo, Japan, pp. 313-324 (1969).

LUCAS, J.: *La transformation des mineraux dans la sedimentation. Etude sur les argiles du Trias*. Mem. Ser. Cart. Geol. D'Alsace et Lorraine, núm. 23.

MARFIL, R.: *Estudio petrogenético del Keuper en el sector meridional de la Cordillera Ibérica*. Tes. Doc. Universidad Complutense de Madrid (1969).

MARTÍN POZAS, J. M.: *Análisis cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X*. Tes. Doc. Universidad de Granada (1968).

MARTÍN VIVALDI, J. L., y MAC EWAN, D.: *Corrensite and swelling chlorite*. "Clay Min. Bull.", vol. 4, núm. 24, páginas 173-181 (1960).

MARTÍN VIVALDI, J. L., y RODRÍGUEZ GALLEGU, M.: *Some problems in the identification of clay mineral in mixtures by X-ray diffraction. II. Chlorite, swelling chlorite and montmorillonite*. "Clay Min. Bull.", vol. 4, número 26, págs. 293-298 (1961).

PEÑA, J. A.: *Estudio petrogenético del Muschelkalk de la Cordillera Ibérica*. Tes. Doc. Universidad Complutense de Madrid (1972).

SRCHODER, E.: *La zona límite del Guadarrama y las cadenas Hespéricas*. Publ. Extr. sobre Geol. de España, tomo IV, págs. 235-291 (1929).

Recibido: junio 1973.

Geologia da Cova da Beira (Portugal Central)

Variação da triclincidade (ΔR_x) nos feldspatos-K de rocha graníticas(*)

Por V. COSTA (**)

RESUMO

O estudo da triclincidade (ΔR_x) dos feldspatos-K feito, em granitos porfiróides monzoníticos de região da Covilhã, considerando diversas escalas de observação, permitiu concluir: a) os fenocristais são constituídos por domínios de triclincidade variável; b) é maior a homogeneidade nos feldspatos genericamente monoclinicos e triclinicos máximos; c) em alguns cristais com macla de Carlsbad os dois indivíduos da macla têm triclincidades opostas; d) não há correlação da triclincidade com a orientação dos fenocristais; e) é possível dividir a região estudada em três zonas caracterizadas por três classes de (feldspatos); f) as maiores triclincidades encontram-se na proximidade do contacto com o Complezo xisto-grauváquico que ocorre a SW.

ABSTRACT

The study of the triclinicity of the K-feldspart in the porphyritic monzonitic granites of the Covilhã region has shown that: 1) there are domains of different triclinicity in any single megacryst, 2) the strongly monoclinic or triclinic feldspars are more homogeneous than the intermediate phases, 3) the two individuals that form a Carlsbad twinned crystal may present clearly different triclinicities, 4) there is no correlation between the triclinicity and the megacrysts orientation, 5) in this region it is possible to distinguish three zones characterised by their respective classes of K feldspars, 6) the K feldspars with higher triclinicities are found in the proximity of the contact between the granites and the "Complezo xisto-grauváquico" that crops out to the south-west.

1. AS ROCHAS QUE CONTÊM OS FELDSPATOS-K. AMOSTRAGEM.

O litotipo dominante na área (fig. 1) é um granito monzonítico porfiróide grosseiro essencialmente biotítico—referido na literatura sob o nome genérico de granito das Beiras—em que o constante porfiróidismo é resultante dos feldspatos-K. As dimensões médias dos fenocristais são aproximadamente de $3,5 \times 2 \times 2,5$ cm. A textura é porfiróide xeno-hipidiomórfica grosseira e define-se a paragénese feldspato-K+quarzo+plagioclase ($An_{36 \pm 2}$)+biotite++moscovite (escassa) comum em todo o granito monzonítico da Covilhã. Acessoriamente existem

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

(**) Investigador do projecto de Geologia da Cova da Beira do I. A. C.

apatite e zircão e como productos de alteração relacionados com a biótite castanha pinhão e clorite, minérios negros e opacos e esfena. O quartzo de contornos muito recortados apresenta extinção geralmente ondulante e é incluso goticularmente na plagioclase. Esta apresenta mais que uma geração e só raramente é zonada. A moscovite pode ser primária tardia e secundária de alteração.

Espacial e geneticamente estão relacionadas com este granito numerosas formações aplíticas e pegmatíticas bem como outros diferenciados.

Nas bordaduras do contacto não se nota uma marcada diferenciação havendo todavia um enriquecimento em moscovite e localmente um porfiróidismo acentuado.

O complexo xisto-grauváquico é por ele metamorfisado.



A amostragem (fig. 1) foi efectuada sistematicamente, sempre que possível, de modo a obter, uma distribuição regular em toda a área. Em 92 estações foram colhidas 107 amostras cada uma contendo pelo menos 6 fenocristais. Quando o afloramento

2. TÉCNICA LABORATORIAL UTILIZADA.

Para a obtenção dos diagramas de R_x utilizamos um difractor Philips PW-1010, goniómetro e registorador automático e detector Geiger. Usámos a

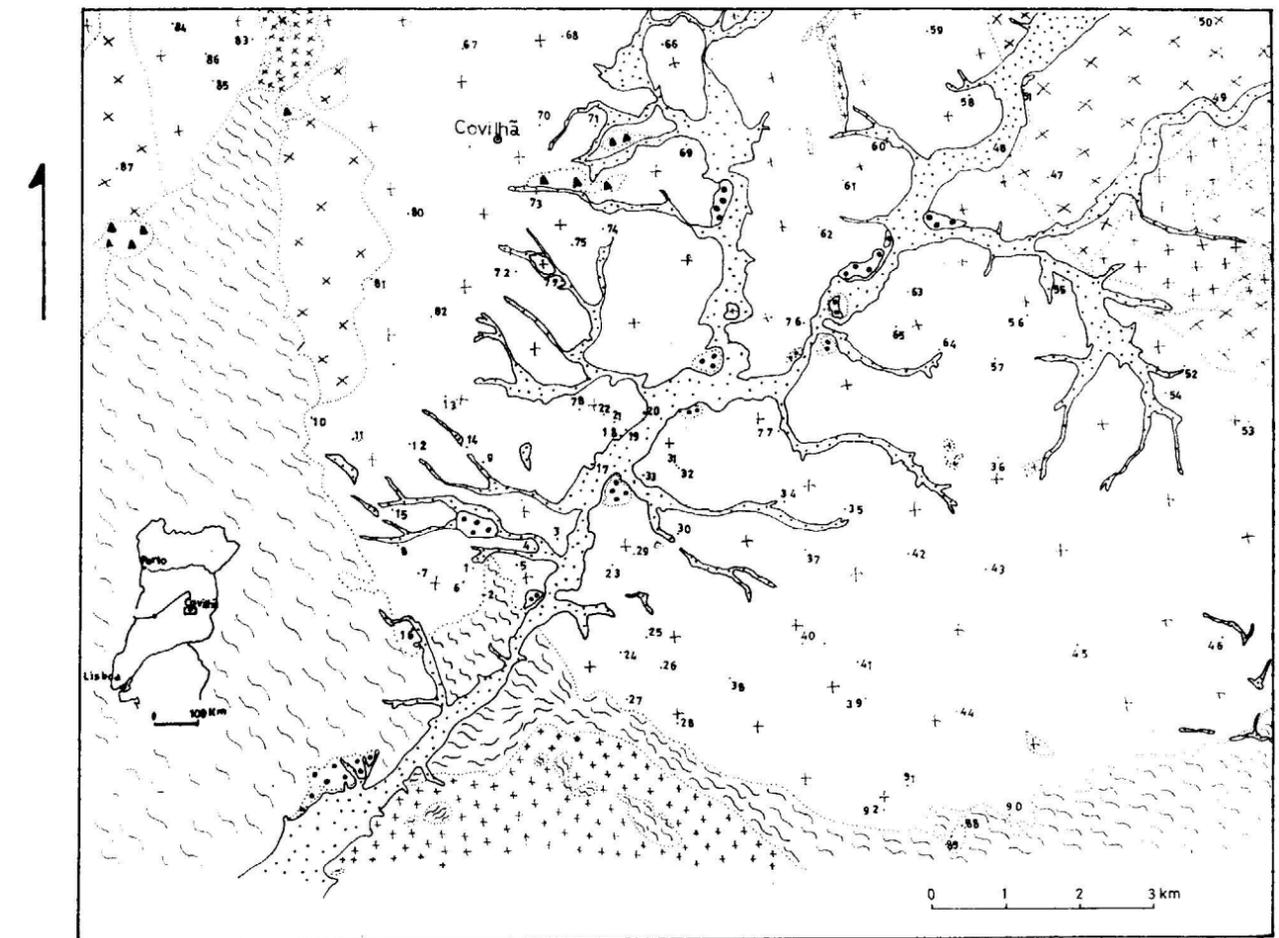
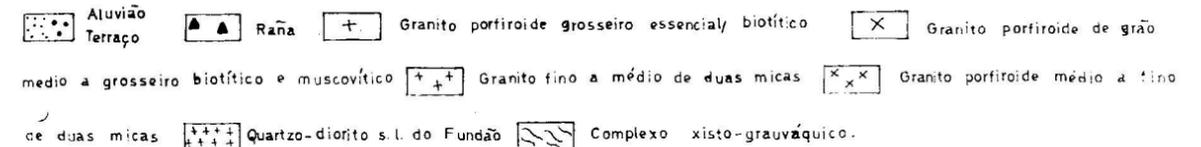


FIG. 1—Esboço geológico e carta de amostragem da região onde se estudaram os feldspatos-K.



apresentava fenocristais sub-orientados em mais do que uma direcção, colheram-se tantas amostras quantas as orientações preponderantes (amostras A e B).

radiação K_α do cobre produzida sob 36 KW e 14 mA. Para constantes de sensibilidade após vários ensaios adoptamos as seguintes: de 19° até 24°-4; 8; 0,6; dos 22° aos 25° 1/2-8; 8; 0,6; dos

25° 1/2 a 27° 1/2-16; 8; 0,6; e dos 27° 1/2 até aos 31°-4; 8; 0,6.

Para evitar interferências da riscas (131) da albite, testar o método de Mackenzie, estimar a importância da fase sódica e aumentar a precisão na determinação quantitativa dos valores de Δ , os ensaios preliminares aconselharam o uso da velocidades de 1/4 de grau por minuto.

3. VARIAÇÃO da triclinicidade (ΔR_x).

3.a. À escala do grão.

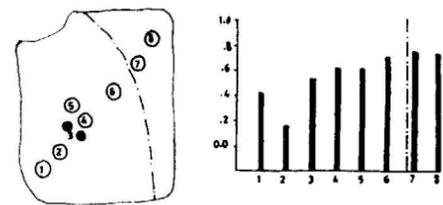
Para estudar a possível variação da triclinicidade em diferentes domínios do mesmo fenocristal, utilizamos uma broca com 4 mm de diâmetro e com ponta de tungsténio. O processo revelou-se se óptimo, pois com facilidades se conseguiram testar seis ou mais domínios, sem possibilidades de contaminação (fig. 2).

Fizemos distinção entre os grãos de feldspato-K que macroscopicamente pareciam homogêneos daqueles que se apresentavam maclados.

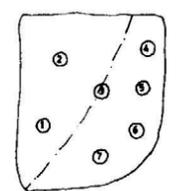
Os resultados obtidos constam no quadro I e para uma mais fácil comparação os mesmos resultados estão gráficamente representados nas figs. 2 e 3.

Pela análise dos resultados obtidos confirma-se serem os feldspatos-K constituídos pela justaposição de domínios monoclinicos e triclinicos (Goldsmith e Laves 1954 b, Mackenzie 1954, Smithson 1962). Todavia, quando se aproxima dos seus valores extremos, a variação dentro do cristal é menos significativa. Isto pode traduzir uma maior homogeneidade ou então as dimensões dos domínios monoclinicos e triclinicos variaram de tal maneira que na brocagem se obtenha sempre uma amostragem com o mesmo grau de mistura.

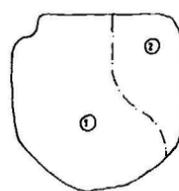
Os resultados obtidos nos grãos maclados (tipo de análise da qual não encontramos referência na literatura) permitem afirmar que, se nalguns o plano de macla parece não funcionar como superfície de



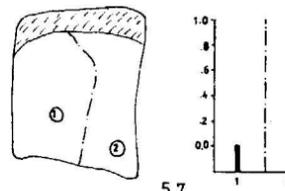
42-B



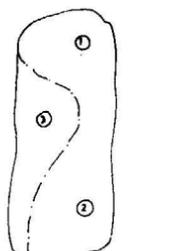
57



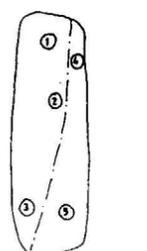
57



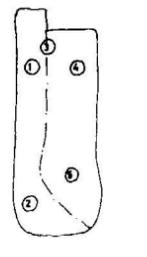
57



64



64



64

84

descontinuidade em relação aos valores de Δ , em bastantes, contudo, essa descontinuidade é espectacular, verificando-se num indivíduo da macla valores de Δ mínimos e quase máximos no outro. Isto parece estar de acordo com o que teóricamente pode ser deduzido dos tipos de maclagem dos feldspatos-K, todavia, a impossibilidade de definir vigorosamente os tipos de maclas que afectam os cristais em que tais descontinuidades se verificam, não nos permite fazer uma correlação entre tipo de macla e a variação dos valores de Δ .

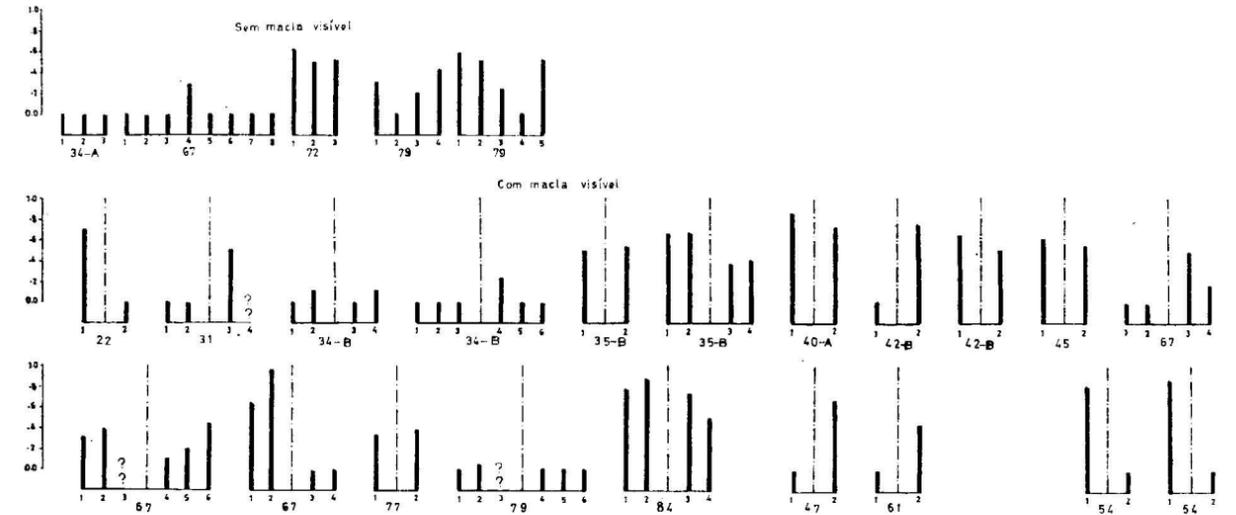


FIG. 3 - Valores de Δ em diferentes domínios do fenocristal.

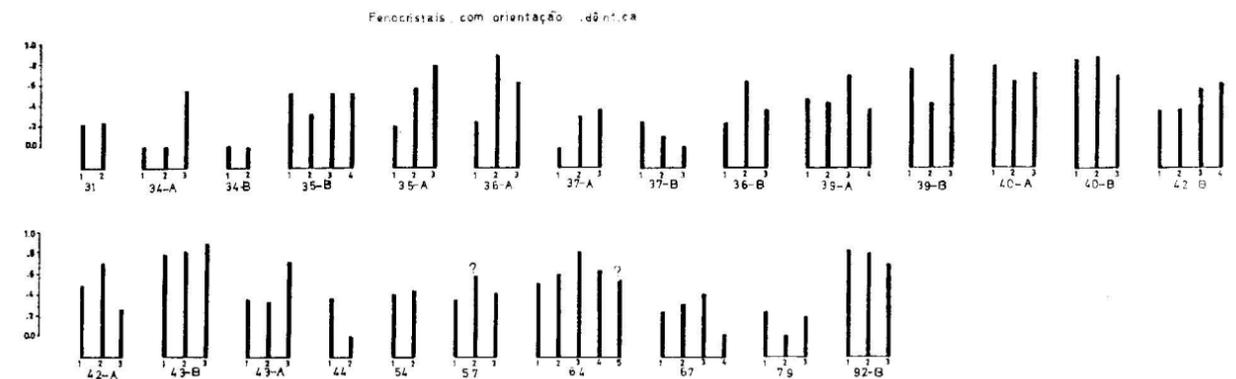


FIG. 4 - Valores de Δ à escala do micrometro.

3.b. À escala do afloramento.

A este nível procuramos verificar se existia ou não variação de triclinalidade de grão para grão e se essa variação era condicionada pela possível orientação dos fenocristais. Os resultados expressos nos quadros II e III são os verificados para os fenocristais com a mesma (II) e diferente (III) orientações, traduzindo a fig. 4 a sua representação gráfica.

Dum modo geral podemos afirmar, com base nos resultados obtidos, não ser significativa a variação de Δ de fenocristal para fenocristal à escala do afloramento, independentemente da sua orientação. Não haver qualquer condicionamento da direcção dos fenocristais nos valores de Δ , nada surpreende, em virtude do granito não apresentar a fase fenocristalina orientada e só muito localmente poder ser tentada uma sub-orientação. Somente duas excepções se constata para esta tendência geral e o facto de uma delas se verificar em feldspato-K de um pegmatito (Am. 92), mais reforça o que atrás ficou escrito.

Os afloramentos em que existe alguma variabilidade nos valores de Δ de grão para grão, pertencem de um modo geral à zona intermédia da área estudada.

3c. À escala regional.

Os valores da triclinalidade dos feldspatos-K colhidos nas 92 estações de amostragem, estão ordenados no quadro IV.

Quantitativamente define-se que à escala regional cerca de 19 % dos feldspatos-K apresentam baixos valores para Δ e ainda tendência para ortoclase máxima, 30 % são triclínicos, variando desde média a máxima microclina, e os restantes 51 % representam feldspatos-K em desequilíbrio.

A fig. 5 é uma carta da distribuição à escala regional de todos os valores da triclinalidade mas, além do aspecto quantitativo foca também o aspecto estrutural dos feldspatos-K. Esse estado estrutural foi deduzido a partir da morfologia dos picos (131) e 131) como foi estabelecido por Christie (1962) e Touret (1967).

Em face da distribuição obtida achamos lícito dividir a área em três zonas (I, II, III). Para cada uma foi construído um histograma a partir das frequências (em %) correspondentes a cada tipo estrutural dos feldspatos-K (fig. 5). Assim, na zona que abrange toda a faixa oriental da área (Zona III), mais de

90 % do feldspato-K é microclina, homogénea em cerca de 55 % das amostras.

Na zona II ou intermédia verifica-se uma grande variabilidade nos valores de Δ desde $\Delta=0,00$ até $\Delta=1,00$, embora com algum predomínio de valores pequenos.

Na zona I por último, que equivale à parte NW da área estudada, cerca de 90 % do feldspato-K é ortoclase, não homogénea em cerca de 60 % das amostras.

Fazendo o estudo da distribuição dos feldspatos tipo RD pelas três zonas, apesar da sua fraca popu-

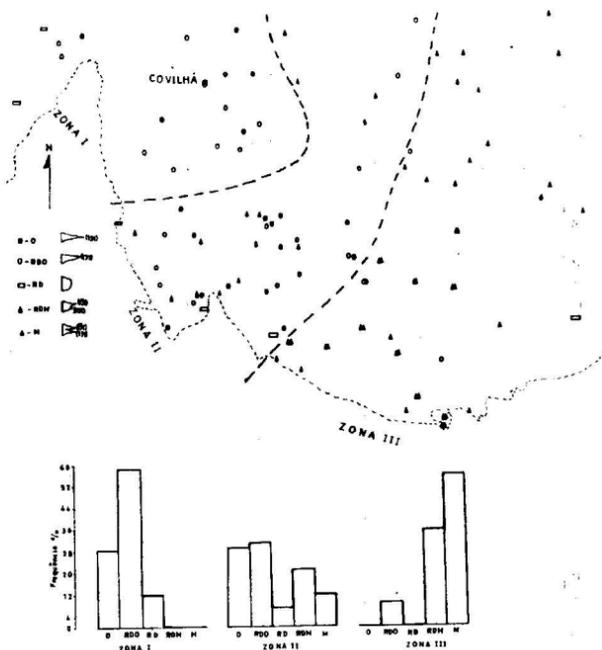


FIG. 5 - Distribuição das triclinalidades dos feldspatos-K no granito da Covilhã. Histogramas representando as frequências (%) dos diferentes tipos de feldspato-K nas várias zonas.

lação, verificamos que representa 12 % da amostragem na zona I, 7 % na II e não se encontra representado na zona III.

Na margem meridional da zona III, onde o granito contacta com o complexo xisto-grauváquico, os valores da triclinalidade dos feldspatos-K são sistematicamente quase máximos.

Verificamos assim, existir uma diferenciação evolutiva no sentido E-W, nos diferentes tipos estruturais dos feldspatos-K do granito da Covilhã. E, se a triclinalidade traduz, embora não exclusivamente, o grau de ordenamento entre os átomos Al-Si na estrutura dos feldspatos-K, podemos admitir que os feldspatos, em termos gerais são parcial a comple-

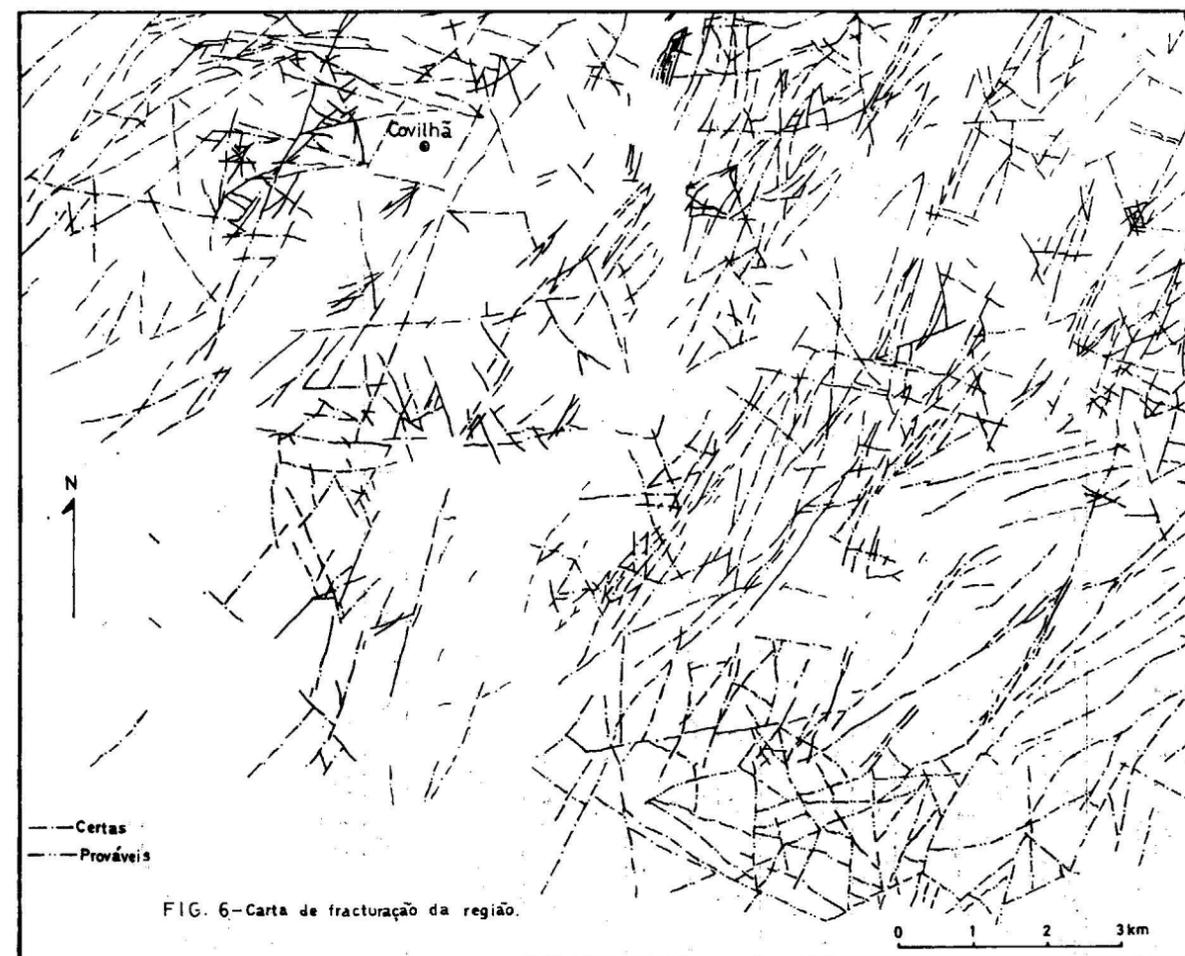


FIG. 6 - Carta de fracturação da região.

tamente desordenados na parte noroeste (zona I) tenderem ou serem completamente ordenados na zona oriental (zona III) a haver uma zona intermédia (zona II) onde a coexistência de todos os tipos estruturais é característica dominante.

Considerando:

- a coincidência do limite que separa a zona III da II com o alinhamento definido pelo vale do rio Zezere, o qual corresponde a provável zona de falhamento;
- a correspondência da zona II com a área que demarca a nascente o horst da Serra da Estrela;
- a uniformidade litológica do granito da Covilhã;
- a existência de maclas em que os seus indivíduos apresentam Δ com valores extremos, mas opostos;

pensámos poder existir qualquer relação entre a dis-

tribuição regional dos valores de Δ e o modelo de fracturação da área. Essa relação de modo algum sabemos e menos ainda pretendemos definir se é directa, isto é, tipo causa-efeito. Também o facto de se apresentar uma carta de fracturação (fig. 6), isso não significa uma tentativa de interpretação de causalidade única, nem esquecimento pelas multivariáveis e multicomponentes dos sistemas naturais que condicionam o grau de ordem-desordem de Al-Si. Trata-se sim, de procurar um possível dado factual, que eventualmente possa contribuir para que o valor da obliquidade se torne mais valioso como indicador petrogenético.

Comparando a carta de fracturação com a distribuição regional dos diversos tipos de feldspatos-K no granito da Covilhã, verifica-se haver algumas diferenças no estilo geral das fracturas nas várias zonas, principalmente entre as I e III.

A P E N D I C E

QUADRO I

Varição de Δ à escala do cristal

I. Cristais sem maclas macroscòpicamente visíveis

34-A		67		72		79											
M ₁	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,52	0,55	0,28	0,00	0,20	0,43	0,59	0,52	0,25	0,00	5,53

2. Cristais maclados macroscòpicamente

a) Tipo de maclas indefinido

22		31		42-B		45		79		84		167		34-B		35-A							
M ₁	0,69	0,00	0,00	0,00	0,49	?	0,00	0,10	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,49	0,53	0,66	0,68	0,39	0,41
M ₂	0,83	0,73	0,00	0,75	0,65	0,49	0,61	0,53	0,00	0,00	0,49	0,38	0,33	0,39	?	0,11	0,21	0,45	0,64	0,96	0,00	0,00	0,00

77

M ₁	M ₂										
0,33	0,39	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	0,87	0,74	0,49

b) Maclas que parecem de penetração

42-B		47		57																
M ₁	0,74	0,75	0,61	0,61	0,55	0,18	0,41	0,00	0,67	0,00	0,19	0,32	0,75	0,52	0,43	0,67	0,52?	0,62	0,00	0,81

61

M ₁	M ₂								
0,00	0,44	0,51?	0,59	0,80	0,59	0,61	0,56	0,61	0,66

54

M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
0,81	0,00	0,88	0,00

c) Maclas que parecem de colagem

Notação.—M₁ e M₂ representam os dos indivíduos do macla.

QUADRO II

Varição de Δ nos fenocristais com idêntica orientação à escala do afloramento

31		34-A		34-B		35-B		35-A		36-A									
M ₁	0,24	0,22(4)	0,24	0,00(3)	0,00	0,55	0,00(4)	0,00(6)	0,50	0,33	0,51(2)	0,53(4)	0,20	0,57	0,77	0,24	0,88	0,62	
M ₂	0,43	0,62	0,56	0,00	0,48	0,56	0,44	0,29	0,00	0,46	0,43	0,69	0,36	0,75	0,32	0,88	0,78(2)	0,64	0,71

57

36-B		37-A		37-B		39-A		39-B		40-A										
M ₁	0,84	0,86	0,68	0,36	0,27(2)	0,57(2)	0,62(8)	0,48	0,69	0,25	0,78	0,80	0,88	0,35	0,32	0,71	0,36	0,00	0,40(2)	0,44(2)
M ₂	0,81	0,79	0,69	0,40(2)	0,51	0,59	0,80	0,61(5)	0,51?(2)	0,22(4)	0,30(6)	0,40(4)	0,00(8)	0,23(4)	0,00(6)	0,38(5)	0,00(6)	0,00	0,00	0,00

92-B

M ₁	M ₂
0,81	0,79

Notação.—(...) número de domínios em que foi dividido o fenocristal e o valor de Δ indicado representa a média aritmética dos Δ desses fragmentos.

QUADRO III

Valores de Δ nos fenocrístais com diferente orientação à escala de afloramento

	26	34	35	36	37	38	39
A	A	A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	B
	0,78	0,18(3)	0,47(4)	0,58(3)	0,35(3)	0,71	0,48(4)
	0,00+	0,00(2)	0,51(3)	0,54(3)	0,24(3)	0,74	0,65(3)
40	42	43	88	89	91	92	
A	A	A	A	A	A	A	
B	B	B	B	B	B	B	
	0,48(4)	0,82(3)	0,82+	0,81+	0,93+	0,00	
	0,47(3)	0,46(3)	0,74+	0,72+	0,86+	Peg-	
	0,80(3)					matu-	
						to	
							0,76(3)

Notação.—+ o valor indicado representa o Δ determinado a partir do difractograma do pó resultante da junção de domínios representativos de vários fenocrístais com a mesma orientação.

— () número de fenocrístais em que se determinou o valor de Δ e a partir dos quais se calculou a média aritmética.



QUADRO IV

Valores de Δ em todas as amostras colhidas

Núm. amostra	Suborien- tação		Núm. amostra	Suborien- tação		Núm. amostra	Suborien- tação	
1-A	N20E	0,66	34-B	N20W	0,00	62	N20E	0,42
1-B	N65W	0,00	35-A	N60W	0,51	63	N20W	0,34
2	N35W	0,17	35-B	N40E	0,47	64	N20W	0,72
3	N80W	0,81	36-A	N50W	0,58	65	NS	0,40
4	N50W	0,00	36-B	N40E	0,54	66	N30E	0,73
5	N75E	0,60	37-A	N72W	0,35	67	NS	0,23
6	N80W	$0 < \Delta < 0,36$	37-B	N10W	0,24	68	N30E	0,00
7	N10W	0,75	38-A	N50W	0,71	69	N10E	0,38
8	NS	0,00	38-B	N10E	0,74	70	NS	0,00
9	N20E	0,52	39-A	N40E	0,48	71	N30E	0,00
10	NS	0,51	39-B	EW	0,65	72	NS a N10E	0,27
11	N50W	0,49	40-A	N60W	0,71	73	NS	0,00
12	N30W	0,31	40-B	N10E	0,80	74	N10W	0,00
13	N20E	0,00	41	N60W	0,64	75	NS	0,00
14	N20W	0,00	42-A	N60W	0,47	76	N10W	0,33
15	N50W	0,25	42-B	N10W	0,48	77	N15W	0,00
16	N40W	0,00	43-A	N60W	0,46	78	N10E	0,31
17	N10W	0,56	43-B	EW	0,82	79	N30W	0,20
18	N35W	0,22	44	N80E	0,18	80	N40E	0,00
19	N25W	0,00	45	—	0,57	81	N10W	0,00
20	N50W	0,00	46	N50W	0,40	82	N20W	0,00
21	N30W	0,00	47	N 4W	0,28	83	N60E	0,00
22	N35W	0,35	48	N20E	0,97	84	N40W	0,42
23	N40W	0,00	49	N20W	0,69	85	N40W	0,30
24	N10-E	0,34	50	N20W	0,74	86	N30W	0,24
25	N60E	0,35	51	N10E	0,65	87	N40E	≈ 0,20
26-A	N10E	0,78	52	N30W	0,71	88-A	N85W	0,82
26-B	N45E	0,79	53	N70W	0,59	88-B	—	0,74
27	N50W	0,83	54	N30W	0,69	89-A	N60W	0,81
28	N80E	0,79	55	N10W	0,69	89-B	N20E	0,72
29	N30W	0,47	56	N50W	0,56	90	N50W	0,81
30	N35W	0,00	57	N20W	0,50	91-A	N80E	0,93
31	N10W	0,22	58	N20E	0,69	91-B	N65E	0,86
32	N35E	0,59	59	N70E	≈ 0,30	92-A	N80E	0,00
33	NS	0,00	60	N10W	≈ 0,30	92-B	N35W	0,76
34-A	N70W	0,18	61	N10W	0,78			

CONCLUSÃO.

O estudo que acaba de ser feito, apesar de enfermar da limitação de não se um estudo completo dos tipos estrutural-óptico dos feldspatos-K, pôs limitamo-nos neste trabalho ao estudo da triclinicidade (ΔR_x) a vários níveis, permite-nos afirmar:

1. Serem os fenocristais dos feldspatos-K constituídos por domínios de triclinicidades variável.
2. Terem tendência para uma maior homogeneidade nos valores de Δ , os feldspatos-K genéricamente monoclinicos ou triclinicos máximos.
3. Existirem feldspatos-K maclados em que um dos indivíduos da macla apresenta o valor de $\Delta=0,00$ e o outro $\Delta=0,80$.
4. Não haver qualquer variação nos valores de Δ com as sub-orientações possíveis dos fenocristais.
5. Ser possível dividir a área estudada em três zonas bem distintas. Uma oriental em que predominam os feldspatos com os valores de Δ elevados, outra a NW em que os valores de Δ são sistematicamente baixos e uma zona intermédia onde coexistem todos os tipos de feldspato-K.
6. Os feldspatos-K com maior grau de triclinicidade situam-se nas proximidades e ao longo da bordadura S da zona ocidental, onde o granito contacta e metamorfisa o complexo xisto-grauvácico.
7. Serem algo diferentes os estilos de fracturação nas diversas zonas, com realce especial entre as duas zonas externas.
8. Poder admitir-se uma diferenciação evolutiva no grau de ordenamento dos átomos de Al-Si na estrutura dos feldspatos-K do granito da Coelhã e no sentido E-W.

BIBLIOGRAFIA

- CHRISTIE, O. H. J.: *Observations on natural feldspars: Randomly disordered structure and a preliminary suggestion to a plagioclase thermometer*. Norsk Geol. Tidsskr., 42-2: 383-388 (1962).
- DIETRICH, R. V.: *K-feldspar structural states as petrogenetic indicators*. Norsk Geol. Tidsskr., 42, Feldspar Volume 394-414 (1962).
- GOLDSMITH, J. R. & LAVES, F.: a) *The microcline-sanidine stability relations*. Geochim. Cosmochim. Acta 5: 1-19 (1954).
b) *Potassium feldspars structurally intermediate between microcline and sanidine*. Geochim. Cosmochim. Acta, 6: 100-118 (1954).

GUIARD, G., RAGUIN, E. & SABATIER, G.: *La symetrie des feldspaths potassiques dans les gneiss et les granites des pyrénées orientales*. Bull. Soc. Franç. Minér. Christ., 83: 48-56 (1960).

HALL, A.: a) *The alkali feldspars of the Ardara pluton Donegal*. Min Mag., 35: 693-703 (1966).

—, b) *The feldspars of the Rosses Granite Complex. Donegal, Ireland*. Min Mag., 35: 975-982 (1966).

KURODA, Y.: *Notes on some soda-potash feldspars in metamorphic rocks*. Japan Science Rpt. Tokyo Univ. of Educ., Sec. C, v. 6, núms.52-54: 117-126 (1958).

MACKENZIE, W. S.: *The effect of temperatura on the symmetry of high-temperature soda-roch feldspars*. Am. Jour. Sci., v. Bowen; 319-342 (1952).

—, *The orthoclase-microcline inversion*. Min. Mag., 30: 354-366 (1954).

MARFUNINJ A. S.: *The feldspar, Phase relations, optical properties, and geological distribution*. Israel Program scientific Translations Ltd., 1966, 317 págs. (1962).

MARMO, V. & PERMINGEAT, F.: *A propos des feldspaths potassiques du Granite D'Azegom (Maroc)*. Bull. Soc. franc. Minér. Christ., 80: 509-522 (1957).

—, *Orthoclase and microcline granites*. Amer. Jour. Sci., 256: 360-364 (1958).

NILSSEN, B. & SMITHSON, S. B.: *Sturies of the Precambrien Herefoss granite. I. K-Feldspar obliquity*. Norsk Geol. Tidsskr., 45: 367-396 (1965).

PARASKEVOPOULOS, G. M.: *Beitrag Zm Kenntnis des Feldspate du Tessiner Pegmatite*. T schermarks Min. Petr. Mitt., 3: 191-2171 (1953).

SABATIER, G.: *A propos de la mesure du porcentage de triclinisme des feldspaths potassiques*. Bull. Soc. franç. Minér. Christ., 86: 64-68 (1963).

SMITHSON, S. B.: *Symetry relations in alkali feldspars of some amphibolite facies rocks from southern Norwegian Precambrian*. Norsk Geol. Tidsskr., 42-2: 586-599 (1962).

—, *Granite studies: II. The precambrian Flá granite a geological and geophysical investigation*. Norges Geol. undersok., 219, 212 págs. (1963).

STEIGER, R. H. & HART, S. R.: *The microcline-ortoclase transition Within a contact aureole*. Am. Min., 52: 87-116 (1967).

TOURET, J.: *Les gneis oeilles de la región de Vegorshci-Gjerstad (Norvege meridionale)*. II. L'indice de triclinisme des feldspaths potassiques. Norsk Geol. Tidsskr., 47: 275-282 (1967).

WRIGHT, T. L.: *The microcline-ortoclase transformation in the contact aureole of the Eldora stock*. Am. Min., 52: 117-136 (1967).

Recibido, septiembre 1973.



INFORMACION

Hacia una política hidráulica sin hidroesquizofrenia (*)

“Desinunt odisse qui desinunt ignorare”
(Tertullianus, s. III)

Por M. R. LLAMAS MADURGA (**)

INTRODUCCION.

Casi cada año, desde 1965 (cfr. LLAMAS, 1966) he procurado sacar tiempo para escribir algún artículo sobre el papel y la importancia de las aguas subterráneas en la política hidráulica española. El hecho de que la Hidrogeología haya sido el tema de este Primer Salón Monográfico del Agua, ha constituido una nueva ocasión, casi obligada, de tomar la pluma para volver a hablar de ese tema a la luz de los nuevos datos existentes desde mi conferencia sobre la *Hidroesquizofrenia*, de junio de 1973 (cfr. LLAMAS, 1974).

La trascendencia de la política hidráulica para el desarrollo general de un país no necesita ser enfatizado en esta ciudad de Zaragoza, cuando todavía está sin concluir la polémica en relación con los travases del Ebro. Pocos proyectos de la Administración, si es que hay alguno, al salir a información pública han originado un número de alegaciones que se mida en centenares de miles.

Dado la forzosamente reducida extensión de estas páginas, me voy a limitar en lo que sigue a tratar de aquellas cuestiones que parecen de mayor relevancia para la utilización futura de las aguas subterráneas en España. En buena parte, se trata de actualizar la conferencia sobre la *Hidroesquizofrenia* antes mencionada.

Recordemos que *Hidroesquizofrenia* es el vocablo propuesto por el científico norteamericano NACE para de-

(*) Comunicación para la 3.ª Ponencia de la I Conferencia sobre Hidrología General y Aplicada. Zaragoza 14-16/XI/74.

(**) Dr. en Ciencias Geológicas. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos, C.S.I.C. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

signar la actitud mental de algunos planificadores hidráulicos que les lleva a escindir o separar radicalmente lo que se refiere a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas. Aparece en casi todos los países del mundo, de modo independiente de su desarrollo económico y/o de su régimen político. Sus causas pueden ser de naturaleza diversa y, de modo convencional, pueden encuadrarse en los cinco grupos siguientes:

- a) el déficit de conocimiento científico y tecnológico;
- b) la falta de estudios hidroeconómicos;
- c) los condicionantes hidrogeológico-ambiental-administrativos;
- d) las competencias administrativas en materias de aguas;
- y e) los factores políticos.

EL DEFICIT DE CONOCIMIENTO CIENTIFICO Y TECNOLÓGICO

Seguimos opinando que ésta es la causa fundamental y más importante de la *hidroesquizofrenia* y, por tanto, todos los esfuerzos que en este terreno se hagan tendrán un gran efecto multiplicador. Parece aquí muy aplicable la frase, adoptada como lema de este artículo, que hace diecisiete siglos pronunció el apologista Tertuliano para explicar la causa de las persecuciones cristianas “Dejan de odiar los que dejan de ignorar”.

La relativa juventud de la ciencia hidrogeológica explica el general desconocimiento que todavía existe sobre algunos conceptos básicos en materia de aguas subterráneas. No puede olvidarse que la Geología, como ciencia, tiene poco más de dos siglos y la ley básica del flujo de las aguas subterráneas—ley de Darcy—no fue enunciada hasta 1856. Harán falta, pues, algunos años—probablemente decenios—de esfuerzo continuado para que esos conceptos básicos sean familiares a los planificadores hi-

dráulicos primero; a los responsables de las decisiones políticas, después; y finalmente, al gran público.

Veamos cuál es la situación actual desde tres puntos de vista: a) la docencia a nivel universitario; b) la divulgación, y c) la investigación hidrogeológica.

* * *

Los cursos semestrales para ingenieros y licenciados en Ciencias, que comenzaron en 1967 en Madrid y en Barcelona, han seguido desarrollándose con la misma notable aceptación tanto nacional como internacional. Está previsto que tenga lugar en 1975 su novena edición. Sin duda, estos cursos han sido uno de los principales factores del notable desarrollo que han tenido los estudios hidrogeológicos en España durante los últimos años. Es interesante hacer notar que desde 1973 el Cursillo de Hidrogeología Práctica que organizaba el Instituto Geológico y Minero ha pasado a tener seis meses de duración, en vez de los dos meses que tenía en años anteriores.

Desgraciadamente, continúa sin existir en España ni una sola *cátedra de Hidrogeología* en las Facultades de Ciencias ni en las Escuelas Técnicas Superiores, es decir, un puesto docente con posibilidad de crear un equipo estable de docencia y de investigación hidrogeológica en la propia Universidad y esto a pesar de las peticiones concretas que formuló en este sentido la Comisión de Recursos Hidráulicos del II PDES en 1967 y, posteriormente, al menos una Facultad de Ciencias.

En cambio, ha proseguido la realización de Simposios, Seminarios o cursos cortos de Perfeccionamiento o continuidad. Cabe mencionar, entre ellos, dos organizados este año: el de Recarga artificial de Aguas Residuales organizado en abril por el Instituto Geológico y Minero y el Seminario de Iniciación al Empleo de Modelos Digitales en Hidrogeología que tuvo lugar de Abril a Junio, organizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas y la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense.

En lo que se refiere a la organización de Seminarios o actividades destinadas a ingenieros-jefes de Confederaciones Hidrográficas, Comisarías de Aguas, Jefaturas de Minas y Delegaciones de Agricultura—que sugeríamos en otra ocasión (cfr. LLAMAS, 1974)—parece ser que únicamente se han realizado a nivel interno en la Dirección General de Minas.

* * *

La *divulgación* de los conceptos esenciales sobre el origen, localización y explotación de las aguas subterráneas es un asunto de notable importancia para una buena política hidráulica. No basta que sobre estos temas maneje una tecnología moderna un grupo relativamente reducido de hidrogeólogos. Bajo este punto de vista me parece muy digna de alabanza la labor de información que viene haciendo desde hace algún tiempo los correspondientes científicos de algunos grandes rotativos. Así, por ejemplo, recientemente en relación con la "Polémica

de los Trasvases" se ha hablado con acierto y claridad de la necesidad de que la Administración no deje de considerar *también* las aguas subterráneas en dichos proyectos (cfr. FONSECA, 1974).

Un concepto que me parece muy conveniente divulgar en España es el de que la importancia de las aguas subterráneas no se debe únicamente a que puedan constituir una parte importante del caudal de base de los ríos (a veces superior al 50 por 100), sino también al gran papel que pueden jugar los acuíferos (embalses subterráneos) como elementos de regulación de los recursos hidráulicos totales de una cuenca.

La necesidad de esta labor de divulgación es universal. Como botón de muestra se transcriben a continuación unas palabras recientes del Director ejecutivo de la National Water Well Association de los Estados Unidos (cfr. LEHR, 1974): "Todo científico del agua subterránea lucha contra el obstáculo de la ignorancia pública que, a su vez, es una consecuencia del hecho de que el agua subterránea, al ser invisible, es predominantemente desconocida y consecuentemente no utilizada. Ciertamente no podemos cambiar su invisibilidad, pero la divulgación de sus características y utilidad dependen, en buena parte, de nosotros. Desgraciadamente, nosotros rara vez ejercitamos nuestras atribuciones porque nuestras voces individuales son muy débiles y nuestra voz colectiva parece no existir. Los hidrogeólogos parecen destinados a permanecer para siempre en el último rincón de la palestra pública, pues están como dubitativos, cuando no temerosos, sin decidirse a irrumpir en la escena para batirse en defensa de la igualdad de oportunidades para el agua subterránea".

* * *

Acabamos de ver los problemas relacionados con la transmisión de los conceptos hidrogeológicos, primero en la Educación universitaria; después, a nivel de gran público. Vamos a considerar ahora lo que puede decirse sobre el perfeccionamiento o innovación de esos conceptos o, dicho de otra forma, sobre la situación de la Investigación en el campo de los Recursos Hidráulicos Subterráneos.

Puede decirse que hasta la fecha la investigación española ha sido casi exclusivamente una *investigación de desarrollo* orientada a la localización y evaluación de nuestros embalses subterráneos mediante la aplicación de los conceptos y métodos de la Hidrogeología moderna (cfr. COMA, 1974; y SAHUQUILLO y LLAMAS, 1970). La labor realizada o en curso de realización en el último quinquenio ha supuesto un avance trascendente, si se compara con la casi absoluta penuria precedente. No obstante, no deja de ser curioso, por ejemplo, que a pesar de la polémica de los trasvases del Ebro, no exista todavía un estudio de los Recursos Hidráulicos Totales de su Cuenca. Si se sigue—y especialmente si se incrementa—el ritmo de esos Estudios de Recursos Hidráulicos Totales no tardará en desaparecer el prejuicio de que las

aguas subterráneas son mucho menos conocidas y *conocibles* que las aguas superficiales. En realidad sucederá que se llegará precisamente al concepto contrario: las aguas subterráneas pueden ser básicamente mejor conocidas que las superficiales, pues su flujo es un proceso con un componente probabilístico o aleatorio mucho menor que el de las aguas superficiales.

No parece razonable desconfiar de los recursos hidráulicos subterráneos por su *incognoscibilidad* cuando todavía apenas sí existe una red de observación de las aguas subterráneas (el IGME, según COMA (1974), dispone ya de una red de 1.200 puntos, pero todavía no se ha publicado, que sepamos, ningún anuario con los datos correspondientes) en tanto que la red de observación de los caudales de nuestros ríos tiene casi cien años y con datos publicados de modo periódico. Tampoco parece lógico que los *ingenieros superficiales* se "rasguen las vestiduras" ante el hecho de que todavía no estén bien cuantificados bastantes embalses subterráneos, si se tiene en cuenta que todo el dinero gastado por la Administración española en estudios hidrogeológicos en los últimos treinta años es—con seguridad—muy inferior al coste de la presa de El Atazar (unos 5.000 millones de pesetas), una de las casi 500 grandes presas construidas en ese mismo período de tiempo. El esfuerzo económico más importante de los últimos años es el llevado a cabo a través del IGME y del IRYDA que, en el vigente III PDES, supone una inversión de casi mil millones de pesetas (cfr. COMA, 1974).

No obstante, queremos ser optimistas en cuanto a la futura evolución del gobierno en consignar los fondos necesarios para *dejar de desconocer* las aguas subterráneas. Así, por ejemplo, suponemos que de los 27.000 millones de pesetas—que según las autoridades del Ministerio de Obras Públicas—se proyecta invertir en el IV Plan de Desarrollo para el Proyecto de Aprovechamiento *Integral* de la Cuenca del Ebro, se adjudique, al menos, un 2 ó 3 por 100 para la realización de un adecuado estudio de las posibilidades técnicas y económicas de las aguas subterráneas de esa cuenca. No hacerlo así parecería indicar que el calificativo *integral* sólo abarca a las aguas superficiales.

Sin descuidar la *investigación de desarrollo*, ha llegado el momento de iniciar en España, con decisión, la investigación fundamental y aplicada en aquellas líneas de mayor interés para las necesidades del país. A esta oportunidad responde, al menos en parte, la creación en julio de este año, de una Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos dentro del CSIC. No es posible detenerse ahora en exponer nuestro punto de vista sobre las líneas de investigación que consideramos más adecuadas para España; se trata, en buena parte, de adaptar—no de adoptar—las que desarrollan algunos países, por ejemplo, la National Water Commission (1973) o instituciones internacionales como la UNESCO (1974) o la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (1973). Me limitaré a decir que los trabajos desarrollados en la mencionada Sec-

ción del CSIC se encuadran en las tres líneas siguientes: a) análisis del flujo regional en las grandes cuencas terciarias continentales españolas; b) análisis de los sistemas acuífero-río y acuífero-embalse superficial, y c) aplicación de métodos estadísticos al análisis de los datos hidrogeológicos e hidroeconómicos. En una segunda etapa se espera poder iniciar trabajos de: a) aplicación de la investigación operativa a los sistemas de aguas subterráneas, y b) estudio de los procesos de contaminación de las aguas subterráneas y de los métodos de prevenirla o corregirla.

Por el hecho de estar en Zaragoza, me referiré de modo especial a uno de los problemas del grupo análisis de los sistemas acuífero-río que me parece tiene un notable interés económico. Me refiero al hecho de que, en general, en España al proyectar el abastecimiento de agua a una ciudad importante ribereña a un río también importante, pocas veces parece haberse estudiado la posibilidad de obtener el agua necesaria mediante uno o más pozos de colectores radiales en vez de construir un azud de derivación del mismo río y una o más plantas de tratamiento. Las ventajas económicas de la solución a base de aguas subterráneas—o subalveas, si se prefiere esta denominación de tipo legal pero no científico—son casi siempre notables no sólo desde el punto de vista de las inversiones, sino también—lo que es mucho más importante—de la explotación. Donde se produjese esta situación se estaría, evidentemente, en un caso de flagrante *hidroesquizofrenia* motivado por pura ignorancia tecnológica.

LA FALTA DE ESTUDIOS ECONOMICOS

El análisis de la viabilidad económica de los proyectos a base de aguas subterráneas, apenas presentan peculiaridades metodológicas en relación con los análisis similares de los proyectos a base de aguas superficiales. En este aspecto, dentro de su sencillez, el trabajo de ANDOLZ (1972), ha marcado en España un jalón importante y ha contribuido de modo significativo a divulgar un procedimiento sencillo para el cálculo del coste del agua subterránea. Considero que otro jalón—también importante—, son los estudios económicos llevados a cabo dentro del proyecto Almonte-Marismas (cfr. TRIGUEROS, 1974).

La cuestión es, conceptualmente, muy sencilla. Basta como ya defendíamos en trabajos anteriores (cfr. LLAMAS, 1968 y LLAMAS, 1974) que en todo proyecto importante, se exija la realización de un análisis técnico y *económico* que permita seleccionar adecuadamente entre las distintas soluciones alternativas posibles a base de aguas superficiales o subterráneas. No obstante, no somos demasiado optimistas en cuanto a que esta situación óptima se alcance pronto. Téngase en cuenta, por ejemplo, que en California—probablemente la región del mundo con mayor explotación de aguas subterráneas—también se han dado

recientemente casos de *hidroesquizofrenia*, como el del embalse de Warm Springs, propuesto por el Corp of Engineers, en el que se presentó a aprobación un proyecto con un coste de unos 5.000 millones de pesetas, olvidando totalmente la existencia de las aguas subterráneas en la zona (cfr. BOUDREAU, 1973).

Por último, conviene mencionar otro factor económico a veces olvidado. Las tarifas para el cobro del agua urbana suelen requerir en todos los países algún tipo de aprobación gubernativa. El beneficio industrial que se aprueba a la entidad distribuidora del agua (privada, municipal, estatal o mixta) suele ser un cierto porcentaje del costo del metro cúbico de agua. Es evidente que dicho sistema no facilita que la entidad distribuidora tenga interés en disminuir el costo del metro cúbico de agua.

LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLOGICOS-AMBIENTAL-ADMINISTRATIVOS

En nuestra ya repetidamente mencionada conferencia de 1973, hicimos alusión a la importancia que en la *hidroesquizofrenia* española han tenido los "fracasos" en los intentos de explotación de aguas subterráneas del Terciario y Cuaternario de Madrid, a causa del centralismo administrativo. Varios hechos nos hacen albergar la esperanza de que la influencia de este factor va a desaparecer muy rápidamente. En primer lugar el hecho de que los estudios realizados recientemente en la zona madrileña (SGOP-CAT, 1973; LÓPEZ CAMACHO, 1974; LLAMAS y LÓPEZ VERA, 1974) dan fundadas esperanzas para suponer que los acuíferos de esa zona tienen un notable interés económico y pueden ser bien explotados si se utiliza la tecnología adecuada para la localización y construcción de los pozos. En segundo término el que—al fin—se haya creado una Escuela de Ingenieros de Caminos en Barcelona,—que, como es sabido, es la región española con menos *hidroesquizofrenia*—parece garantizar que los ingenieros procedentes de dicha escuela, llamada a ser pronto la segunda de España, tendrán, con gran probabilidad, una buena formación en este campo. Algo similar ocurrirá probablemente con los ingenieros de caminos procedentes de Valencia, pues en esa región—además de tener una gran tradición la utilización de aguas subterráneas—trabajan ahora de modo intensivo tanto el Servicio Geológico de Obras Públicas como el Instituto Geológico y Minero.

LA CUESTION DE LAS COMPETENCIAS ADMINISTRATIVAS EN MATERIA DE AGUAS

Probablemente, después de la ignorancia científica y técnica, nuestra Ley de Aguas—y especialmente su legislación complementaria (cfr. GUAITA, 1970 y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, 1973)—ha sido la causa más importante de *hidroesquizofrenia*. Ello es debido a la asignación de la

administración de las aguas superficiales y *subalveas* al Cuerpo de Ingenieros de Caminos del Ministerio de Obras Públicas y la de las aguas subterráneas al Cuerpo de Ingenieros de Minas del Ministerio de Industria.

Pocos datos nuevos se pueden añadir en relación con la situación expuesta en mi conferencia de 1973 salvo que el anteproyecto de nueva Ley de Aguas al que allí se hacía mención, al parecer, sigue detenido. Pienso, sin embargo, que las ideas de ese anteproyecto, ya expuestas públicamente por el presidente de su Comisión de Redacción (COUCHOU, 1972), siguen teniendo plena validez. Así, por ejemplo, los principios técnico-legales preconizados por la American Society of Civil Engineers (1972) y la U. S. National Water Commission (1973) coinciden sustancialmente con los expuestos por COUCHOU: unidad de administración para las aguas superficiales y subterráneas, dominio público de todas las aguas e incluso de los acuíferos, descentralización administrativa, etcétera. Más recientemente el profesor NIETO (1974) ha vuelto a insistir con fuerza en la necesidad de reformar la Ley de acuerdo con las directrices del mencionado Anteproyecto de Ley de Aguas.

No obstante, no todas las consecuencias de este estancamiento legal han sido totalmente negativas. La competencia por el dominio administrativo de las aguas subterráneas entre los Ministerios de Obras Públicas e Industria ha tenido en los últimos años un carácter estimulante—casi diría deportivo—con un absoluto predominio de "fair play". Es muy poco probable que se hubiese producido el espectacular avance de los últimos años en la Hidrogeología española de no haberse dado esta situación de "lucha de cuerpos".

Como parte negativa de esa *competición deportiva* puede mencionarse el hecho de que en algunos casos—muy pocos—, por falta de coordinación, se hayan producido algunas duplicidades de trabajos. Aunque, esas duplicidades, en conjunto, hayan sido irrelevantes, es evidente que en el futuro convendría evitarlas lo más posible. Pienso—de acuerdo con SAHUQUILLO (comunicación personal)—que la mejor forma de coordinar los esfuerzos de los tres Ministerios (Obras Públicas, Agricultura e Industria) más relacionados con el Agua Subterránea, sería establecer un "banco común de datos hidrogeológicos" (inventario de pozos y manantiales, ensayos de bombeo, medidas de niveles, análisis químicos, etc.). El buen funcionamiento de este "banco de datos" exige una cierta metodología para su adquisición, presentación, almacenamiento y recuperación. Desgraciadamente ni siquiera la ficha de inventario de pozos aprobada en 1965 por el Instituto de Hidrología (cfr. LLAMAS, 1966) ha llegado a ser utilizada por algunos organismos aunque forman parte de dicho Instituto.

Dicho "banco de datos", por supuesto, debería tener un carácter público, es decir, que fuese fácilmente accesible a todas las personas interesadas en conocer esos datos; cosa lógica, si se tiene en cuenta que han sido obtenidos con el dinero de los contribuyentes.

La coordinación en la transmisión de los datos hidrogeológicos me parece algo obviamente más asequible—e incluso urgente—que la nueva Ley de Aguas u otros proyectos de coordinación interministerial. No puede olvidarse que en muchos países, pero especialmente en los países latinos, de lo que dice el "Boletín Oficial del Estado" a la vida real puede haber una distancia muy considerable.

Por otra parte, dada la labor positiva que realizó la Comisión de Recursos Hidráulicos del II Plan de Desarrollo Económico y Social y dado que dicha Comisión fue suprimida en el III y IV Plan, parece que sería de gran utilidad crear una Comisión de Recursos Hidráulicos dependiente quizá de la Presidencia del Gobierno, en la que estuviesen representados todos los Departamentos e Instituciones relacionados con el uso y aprovechamiento y con la investigación de Recursos Hidráulicos.

Parece también urgente y necesario constituir en España una Asociación Nacional de personas interesadas en la Hidrología General y/o en la Hidrogeología. Para ello podría haber, al menos, dos soluciones: la primera consistiría en constituir la Asociación de Hidrología Continental y Científica, integrada en la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica; la segunda, dar vida a la Sección Española de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Cualquiera de estas dos asociaciones—o incluso las dos simultáneamente—serían un lugar de encuentro de todos aquellos profesionales interesados en las aguas subterráneas. Es probable además que en estas asociaciones no constituyeran mayoría las personas integradas en el Cuerpo de Ingenieros de Minas o en el de Caminos, lo cual contribuiría a que los problemas de las competencias entre ambos "Cuerpos" no pudieran ocupar un lugar relevante dentro de la Asociación.

LOS FACTORES POLITICOS

Como ya dije en otra ocasión (cfr. LLAMAS, 1974) la determinación de la influencia de los factores políticos en la *hidroesquizofrenia* es algo tan importante como complejo, difícilmente cuantificable y vinculado a los factores económicos y sociales previamente mencionados. Poco nuevo se puede añadir ahora salvo que la crisis energética que todavía estamos viviendo como consecuencia de una decisión política de los países productores de petróleo, puede tener en España una cierta repercusión en el sentido de reforzar más todavía, el énfasis en la energía hidroeléctrica. La oposición de algunos sectores públicos de algunas regiones españolas a determinados programas de construcción de centrales termonucleares presiona también en el mismo sentido.

No obstante, pensamos que bien valdría la pena que se realizase un análisis profundo de las motivaciones de todo tipo que han conducido a que en España se hayan construido en los últimos veinticinco años casi 400 grandes presas—aproximadamente una tercera parte por el Esta-

do y los otros dos tercios por particulares—, situando a nuestro país, con sus casi 700 grandes presas, en tercer lugar mundial, después de Estados Unidos y Japón, por su número de estructuras de este tipo.

La capacidad total de los 194 embalses con destino exclusivamente hidroeléctrico era en 1972 de unos 14 km³ (37 por 100 del total); la capacidad de los 83 embalses que hacen compatible el uso hidroeléctrico con otros usos era, en la misma fecha, de unos 18 km³ (50 por 100 del total), es decir, que casi el 90 por 100 de la capacidad de los embalses españoles tiene finalidad hidroeléctrica de modo exclusivo o compartida con otros usos. En ambos casos casi el 90 por 100 de esa capacidad corresponde a presas construidas después de 1950 (cfr. BRIONES, 1974).

CONCLUSIONES

Como era de esperar, la *hidroesquizofrenia*, "enfermedad" de los planificadores hidráulicos consistente en ignorar, teórica o prácticamente, la interrelación de las aguas superficiales y subterráneas—continúa siendo relativamente frecuente en España. No obstante, los datos de los últimos quince meses permiten hacer un pronóstico moderadamente optimista respecto a la progresiva curación de la "enfermedad".

El "tratamiento" que—a corto plazo—se ve como más eficaz, es el siguiente:

- 1.º Mejorar sensiblemente la tarea de divulgación al gran público de los conceptos básicos sobre el papel de las aguas subterráneas en la política hidráulica.
- 2.º Incrementar notablemente las consignaciones para los trabajos de investigación de desarrollo conducentes a conocer mejor las características, funcionamiento y posibilidades prácticas de explotación de los principales acuíferos españoles.
- 3.º Iniciar decididamente la investigación hidrogeológica básica y aplicada, eligiendo unas líneas de acción de especial interés para España.
- 4.º Continuar las actividades de docencia, a nivel post-universitario y potenciar las de nivel propiamente universitario, mediante la dotación de las cátedras universitarias pertinentes.
- 5.º Crear a nivel nacional un "banco de datos hidrogeológicos" que permita el fácil manejo de dichos datos tanto por los diferentes organismos de la Administración como por los particulares.
- 6.º Conseguir que la aprobación de los proyectos hidráulicos exija normalmente el estudio de la viabilidad técnica y económica de las posibles alternativas a base de aguas subterráneas. Parece que esta exigencia debería aplicarse al Estudio Integral de la Cuenca del Ebro.

- 7.º Promover la creación y funcionamiento de la Asociación Nacional de Hidrología Continental y Científica y/o la Sección española de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos como lugar de encuentro y cambio de información entre profesionales y científicos interesados en los Recursos Hidráulicos Totales Subterráneos, independientemente de su titulación académica o de su vinculación a uno u otro centro de trabajo.
- 8.º Actualizar la Ley de Aguas pero evitando que la nueva Ley pudiera suponer, teórica o prácticamente, un empeoramiento de la *hidroesquizofrenia*, bien por concentrar el poder administrativo en personas con mentalidad exclusivamente "superficial", bien por no considerar adecuadamente la conexión entre las aguas superficiales y subterráneas.

Si entre todos procuramos alcanzar, en el mayor grado posible, estos objetivos, pienso que habremos hecho un buen servicio a nuestros compatriotas, especialmente a los de las generaciones que nos sigan.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Society of Civil Engineers (1972). *Ground Water Management*. "Manuals and Reports on Engineering Practice", núm. 40, pág. 216.
- ANDOLZ, J.: *El coste del agua subterránea para abastecimientos urbanos*. "Boletín del Servicio Geológico de Obras Públicas", núm. 36, pág. 87 (1972).
- BOUDREAU, E. H.: *Speak-out, Ground Water Development Depend on You*. "Ground Water", Vol. 11, núm. 5, pág. 2 (1973).
- BRIONES, J.: *Ideas y Estadísticas sobre las Presas Españolas*. "Agua", núm. 84, mayo-junio, págs. 2-18 (1974).
- COMA, J. E.: *El Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas*. "Hidrología", núms. 15-16, págs. 85-104 (1974).
- COUCHOUD, R.: *Unidad Funcional en la Administración del Agua*. "Agua". Julio-agosto, núm. 73, págs. 2-16 (1972).
- FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, T. R.: *Las Competencias Administrativas en Materia de Aguas Subterráneas*. "Revista de Administración Pública", págs. 9-25 (1973).
- FONSECA, S.: *La Polémica de los Transvases*. "Diario Informaciones. Informaciones Económicas", núm. 310, 14 septiembre, 1974 (1974).
- GUAITA, A.: *Derecho Administrativo Español*. Tomo V. "Librería General", Zaragoza, págs. 11-195 (1970).
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROGEOLOGIST: "Bulletin, núm. 13 y 14", págs. 17-18.
- LEHR, J. H.: *Unseen and Unheard... "Ground Water"*, vol. 12, núm. 2, págs. 70-71 (1974).
- LÓPEZ CAMACHO, B.: *Análisis Económico de las Posibilidades de las Aguas Subterráneas de las Proximidades de Madrid*. "Revista de Obras Públicas" (en prensa) (1974).
- LLAMAS, M. R.: *Los embalses Subterráneos en la Planificación Hidráulica*. "Revista de Obras Públicas", agosto, págs. 591-604 (1966).
- LLAMAS, M. R.: *La Utilización de las Aguas Subterráneas en España*. "Boletín del Servicio Geológico de Obras Públicas", núm. 29, págs. 17-36 (1968).
- LLAMAS, M. R.: *Motivaciones Extraeconómicas en la Utilización de las Aguas Subterráneas*. "Agua", enero-febrero, núm. 82, págs. 29-36 (1974).
- LLAMAS, M. R., y LÓPEZ VERA, C. F.: *Estudio sobre los Recursos Hidráulicos Subterráneos del Area Metropolitana de Madrid y su zona de Influencia: Avance de las Características Hidrogeológicas del Terciario Detrítico de la Cuenca del Jarama*. "Estudios Geológicos". Tomo Jubilar del Profesor don Francisco Hernández-Pacheco (en prensa) (1974).
- NATIONAL WATER COMMISSION: *Water Policies for the Future*, Final Report to the President and to the Congress, "U. S. Government Printing Office", 578 págs. (1973).
- NIETO, A.: *Necesidad y Directrices de una Nueva Ley de Aguas*. "Aguas" (en prensa) (1974).
- SAHUQUILLO, A., y LLAMAS, M. R.: *La Labor del Servicio Geológico de Obras Públicas en la Investigación y Explotación de Recursos Hidráulicos Subterráneos*. "Hidrología", núm. 2, págs. 7-23 (1970).
- Servicio Geológico de Obras Públicas y Comisaría de Aguas del Tajo "Estudio de las Relaciones entre las Aguas Superficiales y Subterráneas en la Zona comprendida entre las Cuencas de los Ríos Guadarrama y Henares". 4 Tomos (1973).
- TRIGUEROS, E.: *Las Aguas Subterráneas en la Planificación Hidráulica*. "Hidrología", núms. 15-16, págs. 67-83 (1974).
- UNESCO: *Plan de Actividades Propuestas para la Primera Fase del Programa Hidrológico Internacional de la Unesco*. "Documento ENDER/30". Unesco (1974).

El Ministro de Recursos Naturales y Energía del Ecuador, visita el Instituto Geológico y Minero de España

El día 18 de diciembre, último día de su estancia en España, el Ministro de Recursos Naturales y Energía del Ecuador, Contraalmirante don Luis Salazar Landeta, acompañado del Embajador del Ecuador en España, visitó el Instituto Geológico y Minero de España, donde fue recibido por el Director General de Minas, don José María Oliveros Rives, y el Director del Instituto, don Pedro Fontanilla Soriano.

En el curso de su estancia en aquel Centro, se detuvo con gran interés en la contemplación del Museo, donde le fueron dadas amplias explicaciones de cómo se ha ido formando a lo largo de los años tan valiosa colección de minerales y fósiles.

Acompañado de los Sres. citados y de los Jefes de División del Instituto visitó también la Exposición permanente, que tiene montada el IGME sobre el Programa Nacional de Investigación Minera, que recorrió detenidamente.

En los numerosos paneles, de que consta la citada Exposición, se exhiben multitud de mapas, gráficos y da-

tos estadísticos que evidencian la importancia del citado Programa, así como los logros que se van obteniendo y de la metodología de trabajo que en cada actividad se viene desarrollando.

El Sr. Salazar Landeta se interesó mucho por todos los aspectos que le fueron expuestos, pues, como es sabido, existe un acuerdo de colaboración entre su País y España, mediante el cual se llevarán a cabo algunas labores de investigación en el Ecuador, con posible opción española, sobre los recursos que puedan descubrirse.

Las posibilidades que ofrecen estas investigaciones son muy interesantes, pues sus caracteres geológicos son similares a los países vecinos y en el Ecuador no se ha realizado todavía un reconocimiento sistemático de sus posibles recursos naturales.

Desde el Instituto Geológico, el Ministro ecuatoriano salió para el Instituto Nacional de Industria, que también visitó y para asistir después a un almuerzo ofrecido por el Ministro de Industria español Sr. Santos Blanco.

I Conferencia nacional sobre hidrogeología general y aplicada en el I Salón Monográfico del Agua

Durante los días 13 al 17 de noviembre, tuvo lugar en Zaragoza, el I Salón Monográfico del Agua, dedicado a todas las actividades relacionadas con las distintas fases del ciclo del agua.

132 firmas expositoras, ocuparon 240 stands en la Exposición, que tuvo lugar en el recinto de la Feria de Muestras.

La variedad de actividades, representadas, se deduce de la que sigue de maquinaria y utillaje, expuestos:

De equipos para prospección y alumbramiento	15 firmas
De equipos para conducción, transporte y almacenamiento	48 firmas
De equipos para tratamiento de aguas	34 firmas
De equipos para la utilización del agua	49 firmas
De material vario	24 firmas

El Salón fue inaugurado bajo la presidencia de don Fernando de Ibarra y López-Dóriga, Subsecretario del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

En el acto inaugural, el Presidente del Comité Ejecutivo, Sr. Blanchard, señaló que nuestra supervivencia se

encuentra ligada a cómo se va a cuidar, distribuir y proteger el agua en el futuro, y que si su problemática no se trata con criterio científico, mañana será demasiado tarde.

El Alcalde de la ciudad, después de unas palabras de bienvenida, expuso que nos hallamos ante un momento zaragozano y aragonés trascendental, en el que Aragón desea tener un sentido activo en el desarrollo.

El señor Aguilar, Comisario General de Ferias, felicitó a los organizadores por el carácter monográfico del certamen, ya que ello coincide con la pretensión y el deseo del Ministerio.

El señor Ibarra y López-Dóriga, en su discurso inaugural, además de otras cosas, se refirió a los problemas del agua en los siguientes términos:

"Conscientes de que el agua es el recurso natural más importante, ya que condiciona todo nuestro ecosistema; consciente de que es una materia prima cada vez más escasa, debida, entre otros factores, al crecimiento natural de nuestra población, debemos y tenemos la responsabilidad especial de defender y administrar juiciosamente este patrimonio... Debemos preservar, ordenar y

planificar el uso del agua según convenga en beneficio del hombre de hoy y de mañana, que tiene el derecho fundamental al libre pero solidario disfrute de condiciones de vida adecuadas a un medio de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar del bienestar." Se plantean, pues, los problemas de la escasez del agua y de su contaminación. Se refirió luego a la "Carta Europea del Agua", elaborada por el Consejo de Europa en 1965. "La resolución del problema del agua exige la adopción de una serie de medidas que conduzcan a la explotación racional y controlada de los recursos existentes, lo que incluye la regulación de los caudales de los ríos, la corrección de los desequilibrios hidráulicos y la investigación de aguas subterráneas. Para un futuro más o menos lejano, la técnica aportará con carácter general otras soluciones, como la desalinización del agua del mar o el aprovechamiento de las aguas residuales, que hoy, por su elevado coste, no pueden considerarse a escala industrial."

"Con respecto a la explotación racional y controlada de los recursos hídricos del país, parece aconsejable abordar una planificación a escala nacional conducente a alcanzar un aprovechamiento exhaustivo de tales recursos. Cualquier otro tipo de planificación local sólo llevaría a soluciones parciales e incompletas. Por tanto, se plantea la necesidad de resolver el desequilibrio existente entre recursos y necesidades con soluciones equitativas entre los distintos usos sectoriales y entre las diferentes áreas territoriales. Pero todo ello teniendo muy en cuenta no sólo las necesidades presentes, sino las futuras, y dentro del contexto de una obligada planificación social, económica y territorial que, en definitiva, garantice el mejor bienestar al mayor número posible de habitantes, en aras de la justicia distributiva que debe presidir todo desarrollo."

Destacó la importancia en el futuro de las aguas subterráneas y su explotación, cuyas cantidades superan con mucho al volumen de todas las aguas dulces superficiales.

La Conferencia Nacional sobre Hidrología.

Al día siguiente comenzó la I Conferencia Nacional sobre Hidrología General y Aplicada, cuyo Comité de Honor estaba formado por las siguientes personalidades.

Presidente:

Excmo. Sr. D. Joaquín Gutiérrez Cano. Ministro de Planificación del Desarrollo.

Vocales:

Excmo. Sr. Capitán General de la 5.^a Región Militar.

Excmo. Sr. Teniente General Jefe de la 3.^a Región Aérea.

Excmo. Sr. Gobernador Civil de la Provincia.

Ilmo. Sr. Director General de Sanidad.

Ilmo. Sr. Director General de Obras Hidráulicas.

Ilmo. Sr. Director General de Minas e Industrias de la Construcción.

Ilmo. Sr. Director General del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

Ilmo. Sr. Presidente del Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario.

Ilmo. Sr. Presidente de la Excmo. Diputación Provincial.

Ilmo. Sr. Alcalde Presidente del Excmo. Ayuntamiento.

Ilmo. Sr. Director del Instituto Geológico y Minero de España.

Ilmo. Sr. Secretario General del Instituto de Hidrología del C.S.I.C., Madrid.

Sr. Presidente del Sindicato Provincial de Agua, Gas y Electricidad, Zaragoza.

Sr. Presidente del Colegio Oficial de Químicos, Zaragoza.

Las ponencias.

Las comunicaciones presentadas, se agruparon según su contenido, en las tres ponencias que detallamos a continuación:

Ponencia 1.^a *Aplicaciones de la Hidrogeología; Prospección y Alumbramiento.*

A cargo de: Don Eduardo Ruiz, Director Técnico de Asturiana de Sondeos, S. A., de Gijón.

Presidente de Mesa: Don Gonzalo Sancho de Ibarra, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director de la Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.

Moderador: Don Andrés Murcia Viudes, Dr. Ingeniero Agrónomo, Jefe de la Sección de Aguas Subterráneas del IRYDA. Madrid.

La primera ponencia.

Seguidamente se constituyó la Mesa que había de debatir la primera ponencia. La Mesa estaba presidido por el director de la Confederación Hidrográfica del Ebro, don Gonzalo Sancho de Ibarra, quien presentó a quien había de ser el primer ponente, don Eduardo Ruiz, director técnico de Asturiana de Sondeos, S. A. Apuntó el ponente cómo en España había edad técnica y experiencia más que suficiente en la materia de Hidrología. A través de un sucinto recorrido histórico, fue poniendo de relieve la importancia del agua en todas las civilizaciones y la permanente preocupación por tener agua constante y no contaminada, al tiempo que expuso las variaciones científicas habidas sobre la existencia de aguas subterráneas.

El concepto básico de la hidrología es el ciclo hidrológico, por el que el agua establece un incesante circuito que se inicia en el mar evaporándose para pasar a ser precipitación y regresar al mar a través de escorrentías o subterráneamente.

Seguidamente fijó los tres puntos de referencia en su tratado: geología, topografía y pluviometría.

La Geología es la condición de más importancia. Los estudios de Petrografía, Estratigrafía, y Geología estructural suponen un enriquecimiento de todo estudio de agua subterránea. Acto seguido, hizo un estudio del comportamiento mecánico y químico de varias rocas.

A partir de este estudio estima favorables los terrenos terciarios muy frecuentes en la península, con profusión de sondeos en aquellos lugares asentados sobre estos terrenos.

Destaca la profundidad moderada de los primeros acuíferos explotables, en términos generales, en unas y otras formaciones geológicas, para mencionar casos concretos como las cubetas miocénicas de las dos Castillas y León, la depresión del Ebro e incluso los terrenos terciarios del Guadalquivir.

A esta ponencia se presentaron las siguientes comunicaciones:

"Las aguas subterráneas en el Alto Júcar-Alto Segura", por don Carlos Bencomo Mendoza; "Las Aguas Subterráneas y los Regadíos del Valle del Guadalquivir", por don Emilio Trigueros Molina; "El Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas", por don Juan Coma Guillén; "Aplicaciones de la Hidrogeología", por don Fausto Pastor Candelas; "Simulación Analógica del Drenaje de un Acuífero por un colector Lineal", por don Fernando Anguita Bartolomé; "Aplicaciones de la Hidrogeología", por don José Luis Martínez Laínez; "El PlanTEAMIENTO de los Estudios de recursos Hidráulicos totales realizados por la Dirección General de Obras Hidráulicas" y "Los Estudios de Recopilación y Síntesis", por don Andrés Sahuquillo Herraiz; "Sistema Simplificado de Acidificación de Pozos", por don Emilio J. Sanchis Moll; "Hidrogeología del Cretáceo Superior en la Comarca Cieza-Jumilla-Villena", por don Daniel Avila Hernández; "Eliminación del Factor "Inseguridad" en las Captaciones de Aguas Subterráneas y Desarrollo de Pozos, su importancia y resultados obtenidos", por don Jorge Molist Segarra y José Coulla Costa; "El sistema Hidrogeológico de Quibas", por don Fernando Pendas Fernández, Melchor Senent Alonso y Tomás Rodríguez Estrella.

Ponencia 2.^a *Características del agua subterránea. Tratamiento y prevención contra la contaminación.*

A cargo de: D. Joaquín del Valle Lersundi, Dr. Ingeniero de Minas, Jefe del Servicio Geológico de la Diputación Foral de Navarra. Pamplona.

Presidente de Mesa: Don José Ignacio Bodega Echaurre, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Comisario de Aguas del Ebro. Zaragoza.

Moderador: Don Augusto de Galvez-Cañero, Dr. Ingeniero de Minas, Adjunto a la Dirección del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

Comenzó el señor Del Valle la exposición de su ponencia haciendo un resumen de las características que debe reunir el agua subterránea para consumo doméstico, industrial y de regadíos. La composición del agua subterránea depende fundamentalmente de la roca almacenada y, en este camino, hizo una breve exposición del tipo de agua que predomina en el paleozoico, mesozoico y en el terciario del valle del Ebro. Si el agua no reúne las condiciones necesarias para el empleo que se propone, debe efectuarse un tratamiento que lleve a la eliminación de las sustancias en suspensión y de los gérmenes que puedan arrastrar.

El agua subterránea puede ser contaminada de forma natural o por la intervención del hombre. La diferencia fundamental entre la contaminación de agua superficial y de la subterránea consiste en que aquella, una vez que desaparece el agente contaminante se descontamina en corto período de tiempo, mientras que el agua subterránea es difícil de limpiar por la extrema lentitud de su circulación. Ello hace trascendental el prevenir contra la contaminación para evitar el largo tiempo y cuantiosos gastos que pueda ocasionar la descontaminación subsiguiente.

Afortunadamente parece haber una preocupación por este tema, reflejado en el mapa de vulnerabilidad de los acuíferos, publicado por el Instituto Geológico y Minero de España, y en casi todos los planes de investigación regional.

Terminó su intervención refiriéndose a los trabajos de investigación hidrogeológica que está llevando a cabo la Diputación Foral de Navarra.

A esta ponencia se presentaron las siguientes comunicaciones:

"Características del agua subterránea. Tratamiento y prevención contra la contaminación", por don Ricardo García Gil, y "Polímeros sintéticos de acción floculante", por don José María López Callao y F. Recaséns.

Ponencia 3.^a *Economía del Agua.*

A cargo de: Don Manuel Gómez de Pablos González, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director del Servicio Geológico de Obras Públicas.

Presidente Moderador: Don Rodolfo Urbistondo, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director del Canal de Isabel II. Madrid.

El señor Gómez de Pablos circunscribió su ponencia a los aspectos económicos del agua subterránea. Apuntó que, para la planificación de los usos del agua subte-

rránea, debe partirse del hecho real de la unidad funcional del agua. La solución de la explotación planificada de los recursos de un país nos la dará un estudio económico de las distintas alternativas que se presenten.

Actualmente, en España, la utilización de aguas subterráneas supone entre el 20 y el 25 de los usos consuntivos, aunque con los usos urbanos e industriales se llega al 34 por 100. En EE. UU., superan con mucho esta media aquellos estados que tienen características climáticas similares a nuestro país. La Ciudad de Méjico es abastecida exclusivamente con agua subterránea y consume un caudal de 40 metros cúbicos por segundo.

Subrayó que para usos urbanos, el agua subterránea es de gran interés por la mayor constancia de sus características químicas y de temperatura, así como con la mayor protección ante la contaminación química y bacteriológica. Ello hace que los costos del tratamiento sean notablemente inferiores a los de las aguas superficiales.

Al hablar de la estructura del costo de aguas subterráneas, apuntó que las inversiones iniciales son menores que en los proyectos de aguas superficiales, pero, sin embargo, son más altos los gastos de operación y mantenimiento.

El factor que más influye en los costes de capital es el volumen anual de agua extraída y esto hace que sean interesantes los acuíferos con caudales específicos elevados. Al mismo tiempo, resulta más atractiva la explotación de acuíferos aluviales relacionados con los ríos, a causa de que la altura de elevación es pequeña y que se pueden obtener caudales de cierta magnitud.

Seguidamente se refirió a los efectos laterales de la explotación de aguas subterráneas, tales como interferencias entre las captaciones, las sobreexplotaciones de los acuíferos costeros, la reducción de las aguas superficiales, el aumento de contaminación por infiltración del agua del riego, etc.

Prosiguió haciendo un examen de los aspectos económicos de la sobreexplotación de los acuíferos para terminar diciendo que las alternativas posibles en el uso conjunto de aguas superficiales y aguas subterráneas precisan para su solución un análisis de sistemas, en el que se tengan en cuenta los condicionantes demográficos, territoriales, socio-económicos, etc.

A esta ponencia se presentaron las siguientes comunicaciones:

“La distribución logarítmico y normal en el cálculo de la función caudales-precipitaciones-tiempos”, por don Federico Jover Fernández de Bobadilla; “Análisis económico de la aplicación de aguas subterráneas para el riego de la zona de Tobarra en la provincia de Albacete”, por don Francisco Mira Cánovas y Ramón Sánchez Rodenas; “Hacia una política hidráulica sin hidroesquizofrenia”, por don Manuel Ramón Llamas Madurga; “La coordinación urbanística de los usos del agua”, por los señores

Antonio Higuera Arnal y José Luis Calvo Palacios; “Sobre la utilización de embalses subterráneos en la regulación de excedentes de un río”, por los señores José Fuster Centelles y Gonzalo López Arechavala; “Análisis del coste del agua subterránea, mediante un programa de ordenador”, por el señor don Brenardo López-Camacho y Camacho; “Trascendencia de la utilización de los acuíferos “Vega Alta” y “Calasparra”, en la regulación del río Segura”, por los señores J. Fuste Centellas, G. López Avechavala, C. Ruiz-Celaa y J. Pierre Thauvin; “Los acuíferos de las terrazas del Ebro en las proximidades de Zaragoza, su valor económico para usos industriales”, por los señores B. L. Camacho y Camacho, F. Octavio de Toledo y Ubieta, A. Sahuquillo Herraiz; “El coste del agua subterránea para regadío”, por el señor Borja Martí; “Estudio hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura”, por los señores Carlos Ruiz Celaa, Melchor Senent Alonso; “Estudio hidrogeológico del Mesezoico de las Indentación Ibérica en la cuenca del Ebro. Cronología de las aguas subterráneas”, por los señores Andrés de Leiva Juan y José Trilla Arrufat.

Día de la prensa técnica.

Durante la Conferencia, se celebró la jornada dedicada a la Prensa Técnica especializada.

A la misma asistieron miembros de la Junta Directiva de la Agrupación de Publicaciones Químicas y Paraquímicas, de la Asociación Española de la Prensa Técnica, directores y representaciones de revistas especializadas.

Por la mañana giraron un visita oficial al recinto y a mediodía se celebró una reunión íntima en la que hubo intervenciones de don Mariano Arribas, miembro del Comité Ejecutivo; del director general de la Feria, don Alberto Manuel Campos Lafuente, y don Rafael Queralt Teixidó, presidente de la Agrupación de Publicaciones Químicas y Paraquímicas.

Por la tarde, en el salón de Juntas del Palacio Ferial, hubo asamblea de la Agrupación, en la que se debatieron temas de organización interna.

La conferencia magistral.

Fue pronunciada por el Ilmo. Sr. Director General de Obras Hidráulicas, don Santiago Serrano Pendán, sobre el tema “Administración pública de las aguas”.

El señor Serrano Pendán fundamentó su lección magistral en la evolución histórica del ordenamiento español de aguas, cuya pieza fundamental es la ley “venerable” de 1879. Refiriéndose a ella, el señor Serrano Pendán dijo que había quedado desfasada en sus partes fundamentales.

Este desfase se ha profundizado, en primer lugar, en la naturaleza jurídica de las aguas. Los signos de los tiempos postulan una nueva concepción indiscriminatoria del dominio público de todos los recursos hidráulicos.

En segundo lugar es íntimamente relacionado con el anterior, se encuentra toda la temática de las aguas subterráneas.

En tercer lugar el desarrollo del proceso industrial ocurrido fundamentalmente después de promulgada la Ley, en la que los usos industriales quedan constreñidos a los molinos y otros artefactos y, por otra parte, la tecnología en materia de regadíos ha superado los viejos conceptos de canalizaciones tradicionales.

Como conclusiones, el señor Serrano Pendán hizo la siguiente proposición:

La utilización racional del agua debe efectuarse con arreglo a las siguientes bases:

1.º Dominio público de todos los recursos hidráulicos sin distinguir que éstos sean superficiales o subterráneos, respetando el derecho al aprovechamiento de las aguas consideradas privadas hasta el presente a favor del propietario de las mismas. ,

2.º Unidad en la administración de las aguas.

3.º Suficiente descentralización de esta administración a favor de organismos regionales cuya gestión debe abarcar cuencas hidrográficas completas.

4.º Participación de los usuarios en la gestión de estos organismos.

Las conclusiones.

Por los Presidentes de Mesa, y los Ponentes, con la colaboración de algunos comunicantes, se elaboraron las siguientes conclusiones:

1.ª Divulgar el conocimiento del actual progreso de las técnicas hidrológicas que han resultado de la mayor eficacia para la mejor explotación económica de los recursos de agua económica de los recursos de agua subterránea y tratar de poner esta tecnología al alcance de los sectores interesados.

2.ª Continuar y fomentar las actividades de enseñanza en las disciplinas hidrogeológicas a todos los niveles de docencia.

3.ª Incrementar al máximo investigaciones y estudios hidrogeológicos, habilitando los medios económicos necesarios.

4.ª Intensificar la coordinación de las actividades hidrológicas, por ejemplo, mediante la creación de equipos pluridisciplinarios y mejora del intercambio de información.

5.ª En los estudios de viabilidad técnica y económica de aprovechamiento de recursos hidráulicos, se debe

contemplar todas las alternativas posibles de procedencia del agua.

6.ª Se considera imprescindible que previamente a todo trabajo de aprovechamiento de aguas subterráneas se realicen estudios hidrogeológicos en consonancia con la importancia del aprovechamiento.

7.ª Crear a nivel nacional, un Banco de datos en que se recoja toda la información de interés hidrogeológico y que permita un fácil acceso a dicha información, tanto por los diferentes organismos de la Administración como por los particulares.

Asimismo se considera del mayor interés mejorar los mecanismos de intercambio de información sobre los estudios, planes, proyectos y trabajos de aprovechamiento de recursos hidráulicos.

8.ª La utilización de los embalses subterráneos para la regulación de excedentes de los ríos, puede y debe ser estudiada de forma similar a la de los embalses de superficie.

9.ª Es necesario arbitrar las medidas oportunas con objeto de preservar los recursos hidráulicos subterráneos contra una sobreexplotación indebida o su contaminación.

10.ª De los estudios económicos de detalle presentados sobre realizaciones concretas de aprovechamientos con aguas subterráneas se desprende que tales estudios son aconsejables y del mayor interés y que ponen en muchos casos de manifiesto la rentabilidad de dichos aprovechamientos.

11.ª Agradecer a los organizadores de la conferencia su feliz iniciativa al convocarla y desear que sea seguida en un futuro próximo por otras análogas.

La asistencia.

La Conferencia ha despertado un gran interés, entre los técnicos que se dedican a la Hidrogeología, de varias especialidades, como puede verse por la relación de asistentes:

Ingenieros Superiores y Técnicos de Obras Públicas.	31
Doctores y Licenciados en Geología	24
Ingenieros Superiores y Técnicos de Minas	23
Ingenieros Superiores y Técnicos Agrónomos	14
Doctores en Farmacia	4
Químicos	2
Varios	38

TOTAL 136

Toma de posesión del nuevo Subdirector del IGME

El pasado día 27 de enero, en un sencillo acto en la Sede del Instituto Geológico y Minero de España, tuvo lugar la toma de posesión del nuevo Subdirector del IGME, Carlos Felgueroso Coppel. Presidió el acto el Director General de Minas e Industrias de la Construcción a quien acompañaban el Director y principales cargos del IGME.

El Sr. Felgueroso viene a suceder en su puesto al Excelentísimo Sr. D. José Cantos-Figueroa, quien lo desempeñó abnegada e ininterrumpidamente durante más de doce años, hasta el momento de su jubilación.

El nuevo Subdirector del Instituto es Doctor Ingeniero de Minas; en su primera etapa profesional actuó como ingeniero de explotación en la industria privada y en el año 1960 fue nombrado Ingeniero Auxiliar Agregado al Instituto Geológico, pasando, en julio de 1966, a formar parte del Cuerpo de Ingenieros de Minas no escalafonados del Ministerio de Industria. Posteriormente y durante un período de excedencia voluntaria, prestó servicios en varias compañías dedicadas a la investigación geológico-minera.

Noticias

GEOLOGIA

COMISION DE LA CARTA GEOLOGICA DE EUROPA.

Con objeto de establecer una serie de conclusiones finales, en el estudio de las Hojas A-6 y B-6, del Mapa Geológico de Europa a E. 1.:500.000, correspondientes al Sur de la Península Ibérica, se ha celebrado una reunión de trabajo organizada por la Comisión Nacional de Geología.

La citada reunión ha tenido lugar durante los días 15 al 25 del mes de octubre de 1974, habiendo realizado los itinerarios siguientes:

Día 15.—*Madrid-Ciudad Real*. Estudiándose los terrenos cristalinos de los alrededores de Toledo así como su relación con el Paleozoico bien datado.

Día 16.—*Ciudad Real-Almadén-Almuradiel*. A lo largo de este recorrido se ha observado, entre otras cosas, las siguientes:

- Estratigrafía del Ordovícico, Silúrico y Devónico del Sector de Almadén.
- Observaciones sobre volcanismo paleozoico y sobre la tectónica de la región.
- El Alcudiense del Valle de Alcuía.
- Las rocas volcánicas recientes.

Día 17.—*Almuradiel-Córdoba*. Se observó lo siguiente:

- El Alcuriense al N de Despeñaperros.
- Ordovícico y Silúrico del Sector de Despeñaperros, La Carolina.
- El Carbonífero inferior del N del batolito de Los Pedroches.
- El Cámbrico de los alrededores de Córdoba.

Día 18.—*Córdoba-Zafra*. A lo largo de este recorrido se ha observado:

- El carbonífero de la cuenca de Bélmez-Peñarroya.
- Precámbrico, Devónico y Carbonífero al S de Los Pedroches.

- Precámbrico de Fuenteovejuna y Azuaga.
- El Cámbrico al E de Zafra.
- Pleutonismo y volcanismo de la región.
- Observaciones sobre el metamorfismo y la tectónica.

Día 19.—*Zafra-Aracena-Huelva*. En este itinerario se vio lo siguiente:

- Cámbrico de los alrededores de Zafra.
- Corte transversal de la antiformal de Aracena. Devónico y carbonífero entre ésta y la faja piritífera.
- La faja piritífera en el sector del Río Tinto.
- Cuestiones petrológicas de la región.

Día 20.—Se celebró una reunión en *Huelva*, en la que intervienen todos los asistentes en las jornadas realizadas en territorio español, para discutir los problemas observados en los diferentes itinerarios. El tema central lo constituyen las correlaciones de las diferentes formaciones a fin de adjudicar edades que puedan encajar en el contexto de las Hojas del Norte de la Península y que están en contacto con las que actualmente se están realizando.

Día 21.—*Huelva-Villa Real de San Antonio-Béjar*. Este recorrido se realiza dentro del carbonífero inferior y Devónico superior y series azoicas de edad indeterminada.

Día 22.—*Béjar-Evora*. La finalidad de este itinerario fue la observación de los temas siguientes:

- Complejo Gabro-Diacítico de Béjar y su relación con el pórfido del Macizo eruptivo: así como la petrogenesis de la zona.
- Facies de la Serie Negra (Precámbrico reciente) en la zona de Portel-Viana.
- Características texturales y mineralúrgicas de los mármoles del Condado y de Viana.
- Relación entre migmatitas y granitos en la zona de Evora.

Día 23.—*Evora-Portalegre*. Se visitan los terrenos precámbricos y cámbricos en el anticlinorio de Estremoz. Precámbrico y Paleozoico al sur de Portalegre. Cámbrico de la zona de Elvas.



Día 24.—Reunión en *Portalegre* para fines idénticos a los observados en la reunión de Huelva, esta vez para la zona portuguesa.

Día 25.—*Badajoz-Cáceres*. Se ven algunos problemas relacionados con rocas graníticas, fundamentalmente petrogenesis y de clasificación.

Día 26.—Se celebra una reunión en *Madrid* que tiene como objetivo fundamental el dar cuenta al Presidente de la Comisión Internacional de la Carta Geológica de Europa de todos los aspectos que se han tratado a lo largo de las diferentes jornadas de trabajo.

HIDROGEOLOGIA

CURSO SOBRE EMPLEO DE MODELOS DIGITALES PARA LA EVALUACION DE RECURSOS HIDRAULICOS SUBTERRANEOS

Organizado por la Sección de Investigación de Recursos Hidráulicos del Instituto Lucas Mallada del C.S.I.C., tendrá lugar dos días por semana durante los meses de marzo, abril y mayo en Madrid. Comprende un total de cuarenta y ocho horas de clases, sin incluir las clases prácticas. El Curso será desarrollado por hidrogeólogos profesionales y está destinado a hidrogeólogos profesionales que deseen aplicar este nuevo y poderoso instrumento en sus trabajos; tiene, pues, un carácter eminentemente práctico. El director del Curso es el Profesor M. R. Llamas, de la Universidad Complutense. Patrocina esta actividad el Centro de Estudios, Investigaciones y Aplicaciones del Agua, de Barcelona, la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras e INTECSA. La Secretaría de dicho curso se ha establecido en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

MINERALURGIA

LA EVOLUCION DEL SECTOR SIDERURGICO EN LOS DIEZ PRIMEROS MESES DEL AÑO

Según informa la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID), la producción nacional de acero en los diez primeros meses del presente año se ha elevado a 9,5 millones de toneladas de acero, lo que representa un aumento del 5,5 por 100 respecto a la cifra correspondiente al año anterior.

El consumo aparente de acero se ha situado en el período enero-octubre en 10,03 millones de toneladas, que suponen un incremento del 10 por 100 aproximadamente respecto a igual período de 1973, y que superan en un

5,6 por 100 a las previsiones establecidas por el Programa Siderúrgico Nacional.

En dicho período, el total de las importaciones ha ascendido a 1.194.000 toneladas en acero equivalente, frente a 925.000 toneladas de exportaciones, con un déficit en la balanza comercial del sector siderúrgico de 269.000 toneladas.

UNA PLANTA NODULIZADORA MULTINACIONAL

Un grupo de compañías está estudiando el establecimiento, con un costo de 450 millones de dólares, de una instalación productora de bolas (nódulos) de mineral de hierro en el monte Klahoyo, cerca de la ciudad de Man, Costa del Marfil. La planta producirá de 10 a 13 millones de toneladas de nódulos al año, y la producción inicial se espera para 1979 ó 1980. Las firmas participantes son la Sumitomo Shoji Kaisha Ltd. y la Mitsubishi Corp., del Japón, la entidad inglesa British Steel Corp., la Union Siderurgique de Nord & de L'Est de la France, la Hoogevens Ijmuiden B. V. de los Países Bajos, y la Societe pour le Developpement Minier de la Cote d'Ivoire, del gobierno de la Costa del Marfil.

ENERGIA

TRAMITACION DE PATENTES EN NORTEAMERICA

La Oficina de Patentes Norteamericana ha concedido prioridad a la tramitación de las solicitudes de patente que puedan contribuir al descubrimiento o desarrollo de nuevas fuentes de energía y al más eficaz aprovechamiento y conservación de las actuales. En la primera categoría figuran los combustibles fósiles (gas natural, carbón y petróleo), la energía nuclear, la energía solar, etc. La segunda comprende aquellos inventos que contribuyan a disminuir el consumo de energía en los sistemas de combustión, equipos industriales, aparatos domésticos, etc. La prioridad se extenderá tanto a las futuras solicitudes, como a las que actualmente están presentadas.

RADIACIONES IONIZANTES EN EL ATOLON DE BIKINI

Dieciséis años después de la última explosión atómica realizada en el mundialmente famoso atolón de Bikini, se ha comprobado, por científicos de la Universidad de Washington, la presencia de radionucleidos en el lago central del atolón, los cuales se hallan sometidos a un constante transporte de un lado a otro a favor de las corrientes existentes en sus aguas. El flujo de radionuclei-

dos (fundamentalmente, americio 241 y plutonio 229-240) desde el atolón hacia las aguas de la Corriente Ecuatorial del Norte, ha sido calculado en tres y seis curios, respectivamente, por año.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

CEMENTO CON POLVILLO DE CENIZAS

El polvillo de cenizas, húmedo o seco, es la base de un cemento que se informa posee características superiores a las del cemento Portland. En el proceso fabril se mezcla una parte de cal con tres partes de polvo de cenizas, y esta mezcla se funde en un horno para formar una escoria. Esta se seca, se conforma en nódulos y se pulveriza. La firma UCE Linaux-Hainaut, S. A., está construyendo una planta experimental que producirá dos toneladas diarias del cemento. Se informa que el producto fragua más pronto que el cemento Portland, es más resistente al agua salada y se contrae en vez de dilatarse al fraguar.

LUCHA CONTRA LA EROSION DE LOS TERRENOS

En el centro de investigación "Noranda", de la firma "Canadá Wire and Cable" de Quebec, se estudia el empleo de planchas biodegradables de alcohol de polivinilo con un plastificante de glicol-polietileno, para luchar contra la erosión de los terrenos. Estas planchas contienen semillas, fertilizantes y sustancias reguladoras del crecimiento vegetal que, una vez degradada la sustancia plástica portadora, permitan la constitución de un nuevo estrato vegetal de gran viabilidad. El costo aproximado de las planchas se ha calculado entre 3,5 y 6,9 pesetas por metro cuadrado.

EL AGUA PESADA COMO INDICADOR DEL CLIMA

Las trazas del deuterio isótopo pesado del hidrógeno, en las plantas fósiles denotan el clima en que han vivido. El agua absorbida por las plantas contiene siempre una cantidad pequeña de agua pesada, que varía con el clima y que no es asimilada por la sustancia vegetal en el proceso de fotosíntesis. En las zonas cálidas se aprecian concentraciones mayores de deuterio y menores en las frías. Análisis de muestras de madera procedentes de Holanda, el Sur de Alemania y Sudáfrica han confirmado dicha conexión.

El método puede aplicarse al clima de épocas geológicas, como han puesto de manifiesto los análisis de piceas de doscientos años del Sur de Alemania. Para ello se

midió en cada anillo anual el contenido en deuterio, comparándolo después con las temperaturas disponibles del año correspondiente. Este método funciona también con la turba, es decir, con material vegetal ya desintegrado, que es mucho más antiguo y que puede remontarse a la última glaciación.

RESIDUOS DE FABRICACION DE SOSA

Según un informe de la "Socialiticheskaya Industria", cada tonelada de sosa producida en la URSS origina unos ocho metros cúbicos de residuos que contienen materias minerales aprovechables.

Sobre esta base, el Instituto de Investigación y Desarrollo de la Química, de Jankov, y el Instituto del Aluminio y el Magnesio, de Leningrado, han elaborado un procedimiento para la recuperación de estos materiales, y la empresa "Achinsk" (Krasnoyarsk) está construyendo instalaciones para la producción de sosa y potasa destinadas a la industria de fabricación de vidrios de calidad, en las que los residuos se aprovecharán para la fundición de aluminio.

BAUXITA DE RESIDUOS CARBONOSOS

En caso de que vaya a ocurrir una escasez de bauxita, la Aluminum Co. of America (Alcoa) ha dado con una fuente de su materia prima: los residuos de carbón. Dicha empresa informa tener una planta experimental en la cual se produce alúmina a partir de los desperdicios del carbón. Hace notar esta firma que el desperdicio contiene tanta alúmina (28 por 100) como la bauxita del occidente de Australia, pero mucho menos que la de Surinam, cuya proporción de bauxita es del 50 al 55 por 100.

ECONOMIA

EXPORTACION JAPONESA DE PRODUCTOS QUIMICOS

A causa de los precios altos, el comercio de productos químicos fue muy favorable para el Japón en 1973, a pesar del gran incremento de las importaciones. Estas crecieron por un 62,5 por 100, hasta 1.800 millones de dólares, pero las exportaciones, aunque aumentaron en sólo un 20,3 por 100, ascendieron a un valor de 2.100 millones de dólares. El Banco del Japón informa que las exportaciones de abonos artificiales subieron en un 25,9 por 100 y las de plásticos en un 21,1 por 100. En los embarques al Asia Sudoriental hubo un incremento del 34,2 por 100, en tanto que las exportaciones a los EE. UU. descendieron en un 3,02 por 100.

INVERSION EN LA INVESTIGACION DE RIQUEZAS NATURALES

En una reunión reciente de geólogos alemanes se afirmó la ayuda a encontrar riquezas de subsuelo equivale a una inversión de utilidad particularmente elevada. Las sumas que aportan a la exploración geológica atraen rápidamente nuevas inversiones. La condición indispensable es evidentemente que la situación política del país permita hacer las inversiones.

La explotación de la riqueza del subsuelo no crea solamente puestos de trabajo para su explotación. Con ella viene la apertura de carreteras, ferrocarriles y puertos; la fuente de la explotación atrae empresas que elaboran la materia; pronto una central eléctrica provee de energía a toda la región.

Las reservas de materia prima, son base de rápido desarrollo industrial, que en lo futuro podrán fluir con mayor abundancia los medios que necesitan para llegar a conocer a sus tesoros naturales.

REUNIONES CIENTIFICAS

XXIII CONGRESO GEOGRAFICO INTERNACIONAL

Durante los meses de julio y agosto de 1976, tendrá lugar en Moscú el XXIII Congreso Geográfico Internacional, para cuya organización se ha considerado oportuno dividir las actividades en diez secciones: 1.ª Geomorfología. 2.ª Climatología, Hidrología y Glaciología. 3.ª Geografía de los océanos. 4.ª Biogeografía. 5.ª Geografía física general. 6.ª Geografía económica general. 7.ª Geografía de la población. 8.ª Geografía regional. 9.ª Geografía histórica y paleogeografía. 10.ª En esta se han incluido los problemas de la formación de profesores y la difusión del saber geográfico.

Con ocasión de este Congreso se celebrarán los cinco simposiums generales siguientes: 1) La previsión científica en materia y transformación antropógena, métodos de mejora y protección del ambiente. 2) Los fundamentos científicos del desarrollo de las regiones y la distribución racional de la producción. 3) Los aspectos geográficos del urbanismo y la planificación del desarrollo de las ciudades. 4) Las deficiencias de las ciencias geográficas en el estado actual de la revolución científica y técnica. 5) La colaboración científica internacional de los geógrafos. También se celebrarán los tres seminarios metodológicos siguientes: 1) Establecimientos de modelos matemáticos referentes a los sistemas naturales. 2) Establecimiento de modelos de producción referentes a los complejos productivos nacionales. 3) Creación de sistemas de información para el uso de geógrafos.

QUIMICA INDUSTRIAL

OBTENCION DE POLIETILENO EN LA URSS

En Prinkonsk, en la República de Georgia (URSS), se ha iniciado la construcción de una gran planta química para la fabricación de polietileno, cuya producción, cuando alcance un pleno rendimiento (en 1978), está calculada en 200.000 toneladas anuales de resinas de elevada densidad. El procedimiento de fabricación utilizado en Prinkonsk ha sido cedido por la "Unión Carbide", de EE. UU., en tanto que el diseño y montaje de las instalaciones se debe a la firma británica "John Brown".

INVESTIGACION ESPACIAL

LOS SATELITES GEODESICOS

Los satélites artificiales cada día son más utilizados para el estudio de nuestro planeta. En este sentido, el Instituto de Geodesia Aplicada, en Baviera, ha puesto en servicio una estación de observación de satélites, destinada a medir con un telémetro láser la órbita de satélites geodésicos con precisión de centímetros. Estas mediciones forman parte de un programa internacional de investigaciones. Se espera que, en el correr del tiempo, dichas mediciones proporcionarán conocimientos más exactos sobre los cambios del campo de gravedad de la Tierra, los movimientos de las capas polares y las supuestas derivas de los continentes.

INTASAT

El pasado mes de noviembre fue lanzado a las 17,11 horas oficial el primer satélite español INTASAT, con un peso en órbita de 21 kilogramos. La altura en órbita fue de 1.458 kilómetros nominales, con un error de dos kilómetros sobre los 1.460 proyectados.

Este satélite fue fruto de siete años de estudios y trabajos incesantes, con una continua mejora y perfeccionamiento de diversas y difíciles técnicas.

La experiencia astrofísica incorporada, se realiza por medio de un transmisor de señales de 40 y 41 MHz linealmente polarizadas, el cual funciona como faro ionosférico. Estas señales al atravesar la ionosfera, sufren rotaciones cuya medida permite establecer el valor local del contenido total en electrones. La recepción de las señales y determinación del giro se hace en 36 estaciones de 24 países.

La experiencia tecnológica consiste en el estudio de los efectos de la radiación sobre el funcionamiento de circuitos electrónicos con óxidos de metales semiconductores.

Con este éxito, entra España en el reducido número de países del mundo con satélite propio.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	336
Bolsa de Engelhard	N	g	337
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	8,14
Bolsa de Nueva York	N	g	7,93
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	352-369
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	346-364 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	321-380

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 noviembre
HIERRO			
Menas del lago Superior puestas en los puertos más bajos del lago:			
Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,045 P, máx 8,9 % SiO ₂ , máx 5,9 % humedad	N	t	888 FOB-Lago
Old range	N	t	902 FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, %, máx. 8,32 % SiO ₂ , máx. 9,7 %	N	t	879 FOB-Lago
Old range	N	t	893 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	22,67 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	46,67 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	25,12 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	457 D-U.K.
Precio productor	L	kg	469 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	482 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	475 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	469 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	634 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	827 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	500 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	343-358 D-UK

Menas y concentrados:

Las menas de este metal no aparecen normalmente en el mercado libre, ya que las compañías explotadoras normalmente son también beneficiarias. Las únicas menas que alguna vez aparecen en el mercado son las canadienses y en este caso el precio se calcula en dólares por libra de cobalto contenido FOB Ontario (FOB ON). Los precios completamente nominales marcados por el estado canadiense, para favorecer el desarrollo minero son los siguientes:

Menas de 10 % de Co	N	kg Co cont	76,06 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	87,58 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	100 FOB-ON

CROMO

Metal:

En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	kg	153-224
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	260 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	260 D
Fundido al vacío	N	kg	269 D

Menas y concentrados (Cromita).

Se trata de mineral básicamente seco, sujeto a penalidades si no existen suficientes garantías; los términos de los contratos de compra (sujetos a negociaciones) son generalmente más bajos que la cotización en el mercado. En cada caso se tiene en cuenta la relación de cromo a hierro contenida en el mineral (ratio).

Ruso, fragmentos apelmazados, mín 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio, 3,5:1	L	t	2.837-3.404 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.837-3.404 FOB
Turco, cocentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.270-2.724 FOB
Ruso, 54/56 % Cr ₂ O ₃ , ratio 4:1, tomando como base para su precio el de ratio 4:1 del 48 %	N	t	3.121-3.404 FOB-E
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	3.636 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	2.624-2.904 FOB-E

MANGANESO

Metal:

Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	63.302-65.281 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	67,15 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	71,31 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	62,25-66,08 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	61,42-65,89 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	6.198-6.990 CIF-E
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	8.572-9.891 CIF-E
MOLIBDENO			
Metal:			
Polvo	L	kg	633-653
Polvo de reducción hidrógena, 99,95 % Mo	N	kg	319 FOB
Menas y concentrados:			
Climax (mineral de la American Metal Climax Inc), mín 85 % MoS ₂ (durante 1972 vendieron mineral de 95 % MoS ₂ cont)	L y N	kg Mo cont	288 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	284-288 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	260-279 FOB
NIQUEL			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 4 t	L	t	238-175 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	245-692 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	223-141 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	227-757 D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	231 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	216 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	221 p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	238-256 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	n. a. FOB-f
Francés refinado	F	kg	245 FOT
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	299-333 e-w
Japonés	J	kg	265 e-w
Menas y concentrados.			
Según contenido en níquel, tomando como base de discusión el precio del níquel en cátodos de 99,9 % con deducciones que dependen de las impurezas y de los gastos de tratamientos. No existe una fórmula internacional de compra, las compañías compradoras estudian cada caso en concreto.			
VANADIO			
Metal:			
Sólo se cotiza como ferroaleaciones.			
Menas y concentrados:			
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	L	kg V ₂ O ₅ cont	179 CIF
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	373 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	— FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportación USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	269 FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	971 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.206-1.414 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO ₃			
	L	t. u. WO ₃	5.275-5.539 CIF-E
Volframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.970 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	4.880 CIF-E
Volframita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.196 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.183 CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	6.146 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	4.761 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.526 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	4.734 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	824-851 D-UK
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.266-1.345 D-UK
ALUMINIO			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	— D
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	48,79 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	27.275
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	48,17 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	47.675 D
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	49.376 D
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	48,71 CIF
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	39.564-43.520 CIF-E
Mín 99,7 % Al	L	t	44.180-46.158 CIF-E
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al ₂ O ₃ empaquetada, en lotes de 20 t	L	t	8.737 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	10.644

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel.	L	t	3.115-3.375
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel	L	t	5.192
CINC			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn ...	L	t	44.509 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	47.477 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 4,5 £/t)	L	t	45.103 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	45.565 D-UK
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	49,16 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	50,16 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	50,41 D-USA
Alemán del oeste:			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	52.006
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	52.464
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	47,54 FOB-C
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	48,96 FOT
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	49,93 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	50,92-56,29 e-w
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	51,17-56,29 e-w
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del productor.			
Sulfuro del 52 % Zn	L	t	12.703 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	14.972 CIF-E
COBRE			
Metal:			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	78.073 FOB-f
Cátodos (L.M.E.)	L	t	76.490
Productores USA	N	kg	95,08
Alemán del oeste:			
electrolítico	G	t	80.804-81.720
Cátodo	G	t	81.330-83.620
Menas y concentrados:			
Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.			
Menas del 15 % Cu	L	t	8.041
Menas del 20 % Cu	L	t	11.724
Menas del 25 % Cu	L	t	15.409

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	415.422 e-w
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	455 D
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn	L	kg	360 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	58.027 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	101.548 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	152.137 CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	259.144 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	283.344 CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	304.115 CIF-E
PLOMO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	30.003 e-w
Producido en USA	N	kg	30,65 D
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del producto. Estos precios están calculados considerando que esas menas no tienen nada de plata.			
Concentrados de 70 % Pb	L	t	15.157 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	18.577 CIF-E
Metales secundarios			
ANTIMONIO			
Metal:			
Regulos inglés, 99,5 % Sb, lotes 5 t	L	t	218.921 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	222.218 D-UK
Importado 99,6 % Sb	L	t	217.602-240.861 CIF
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	280 FOB
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	333 FOB
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	256 CIF-NY (e)
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	289 FOT
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	273-316 e-w
Japonés	J	t	321-470 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.532-1.702 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.316-1.929 CIF-E
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	222.218 D-UK
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	230.131 D-UK
BERILIO			
Metal:			
Polvo 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	13.262-15.263 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	15.122 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.564-1.731 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO (n) ...	N	t. u. BeO	1.675 CIF-USA
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	L	kg	1.126 e-w
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.126 e-w
Francés, mín 99,95 % Bi ...	F	kg	938-976 FOT
Mercado internacional, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	1.200 CIF
Menas y concentrados:			
Oxido, mín 60 % Bi ...	L	kg Bi cont	(n) CIF
CADMIO			
Metal:			
Barras mín 99,95 % Cd., en lotes de tonelada ...	N	kg	532-538 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	344-357 CIF
Barras en el mercado libre ...	L	kg	344-357 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	539 FOT
Menas y concentrados.			
Las menas de este metal no son cotizadas en el mercado, ya que el 80 % del cadmio producido se obtiene de la fundición de los minerales de cinc y el resto de otras metalurgias similares.			
CIRCONIO			
Metal:			
Espónja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	1.001-1.376 FOB
Calidad comercial ...	N	kg	688-876 FOB
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO ₂ ...	L	t	23.365-24.977 CIF-E
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂ ...	L	t	24.171-27.391 CIF-E
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín 99,9 % Li, en lotes de 1000 lb ...	N	kg	1.067-1.095 FOB-NY
Menas y concentrados:			
Amblygonita 6/8 % Li ₂ O, en base al 8 % ...	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Lepidolita 3/3,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.583-1.978 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.583-1.978 CIF-E
MAGNESIO			
Metal:			
Lingotes de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg en lotes mínimos de 10 t ...	L	t	116.059 D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	138.474 D
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	116.846 D-UK
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	130.429 D-UK
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	119.351 D-UK
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	113.417-118.692 CIF
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	93,83 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	100 FOB
Menas y concentrados.			
Este metal se recupera a partir de una serie de rocas que en su composición química contienen un alto grado de Mg, tales como la brucita, dolomita, magnesita y olivino.			
MERCURIO			
Metal:			
Mercado europeo, en frascos de 76 lb ...	L	f	13.164-13.447 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	14.355-14.752 CIF-NY
Menas y concentrados.			
Las menas no se comercian, ya que son siempre tratadas por los países productores.			
NIOBIO O COLUMBIO			
Metal:			
Calidad metalúrgica 99,5/99,8 % Nb, dependiendo del tamaño de los lotes:			
Polvo y perdigones ...	N	kg	3.753-3.630 FOB-USA
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.252-3.128 FOB-USA
Menas y concentrados:			
Columbita mín 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 ...	L	kg. Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅	231-256 CIF-E
Pirocloro, mín 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cont	219-231 FOB-C
Columbita 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 (n) ...	N	kg	200-213 CIF-USA
TANTALIO			
Metal:			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	4.379-5.505 CIF-USA
Láminas dependiendo de la pureza ...	N	kg	6.255-7.131 CIF-USA
Varillas dependiendo de la pureza ...	N	kg	5.630-6.756 CIF-USA
Menas y concentrados:			
Tantalita:			
Mín 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	2.002-2.252 CIF-E
Mín 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.877-2.127 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	153
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	397-578 D
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	281 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	23.365-26.558 CIF-E
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO ₂ ...	L	kg	24.171-27.394 CIF-E
Rutilo, mín 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	31.900-34.402 D
Ilmenita, mín 54 % TiO ₂ ...	N	t	3.071 FOB
Escorias canadienses, mín 70 % TiO ₂ ...	N	t	3.350 FOB
Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre

ARSENICO**Metal:**

Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada L t 197.820-263.760

Menas y concentrados.

El arsénico es obtenido como subproducto en las metalurgias del cobre, cinc y otras menas.

CESIO

Mín 99,5 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	79,43-204 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	31.277-34.405 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.022-28.150 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.766-21.896 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.511 FOB
Mín 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	102-227 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	37.533-40.661 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	31.277-34.405 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	23.771-36.282 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	15.639 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín 24 % Cs₂O L t. u. Cs₂O 1.635-1.714 FOB

GALIO**Metal:**

Mín 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	56,70 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	45,39 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	39,71 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	36,88 FOB
Mín 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	62,41 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 noviembre
GERMANIO			
Metal:			
Calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo ...	L	kg	15.957 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	16.625 D
Menas y concentrados.			
El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.			
HAFNIO			
Metal:			
Esponja ...	N	kg	9.383 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	15.013 FOB
Menas y concentrados.			
Las menas de hafnio no se comercializan, ya que todo el metal que se produce se obtiene separándolo del circonio después de la metalurgia de éste.			

INDIO**Metal:**

En barras, mín 99,97 % de pureza, en lotes de 100 troy on ...	L	kg	10.049 D
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	10,01

Menas y concentrados.

El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.

RENIO**Metal:**

Polvo, mín 99,99 % Re ...	L	kg	92.316
Polvo en el mercado USA ...	N	kg	78.194

Menas y concentrados.

La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recobrado a partir de las menas de molibdeno y de los porfidos cupriferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.

RUBIDIO**Metal:**

Mín. 99,5 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	79,43-204 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	34.405-37.533 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.022-28.150 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	18.766-21.896 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.511 FOB

Menas y concentrados.

El rubidio producido se obtiene de la metalurgia del cesio y otras menas, por esta razón no se cotizan sus menas en el mercado.

SELENIO Y TELURIO**Metal, Selenio:**

Polvo grado comercial, mín 99/99,5 % Se ...	N	kg	2.252
De alta pureza, mín 99,9 % Se ...	N	kg	2.627

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb ...	L	kg	2.252
Otras procedencias ...	L	kg	1.877-2.032 CIF
Metal, Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te ...	L	kg	1.126
Barras, mín 99,5 % Te ...	L	kg	1.126
Polvo, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.126
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	938 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 noviembre
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.251-1.626 FOB-f
Hexafluoruros ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.126-1.501
TORIO			
Metal:			
Polvo y pellets (*) ...	N	kg	1.877
Menas y concentrados:			
Monacita: por ser mineral de tierras raras su precio se especifica en estas últimas.			
TIERRAS RARAS:			
Metal:			
Cerio, mín 99 % neto ...	L	kg	3.490 D-UK
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	2.670
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	375.330
Gadolinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	21.269
Itrio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	17.515
Lantano, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	4.379
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	12.511
Samario, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	15.639

Menas y concentrados:**Monacita:**

Mín 60 %, óxido TR torita ...	L	t	12.891-14.905 CIF-E
Mín 55 %, óxido TR ...	L	t	12.369-13.167 CIF

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Xenotima:			
Mín 25 % Y ₂ O ₃ ...	L	kg	375-626 CIF
Mín 60 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	1.689 CIF
Mín 90 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	4.366 CIF
Basnasita:			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	50,04-62,55 CIF
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	37,53 FOB
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	43,78 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
------------------------	---------	--------	---------------------

AZUFRE

USA para la exportación, mín 99 % S ...			
Brillante ...	N	t	3.071 FOB-Golfo
Brillante sólido ...	L	t	2.234-2.401 FOB-Golfo
Brillante líquido ...	L	t	(n) CIF-E
Oscuro ...	N	t	2.457 FOB-Golfo
Resto del mundo, líquido ...	L	t	2.010-2.182 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	1.954-2.234 CIF-E

BARITA**En bruto:****Calidad químicos y para vidrio:**

Escogido a mano, mín 95 % BaSO ₄ , máx 1 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	1.845-1.989 FOB
Magnéticas o de flotación, mín 96 % BaSO ₄ , máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.158 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.063-1.314 FOB-Golfo
Importadas en fragmentos, 90/98 % BaSO ₄ , a granel ...	L	t	1.978-2.374 CIF

Molidas:

En húmedo, mín 95 % BaSO ₄ , a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.753-5.004 FOB
En seco, de grado para lodos, 83/93 % BaSO ₄ , 3/12 % Fe, 4,2/4,3 peso específico, en lotes de camiones ...	N	t	2.502-2.940 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.939 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín 99 % a 240 mesh, en lotes de 10 t ...	L	t	5.935-6.594 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	3.165-3.693 CIF-pe.

Micronizadas:

Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	7.253-7.517 D-UK
-------------------------------	---	---	------------------

BORATOS

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	9.495 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	12.133 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	16.749 D-UK
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	13.979 D-UK
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	4.097 FOB
Deshidrato, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	10.086 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B ₂ O ₃	N	t	3.972 FOB
65 % B ₂ O ₃	N	t	5.692 FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B ₂ O ₃	L	t	1.645-1.759 FOB
CELESTITA			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % SrSO ₄ , a granel, molido 240 mesh	L	t	3.792 e-w
ESPATO FLUOR			
Metalúrgico, mín 70 % CaF ₂			
Reino Unido	L	t	1.947-2.596 D-UK
USA en pellets	N	t CaF ₂ cont	3.972 FOB
Mejicano	N	t CaF ₂ cont	3.127 FOB-barco
Cerámico, mín 85 % CaF ₂ :			
Reino Unido, molido 93/95 %	L	t	3.514-4.024 CIF
USA, 88/90 %	N	t CaF ₂ cont	4.300-5.026 FOB
95/96 %	N	t CaF ₂ cont	4.663-5.361 FOB
97 %	N	t CaF ₂ cont	4.858-5.752 FOB
Acido, material seco, mín 97 % CaF ₂ :			
Reino Unido, embolsado	L	t	4.154-4.932 D-UK
USA, en bruto	N	t CaF ₂ cont	4.774-5.752 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo	N	t CaF ₂ cont	4.746 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF ₂ cont	6.411 FOB-m
importado en Europa	N	t CaF ₂ cont	5.004-5.629 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF ₂ cont	3.753-3.878 FOB
FOSFATOS			
USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL	N	t	1.532-1.564 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	1.683-1.751 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	1.845-1.939 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	2.174-2.252 FOB-m
Argelino y Turco, 65/68 % BPL	L	t	2.974 CIF
Australiano, 83 % BPL	L	t	1.675-1.787 FOB
Marroquí, 73 % BPL	L	t	3.575 CIF
Ruso, apatito concentrado, 39 % P ₂ O ₅	L	t	(n)

NOTA: BPL=Ca₈(PO₄)₆=0,458 % P₂O₅.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
GRAFITO			
Alemán	N	t	13.277-84.826 FOB
Madagascar	N	t	10.667-31.660 FOB
Noruego	N	t	8.511-14.015 FOB
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	14.072-25.306 FOB
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	19.600 FOB-C
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	15.057 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.384 FOB-C
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	19.600 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.384 FOB-C
80/83 % C	L	t	7.788 FOB-C
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.384 FOB-C
80/83 % C	L	t	7.788 FOB-C
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.803 FOB-C
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.702 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	1.617 FOB-m
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	8.177 D-UK
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	813-888 FOB
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	681-851
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	3.245-3.894 CIF
USA, standard	N	t u. K ₂ O	58,70 FOB-Fla
Coarse	N	t u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K ₂ O:			
Canadiense:			
Standard	N	t u. K ₂ O	31,90-35,65 FOB-C
Coarse	N	t u. K ₂ O	34,40-38,15 FOB-C
Granular	N	t u. K ₂ O	35,65-39,40 FOB-C
USA:			
Standard	N	t u. K ₂ O	58,78 FOB-Ca
Standard	N	t u. K ₂ O	36,90-41,90 FOB-NM
Finos standard	N	t u. K ₂ O	40,03 FOB-Ca
Coarse	N	t u. K ₂ O	42,13 FOB-Ca
Coarse	N	t u. K ₂ O	38,15-43,15 FOB-NM
Granular	N	t u. K ₂ O	39,40-44,41
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t u. K ₂ O	35,65-39,40 FOB-C
USA, soluble	N	t u. K ₂ O	40,03-44,41 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K ₂ O, a granel	N	t u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
SAL COMUN			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	422 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	651 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.051 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar.	L	t	811 e-w

Minerales no metalicos	Mercado	Unidad	Precio de noviembre
VERMICULITA			
USA	N	t	1.876-3.002 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	3.440-4.378 CIF-AT
En crudo, embolsada	L	t	(n) CIF
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P1, 99,7 % menor 325 mesh	L y N	t	4.997 CIF-E
P4, 99,95 % menor 325 mesh	L y N	t	5.452 CIF-E
Para cerámica:			
C1, 96,5 % menor 325 mesh	L y N	t	4.932 CIF-E
C6, 79,2 % menor 325 mesh	L y N	t	4.867 CIF-E
C101, 2 % menor 200 mesh	L y N	t	4.803 CIF-E
Para mastique:			
F1, 78 % menor 325 mesh	L y N	t	5.257 CIF-E

NOMENCLATURA	
CALIDAD	
(n):	Nominal, indica que al ser insuficiente en negocio, no sirve como base para una cuantificación real.
GIRM:	Agrupación de importadores de metales.
MERCADO	
L:	Londres, base del mercado europeo.
N:	Nueva York, base del mercado americano.
A:	Australia.
B:	Bélgica.
C:	Canadá
F:	Francia.
G:	Alemania del Oeste.
I:	Italia.
J:	Japón.
SA:	Sudáfrica.
UNIDAD	
Troy on:	onza troy=0,3110 g.
lb:	libra=0,4535 kg.
t:	tonelada métrica.
st:	tonelada corta=0,907 t.
lt:	tonelada larga=1,016 t.
f:	frasco=76 lb.
picul.:	picul=133,5 lb.
tu "x":	unidad de "x" contenido en una tonelada.
stu "x":	unidad de "x" contenido en una tonelada corta.
ltu "x":	unidad de "x" contenido en una tonelada larga.
lb "x" cont.:	libro de "x" contenido.
kg "x" cont.:	kg de "x" contenido.
t "x" cont.:	tonelada de "x" contenido.
PRECIO	
(n):	nominal, indica el nivel de precio probable, sin confirmación.
n. a:	precio no disponible.
£:	Libra Esterlina.
\$:	Dólar USA.
\$ A:	Dólar Australiano.
\$ C:	Dólar Canadiense.
\$ M:	Dólar Malayo.
D M:	Marco Alemán.
F:	Franco Francés.
FB:	Franco Belga.
l:	Lira Italiana.
Rand:	Rand Sudafricano.
Yen:	Yen Japonés.

PUERTOS	
N. Y.:	Nueva York.
Lago:	Lago Superior.
ON:	Lago Ontario.
UK:	Reino Unido.
Golfo:	Golfo de México.
H:	Huelva.
S:	Setúbal.
Fla.:	Florida.
Ca.:	California.
N. M.:	Nuevo México.
At.:	puerto Atlántico.
FORMA DE ENTREGA	
FOB:	Franco a bordo, el vendedor asume todos los riesgos hasta que queda puesta la mercancía a bordo. Cuando aparece el nombre del puerto, el vendedor asume toda la responsabilidad hasta la puesta a bordo en ese puerto, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro puerto, es éste el que corre con los gastos.
FAS:	Franco en el muelle de embarque.
FOT:	Franco sobre camión.
CIF:	El vendedor asume los gastos de la fórmula FOB más los gastos del seguro y flete hasta el puerto de destino.
CIF-E:	CIF en puerto Europeo.
CIF-USA:	CIF en puerto USA.
CIF-X:	CIF en lugar X.
D:	Franco en el domicilio del comprador
D-X:	D en el lugar X, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro lugar correría con los gastos de traslado.
d-p:	punto de entrega.
e-w:	ex warehouse=puesto en fábrica o almacén.
p. e:	libre de gastos hasta el punto de entrada en el país.
f:	fábrica.
m:	mina.
r:	refinería.
(e):	aranceles de aduanas adicionales.
(i):	incluidos los aranceles de aduanas.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
264	22447	4-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan.
264	22447	4-XI-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
264	22448	4-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se cita, Delegación Provincial de Santander.
264	22448	4-XI-74	Ind.	TITULACION de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de León.
264	22448	4-XI-74	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Valencia.
265	22533	5-XI-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Valencia.
268	22751	8-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Gerona.
268	22751	8-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Lérida.
268	22751	8-XI-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
268	22751	8-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Sevilla.
268	22752	8-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Zaragoza.
271	22973	12-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Alicante.
271	22974	12-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Teruel.
277	23436	19-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Avila.
277	23439	19-XI-74	Ind.	CANCELACION del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Palencia.
281	23821	23-XI-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
287	24403	30-XI-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Lugo.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
287	24403	30-XI-74	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
292	24881	6-XII-74	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Cáceres.
292	24881	6-XII-74	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
292	24882	6-XII-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
296	25203	11-XII-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Salamanca.
299	25469	14-XII-74	Ind.	OTORGAMIENTO del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Valencia.
PERSONAL				
281	23790	23-XI-74	E. y C.	ORDEN por la que se nombra a don Isidoro Blázquez García, Catedrático numerario del grupo III de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.
281	23790	23-XI-74	E. y C.	ORDEN por la que se nombra a don Angel Valverde Gonzalo, Catedrático numerario del grupo VII en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.
282	23894	25-XI-74	E. y C.	ORDEN por la que se nombra Catedrático numerario de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid a don Roberto Centeno González.
296	25167	11-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se nombran titulares de plazas no escalafonadas a los ingenieros de Minas que se citan.
HIDROCARBUROS				
268	22750	8-XI-74	Ind.	ORDEN sobre la renuncia de los permisos denominados "La Guardia de Ares", "Aren" y "Trem-Isona".
282	23911	25-XI-74	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia total al permiso de investigación de hidrocarburos denominada "Oliana II", de CIEPSA y SEPE.
284	24112	27-XI-74	Ind.	ORDEN por la que se sacan a concurso para su adjudicación 32 permisos de investigación de hidrocarburos en la Zona C
290	24688	4-XII-74	Ind.	CORRECCION de erratas de la Orden de 8 de noviembre de 1974 por la que se sacan a concurso para su adjudicación 32 permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C.
292	24880	6-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se sacan a concurso para su adjudicación cinco permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
296	25200	11-XII-74	Ind.	DECRETO por el que se aprueban los contratos de cesión de APEXCO al Monopolio de Petróleos y el Convenio de Colaboración que regulará las relaciones entre ambas Entidades en los permisos de investigación de hidrocarburos "Valls", "Tarragona", "Villanueva y Geltrú", "Villafranca del Panadés" y "Reus".
296	25200	11-XII-74	Ind.	DECRETO por el que se encomienda al INI la investigación de 36 permisos de investigación de hidrocarburos en las Zonas A y C.
RESERVAS				
264	22445	4-XI-74	Ind.	ORDEN por la que se dispone la prórroga de la reserva provisional a favor del Estado, para investigación de yacimiento de minerales de hierro, denominada "Zona Suroeste de la Península", comprendida en las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.
291	24788	5-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excepto radiactivos e hidrocarburos fluidos, "Zona Sierra de la Demanda" (Burgos, Logroño, Soria).
291	24789	5-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para la investigación de toda clase de sustancias minerales, excepto radiactivas e hidrocarburos fluidos, "Zona Sierra Menera", comprendida en las provincias de Guadalajara y Teruel.
291	24789	5-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para la investigación de minerales de hierro, "Alquife-Marquesado", comprendida en las provincias de Granada y Almería.
299	25468	14-XII-74	Ind.	ORDEN por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado para investigación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, "Zona Peñarroya-Bélmez-Espiel", comprendida en la provincia de Córdoba.
VARIOS				
264	22440	4-XI-74	Gob.	RESOLUCION por la que se autoriza el envasado del agua mineral medicinal "Alamilla" en forma natural.
264	22440	4-XI-74	Gob.	RESOLUCION por la que se registra, como potable de manantial, el agua del manantial "Fuente de Molinias", sito en Fosado Alto, aldea del término municipal de La Fueva (Huesca).
267	22649	7-XI-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Algarrobo (Málaga) un aprovechamiento de aguas subálveas del río Algarrobo, en su término municipal, con destino al abastecimiento de la población.
279	23585	21-XI-74	Pl. Des.	DECRETO por el que se aprueba la "Norma Sismorresistente P.D.S.-1 (mil novecientos setenta y cuatro), parte A (texto)", así como la constitución de la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
281	23811	23-XI-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas "Salto del Frontón", de legalización de obras de alumbramiento de aguas subterráneas y su continuación, en terrenos del monte de propios del Ayuntamiento de La Guancha e Icod de los Vinos (Tenerife).
284	24117	27-XI-74	Ind.	RESOLUCION por la que se dispone la inclusión en la Lista Oficial de Explosivos Industriales para Usos Civiles de tres nuevos explosivos, tipo Slurries, fabricados por "Unión Explosivos Río Tinto, Sociedad Anónima".
285	24203	28-XI-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Cervelló un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía del río Llobregat, en término municipal de San Vicente dels Horts (Barcelona), con destino al abastecimiento de agua potable.
286	24301	29-XI-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Miguel Martínez Cabrera un aprovechamiento de aguas subálveas del río Miláns, en término municipal de Esplugas de Fracolí (Tarragona), con destino a usos domésticos y atenciones de una granja.
286	24302	29-XI-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Gironella un aprovechamiento de aguas subálveas del río Llobregat, en término municipal de Gironella (Barcelona), con destino al abastecimiento de agua no potable de un complejo deportivo.
295	25067	10-XII-74	Ind.	DECRETO por el que se crea el Centro de Estudios de la Energía.
295	25088	10-XII-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a "Juan Romaní Esteve, S. A.", un aprovechamiento de aguas públicas subálveas, denominado "Captaciones 6, 7 y 8", del cauce del río Noya, en término municipal de La Pobla de Claramunt (Barcelona).

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

J. J. PUEYO y A. TRAVERÍA-CROSS: *Determinación de la paleosalinidad. Mediante la relación BR/CL, en las sales de la cuenca potásica catalana* (Sallent, Barcelona). Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, págs. 114 a 115.

Debido a su acumulación en las salmueras de las cubetas de deposición evaporítica, el Br se concentra progresivamente en los últimos precipitados de los cloruros. La relación Br/Cl ha sido utilizada (Boeke y Eitel, 1923; D'Ans y Kühn, 1944) para determinar variaciones en la concentración de la salmuera durante la deposición evaporítica. Para determinación cuantitativa del Br y Cl en varias muestras recogidas en la explotación de Sallent, han utilizado la fluorescencia de rayos X.—L. DE A.

E. LIÑÁN GUIJARRO: *Las formaciones cámbricas del norte de Córdoba*. Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 1, enero-febrero 1974, págs. 15 a 20.

Define varias Formaciones nuevas en los materiales cámbricos de la provincia de Córdoba según el Código de Nomenclatura Estratigráfica (Am. Cm. of Strat. Nom.). La serie tipo se localiza a lo largo del Arroyo de Pedroche.—L. DE A.

E. LIÑÁN y C. J. DABRIO: *Litoestratigrafía del tramo inferior de la formación de Pedroche* (Cámbrico inferior) (Córdoba). Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 1, enero-febrero 1974, págs. 21 a 26.

Exponen las características sedimentarias del miembro inferior de la Formación de Pedroche (Cámbrico inferior, Córdoba). Está constituido por materiales detríticos, con varios niveles intercalados de calizas colíticas o de Algas.

Indican la edad geológica y correlaciones, así como la interpretación sedimentaria.—L. DE A.

M. MARZO, M. ESTEBAN y L. POMAR: *Presencia de caliche fósil en el Buntsandstein del Valle del Congost* (provincia de Barcelona). Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 2, marzo-abril 1974, págs. 33 a 36.

Señalan la presencia de caliche fósil en el Triásico inferior interpretado como inicialmente maduro producido en exposiciones subáreas cortas en condiciones semiáridas. Deducen dos tipos de ambientes de acuerdo con los dos modelos de secuencias litológicas en las que se encuentra el caliche: partes distales del glacis de acumulación y "playas", y diques y charcas en una llanura aluvial menadriforme.—L. DE A.

M. ESTEBAN CERDÁ y P. F. SANTANACH PRAT: *¿El modelo de cuña compuesta de C. I. Migliorini (1948) es aplicable a la estructura del sector central de los Catalánides?* Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 2, págs. 37 a 41.

Comentan las conclusiones sobre la estructura de los Catalánides recientemente publicadas, resaltando la ausencia de datos concretos que permitan aplicarle el modelo de la cuña compuesta de Migliorini. Los datos publicados previamente, así como sus observaciones personales, indican una clara separación en el tiempo de una fase de comprensión y otras de distensión posterior.—L. DE A.

GONZALO PARDO: *Nota previa sobre las características litoestratigráficas de las formaciones "Arenas de Utrillas" y "Lignitos de Escucha"*. Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 2, marzo-abril 1974, págs. 62 a 66.

Dan a conocer nuevos datos sobre la paleogeografía y litoestratigrafía de las formaciones de Utrillas y Escucha al N de las localidades donde fueron definidas. Sintetiza y correlaciona varios perfiles litoestratigráficos e incluye un mapa de isopacas. Da cuenta de la existencia de una ruptura sedimentaria en la base de la formación Utrillas avanza algunos datos sobre la mineralogía de la fracción arcillosa de los sedimentos.—L. DE A.

J. TRILLA ARRUFAT: *Relación entre la extensión de conos de deyección y la de su cuenca. Cabo de Gata*. Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 2, 1974, págs. 57 a 61.

En la vertiente occidental de las sierras de Cabo de Gata y tocando al mar, se extienden varios conos de deyección cuyas extensiones en superficie se ha comprobado son función de sus cuencas de drenaje, relacionándose ambas mediante una ecuación exponencial preconizada por Denny (1967) y Hooke (1968), para formaciones parecidas en zonas áridas, aunque de mucha mayor extensión; comprobándose así el amplio intervalo de validez de dicha relación y su interés para acotar las extensiones que deberían ocupar conos de deyección actualmente erosionados, si se conoce la cuenca que actuó de área fuente.

Discute el proceso dinámico y las condiciones morfológicas de formación de dichos conos de deyección, sobre las cuales la dinámica actual en aquella área no parece actuar de forma eficaz.—L. DE A.

PALEONTOLOGIA

M. CRUSAFONT PAIRÓ y J. GILBERT CLOLS: *Nuevos datos sobre el género Postpalerinaceus del Vallesense*. Acta Geológica Hisp. Año IX, núm. 1, enero-febrero 1974, págs. 1 a 3.

Describen materiales nuevos del erizo miocénico (vallesense) Postpalerinaceus (nov. gen.) procedentes de la localidad de Can Llobateres I, materiales que permiten dar detalles más concretos de la dentición superior, antes casi desconocida por su mala conservación en el cráneo, tipo de este género y procedente de Can Trullás. Señalan los caracteres especiales del género, en muchos de los cuales se muestra intermediario entre Palerinceus (o Amphichinus) y Erinaceus.—L. DE A.

C. S. MARTÍ y J. F. DE VILLALTA: *Un yacimiento mindeliense en las cercanías de Bagur* (provincia de Gerona). Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 1, enero-febrero 1974, págs. 4 a 9.

Estudian las características de unos sedimentos rojos que fosilizan un Karst desarrollado sobre las calizas paleozoicas del cabo de Bagur (Gerona) y describen la fauna hallada en los mismos; cuyo elemento más característico es el Canis struscus Forsyth Major que permite atribuir al mindeliense la edad del depósito.—L. DE A.

S. CALZADA BADA: *Cyclotus? ciriai n. sp. de la facies Weald (Hauteriviense?)* de Garraf (Barcelona). Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 1, enero-febrero 1974, págs. 10 a 14.

Describe un nuevo gasterópodo de la facies Weal (Hauteriviense?) del macizo de Garraf (Hoja 447, Villanueva y Geltrú). Lo completa con una formación estratigráfica.—

L. DE A.

J. M. GALLICO y F. P. ALMIRAL: *Estudio tafonómico del yacimiento de Ventalló* (Gerona). Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 2, marzo-abril 1974, págs. 42 a 44.

Estudian aspectos tafonómicos, tanto biostratinómicos como fósil-diagenéticos del yacimiento Pliocénico de Ventalló (Gerona). Llegan a la conclusión de que existe una preservación diferencial de los Foraminíferos y Pecfnidos frente a los Moluscos en general debido a diferencias microestructurales; la Tafocenosis se formó en un medio sedimentario próximo a la costa y debidamente oxidante.—

L. DE A.

M. L. CASANOVA CLADELLAS y J. V. SANTAFÉ LLOPIS: *Nota sobre el hallazgo de ignitas de mamíferos en el terciario catalán*. Acta Geológica Hispánica. Año IX, número 2, págs. 45 a 49.

Indican el hallazgo de dos localidades de Icnitas en la región de Vilanova de la Aguda (Pons, Lérida), cuyo estudio permite atribuirlos a Mamíferos (Cánidos, Fólidos y Rinocerótidos). Los materiales de ambos yacimientos son poco idóneos para la conservación de las huellas. Describen otro yacimiento en la región de Suria, cuyas Icnitas, con toda clase de reservas, podrían atribuirse, según los autores, a un problemático Fenacodóntico tardío.—L. DE A.

MINERALOGIA

A. ALVARES-PÉREZ y J. MONTORIOL-POUSH *Catálogo de los sulfuros metálicos en Cataluña existentes en museos y colecciones de la región*. Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 1, enero-febrero 1974, páginas 27 a 30.

Dan una recopilación de los ejemplares de sulfuros metálicos de Cataluña, expuestos en museos y colecciones de la región. Consta de tres listas ordenadas, respectivamente, por museos y colecciones, especies minerales y localidades.—L. DE A.

J. A. CAMPA-VIÑETA y J. MONTORIOL POU: *Estudio Decrepitométrico de la mineralización de Osor* (Gerona). Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 2, 1974, páginas 67 a 72.

Realizaron el estudio decrepitométrico de 88 muestras de fluorita y 32 muestras de sulfuros metálicos procedentes del yacimiento de Osor (Gerona). La fluorita presenta un solo máximo. Más del 50 por 100 de los sulfuros metálicos presentan tres máximos: el mayor de los tres corresponde a la cristalización primaria de los sulfuros a partir del fluido hidrotermal; el menor corresponde a la cristalización de la fluorita, cuyo aporte hidrotermal dio lugar a recristalizaciones en los sulfuros; y el intermedio corresponde a un proceso de remoción tectónica.—L. DE A.

ESTRATIGRAFIA

C. ALVAREZ REMIS: *Consideraciones sobre el nivel estratigráfico de la Cuenca hullera de "La Camocha" en relación con el estudio de los Sphenopteris*. Acta Geológica Hispánica. Año IX, núm. 2, marzo-abril 1974, páginas 50 a 51.

Discute la posibilidad de que la mina de "La Camocha" (Asturias) sea del Westfaliense C, o B superior, por el estudio de su Flora, especialmente de los Sphenopteris.—L. DE A.

IBERICA DE SONDEOS, S. A.



Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier problema de perforación.

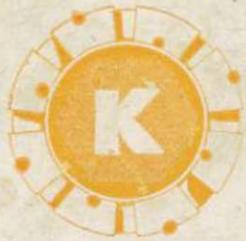
SONDEOS:

PARA MINERIA.
PARA ALUMBRAMIENTO DE AGUA.
ESTRATIGRAFICOS.
PARA EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.
ESPECIALES.

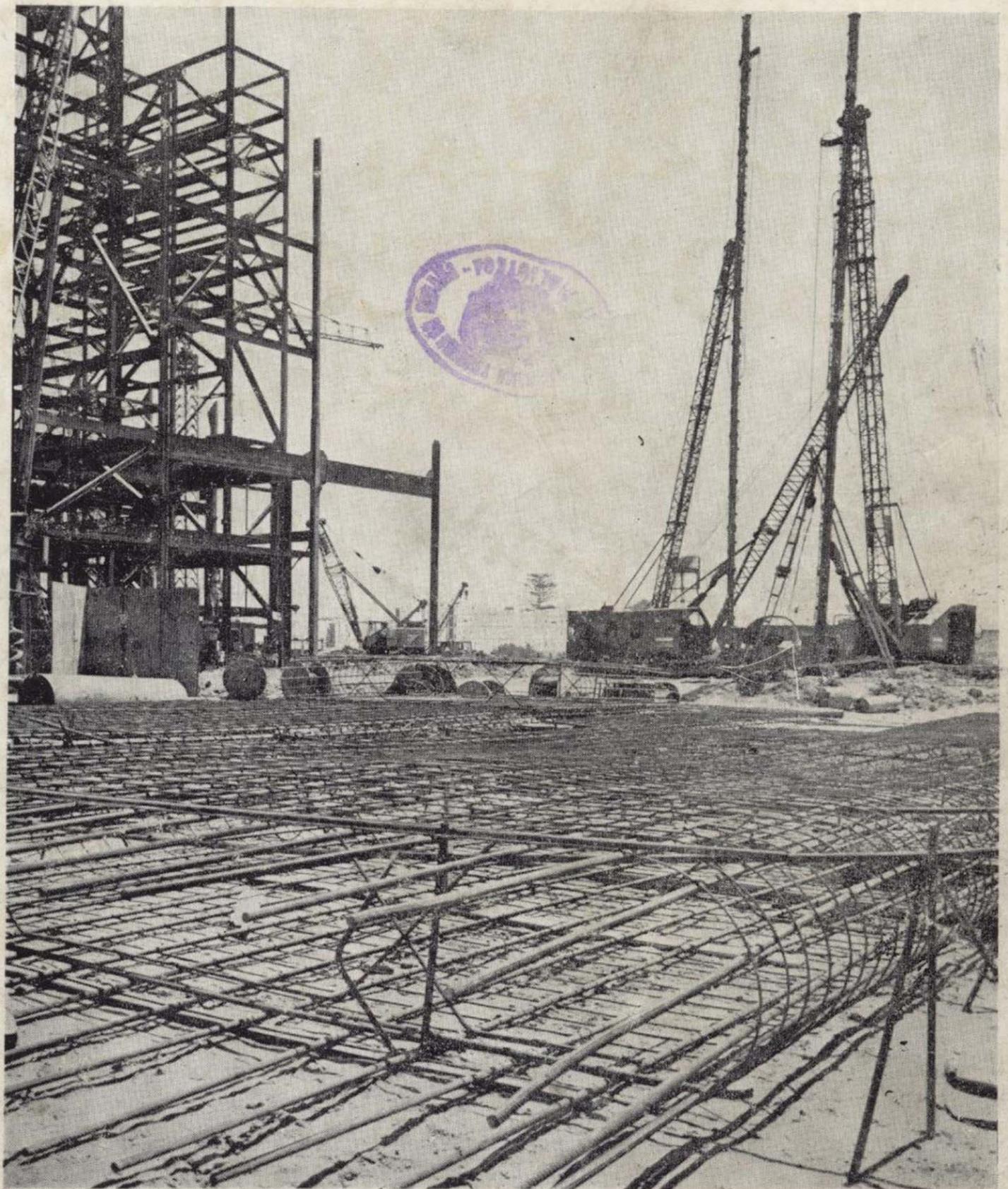
- Personal altamente experimentado.
- Profundidades superiores a 2.000 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Lodos especiales.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotoperusión a alta presión.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.

LOPEZ DE HOYOS, 13, 1.
TELF. 261 08 07
MADRID-6

DELEGACIONES EN:
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
EL AAIUN (Sahara)



- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO
- * SONDEOS MINFROS
- * CAPTACION DE AGUAS
- * INYECCIONES
- * PROGRAMAS DE CALCULO
- * RECALCES
- * ANCLAJES
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * INFORMES Y ASESORIA SOBRE MECANICA DE LOS SUELOS Y LAS ROCAS
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * TABLESTACADOS
- * PILOTES EXCAVADOS
- * ZAPILOTES
- * MICROPILOTES
- * PILOTES HERKULES
- * PILOTES PRETENSADOS
- * GUNITADOS
- * PANTALANES Y OBRAS MARITIMAS ESPECIALES



CENTRAL TERMICA DE ALGECIRAS. Compañía Sevillana de Electricidad. Cimentación del 2.º Grupo mediante pantalla continua y pilotes planos de 80 cm. de espesor y profundidad 25 mts. Medición total ejecutada: 5.924 m².

KRONSA

OFICINAS CENTRALES

MADRID-20
Comandante Zorita, 2 - 4º
Telefs. 2549400 y 2531900
Edificio ATYKA
Telex: AGREC - 23332
Teleg. KRONSINTER

DELEGACIONES

BARCELONA - 6
Balmes, 152, 3º, 5ª
Telefs. 2180500 y 2180508

BILBAO - 11
Ercilla, 24, 4º
Telefs. 237366 y 237107

REPRESENTACIONES: Sevilla, Cádiz, Huelva, Málaga, La Coruña, Oviedo, San Sebastian
Cartagena, Valencia, Tarragona, Alicante