

71/2-4-2

En este número:

- Observaciones sobre la localización y correlación del Pecámbrico de la Península Ibérica.
- Sobre la extensión del vindobonense marino en Menorca y los sondeos de la «Dep sea drilling project» (U.S.A.).
- Consideraciones sobre el estudio del comportamiento de los fluidos en el medio geológico (Geofluidología).
- Fundamentos básicos de la alteración de yacimientos de hierro y de manganeso en medio kárstico.
- Evaluación de la hidrodinámica de un pozo de bombeo. Metodología de los ensayos de pozo.
- Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba: Los gneises milonitas de Higuera de Llerena (provincia de Badajoz).
- Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional).
- El stock granodiorítico con hiperstena de Garlitos y el problema charnoquítico.
- Contribuição para o conhecimento petroquímico das rochas graníticas da área de Braga.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXV, Sexto Fascículo. Noviembre - Diciembre 1974

boletín geológico y minero

7801894
7801895
7801896

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**

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

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

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

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



**ALUMBRAMIENTO
 DE AGUAS
 SUBTERRANEAS**

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

AGUA Y SUELO, S. A.

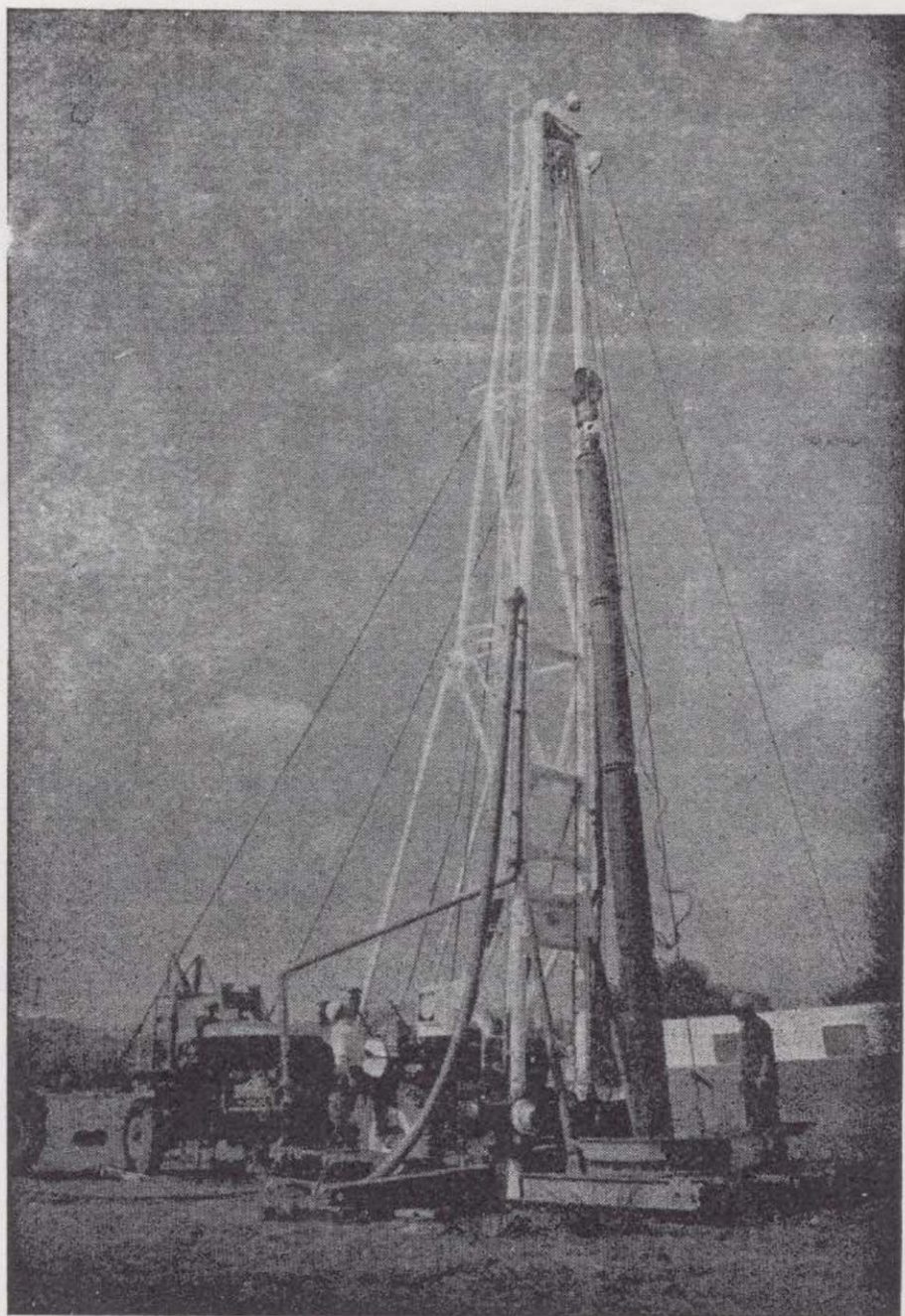
Dr. Fleming, 3 - 5.º piso
Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72
MADRID - 16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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.



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

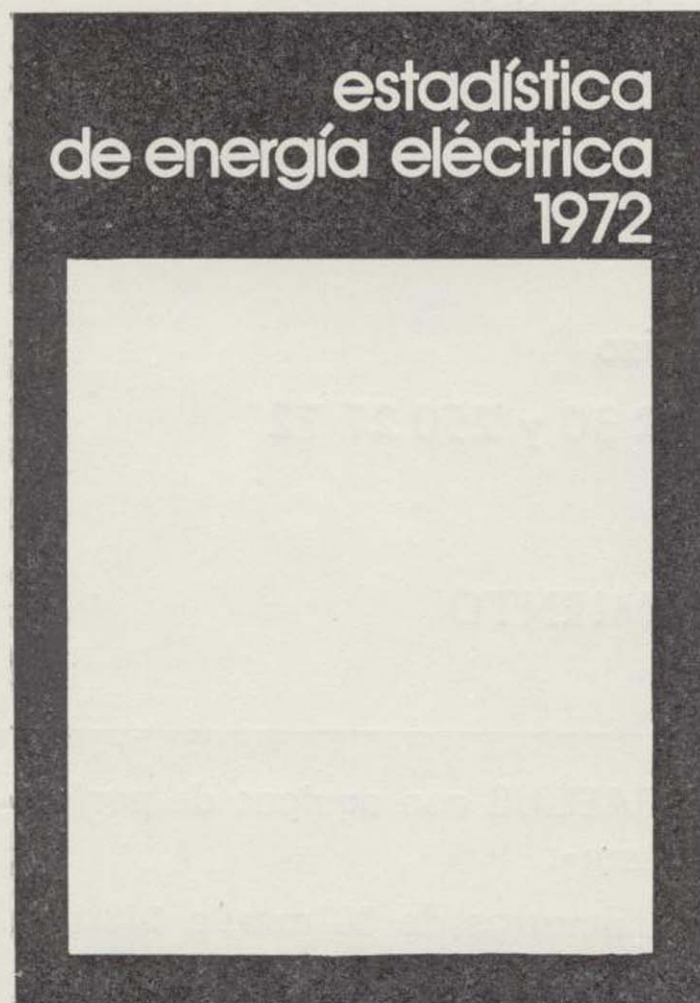
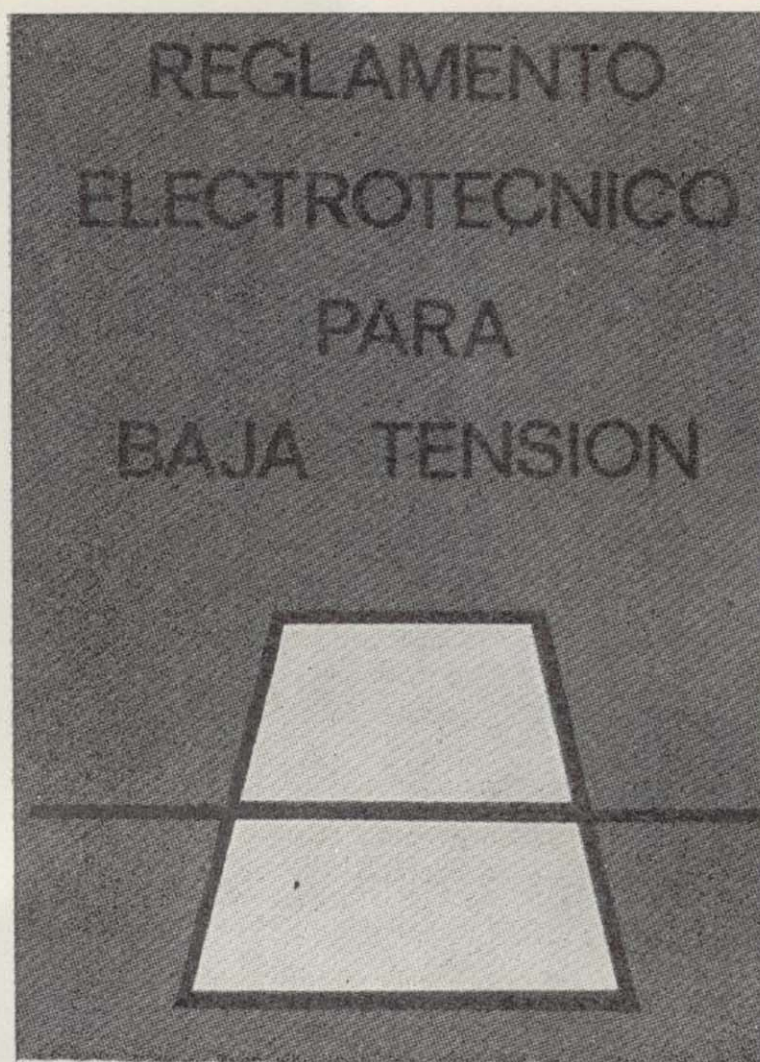
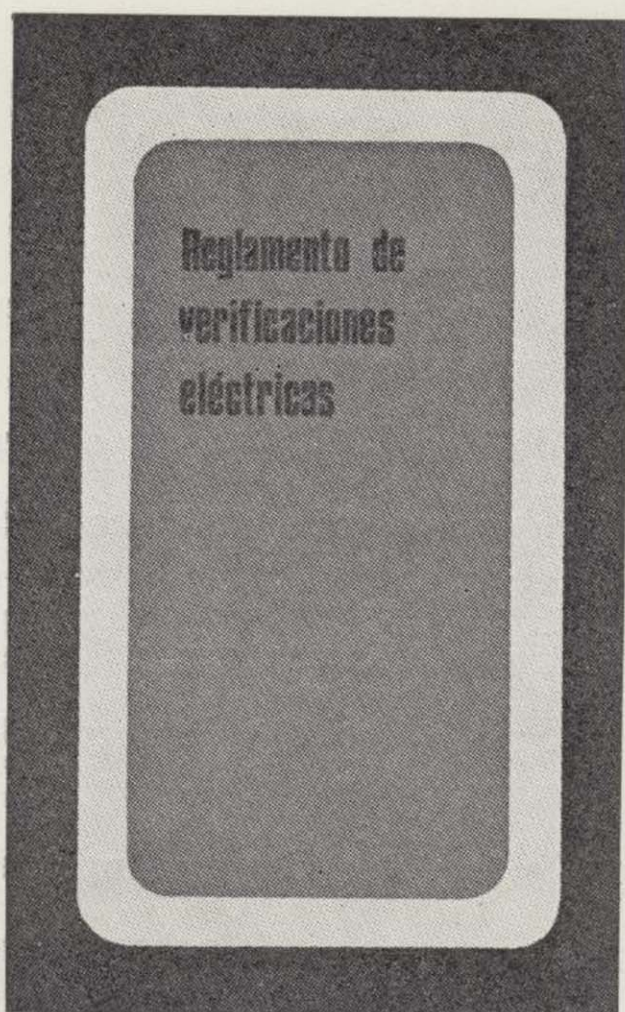
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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.

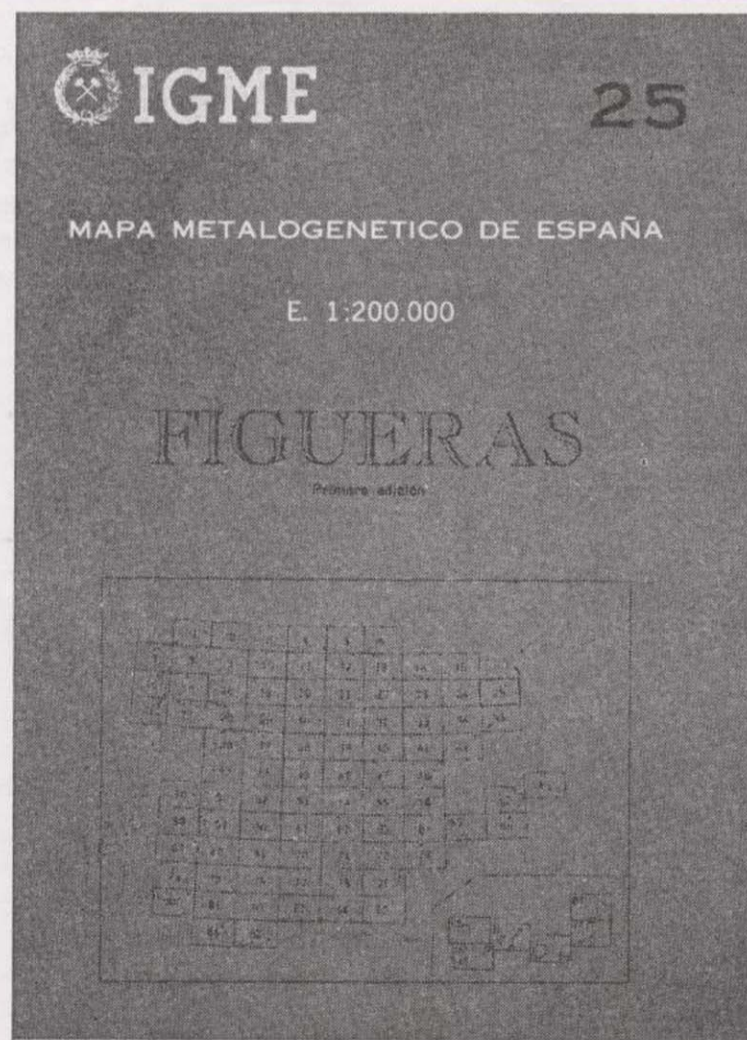
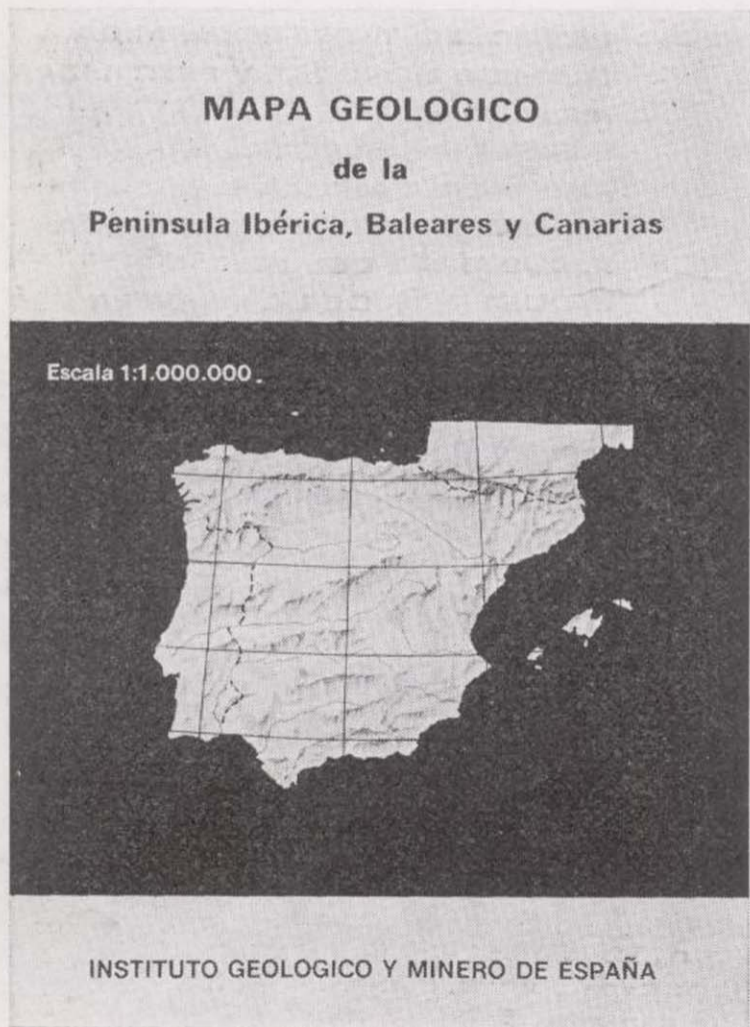
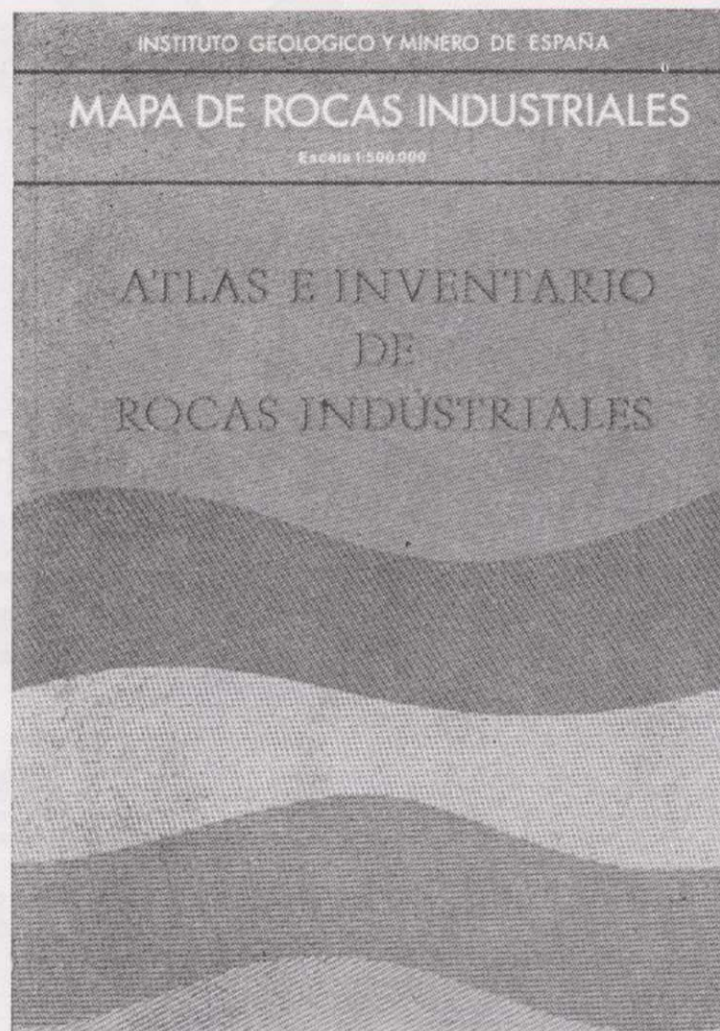
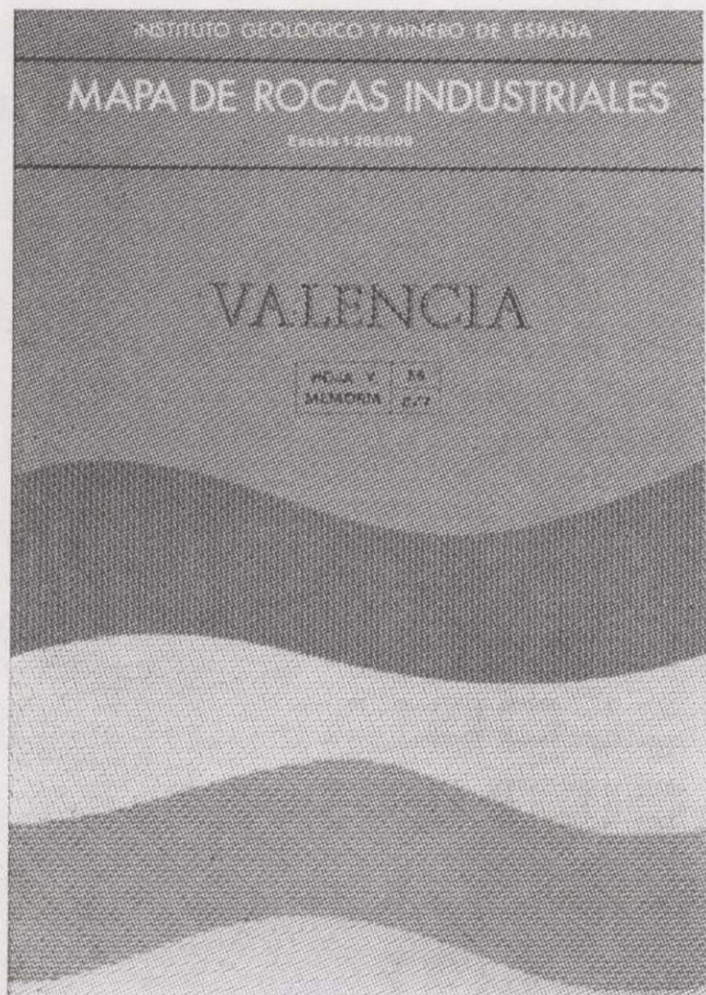
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

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

Real Compañía Asturiana de Minas

BLENDA - GALENA - PIRITA - ZINC - PLOMO

en todas sus formas

**CADMIO - AZUFRE - MINIO - ACIDO SULFURICO
ALEACIONES "ZAMAK" DE ZINC EXTRAPURO**

MINAS: Reocín y La Florida (Santander)
Arditurry (Guipúzcoa) y otras.

FABRICAS: Avilés (Asturias), Hinojedo (Santander),
Rentería (Guipúzcoa).

OFICINA CENTRAL: Plaza de España, 8. Teléf. 247 27 00.
Dir. Telegráf.: "SUBASTUR". MADRID

AGENCIAS DE VENTA: BARCELONA: P.º Martínez Anido, 22
BILBAO: Capitán Carlos Haya, 4
LA CORUÑA: Teresa Herrera, 12
SEVILLA: Pol. Ind. C. Amarilla
VALENCIA: Calle del Mar, 23

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

CATALOGO DE EDICIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

1973

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA
CATALOGO 1973

Real Compañía Asturiana de Minas

BLENDA - GALENA - PIRITA - ZINC - PLOMO

en todas sus formas

**CADMIO - AZUFRE - MINIO - ACIDO SULFURICO
ALEACIONES "ZAMAK" DE ZINC EXTRAPURO**

MINAS: Reocín y La Florida (Santander)
Arditurry (Guipúzcoa) y otras.

FABRICAS: Avilés (Asturias), Hinojedo (Santander),
Rentería (Guipúzcoa).

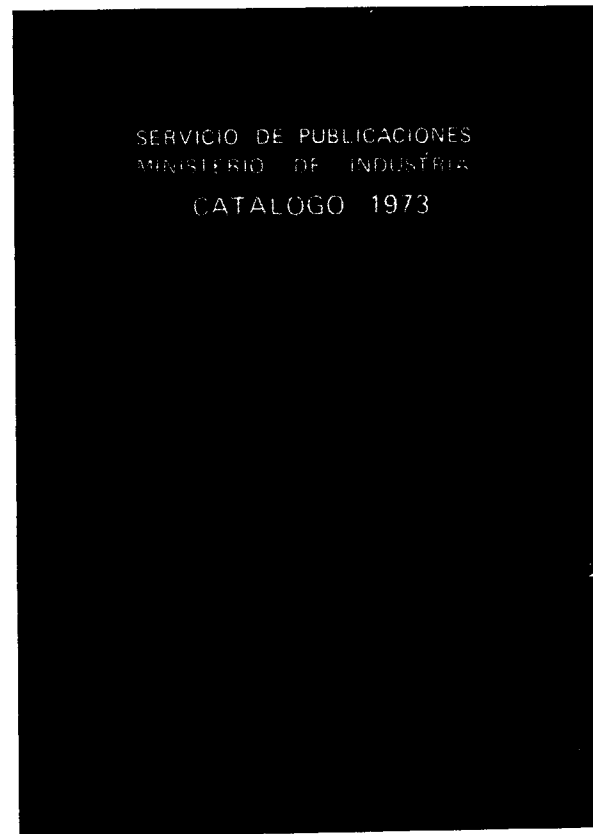
OFICINA CENTRAL: Plaza de España, 8. Teléf. 247 27 00.
Dir. Telegráf.: "SUBASTUR". MADRID

AGENCIAS DE VENTA: BARCELONA: P.º Martínez Anido, 22
BILBAO: Capitán Carlos Haya, 4
LA CORUÑA: Teresa Herrera, 12
SEVILLA: Pol. Ind. C. Amarilla
VALENCIA: Calle del Mar, 23

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA
CATALOGO 1973

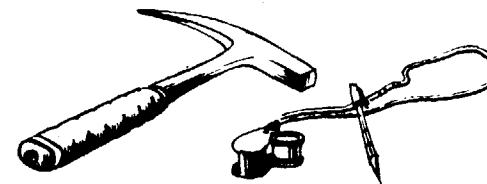


FINA IBERICA S.A

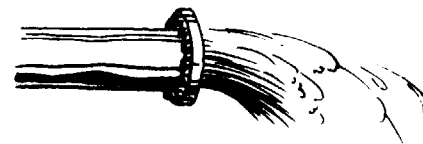
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

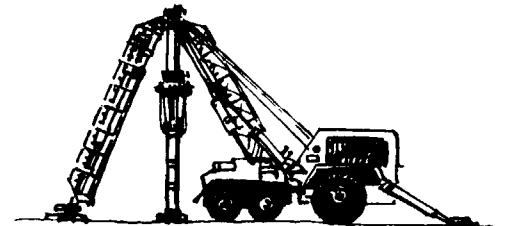
Tno. 2 5978 04



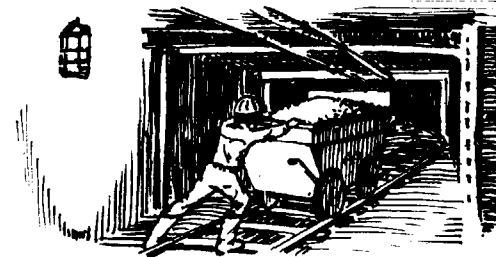
**Investigacion
Geologica**



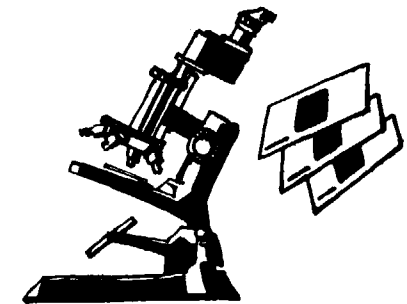
Hidrogeologia



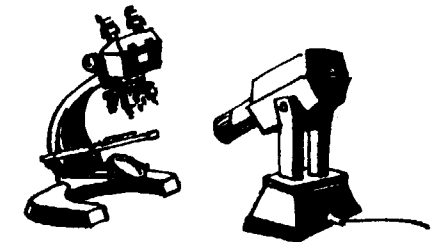
Perforacion



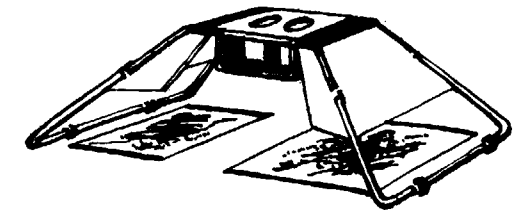
Mineria



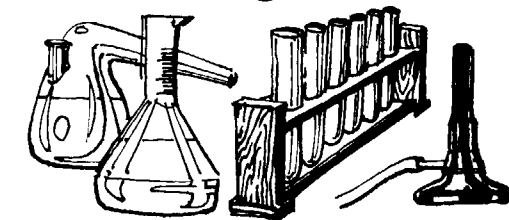
Petrografia



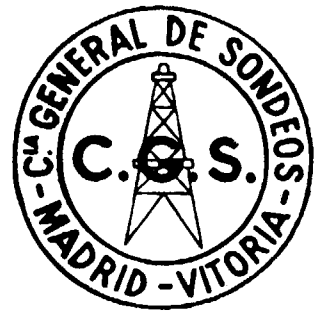
Micropaleontologia



Fotogeologia



Laboratorio



COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

ESTUDIA:

Geología en general
Estratigrafía
Petrografía
Hidrogeología
Canteras, etc.

INTERPRETA:

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

REALIZA:

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

★ ★ ★

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

Portal de Castilla, 66. Vitoria
Teléfono 22 36 04

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



CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.

AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

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

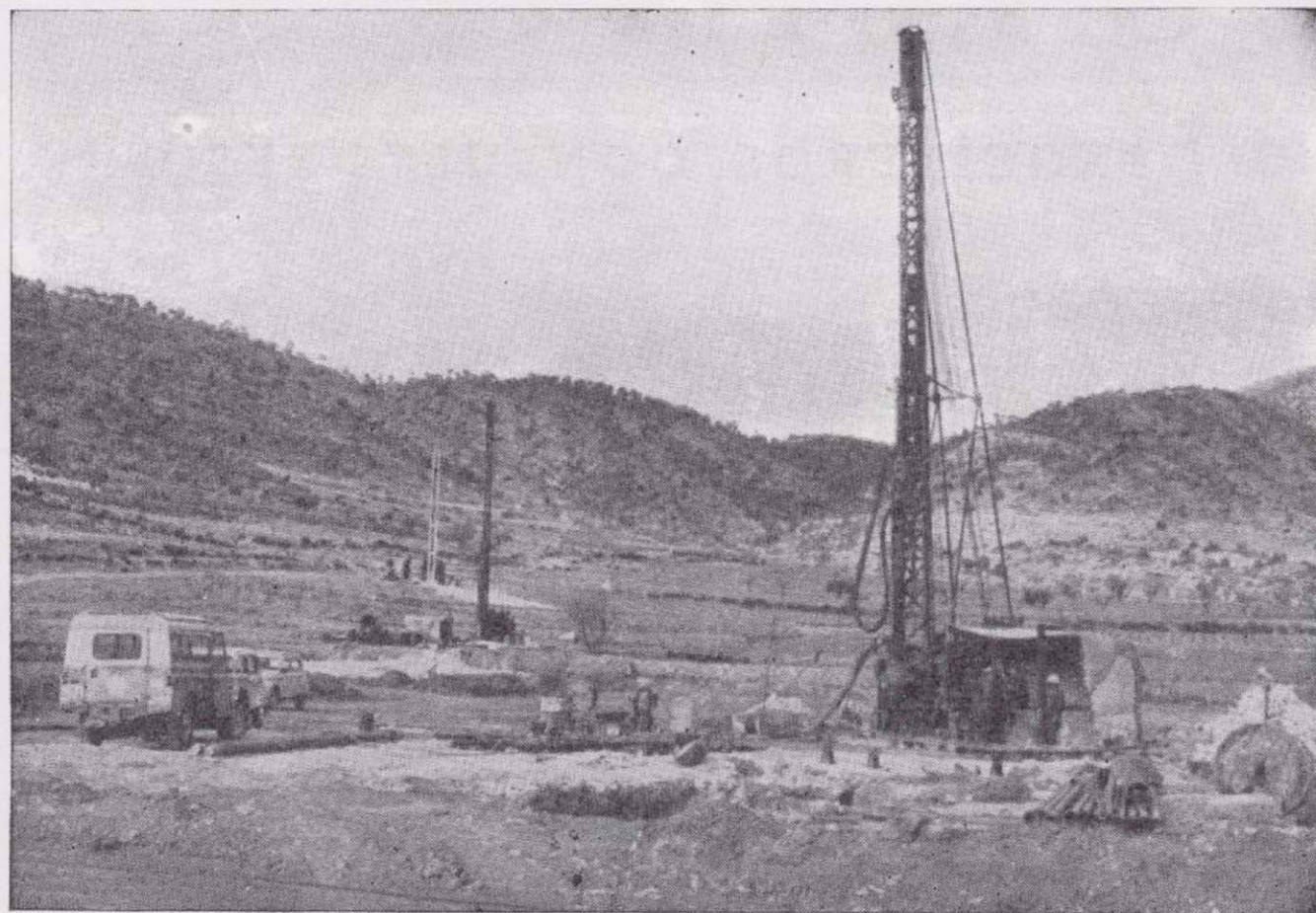
DIRECCION COMERCIAL:

ALBERTO ALCOGER, 5, 3.º-C

Te'g. "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

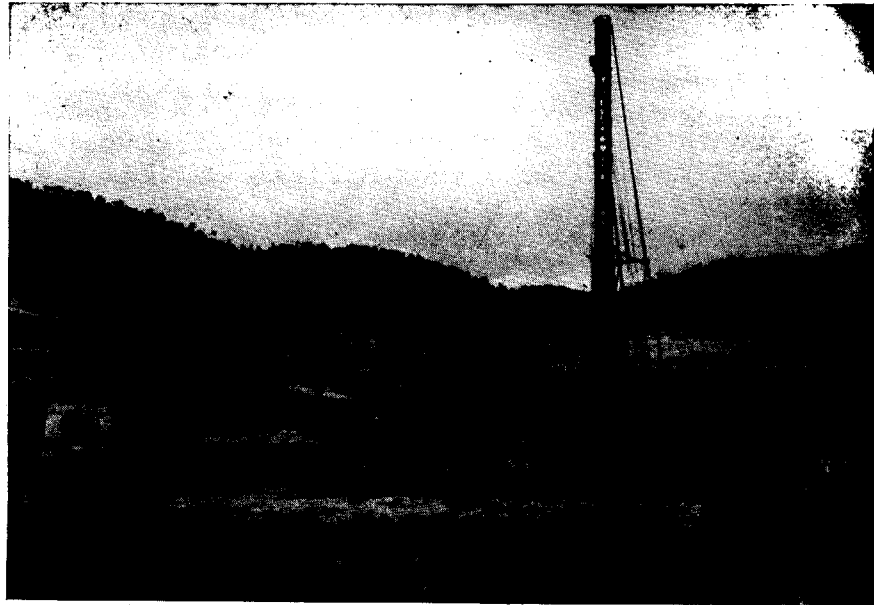
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

SONDEOS RODES



SONDEOS PARA

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

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS.

ACIDIFICACIONES Y CIMENTACIONES DE SONDEOS.

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

★ ★ ★

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

★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



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

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

**SONDEOS MINEROS
HIDROGEOLOGIA
INYECCIONES
BULONAJES Y ANCLAJES**

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

Oficina Central: **MADRID-16**

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

Delegaciones:

BARCELONA - 11
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.

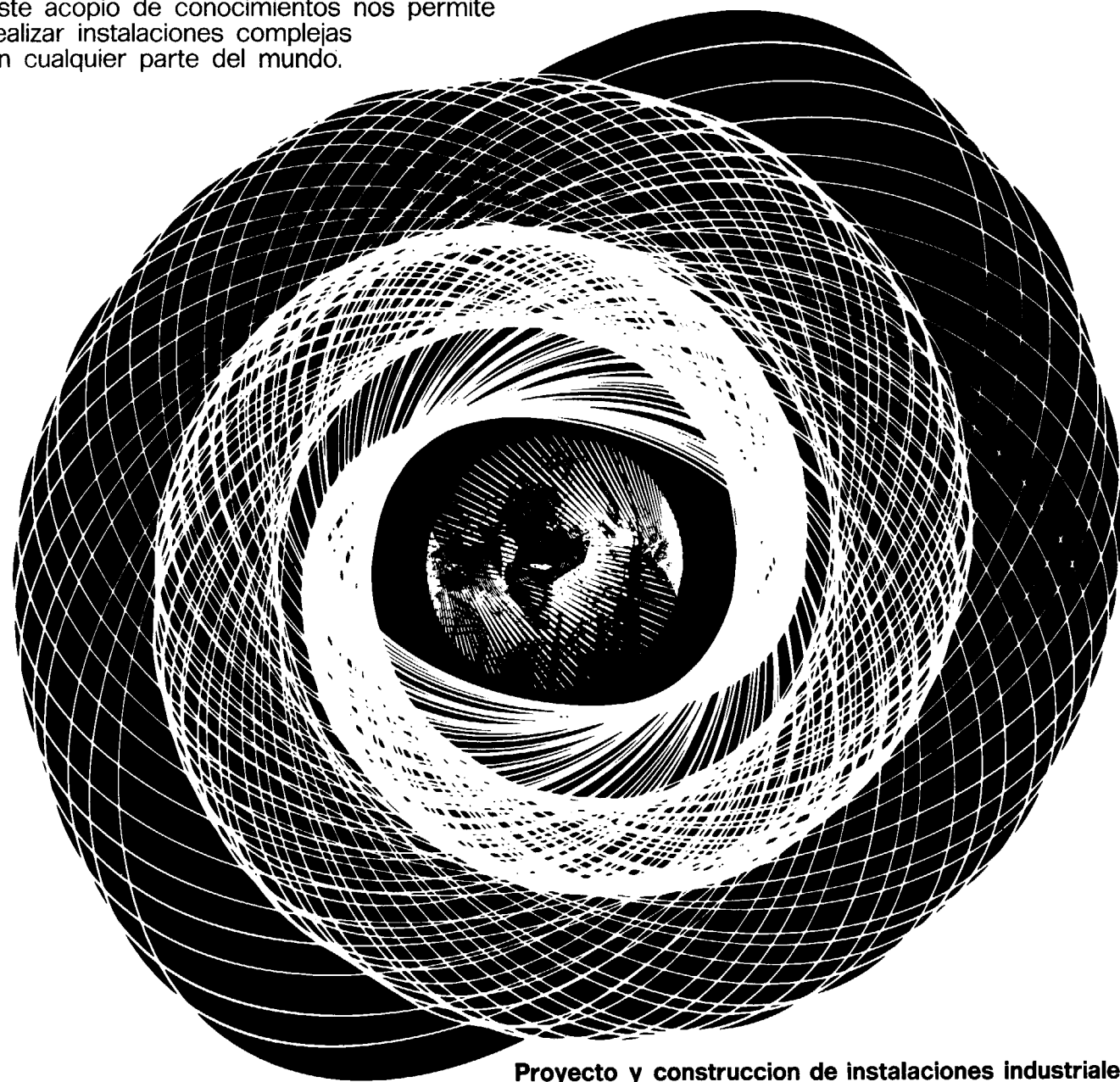
TERRATEST, S. A. Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

experiencia mundial

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

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

es característica
de McKee-Ctip



Proyecto y construcción de instalaciones industriales
McKEE-CTIP INGENIEROS SA
Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Makibermad
Asociada de
Arthur G. McKee & Company, Cleveland, Ohio, Usa
Ctip, Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia
Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK,
UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO,
BOGOTÁ, TORONTO, MEJICO CITY, SAO PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE

economía industrial

Revista mensual, editada por el Servicio de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Industria

- *llega a todos los industriales españoles*
- *interesa a todos los industriales españoles*

Si tiene algo que decir a los industriales españoles, dígalo a través de las páginas de

economía industrial

Servicio de Publicaciones: Claudio Coello, 44 - Madrid (I)
Teléfs. 2 76 20 01 - 2 76 22 01



COLECCION REGLAMENTOS

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

VOLUMENES PUBLICADOS

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

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

MADRID - 1

Tomo 85

Fascículo VI

Noviembre - Diciembre 1974

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	V. PASTOR: Observaciones sobre la localización y correlación del Precámbrico de la Península Ibérica 1
	G. COLOM: Sobre la extensión del vindobonense marino en Menorca y los sondeos de la "Dep sea drilling project" (U. S. A.). 12
	J. A. MARTÍNEZ-ALVAREZ: Consideraciones sobre el estudio del comportamiento de los flúidos en el medio geológico (Geofluidología) 26
Minería	J. A. GÁLVEZ GARCÍA: Fundamentos básicos de la alteración de yacimientos de hierro y de manganeso en medio kárstico ... 33
Aguas subterráneas	G. LÓPEZ ARECHAVALA: Evaluación de la hidrodinámica de un pozo de bombeo. Metodología de los ensayos de pozo 36
Estudios de Minerales y Rocas	J. CHACÓN: Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba: Los gneises milonitas de Higuera de Llerena (provincia de Badajoz) 48
	J. CHACÓN, M. DELGADO-QUESADA y A. GARROTE: Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional) 61
	J. L. BARRERA MORATE: El stock granodiorítico con hiperstena de Garlitos y el problema charnoquítico 66
	J. ROCHA DE MACEDO: Contribuição para o conhecimento petroquímico das rochas graníticas da área de Braga 73
Información	Conferencia Rubey, acerca de la evolución cortical. VIII curso de Geología práctica en Teruel. Se celebra en Madrid la IV Reunión de Directores de Servicios Geológicos de Europa Occidental. Noticias. Mercados de Minerales y Metales. Información legislativa. Notas bibliográficas 87

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 234 13 28

ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid-1

Teléfono 276 20 01

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

**El Instituto Geológico y Minero de España
hace presente que las opiniones y hechos
consignados en sus publicaciones son de la
exclusiva responsabilidad de los autores
de los trabajos.**

Los derechos de propiedad de los trabajos
publicados en esta obra fueron cedidos por
los autores al Instituto Geológico y Minero de
España.

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

Sondeo para abastecimiento de aguas en Almería.

Foto: IGME

Depósito legal: M. 3.279.-1958

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

Observaciones sobre la localización y correlación del Precámbrico de la Península Ibérica^(*)

Por V. PASTOR (**)

RESUMEN

Tras un breve comentario sobre determinadas "pruebas" cuya revisión es necesaria para superar el estado actual de los conocimientos sobre el Precámbrico de la Península Ibérica, el autor expone las observaciones que le dicta su experiencia personal de campo obtenida en sus continuos desplazamientos para dirigir o asesorar la ejecución de trabajos de cartografía geológica e investigación minera.

La confrontación de ideas propias con las ajenas, vertidas en las publicaciones de los últimos quince años, dan a esta nota un cierto carácter de crítica de los escasos trabajos que han intentado la síntesis geológica del basamento precámbrico peninsular.

En particular, se sugiere la posibilidad de hallar algunas características que permitan la conexión del probable Precámbrico Bético con el Precámbrico Hespérico, físicamente separados por la depresión del Guadalquivir, cuya existencia se debe principalmente a deformación regional por plegamiento más que a deformación por fractura, aunque accidentes de esta naturaleza hayan contribuido a completar la morfología local.

A título informativo del interés que pueden tener las concentraciones minerales en los trabajos geológicos de síntesis, se utilizan varios ejemplos de yacimientos españoles situados en las formaciones geológicas objeto de esta nota.

INTRODUCCION

La publicación en castellano de la famosa nota de FRANZ LOTZE, sobre el Precámbrico de España, en 1960 (1), despertó interés y provocó controversias entre los geólogos españoles y extranjeros interesados en la geología de la Península Ibérica, hasta el punto de poderse considerar como jalón de partida en la etapa actual de individualización y estudio de las áreas precámbricas de esta Península, al menos en lo que se refiere a su porción española.

Eminentes figuras de la geología europea se habían ocupado ya del más antiguo roquedo peninsular, bajo las denominaciones de "arcaico", "estrato cristalino", "metamórfico" y "precámbrico", en zonas más

o menos amplias (LOTZE, 1960); pero, en general, podría calificarse su conocimiento de confuso, en el aspecto estratigráfico, por los problemas que plantea, y continúa planteando, la correspondencia entre metamorfismo regional y edad de las series que lo acusan.

Basándose en la presencia de una discontinuidad, visible o deducida por criterios sedimentológicos, estructurales, petrológicos o climáticos, que se utilizan universalmente, bajo horizontes carbonatados atribuidos con certeza al Cámbrico Inferior, en base a su contenido paleontológico, LOTZE estableció la edad precámbrica de las series que constituyen los núcleos de las estructuras del Valle del Narcea (Asturias), Sierra de la Demanda (Burgos, Soria), Montes de Toledo (Toledo) y Sierra Morena (Badajoz-Ciudad Real).

Para el autor de este trabajo, la nota de LOTZE apareció en el momento más oportuno, porque, hallándose realizando su trabajo para el doctorado en

(*) Un resumen de este trabajo ha sido presentado al Coloquio Internacional del Centre National de la Recherche Scientifique, titulado "La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale", Rennes, 25 de septiembre a 6 de octubre de 1974.

(**) Instituto Geológico y Minero de España.

“el borde meridional del macizo paleozoico astur, en las proximidades de La Robla”, se encontraba ante el problema de contradecir estudios anteriores. que atribúan edad ordovícico-silúrica a la serie esquisto-grauvácica de la estructura de Riello, pese a que sus características estructurales, litológicas y geomorfológicas la diferenciaban visiblemente de todo el Paleozoico situado inmediatamente al norte y bien expuesto en toda su secuencia (PASTOR, 1961); la estructura y la serie precámbrica de Riello se encuentran en una zona isópica de las descritas por LOTZE en Asturias.

El Precámbrico de Riello (León) fue señalado y descrito por DE SITTER y PASTOR GÓMEZ en trabajos de los años 1961, 1962 y 1963; época en que ya otras áreas precámbricas de la Península Ibérica habían comenzado a ser estudiadas por la nueva generación de geólogos alemanes, franceses y holandeses, a los que pronto se unieron, en la segunda mitad de los años sesenta, un selecto grupo de geólogos españoles y portugueses. Esta nueva generación, sin duda, dará un gran paso en el conocimiento del Precámbrico ibérico, aunque, como ya decíamos en 1962 en la explicación de la hoja de La Robla, aún pasarán algunos años antes de que su conocimiento sea satisfactorio. Y no sólo por el tiempo que es materialmente necesario, sino también porque hay que desarraigar ideas y conceptos tradicionales, en buena parte responsables del retraso que llevamos, que hemos reunido en el siguiente capítulo bajo el epígrafe de “criterios adversos para la localización del Precámbrico”.

Desde su toma de contacto con el Precámbrico de León, al comienzo de la década de los sesenta, el autor de este trabajo ha tenido ocasión de recorrer los afloramientos que pueden atribuirse al Precámbrico en una gran parte del territorio español, en sus visitas a los equipos del IGME ocupados en diversos proyectos de investigación minera y de cartografía geológica. Las opiniones aquí expresadas son fruto, por tanto, de una dilatada experiencia personal de campo, y, por supuesto, de la lectura de una gran parte de las publicaciones de los últimos años, que permiten una exposición de carácter general; no así, descender al detalle, que los jóvenes geólogos, a que antes he aludido, podrán explicarnos con bastante más propiedad.

Aparte el ya indicado de LOTZE, cuyo original data de 1956, otros varios trabajos han intentado la síntesis del Precámbrico ibérico, en uno u otro aspecto, o su correspondencia con el del Macizo Armónico; PARGA y VEGAS (1971), PASTOR GÓMEZ

(1971), TAMAIN y OVTRACHT (1971), BARD, CAPDEVILA, MATTE y RIBEIRO (1972); este último apoyado además por los interesantes comentarios de los profesores CHOUBERT y FAURE-MURET, con motivo de su presentación en el Coloquio Internacional sobre correlaciones del Precámbrico de Agadir-Rabat (mayo de 1970). Lamentamos no haber tenido ocasión de examinar los trabajos sobre la Península Ibérica presentados al Coloquio Internacional de Liblice (1972), hasta la segunda semana de este mes de septiembre, sin tiempo ya para tenerlos en cuenta.

En cualquier caso, esta comunicación es sólo un breve avance resumido de otro trabajo, más documentado y completo, que el autor está realizando sobre el Precámbrico de la indicada Península.

CRITERIOS FAVORABLES Y CRITERIOS ADVERSOS PARA LA LOCALIZACION DEL PRECAMBRICO

De los diversos criterios que se han sugerido para establecer la línea de separación entre Precámbrico y Paleozoico, sólo los basados en el análisis de la secuencia litoestratigráfica se vienen utilizando de forma general en España por quienes estamos interesados en tal problema; la atribución al Precámbrico de cierto número de áreas se basa en la presencia de un conglomerado basal, con frecuencia asociado a un importante volcanismo básico; la existencia de una discontinuidad mayor (fase asintica) bajo horizontes paleozoicos bien datados, normalmente del Cámbrico inferior, o, en su defecto, ordovícico-silúricos, como ocurre en las provincias de Málaga y de Barcelona; la superposición de dos series sedimentarias bien distintas o un importante salto en el metamorfismo regional de los grupos litológicos que se superponen por encima y por debajo de dicha discontinuidad.

Aún no disponemos de criterios paleontológicos directos, que permitan la datación del Proterozoico, porque no se han encontrado restos fósiles de esa edad o porque, como mucho nos tememos, los encontrados se hayan confundido con “restos mal conservados” de fósiles paleozoicos familiares muy bien conocidos; tan arraigada estaba la idea de la carencia total de fauna del Precámbrico. Este es precisamente uno de los problemas que, en nuestra opinión, está retrasando el conocimiento de los terrenos más antiguos de la Península Ibérica. En particular, es de temer que estromatolitos se hayan confundido con colonias de monograptus; que oncho-

litos se hayan tomado por restos de crinoides; que pistas de gusanos se hayan datado de paleozoicas, por su semejanza con las crucianas características; y que “incertare sedis” del Precámbrico del Anti-Atlas (CHOUBERT, 1972) se hayan podido denominar língulas, lingulellas, óbulus o medusites. La revisión de ciertos hallazgos paleontológicos y la búsqueda de nuevos, concretamente en las cuarcitas y calizas que han dado estromatolitos y microfotolitos en otras partes del mundo, son de la mayor urgencia en España.

Tampoco se utilizan aún las dataciones radiométricas, aunque se hayan hecho algunos intentos; en el Instituto Geológico y Minero existe un espectrómetro potasio-argón Thomson THN 205 SE, que no se ha podido utilizar hasta el momento, al parecer por deficiencias en el servicio de la Compañía que lo suministró; en la Junta de Energía Nuclear hay un espectrómetro de masas rubidio-estroncio, del National Bureau of Standards, que sólo se usa para fines analíticos.

La subjetividad de los criterios climáticos, que se aducen para el centro de la Península, les hace algo aleatorios por el momento, aunque no cabe duda de que serán muy útiles en un futuro inmediato, como lo han sido en otros países. En general, puede decirse que otra de las dificultades con que se tropieza el estudio del Precámbrico es la falta de atención a la paleogeomorfología y a los fenómenos geomorfológicos, que han dado horizontes tan característicos como paleosuelos o facies tan típicas como las de paleocostas. En este mismo tema existe una excesiva inclinación a consilerar las fases glyptogénicas excesivamente cortas en tiempo, de forma que, bajo una discontinuidad, esté representada por una discordancia o por una facies característica, se suele situar la serie que precede en la escala cronoes-tratigráfica a la serie sobre dicha discontinuidad, pese a que el “actualismo” nos está indicando con toda claridad que no tiene porqué ser así.

Escandalizan los criterios litológicos o petrológicos para establecer correlaciones dentro de la Península, a causa de las migraciones de facies y de los metamorfismos progresivos, cuando la realidad es que muchas veces esos mismos criterios se usan a efectos de correlación a mayor distancia, incluso a escala terráquea. El metamorfismo regional, en particular, ¿acaso no puede contemplarse en cierto modo como paso avanzado de la diagénesis, al menos para áreas restringidas?

El autor opina que, bajo la forma de un metamorfismo regional o general, el Precámbrico muestra su

antigüedad, y ello permite reconocerlo y distinguirlo del Primario, con la misma facilidad que éste se diferencia del Mesozoico, al menos a escala regional y dentro de superficies paleogeográficas comparables; esto es naturalmente en general y contando con excepciones como parece ocurrir con ciertos esquistos anquimetamórficos arcaicos de Africa.

Entiendo también que nuestras ideas no son del todo claras en relación con los diversos tipos de metamorfismo, como el metamorfismo regional y el de contacto o el metamorfismo térmico y el metamorfismo dinámico. En el primer caso, la confusión se debe a veces a la existencia de rocas alteradas por uno u otro tipo de metamorfismo que se parecen a simple vista, aunque deberían diferenciarse bien al microscopio; así, por ejemplo, los esquistos mosqueados de andalucita y biotita y los de biotita y cloritoides. En la cordillera prelitoral catalana (Sierra del Montsey), aunque no dudo de la existencia de un metamorfismo de contacto, que ha sido estudiado por VAN DER SIJ (1951), el metamorfismo más conspicuo que muestran las rocas de la porción inferior del subgrupo metamórfico no es tal sino un metamorfismo regional absolutamente independiente de las masas plutónicas graníticas que, por cierto, no tienen siempre la misma edad ni constitución; se da el caso de que las pizarras mosqueadas se encuentran lejos del contacto y el mineral o agregado mineral no parece ni andalucita ni biotita.

También en las Béticas existen esquistos mosqueados sin aparente relación con intrusiones ígneas; allí además se supone que el metamorfismo general se debe a los mantos de corrimiento y es, por tanto, dinámico. Yo diría que, más bien, el metamorfismo de carácter regional se debe a la actuación de varias orogenias, aún cuando también exista un metamorfismo dinámico superpuesto a aquél.

Es curioso, por otra parte, que criterios litológicos que no se admiten como válidos para correlación, en algunos casos, en otros se esgrimen de forma totalmente errónea como indicativos de una misma edad; con frecuencia se observa que miembros carbonatados se atribuyen al mismo piso sin tener en cuenta que en un punto es metamórfico y en otro próximo no lo es, y esto aunque existan diferencias de facies o de potencias que no son evidentemente efecto de metamorfismo alguno.

Defecto frecuente también es olvidar que, además de plutónicas y volcánicas, existen grandes masas ígneas subvolcánicas y estratiformes, es decir, con capas sedimentarias a techo y muro, que pueden utilizarse como estratos a efectos de correlación.

Como se comprende, lo dicho en los últimos párrafos puede dar lugar a gran confusionismo en el aspecto estructural, que, a su vez, se traduce a menudo en desorden de la columna litoestratigráfica. Y esto es precisamente lo que ocurre en el caso de la prehercínica, que está totalmente desordenada por causas de ideas preconcebidas, lentas de desarraigarse.

Aunque no nos vamos a cupar de ellos, en este trabajo, también los geólogos españoles contemplan ya, como criterios de correlación, los basados en la morfología y repartición de macroestructuras, en el estudio de meso y micropliegues, en el contenido de oligoelementos, y en la asociación de determinados yacimientos minerales, en parte relacionados con esa característica geoquímica. En particular, el grafito primario puede considerarse como indicador de edad paleozoica inferior o precámbrica, salvo en el caso de que haya sido heredado, como quizá puede haber ocurrido en los mantos béticos.

No obstante, por el momento sólo tenemos a nuestro alcance los argumentos que indicamos al principio, para diferenciar Precámbrico y Paleozoico, cuya utilización lleva implícita la anexión de las posibles series eocámbricas al segundo evo. En cualquier caso, somos de la opinión que es preferible situar el comienzo de una era geológica en el momento en que se alcanza la disposición geomorfológica opuesta a la que se considera como senil, el estado de peneplanización; es decir, la de mayor relieve, a partir de la que la máxima energía de los fenómenos glyptogénicos de erosión y transporte desencadena la destrucción del joven relieve. En las áreas deprimidas próximas, el nuevo sistema comenzará por una importante formación detrítica más o menos basta, y una discordancia más o menos suave difícilmente observable; en el *antepais peneplanizado*, por una discordancia importante y un apreciable lapso cronoeestratigráfico.

Este criterio repugna naturalmente a los paleontólogos, que prefieren basarse en una línea caracterizada de su propia Ciencia, es decir, la de aparición de determinadas formas faunísticas. Y no parece razonable discutir su opinión; más constructivo será tratar de establecer las oportunas correspondencias entre los nombres geológicos, Precámbrico y Primario, y los nombres paleontológicos, Proterozoico y Paleozoico, en una estrecha labor de colaboración que permita su aplicación a correlaciones a escala terráquea. O, lo que es lo mismo, que los geólogos se ocupen de la litoestratigrafía y los paleontólogos

de la cronoestratigrafía, y ambos colaboren a la hora de establecer interpretaciones de carácter geoevolutivo.

LAS SERIES LITOLÓGICAS Y SU POSICIÓN RELATIVA

La acertada observación de CHOUBERT y FAURE-MURET (1972) al trabajo de BARD et alii (1972), en relación con la existencia de varias series precámbricas en la Península Ibérica, es válida para los demás escritos de síntesis mencionados que, en general, siguen las ideas de LOTZE en cuanto que ven un importante desarrollo de un complejo precámbrico superior y niegan la existencia de terrenos más antiguos.

En un trabajo anterior (PASTOR, 1971) dijimos que "en el Precámbrico Superior no sólo teníamos emergido el antepais galaico, sino que, además, parece que ya acusaba muestras de haber sufrido una larga historia orogénica, con sus fenómenos de granitización y metamorfismo". Y de Precámbrico antiguo estamos de acuerdo con CHOUBERT y FAURE-MURET en considerar a las migmatitas y neises de Toledo, y el complejo de Los Ojuelos, así como las series de alto metamorfismo de otras áreas peninsulares en el norte, centro y sur de la Península, como viene a indicar el boceto que acompaña a nuestro mencionado trabajo, situadas en posición axial con respecto a las series anquimetamórficas.

Quiere esto decir que propugnamos una extensión y una variación del Precámbrico "sensu lato" (Precámbrico y quizá Arcaico) muy superiores a las que hasta ahora se les concedían. Aunque, por el momento, no esté clara su línea de separación, podría establecerse a grandes rasgos dos complejos de primer orden, correlativos con Brioveriense y Pentevriense del Macizo Armoricano, y constituidos por migmatitas y neises, el segundo, y una serie, el primero, con pelitas, psamitas y psefitas, metamorfizadas sólo en grado incipiente. Las rocas ígneas y de apariencia ígnea, que otros autores sitúan hacia la base del Precámbrico Superior, representan para nosotros los complejos basales y más antiguos cronológicamente como norma general no exenta de excepciones porque no cabe duda de que hay masas ígneas regeneradas o removilizadas; nos adherimos así, como en el caso de las rocas metamórficas,



a las opiniones de geólogos españoles y portugueses de finales del pasado siglo y principios del actual, anteriores a LOTZE.

Por otra parte, en relación con la línea de separación entre Precámbrico y Primario, conviene añadir a lo ya dicho que, además de la granulometría de los materiales basales, debe tenerse presente la homogeneidad o heterogeneidad de los mismos. A simple vista, antes de cualquier estudio microscópico, se puede establecer en muchos casos una clara diferenciación de las series sobre y bajo la obvia o supuesta discordancia asíntica; la serie arcósica superior, de colores claros y la serie grauváckica inferior, de colores oscuros, con sus variantes granulométricas, cuyos significados paleogeomorfológicos son bien distintos.

La diferenciación basada en composición y granulometría es muy clara en zonas de sedimentación costeras, tanto del norte como del sur de la Península, pero resulta más oscura en áreas más interiores o de plataforma, como ocurre en la Sierra de la Demanda y en la Cordillera Prelitoral catalana; un estudio sedimentológico de cierto detalle quizá sea suficiente para resolver el problema.

En principio, se pueden diferenciar en el Precámbrico cinco grupos litológicos metasedimentarios que, en el ámbito de la Península, deben permitir una correlación de carácter general con un margen de error quizá no mucho mayor que el que cometemos cuando asignamos una litología a un piso, como en el caso de la cuarcita "arenigiense".

- Serie arcósica paleozoica basal (Eocámbrico).
- Serie esquistograuváckica.
- Serie negra de esquistos neísicos.
- Neises y granulitas; Rocas carbonatadas y silíceo-carbonatadas; Rocas ígneas y de apariencia ígnea: ácidas, básicas y ultrabásicas.

Serie arcósica paleozoica basal.

Esta serie eminentemente detrítica se caracteriza por un colorido general claro, hasta el punto que podría denominarse "serie blanca" por oposición a la que se ha llamado serie negra en el Sur; incluso en la fotografía aérea se observa un importante contraste con respecto a la serie o series inferiores. El colorido se debe a su composición relativamente simple y homogénea, con claro predominio de cuarzo y feldespato que constituyen mezclas variables,

de forma que se encuentran los términos monominerales de la gama en forma de cuarcitas blancas, más corrientes, y de capas de feldespato, mucho más raras.

Como minerales accesorios, observables a simple vista, se encuentran clorita, sericita y glauconita, en la zona asturleonera, así como picaduras o caries rellenas de hematites; en las capas basales conglomeráticas es frecuente la (phatanita o lidita) cuarcita negra y en algunos casos estas capas están constituidas casi exclusivamente por cantos más o menos rodados de cuarzo, con muy escaso cemento, y fundidos de tal forma que aparecen como capas cuartíticas donde es difícil descubrir su carácter conglomerático original.

Sus horizontes de granulometría más fina que se intercalan en toda la serie, con cierto predominio hacia la parte alta, consisten en filitas silíceas de tonos verdosos o azulados, debido probablemente a los silicatos de hierro.

También en la base presentan localmente colores rojos o violáceos más fuertes, debido al teñido de las arcosas por óxidos de hierro o por proceder de la removilización de una zona de rubefacción del muro precámbrico, como indican BARD et al de la Demanda, y nosotros hemos podido observar en León y Córdoba. Y no lejos de la base se presentan las calizas de Archeociátidos, de forma bastante persistente aunque no siempre lleven estos restos fósiles.

En el borde de la Meseta (provincias de Córdoba y Sevilla) se observa que, al techo de la serie inferior y por tanto en la base de la que estamos describiendo, aquél se encuentra decolorado por meteorización y presenta incluso restos de paleosuelo, sobre los que se apoyan rocas volcánicas básicas. La propia cartografía indica, por otra parte, la existencia de una importante discordancia erosiva entre ambas series.

Concretamente en Puebla de los Infantes la base paleozoica está constituida por una compleja formación terrígeno-carbonatada, que interpretamos como borde de la cuenca de sedimentación al comienzo del Paleozoico; consiste en un horizonte detrítico y brechoide, teñido de óxidos de hierro, silíceo feldespático en la parte inferior, y otro de raucacas carbonatadas, en la parte superior, que pasan respectivamente, hacia el norte, a cuarcitas más o menos areniscosas y metaarcosas, y a un tramo carbonatado más evolucionado, que comprende rocas de diversas granulometrías, con óxidos de hierro en su parte inferior. Una asociación de facies

parecida, con significado paleogeográfico análogo, quizá pueda encontrarse en la provincia de Toledo, al norte de las Minas del Guajaraz.

La serie metarcósica paleozoica basal ha recidido distintos nombres en las diversas regiones: serie de Cándana, cuarcita de Bámbola, serie Campoallá con base en el conglomerado de Sotillo; en León, Comp-te la llamó "grés de la Herrería" y en ella los Profesores CHUBERT y FAURE-MURET (1972) ven una clara semejanza con el Eocámbrico del Anti-Atlas.

En la región central de la Península, la serie está formada por una "flysch" de cuarcitas y filitas, donde se ha querido ver como ordovícica debido al sólo hallazgo de Crucianas, Vexillum y Scholithus; decíamos en un trabajo anterior (PASTOR, 1969) que este conjunto faunístico debe corresponder a la parte alta del Cámbrico, aproximadamente a la altura de las "capas del Jiloca" de la zona zaragozana. Incidentalmente, si esta idea fuese posible extenderla a la región extremeña y a Portugal, se comprende fácilmente que el llamado complejo esquistogruauwáckico anteordovícico se convertiría en "antecámbrico".

Concretamente en el Sur, es decir, en Andalucía, para quienes conozcan el suroeste de la Península, la arcosa más o menos conglomerática basal de esta serie enmarca el sinclinatorio que se extiende por la zona de Posadas-Zafra-Guadalcanal, donde su zona axial está ocupada por la denominada, por SIMÓN, "facies de Alanís".

Serie esquito-grauwáckica.

Bajo el miembro metaarcósico basal del Paleozoico aflora, siempre en los núcleos de estructuras de primer orden, a escala peninsular, otra serie que se caracteriza por la heterogeneidad de su composición litológica y por los tonos oscuros de su colorido; se encuentra tanto en el norte como en el centro, como en el sur del Macizo Hespérico y ha recibido diferentes nombres localmente, como pizarras del Narcea, esquistos de Anguiano, pizarras de Paracuellos, serie de Valcasa, Alcudiense superior, serie de Malcocinado, serie de Tambo, etc.

Esta serie se considera en general como de transición entre Precámbrico y Paleozoico y, de hecho, su naturaleza terrígena indica la procedencia de los materiales de un rápido y activo desmantelamiento de un país de roquedo heterogéneo.

En la estructura de Cangas del Narcea-Riello (Asturias-León) presenta una facies flysch, entre los esquistos de la serie negra y el conglomerado paleo-

zoico basal, típica de un surco marino en rápida colmatación por los abundantes aportes terrígenos, y adosado al antepaís septentrional o a su estrecha plataforma, después convertido en la cuenca central asturiana.

En la porción central de la Península, Toledo, Ciudad Real, Extremadura y Portugal, la serie presenta una granulometría más grosera, con numerosos horizontes conglomeráticos, y LOTZE opina, opinión que compartimos plenamente, que su origen es fluvio-glacial. En esta región han sido muy diversas las opiniones sobre la edad de la serie, pero en el momento actual se considera más bien precámbrica (BARD et al, PARGA y VEGAS).

También con base conglomerática en Sierra Morena, acusa un importante contenido volcánico, que BOUYX ha señalado igualmente en el Valle de Alcu-dia. Los profesores CHUBERT y FAURE-MURET, que han tenido ocasión de observar esta serie en Valverde de Llerena, le encuentran un gran parecido con el Pr III del Anti-Atlas. En el Valle de Alcu-dia, los trabajos de exploración minera del IGME han demostrado la presencia de oro en la porción conglomerática.

En el borde meridional de la Meseta, el conglomerado basal abunda en cantos elongados de cuarzo y phtanita (lidita) y aflora en varias corridas de mucha longitud; un conglomerado semejante hemos visto también en la Seranía de Ronda, en la provincia de Málaga (PASTOR, 1974).

La granulometría psefítica y psamítica se convierte en pelítica hacia el muro, convirtiéndose en la serie denominada "serie negra", de la que en parte ha heredado su color oscuro. Es bastante lógico de esperar que en las cuencas de deposición de la serie esquistogruauwáckica se produzca una transición entre las dos series o, si se prefiere, un "sellado" que oculte el límite entre ambas, mientras que en zonas de borde éste se delate por el conglomerado antes indicado para el borde de la Meseta; en el antepaís puede esperarse la superposición del Paleozoico a la serie negra, mediante una importante discordancia erosiva, como es posible que ocurra en la cuenca central asturiana, en los Montes de Toledo y en el suroeste de la Meseta.

Serie negra, de esquistos néisicos.

Salvo en el Valle de Alcu-dia, donde CRESPO y REY (1973) han denunciado una visible discordancia, la línea de separación entre esta serie y la superior

se define por un cambio relativamente brusco de granulometría; por esto es fácil su confusión con la serie esquisto-grauwáckica en afloramiento parciales. Se encuentra prácticamente en todas las localidades antes mencionadas para la serie anterior y por debajo de ella: estructura asturleonés de Cangas-Riello, Toledo, Valle de Alcu-dia, etc, y concretamente en Sierra Morena, FRICKE le ha dado el nombre de "serie negra", por presentar este color no sólo los esquistos, principal tipo de roca que la constituye, sino también las cuarcitas y los horizontes carbonatados, que en aquéllos se intercalan.

Consideramos las series "Ollo de Sapo" y de "Villalba" de Galicia como perteneciente a esta serie negra, aunque con unas diferencias que, más que al metamorfismo, se deben a una diferencia granulométrica original. Como ya dijimos en una publicación anterior (PASTOR, 1971), "Ollo de Sapo" representa la línea de costa durante el Precámbrico Superior y tal accidente paleogeográfico se convirtió posteriormente en la estructura orogénica principal que hoy podemos observar gracias a la erosión de su cobertura paleozoica.

En la cartografía actual (mapa geológico de España a escala 1:200.000), sobre "Ollo de Sapo" se sitúa directamente un supuesto Ordovícico Inferior, que es además la opinión de BARD et al (1972). Es posible que haya algún error de datación y a esta área pueda aplicarse lo que ya dijimos (PASTOR, 1971) al hablar de la zona de Guadalajara, en el sentido de que quizá se trate de una serie muy anterior, cámbrica o incluso precámbrica ya. Algo análogo puede decirse del Ordovícico que se supone existir entre las estructuras precámbricas de "Ollo de Sapo" y "Anticlinorio de Villalba".

La serie y la estructura de Villalba se prolongan hacia el sureste por las sierras del Caurel y del Teleno; en esta última localidad han sido estudiadas por GÜNTER NOLLAU (1966), cuya interpretación estructural nos parece complicada y forzada en exceso precisamente por no reconocer la existencia de Precámbrico y atribuir esta serie al Ordovícico-Silúrico.

Aunque disintamos de BARD et al en cuanto a la seguridad en la edad ordovícica de la cobertura del complejo esquisto-grauwáckico, estamos totalmente de acuerdo en la edad precámbrica de la serie negra; ya lo habíamos indicado en nuestros trabajos anteriores.

Una interesante peculiaridad del conjunto serie negra y serie esquistogruauwáckica es el contenido

anormal de plomo que se ha observado en el Valle de Alcu-dia, en particular, y debe presentarse también en otras áreas como Santa María de Trasierra, en Córdoba, y Azuaga, en Badajoz. Este contenido es el que, por segregación y removilización lateral, ha dado lugar a los famosos yacimientos de morfología filoniana de las regiones indicadas de Sierra Morena, que alcanzan hasta el Paleozoico Inferior.

Así, pues, en la serie negra existen concentraciones estratiformes de esfalerita y pequeños filones de galena; en el complejo esquisto-grauwáckico, concentraciones estratiformes y filonianas de galena y esfalerita, y diseminación de oro, como hemos dado a conocer en una nota actualmente en prensa.

Solo incidentalmente de momento, recordaremos que MELLE M. J. PAVILLÓN, en el Resumen de la Tesis de Doctorado (1974), supone que los yacimientos Pb-Zn del manto de cipolino de Cartagena (Murcia) se han formado a partir de "un 'stock' original contenido en los esquistos negros del substrato"; lo que, en cierto modo, aumenta la semejanza de éstos a los de la serie negra del centro de la Península. Ya en 1971, al hablar del Bético de Murcia sugerimos que la base del complejo nevado-filábride debe ser de edad precámbrica, e incluso equivalente a la serie negra del SO.

Es muy posible que, entre los afloramientos de la serie negra, deban incluirse también parte de los esquistos biotíticos, con o sin motas, del Montseny (Barcelona). Estos esquistos, ya fueron atribuidos al Precámbrico por VIDAL (1886), ALMERA (1914), FONT y SAGÜE (1905), FAURA y SANS (1933), SCHRIEL (1929).

VAN DER SIJF, cuyo estudio petrológico por lo demás es muy metódico, recuerda que algunos de estos autores suponen a estas rocas de edad precámbrica (arcaica en algunos casos) simplemente por el hecho de ser metamórficas; pero las pruebas que él aporta a su vez para atribuir las al Cámbrico medio-superior son: una transición gradual de las filitas a los esquistos del contacto granítico; consideraciones geométricas de rumbo y buzamiento; su relación con los estratos fosilíferos del Paleozoico; y consideraciones de tipo estructural. Nuestro imperfecto conocimiento de la región nos impide poder precisar más de la sugerencia hecha sobre su edad precámbrica, en la esperanza de que un estudio detallado delate alguna superficie de discontinuidad entre las Eras Paleozoica y Precámbrica.

También en la región de Huelva, Minas de Río Tinto, quizá se demuestre en un futuro próximo la presencia de esta serie, bajo el Paleozoico superior; en opinión del autor, existen allí, en realidad, dos

grupos litológicos de metamorfismo muy diferente, que aún no se han sabido diferenciar; el inferior puede ser precámbrico, y debería prolongarse hacia el Este bajo los terrenos mesozoicos a cuaternarios del Valle del Guadalquivir y del Sub-bético de la provincia de Córdoba. En una nota anterior, el autor de este trabajo ha opinado que, desde el punto de vista estructural, sólo es aparente la diferencia entre las directrices armoricana y variscica del borde de la Meseta y de la Serranía de Ronda (Málaga) respectivamente, porque en realidad en la zona de Villanueva del Río y Minas, del primero, las directrices tectónicas giran de forma bastante brusca un ángulo de unos noventa grados, para tomar la orientación variscica, colocándose aquéllas prácticamente paralelas al curso del Guadalquivir.

Este codo y el cabalgamiento que caracteriza al frente estructural de Sierra Travesa, continuación del frente de Aracena-Almadén de la Plata (ALÍA MEDINA, 1963), son los principales responsables de la depresión del Guadalquivir, aunque en su morfología también han contribuido, sin duda, la flexura y la falla de otros autores como MACPHERSON, GROTH, HERNÁNDEZ PACHECO, BRINKMAN y GALLO WITH (en GÓMEZ DE LLARENA, 1944). Ya en 1942, SIMÓN llamó la atención sobre cierta analogía entre la zona del Guadalquivir y la costa del actual macizo armoricano francés.

Es también perfectamente posible que sean coetáneas con esta serie y con la superior esquitograuváckica, al menos parcialmente, algunas de las formaciones Montesinos, Morenos y Tonosa del sureste peninsular (provincias de Almería y Murcia) del equipo holandés, que allí trabaja bajo la dirección de los Profesores SIMÓN y EGELER; e, igualmente en parte, las Unidades de Motril, Murtas, Salobreña, Adra, en la provincia de Granada, del equipo de los Profesores GARCÍA DUEÑAS y ALDAYA.

Los Profesores CHOUBERT y FAURE-MURET han sugerido la posibilidad de correlacionar el Precámbrico medio del Anti-Atlas con el Precámbrico superior de España, porque ven en los esquistos del Narcea, en la serie alcudiense y en la serie negra una gran analogía con el Pr II-III de la cordillera africana; con la única salvedad de incluir también en el Precámbrico superior la serie esquisto-grauváckica, antes descrita, compartimos tal opinión en cuanto a la correlación entre las tres regiones españolas y aceptamos su muy autorizada opinión sobre la extrapolación al continente africano. En realidad, también la serie negra puede considerarse como un Precámbrico medio.

Neises y granulitas.

Es curioso notar la ausencia del término "granulita" en la actual literatura geológica sobre la Península Ibérica, que suponemos se debe a que no tenemos un concepto claro de su significado; algo más se encuentra su pretérito sinónimo leptita o leptinita. Y, sin embargo, sospechamos que este tipo de roca debe ser bastante frecuente en sus áreas metamórficas, asociado a los neises, cuya particular estructura se presta más a su identificación; es posible que, en algún caso, se trate de los "granitoides" de algunos autores.

En la repetidamente mencionada nota de los Profesores CHOUBERT y FAURE-MURET se consideran como probable Precámbrico antiguo el macizo de Toledo (neises y migmatitas) y el complejo neísico de Los Ojuelos, de Sierra Morena, además de los macizos de tal edad de Galicia y norte de Portugal. El autor de este trabajo es de la misma opinión; en un trabajo anterior (PASTOR, 1969) se dibujaba de forma esquemática una faja, dominio de este grupo litológico y del que luego se tratará, que corre por las provincias de Zamora y Salamanca, Valladolid y Avila, Segovia, Madrid y Toledo, para unirse hacia el sur con Sierra Nevada.

Rocas más antiguas que la serie negra, antes descrita, se encuentran también en el complejo neísico de Hiendelaencina (Guadalajara), famoso por sus concentraciones filonianas de minerales de plata; en el complejo neísico-migmático de Lora del Río (Sevilla), que FABRIES consideraba como Paleozoico metamórfico, y más al oeste, en la región de Castillblanco, donde son abundantes las granulitas; en los neises y granulitas de la zona de Osor y de Riells, al norte y sur del Montseny (Cordillera Prelitoral Catalana) respectivamente; en la porción inferior metamórfica del que ya hace cincuenta años Blumenthal denominó "Bético de Málaga", donde también existe la serie negra de Sierra Morena. Y, en definitiva, en una gran parte de las áreas metamórficas de la Península Ibérica, que se vienen considerando de edad más reciente, por tan enconada como absurda sistemática contradicción a los autores anteriores a LOTZE, que las reconocían como representantes de las más antiguas rocas de esta parte del mundo.

De lo dicho se desprende que el grupo de los neises y granulitas podría ser coetáneo de la parte superior del Pr I del Anti-Atlas y del Pentevriense del Macizo Armoricano.

Rocas carbonatadas y silíceo-carbonatadas.

El autor ha señalado recientemente la probable edad precámbrica de rocas carbonatadas en la provincia de Málaga, encajadas en una serie muy completa que incluye un Precámbrico antiguo, y la posibilidad de intentar su correlación con el suroeste de la Península, concretamente con la región de Andalucía Occidental (PASTOR y CRESPO, 1973, PASTOR, 1974). Se trata de los mármoles de la denominada Sierra Blanca, que sirven de base al metamórfico de dicha provincia, en esta porción de las Cordilleras Béticas.

Estos mármoles se suponen ser de edad triásica y, por tanto, estar cabalgados por su actual foránea cobertera precámbrico-paleozoica. Pero el propio BLUMENTHAL, en sus últimos escritos, dudaba de la aloctonía de gran parte de los "mantos alpujárrides" y sugirió que el roquedo carbonatado de Sierra Blanca y Sierra de Mijas forma parte de un zócalo paleozoico antiguo o precámbrico.

Las pruebas que se aducen en favor de una edad triásica no son concluyentes y, a menos que se aporten otras más convincentes, la denominación de "Unidades Alpujárrides Metamórficas" es impropia y hemos de admitir que el complejo metamórfico de la Serranía de Ronda comienza con los mármoles del núcleo de Sierra Blanca; este complejo presenta una importante discontinuidad, objeto de la nota de Crespo y el autor de ésta (1973), antes mencionada.

Aquellas razones son:

- Transición gradual de carbonatadas no metamórficas, datadas, a los mármoles. En mi opinión, no existe tal transición gradual lateralmente sino una superposición vertical de miembros carbonatados de varias generaciones.
- Comparación muy poco afortunada con los alpujárrides granadinos de Fallot, Copponex, Durand Delgá.
- Afinidades petrográficas y estructurales, totalmente subjetivas.
- Razones cartográficas, poco convincentes.

Es muy probable que en otras regiones también se encuentren rocas carbonatadas precámbricas, aunque quizá situadas a distintas alturas de la columna litoestratigráfica; quizá en las provincias de Toledo, de Sevilla y de Córdoba, por citar sólo aquellas que conocemos mejor.

Concretamente en Cataluña, es muy posible que los mármoles de Gualba, cuyo muro es un granito distinto a la granodiorita del Montseny, o mejor dicho la bonita formación versicolor de rocas metamórficas carbonatadas y silíceo-carbonatadas deben ser aún más antiguas, que los esquistos del Montseny. Como en Málaga, existen dos tramos distintos; en Cataluña separados por un miembro de granito y sienita, al menos en parte, y parecen corresponder a un Precámbrico relativamente bajo.

Hasta hace no mucho tiempo se pensaba que no existían rocas carbonatadas en el Precámbrico, razón por la que sistemáticamente se atribuían al Paleozoico tales rocas, aunque para ello hubiera que forzar las formas estructurales. Pero hoy día se conocen mármoles precámbricos, incluso muy bajos en la serie arcaica, en varias regiones de la Tierra.

Rocas ígneas y de apariencia ígnea.

Apenas tocaré este tema, por haber sobrepasado la longitud admitida para estas comunicaciones, pero, sobre todo por ser tema delicado, que escapa a mi preparación.

Granitos y granitoides parecen constituir el muro del metamórfico de Andalucía Occidental, en la zona de Castillblanco de los Arroyos (Sevilla). Y en el Montseny es probable que existan al menos dos tipos de granitos que pueden ser precámbricos, las granodioritas de Montseny y los granitos de Gualba, con techo en los esquistos neísicos y en los mármoles antes citados, respectivamente.

Pero la gran masa de granitos precámbricos debe hallarse en el armazón de la Península Ibérica, es decir, en el noroeste (Galicia, Salamanca) y en la Cordillera Central; en ambas regiones se conocen una gran variedad de ígneas ácidas.

Tampoco nos detendremos en las volcanitas básicas, que se encuentran muy repartidas en toda la secuencia litoestratigráfica; en particular, al norte del Guadalquivir, el fin de la Era Proterozoica viene claramente señalado por un importante y duradero vulcanismo básico, quizá comparable al del Bético de Málaga en edad; no en posición porque en Málaga se presenta en forma subvolcánica de diques y sills.

En cuanto a los extensos macizos ultrabásicos de Sierra Bermeja, Sierra Alpujata y Carratraca (Málaga), parecen intruir la región metamórfica más occidental de neises y migmatitas, pero presentan morfología estratiforme en la porción oriental de Sierra

Bermeja y en Sierra Alpujata, donde se sitúan hacia la parte central del supuesto Precámbrico; en el Anti-Atlas, existen ultrabasitas hacia la parte baja del Precámbrico medio y quizá sean isócronas de las malagueñas.

El autor cree posible que en los macizos ultrabásicos de Málaga pudieran estar representados, al menos, los miembros intrusivo y subvolcánico, e incluso puede que también el volcánico; una de las características de los cuerpos estratiformes es precisamente la serpentización, que caracteriza al macizo de Sierra Alpujata. No sería de extrañar, por otra parte, que alguno de los horizontes posiblemente extrusivos esté representado por las "virutas" arrancadas al macizo peridotítico en el supuesto corrimiento del Bético de Málaga sobre los mármoles considerados como alpujárrides.

CONCLUSION

Espera el autor que su trabajo pueda aportar alguna luz nueva sobre el problema de la correlación de las regiones precámbricas, en el que la Península Ibérica juega tan importante papel como eslabón de conexión entre dos continentes.

Y pide perdón por todo aquello que pueda haber supuesto innecesarias repeticiones o utilización de denominaciones ya anticuadas, debido a su ausencia en anteriores coloquios.

Parece claro que en esta Península se encuentran los dos super grupos litológicos precámbricos que se distinguen en los macizos más antiguos: el anquimetamórfico del Proterozoico Superior y Medio; y el metamórfico cristalino del Proterozoico Inferior, y, quizá, en parte, ya Arcaico.

Y que su correlación con las regiones precámbricas más próximas, en el norte de Africa y en el Macizo Armoricano, presenta menos problemas de lo que se pensaba, como ya han revelado trabajos de autores que hemos citado a lo largo de la exposición y se relacionan en la bibliografía, y han completado y refrendado personas de la experiencia de los Profesores CHUBERT, COGNÉ y FAURE-MURET.

Con respecto al Macizo Armoricano, no sólo parecen comparables los dos grupos, correspondientes al Pentevriense y al Brioveriense, sino incluso las tres formaciones del segundo caracterizadas por volcanitas básicas, phtanitas y conglomerado y volcanitas ácidas. Lamento no haber tenido tiempo aún de estudiar los interesantes trabajos del Profesor

COGNÉ, que me hubiera permitido estar mucho mejor informado sobre las posibilidades de correlación.

La correlación con el Anti-Atlas ya ha sido esbozada por los Profesores CHUBERT y FAURE-MURET, según hemos ido viendo, por lo que no insistimos sobre el particular; me permito hacer la misma observación que en el caso del Profesor COGNÉ.

La conexión entre los continentes europeo y africano, a través de la Península Ibérica, no parece que presente grandes problemas en un futuro inmediato. Pero debe tenerse presente que la posición de ésta no ha sido siempre la misma; antes al contrario, la idea más generalizada es que durante el Mesozoico la Península sufrió un giro de unos treinta y cinco grados en sentido contrario a las manillas de un reloj, bien con polo en los Pirineos occidentales como sugirieron ARGAND y CAREY, bien con polo en el noroeste de Francia, según opinan VAN DER VOO y LE PICHON.

Tal giro aproxima mucho la Península Ibérica a Gran Bretaña y a la Bretaña francesa y la disposición a que se llega quizá pueda explicar analogías y discrepancias geológicas; éstas a su vez quizá permitan reconsiderar el valor real de la rotación peninsular.

BIBLIOGRAFIA (*)

- LOTZE, F.: *El Precámbrico en España* "N. y C. del IGME", núm. 60 (1960).
- DE SITTER, LU.: *Le Précambrien dans la Chaîne Cantabrique*. "CR. Somm. Soc. Geol. Fr", núm. (1961).
- PASTOR, V.: *El borde meridional del macizo paleozoico astur en las proximidades de La Robla (León)* I Reunión Nacional de Geología (Oviedo) (1961).
- DE SITTER, LU.: *El Precambriano en la Cadena Cantábrica*. "N. y C. del IGME", núm. 67 (1962).
- PASTOR, V.: *Probable área precambiana al NO de León*. "N. y C. del IGME", núm. 67 (1962).
- PASTOR, V.: *Hoja núm. 129, La Robla*, del Mapa Geol. de España, a escala 1:50.000 (1963).
- PASTOR, V.: *El momento actual de los estudios geológicos en la provincia de León*. "Bol. del IGME", t. LXXXVI (1966).

(*) Puesto que los trabajos de BARD y otros y FONTBOTÉ y JULIVERT ya incluyen una extensa bibliografía sobre el Precámbrico de la Península Ibérica, sólo citamos aquí los de carácter más general y algunos no mencionados en aquéllos.

BOUYX, E.: *Contribution à l'étude des formations anteor-dovicennes de la Meseta Meridionale* (Ciudad Real y Badajoz). "Th. Doct. Fac. Sec." (1969).

PASTOR, V.: *Hoja núm. 128, Riello*, del Mapa Geol. de España, a escala 1:50.000 (1969).

PARGA, J. P. y VEGAS, R.: *Problems and discussion on Precambrian Series of the Hesperic Massif (Western Iberian Peninsula)*. "Geol. Rundschau", 61-1 (1971).

PASTOR, V.: *Ensayo sobre la Paleogeografía de la Península Ibérica, durante el Precámbrico Superior y el Paleozoico*. I. Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica (1971).

TAMAIN, G. y OYTRACHT, A.: *Essai de corrélation entre la Meseta Ibérique et le Massif Armoricaín au Précambrien Supérieur et au Paléozoïque Inferieur*. "CR. Acad. Sc.", núm. 272 (1971).

BARD, J. P., CAPDEVILA, R., MATTE, PH. y RIBEIRO, A.: *Le Précambrien de la Meseta Ibérique*. "Actes du Coll. Int. sur les corrélatons du Précambrien", Agadir-Rabat, mai 1970 (1972).

COGNÉ, J.: *Le Briovérien et le cycle orogénique cadomien dans le cadre des orogènes fini-précambrien*. "Actes du

Coll. Int. sur les corrélatons du Précambrien", Agadir-Rabat, mai 1970 (1972).

CHUBERT, G. y FAURE MURET, A.: *Observations à la note de J. P. Bard, R. Capdevila, Ph. Matte y A. Ribeiro, intitulée Le Précambrien de la Méséte Ibérique*. "Actes du Coll. Int. sur les corrélatons du Précambrien", Agadir-Rabat, 1970 (1972).

CRESPO, V. y PASTOR, V.: *Discordancia erosiva de Mina Peñoncillo, en el Bético de Málaga, Marbella*. "Bol. Geol. y Min. del IGME", t. LXXXIV (1973).

BARD, J. P., CAPDEVILA, R., MATTE, PH. y RIBEIRO, A.: *Le Précambrien de le Méséte Ibérique*. Précambrien des zones mobiles de l'Europe. "Geologcky ústav CSAV". Praha (1974).

FONTBOTÉ, J. M. y JULIVERT, M.: *The Precambrian in the Iberian Peninsula*. Précambrien des zones mobiles de l'Europe. "Geologcky ústav CSAV". Praha (1974).

PASTOR, V.: *El Precámbrico del Occidente Andaluz*. "Bol. Geol. y Min. del IGME", t. LXXXV (1974).

ZOUBEK, V.: *Rémarques sur le Précambrien des zones mobiles de l'Europe Centrale et Occidentale*. "Geologcky ústav CSAV", Praha (1974).

Recibido: Septiembre 1974.

Sobre la extensión del vindobonense marino en Menorca y los sondeos de la "Deep sea drilling project" (U. S. A.)

Sugerencias respecto a una nueva interpretación de la biogeografía balear.

Por G. COLOM

RESUMEN

El geólogo francés R. Bourrouilh describió en 1972 un amplio retazo de sedimentos Helvecienses sup.-Tortonenses en el cabo Cavalleria, al NE. de Menorca, rico en corales, moluscos, equínidos, etc., de la misma facies que las formaciones de igual edad pertenecientes a la zona del SW. Ello induce a sospechar que el mar Tortonense recubrió todo el zócalo paleozoico de la isla y que el antiguo borde NE. del mencionado mioceno (fig. 1) representa tan sólo actualmente un límite de erosión en franco proceso de retroceso hacia el SW. desde el Plioceno y Pleistoceno.

Este hallazgo de Bourrouilh viene a modificar profundamente los ideas sustentadas hasta el presente por botánicos, zoólogos, biogeógrafos, etc., respecto a las biotas menorquinas que se consideraban de "origen oriental", oriundas de un primitivo *Macizo Tirrenico*, próximo a la mencionada isla y en comunicación posible con su primitivo zócalo primario, libre de transgresiones marinas.

En Mallorca, en cambio, los depósitos Tortonenses son transgresivos y discordantes sobre relieves contraídos, post-Aquitanienses y ante-Burdigalenses (Sávicos) unos, y post-Burdigalenses y ante-Tortonenses (Estefricos) otros. Una gran parte de esos relieves resultaron ciertamente más extensos que en la actualidad, ofreciendo amplias tierras emergidas que albergaron unas biotas propias de áreas calizas. Desde estas zonas centrales mallorquinas se extendieron posteriormente hasta otras regiones emergidas durante el Plioceno, pues es sabido que la regresión marina del Pontense dejó fuera de las aguas amplias zonas emergidas que facilitaron el paso a muchas plantas o animales dentro de la cuenca mediterránea hasta regiones inaccesibles en aquellos tiempos. Debe de recordarse que la forma más arcaica del *Myotragus balearicus* ha sido encontrada en Mallorca y no en Menorca.

Esto es lo que ha venido a confirmar las sorprendentes perforaciones submarinas de la Comisión de la "Deep Sea Drilling Project" reconociéndose en el Mioceno superior mediterráneo vastas zonas de "evaporistas", con depósitos de sales, anhidrita, halita, lechos de yesos, etc. Dando ello origen a un gran lago mediterráneo situado a un nivel más inferior que las aguas del Atlántico por permanecer cerrado entonces el estrecho de Gibraltar debido al arco alpino; todo lo cual facilitó la dispersión de las especies entre ambas riberas. El autor de estas líneas analiza aquí la composición de estos sondeos, desde los situados en el mar de Alborán, pasando por los del Sur de la costa valenciana, los del Sur de Mallorca-Menorca (fig. 8) hasta los más próximos del Oeste de la isla de Cerdeña, sacando de todo ello unas conclusiones generales sobre el origen, dispersión, etc., de las actuales biotas insulares balearicas.

SOMMAIRE

Le géologue français R. Bourrouilh a décrit en 1970 un gisement Helvétien sup.-Tortonien au Cap Cavalleria, au NE de l'île de Minorque, riche en Madréporaires, Mollusques, Equinides, etc. Tous les autres affleurements de cet âge appartiennent au secteur SW. Cette découverte vient à démontrer que la mer miocène de cette époque a recouvert tout l'ancien socle paléozoïque et que la limite Nord du Miocène minorquin du SW, considéré par différents auteurs comme une ligne de rivage d'un ancien bassin miocène, n'est en réalité sur son bord NE qu'une limite d'érosion placée dans une phase de franc reculement vers le SW depuis le Pliocène (fig. 1).

Cette découverte de Bourrouilh vient à modifier profondément les idées admises jusqu'à présent par les botanistes, zoologues et biogéographes en ce qui concerne à l'origine de certaines biotes de Minorque considérées avant comme d'origine "orientale", c'est à dire, provenant d'une zone primitivement émergée, Tyrrhénienne, pas éloigné de l'ancien socle paléozoïque minorquin et libre de transgressions marines miocènes.

Par contre, à Majorque, les dépôts Tortoniens sont transgressifs et discordants sur des reliefs plissés post-Aquitaniens les uns (Saviques) et post-Burdigaliens (Estefriques) les autres. Une grande partie de ces reliefs ont été certainement plus étendus a ce temps-là qu'actuellement et ont abrité alors un ensemble de biotes caractéristiques des milieux calcaires. En partant de ces aires centrales majorquines s'étendirent après jusqu'à Minorque pendant le Pliocène, puisque on sait que la grande regression marine du Pontien laissa au dehors des eaux un grand ensemble de terres émergées, lesquelles facilitèrent le passage d'un nombre considerable de plantes et des animaux de la zone méditerranéenne vers des regions avant inabordables. Il faut remarquer que la forme la plus arcaïque du *Myotragus balearicus* a été rencontré à Majorque et pas à Minorque.

C'est dans ces grandes lignes ce que viennent confirmer les sondages de la "Deep Sea Drilling Project" lesquels ont permis de reconnaître des dépôts du Miocène supérieur avec de vastes surfaces d'évaporites tortonniennes ou du Miocène supérieur avec des couches de gypse, des sels, anhydrite, halite, etc., développés dans un grand lac méditerranéen placé à un niveau plus bas que l'Atlantique; le détroit de Gibraltar étant fermé par l'arc alpin à ce moment. Ce dispositif paléographique ne fit que faciliter la dispersion des espèces qui habitaient les rivages de l'ancienne mer Miocène.

L'auteur de ces lignes analyse tout de suite la composition de ces sondages depuis ceux de la zone d'Alboran en passant par ceux de la côte de Valence et celui du Sud de Majorque-Minorque (fig. 8), jusqu'aux autres de la portion SW de l'île de Sardaigne. Il arrive, alors, à des conclusions générales sur l'origine, étendue, etc. des biotes insulaires balearics.

El geólogo francés R. Bourrouilh describió en 1972 un amplio retazo de sedimentos Helveciense-Tortonenses en el cabo Cavalleria, situado al Norte de la isla y conocido localmente con el nombre de "Dins es Guix". Es fosilífero y contiene una asociación de Madreporarios de tipo arrecifal, numerosos restos de Equínidos, Gasterópodos y Lamelibranchios, estudiados por los especialistas J. P. Chevalier y Mlle D. Mongin. En total, unas 12 especies. La edad de este conjunto la atribuyen sus autores a un Helveciense superior-Tortonense. Que la extensión de este manchón residual resultó más vasta en el pasado no cabe de ello duda alguna (figura 1).

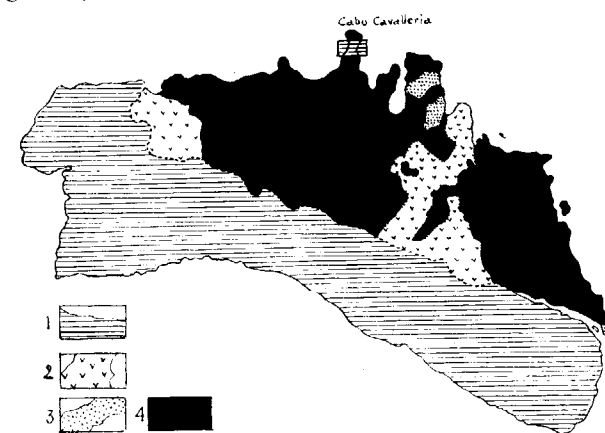


Figura 1

Menorca. Distribución de los diferentes pisos geológicos: 1, depósitos tortonenses, con el nuevo afloramiento del cabo Cavalleria; 2, fragmentos del Jurásico; 3, ídem del Cretácico inferior y medio; 4, zócalo paleozoico

Este hallazgo viene a revelarnos que el mar vindobonense recubrió toda el área menorquina, excepción hecha tal vez de algunos limitados islotes que quedaron fuera de las aguas, como lo indica el mismo Bourrouilh y sostuviera ya A. Obrador en su trabajo de 1970. Así, pues, el antiguo límite NE del mencionado Mioceno no ha constituido nunca una línea litoral correspondiente a la máxima extensión del mar vindobonense sobre el zócalo Paleozoico en dirección al noreste de la isla (figura 1). Representa tan sólo un límite de erosión irregular, en franco proceso de retroceso hacia el SO desde el Mio-Plioceno y Pleistoceno antiguo.

De ser ello así, y esto nos parece evidente ahora, no cabría posibilidad alguna de que los elementos florísticos y faunísticos que se citan en Menorca como de *origen tirrenico*, hayan tenido la menor probabilidad de existir como tales en el caso concreto de la mencionada isla. Todas las biotas menorquinas serían única y exclusivamente de *origen ibérico*, venidas del SO a través del zócalo alicantino-balear al correr de los tiempos Mio-Pliocenos o incluso de las fases interglaciares, con regresiones marinas intensas, que facilitaban entonces las comunicaciones terrestres entre las zonas emergidas relacionadas con el futuro archipiélago.

Unos defensores de la teoría clásica de la existencia de la Tirrenia, L. Trevisan y E. Tongiorgi, escribían en 1957: "All'inizio dei tempi geologici documentati da resti fossile l'area tirrenica si trovava al margine orientale di un nucleo continentale intermedio tra i due maggiori nuclei della Paleo-

europa a nord e della Paleoafrica a sud. Questo nucleo si estendeva a occidente forse fino alla Meseta spagnola" (pág. 298). Actualmente no me atreviría a sostener un criterio tan definido como el apuntado, pues el problema de estas conexiones terrestres parece resolverse en otro sentido, aunque la solución final venga a adoptar aspectos similares.

La distribución geográfica actual de algunas especies insulares inducía a aceptar la presencia de unas tierras tirrénicas situadas al este de las Baleares. Por tal motivo, esta interpretación tenía bastantes partidarios. Así, por ejemplo, la *Lacerta sicula* Rafin., resulta uno de los casos notables, esparcida como está desde las costas tunecinas orientales, pasando por Sicilia, Italia meridional, Cerdeña, para terminar en Menorca; faltando, en cambio, en Mallorca-Ibiza. Tierras pobladas hoy por el grupo de la *Lacerta muralis-lilfordi*: ausentas estas últimas en Menorca (Colom, 1957).

Mlle. L. Choffat estaba también convencida del origen tirrénico para un buen conjunto de plantas baleáricas, escribiendo en uno de sus trabajos. "Majorque est comme un morceau de l'ancienne Tyrhéniide déplacé vers l'Espagne." Nuestro compatriota, el doctor F. Español escribía también refiriéndose a determinados grupos de Tenebrionidos (Coleop.), "Menorca es la isla que representa más acusadamente el carácter tirrénico." Y de esta manera podría aportar muchos más datos en este sentido que el lector interesado podrá encontrar en mi obra de 1957 (*Biogeografía de las Baleares*), escrita entonces bajo la influencia de aquellas ideas.

No obstante, desde el punto de vista biogeográfico, el hallazgo de Bourrouilh es importante, pues viene a modificar profundamente las ideas hasta el presente sustentadas por botánicos, zoólogos y biogeógrafos. Hay que buscar, pues, otros caminos y otras explicaciones de acuerdo con los más recientes descubrimientos respecto a estas especies llegadas hasta la más oriental de las tres islas actuales durante el pasado por los caminos del Este; de haber sido factible tal eventualidad. Pero si el mar Tortonense cubrió totalmente el área menorquina, como es de suponer ante los nuevos datos adquiridos, hay que aceptar forzosamente entonces que sus biotas resultaron inevitablemente posteriores a él, equivaliendo en este caso a un origen mucho más reciente, Plioceno o Pleistoceno, y eliminando las posibilidad de supervivencia alguna sobre un área arcaica del Este, relacionada con el zó-

calo paleozoico de Menorca de un determinado conjunto de *especies orientales* que, por ese medio, pudieron haber alcanzado la mencionada isla y representar en ella, posteriormente, verdaderos elementos *tirrénicos*.

¿Cabe la posibilidad de que el zócalo paleozoico de Menorca se prolongara hacia el Este durante el Vindobonense? Es ello factible, aunque las isobatas submarinas no parecen corroborarlo. Las modernas teorías de un movimiento giratorio de todo el bloque Herciniano de la *Meseta castellana* hacia el SE y del cual se desprendieron después los elementos paleozoicos catalanes y corso-sardos, siguiendo la misma dirección hasta situarse en sus actuales emplazamientos, resultan aún demasiado confusos para permitirnos obtener una visión algo concreta de este proceso y su posterior repercusión sobre las biotas que los poblaron y facilidades de expansión de las mismas en dirección al Oeste.

No trataré, pues, en estas líneas de aducir más argumentos de esta clase para dedicar mi atención a los nuevos datos de tipo sedimentológico y paleogeográfico que referentes al Helveciense-Tortonense pueden derivarse de la *Nota* de R. Bourrouilh y colaboradores, así como de los trabajos de A. Obrador sobre la misma isla, unidos a lo que sabemos sobre estos pisos miocénicos en cuanto concierne con Mallorca e Ibiza, pues todo esto representa un cambio notable respecto a la concepción que nos habíamos formado de la biogeografía de Menorca, y con ella de las Baleares en general, a base de la posibilidad de una comunicación terrestre entre un zócalo menorquín, paleozoico y oriental, no afectado por los plegamientos alpinos por pertenecer a unos dominios internos del geosinclinal bético, el cual no resultó alcanzado por las presiones tangenciales (Bourrouilh, 1970; Colom, 1973), y la presencia de una zona oriental, corso-sarda, en gran parte de la misma naturaleza y origen, libre de transgresiones y contracciones alpinas, habiendo podido conservar y facilitar a la primera una porción, al menos, de sus biotas que se han convenido en llamar "tirrénicas". En cambio, las demás islas—Ibiza-Mallorca—salieron de los materiales secundarios y terciarios contraídos y desplazados hacia el Norte, pertenecientes a las zonas externas—prebéticas, subbéticas—durante el Oligoceno y principios del Mioceno: por tal motivo pobladas después por biotas mediterráneas, principalmente de origen ibero-norteafricano.

Pero, aun en el caso de que no se acepte la inclusión de Menorca en el área de los plegamientos

alpinos, la posibilidad de la presencia de un macizo emergido, posterior al Burdigalense, situado en el sector oriental de Menorca, resulta más bien ahora bastante aleatoria. Entre el área tirrénica corso-sarda y la más oriental de las Baleares (Menorca), todo induce a creer actualmente que estaba libre de tierras emergidas desde el Mioceno medio. La



Figura 2

Oligoceno superior-Aquitaniense. Fase continental. Yacimientos con *Maedlerisphaera ulmensis*, en Menorca (punto negro) y de *Rhabdochara langeri* en Mallorca (cruz). Gran aportación de aglomerados continentales en el área mallorquina

antigua Tirrenis, más o menos prolongada hacia el Oeste, es decir, hasta Baleares, ha existido, pero en períodos geológicos más antiguos. Su último testigo reconocido en el sector oriental de las Baleares corresponde al oligoceno superior o al Mioceno inferior, debido también a los hallazgos de R. Bourrouilh en la porción Noroeste de Menorca, en la localidad "d'Es Macar de Sa Llosa", bordeando la costa al sur del cabo d'Es Redoble, de sedimentos margosos, continentales, en gran parte lacustres, conteniendo gironitos de Caráceas, como- *Maedlerisphaera ulmensis* (Straub), acompañada de *Tectochara meriani* Grambast. La primera se encuentra en el sur de Alemania, en molasas lacustres inferiores del Chattienense-Aquitaniense, y en Suiza, en el Estampiense medio, Rara en el Tortonense (Mädler, 1955). Pero en Mallorca la segunda aparece en abundancia en los niveles lacustres del Estampiense inferior, juntamente con *Tectochara tuberculata* (Lyell) Grambast. Figura también en la base, pero más escasa, de los lechos salobres Priabonenses de la región de Randa (Mallorca).

Estos afloramientos continentales con Caráceas "d'Es Macar de Sa Llosa" muestran estrechas relaciones con la zona emergida de Mallorca, que al fi-

nal del Oligo-Aquitaniense aún conservaba importantes zonas emergidas, pantanosas, con gironitos de *Rhabdochara langeri* (Ettingshausen), demostrándonos con ello la existencia de unas tierras emergidas uniendo (?) posiblemente las dos áreas de Mallorca-Menorca (fig. 2), y a las que llegaban a la primera grandes contingentes de conglomerados continentales entre los que se encuentran cantos rodados repletos de Orbitolinas, materiales que provenían del Norte, desprendidos ciertamente de una zona del tipo prebético, con niveles cretáceos litorales, en los que abundaban los mencionados Foraminíferos, desconocidos en cambio in situ en Mallorca (fig. 2).

A estas conclusiones había llegado ya Bourrouilh en su trabajo de 1970. "Pour notre part —escribía dicho autor— nous pensons qu'à l'Oligo-miocène inférieur existait un domaine émergé a Mésozoïque néritique de faciès minorquin, unissant Majorque et Minorque." El descubrimiento de esta facies con Carofitas en Menorca (Bourrouilh) ha permitido, por vez primera, relacionar esta área emergida, cuya extensión real resulta difícil de apreciar, con el final del régimen continental-lagunar que tanta importancia alcanzó en los dominios de la gran balear durante el Ludienense-Estampiense inferior. Enton-

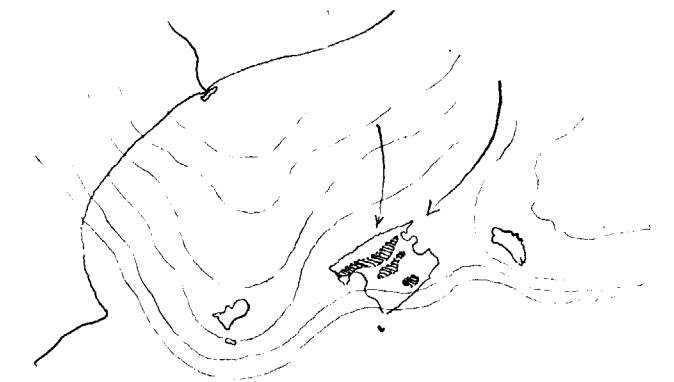


Figura 3

Lagos Sannoisienses-Estampienses inf., en Mallorca, situados entre las áreas emergidas de Ibiza y Menorca. Praderas de Caráceas con *Tectochara meriani* y *Harrisichara tuberculata*

ces sí tal vez resultara posible una comunicación más o menos segura, con los dominios tirrénicos del Este (fig. 3) y por el N y el NE de Francia, etc.

Según A. Obrador (1970), el Burdigalense no está representado en Menorca. Dato con el cual coinci-

dimos (Bourrouilh-Colom, 1968). Existió, pues, en aquellos momentos una zona menorquina emergida (Colom, 1961), cuya influencia se había dejado sentir claramente sobre el mar burdigalense, transgresivo, del área mallorquina, principalmente la correspondiente a toda la porción del Noreste; mayor aportación detrítica, zona glauconiosa con "moronitas" ricas en Diatomeas, etc., del Centro y del NE de Mallorca, estando relacionadas tales materiales con la presencia de una costa en la dirección indicada (Colom, 1961). Glauconia y Diatomeas faltan, o son muy raras, en las margas burdigalenses de la sierra Norte y de una gran parte de la región central, sobre todo en la zona del SO.

Los estudios de A. Obrador sobre el Vindobonense de Menorca resultan de una gran precisión, aunque al escribir estas líneas sólo pueda referirme al resumen de su tesis doctoral aparecida en *Acta Geol. Hispánica* (1970). Pero este autor desconocía al redactar su trabajo el hallazgo de Bourrouilh, efectuado en el cabo Cavalleria y publicado dos años más tarde, 1972. Obrador reconstruye la cuenca vindobonense menorquina (1970) a base del relleno por los depósitos de este mar de una fosa ocasionada por un grupo de fallas situadas sobre la mitad SO. de la zona paleozoica, las cuales limitaron también la extensión de sus aguas en dirección al sector del NE. Según el geólogo menorquín, entre los moluscos, etc., del Vindobonense de aquella isla, dominan las especies de niveles muy altos para tales depósitos. Lo mismo vienen a indicar los Foraminíferos bentónicos, pues varias muestras vindobonenses recogidas por Bourrouilh a lo largo del barranco de "Sa Cova", entre Ferrerías y San Cristóbal (Menorca), nos proporcionaron un conjunto de especies semejantes a las de los mismos niveles de Mallorca procedentes de la zona del NE.: Muro, Llubí, Santa Margarita, etcétera (Colom, 1956; Bourrouilh-Colom, 1968). Es posible que un denso juego de fallas burdigalenses fueran la causa del hundimiento de la zona primaria, emergida, citada anteriormente y sobre la cual se extendieron después las aguas poco profundas del mar Helveciense-Tortonense.

Los depósitos Tortonenses de Mallorca forman una línea continua, más elevada actualmente en no pocos sitios, que el manto de aluviones que bordean el pie meridional de la sierra Norte, desde Santa Ponsa-Bellver (Palma), pasando por Marratxí, Santa María, Santa Eugenia, Sineu, Bugar, muro, etcétera; relieves que en su porción central de la

isla resultan muy visibles desde las colinas de Alaró, mirando hacia el Sur (fig. 4). En pasados años ello inducía a considerar que tales depósitos no habían alcanzado la base de la mencionada sierra. Pero recientes sondeos de la I.N.I. han demostrado que el Tortonense se halla hundido y fallado a veces, recubierto por depósitos Pliocenos continentales con Ostrácodos o por los mismos aluviones, hasta el pie de la sierra (Colom, 1967). Sólo hay una excepción a esta regla y ésta es cuando las escamas tectónicas, más o menos importantes, como las del Puig de Santa Magdalena (Inca), Puig de

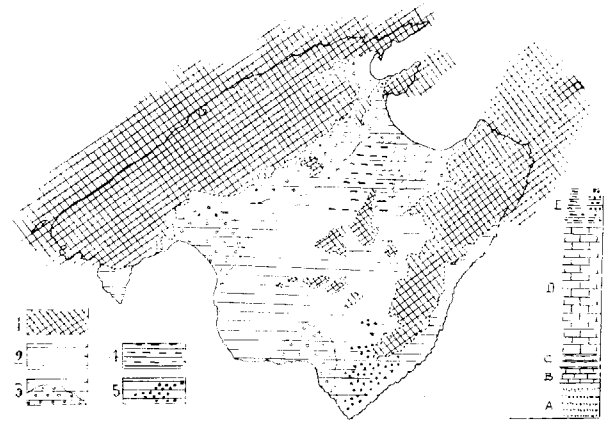


Figura 4

Mallorca: 1, tierras emergidas durante el Tortonense superior; 2, depósitos transgresivos, postorogénicos, del Tortonense superior, cubriendo todo la zona central; 3, mantos de aluviones; 4, zona con lechos salobres con *Pithocerithium*; 5, lechos calizos con oolitas. A-F serie estratigráfica del Tortonense mallorquín; A, alternancias de conglomerados y de margas arenosas con *Borelis melo*; B, calizas duras con *Melobesias*; C, lechos margosos, amarillentos; D, molasas blancas; E, lechos salobres con *Pithocerithium*; F, lechos calizos con oolitas

San Onofre (Sineu), San Juan, María de la Salud, etcétera, sobresalen de su cobertura post-orogénica. Pero el mar vindobonense alcanzó toda la porción central, plegada, situada entre la sierra Norte y las del Levante, naturalmente dejando sin cubrir algunos elementos sávicos y post-burdigalenses entre las dos vertientes hidrográficas principales que ya empezaban a dibujarse claramente: la de Palma-Campos, por el SO.; la de Alcudia por el NE. (figura 5).

En Mallorca los sedimentos post-orogénicos tortonenses no los conocemos con el mismo detalle que en Menorca después de los trabajos de A. Obrador, pues nadie, hasta el presente, se ha

ocupado de ellos de una manera exclusiva. Para bosquejar ahora su composición y sedimentología sólo puedo apoyarme en trabajos dispersos, de desigual valor, debidos a diferentes autores.

Los depósitos tortonenses de Mallorca son transgresivos y discordantes sobre unos relieves contraindidos, sávicos y post-burdigalenses. Que esos relieves orogénicos ante-tortonenses resultaron en sus primeros tiempos más extendidos que en la actualidad, parece también evidente, de modo que las aguas tortonenses al recubrirlos dejaron amplias zonas emergidas correspondientes por un lado a las de la sierra Norte y por el centro a las de las sierras levantinas, más diferentes islotes ocupando la zona central entre ambas. Estas tierras plegadas y emer-

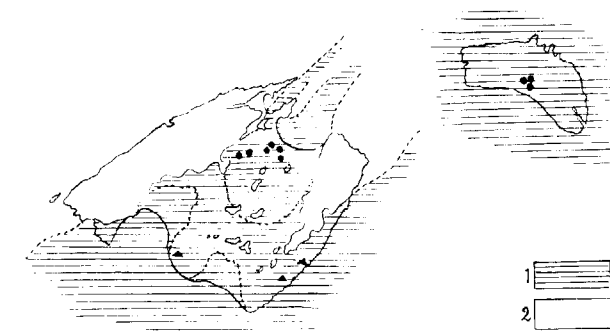


Figura 5

1, extensión del mar tortonense en Mallorca y Menorca; puntos negros, yacimientos margosos con Foraminíferos bentónicos litorales; triángulos, yacimientos margosos con Globigerinas en la porción S y SE. El área menorquina se supone totalmente cubierta por el mar; 2, tierras emergidas

gidas no fueron recubiertas por las aguas marinas ni durante el Mioceno superior ni en el transcurso del Plioceno, estando más o menos unidas entre sí; detalle que resulta difícil intentar reconstruir. Pudieron, pues, albergar biotas miocénicas que se adaptaron a sus particulares ambientes calizos constituyendo las formas predominantes y en cuyos macizos se inició seguidamente la acción profunda de un *karst*, actualmente muy trabajado (figuras 4 y 5).

La distribución de los depósitos transgresivos tortonenses en Mallorca parece haberse extendido sobre dos grandes cuencas contraídas. La del Este, cuya extensión viene a coincidir con la actual cuenca hidrográfica de Alcudia, la de mayores proporciones de la isla (Colom, 1957) (fig. 5). Comprendería, pues, desde el NE. del Puig de Santa Mag-

dalena, cerca de Inca, con los sondeos de "Son Vivot" —los más internos de la misma— pasando por los de "Son Talapi" (Llubí), "Vinagrella", "Biniaco" (Muro), y otros muchos más, hasta la bahía de Alcudia, enmarcada esta cuenca por el Norte por las sierras de este nombre y por el NE. por las montañas de Artá (fig. 4). Sus series transgresivas y discordantes empiezan con alternancias de conglomerados de base y lechos margoso-arenosos conteniendo ya estos últimos un Foraminífero, el *Borelis melo* (Fich-Moll), forma principalmente Tortonense, frecuente igualmente en los niveles de molasas blancas. Les siguen estratos de calizas duras, en general poco potentes, repletas de *Melobesias*, viniendo después los grandes bancos de molasas cargados en múltiples casos de moldes de Equinidos, Gasterópodos, Lamelibranquios, Briozoos, dientes de peces, etc., y con algunas intercalaciones de margas amarillentas, principalmente en sus niveles más inferiores.

Las asociaciones de foraminíferos que proporcionan los estratos margosos de esta cuenca corresponden a especies litorales, donde abundaron los *Elphidium* (*E. crispum* y su variedad *biniacoensis*), *Amphistegina* (*A. lessoni*), las *Ammonia* (*A. beccarii* y sus subespecies), grandes *Textularias* (con *T. subangulata*, *T. rugosa*), *Eponides repandus*, *Heterolepa haidingeri*, *H. praecincta*, etc. Los moluscos tienden también a presentar especies de tipo Plioceno, según J. Bauzá (1964), mezclados con otros Tortonenses, coincidiendo todo ello con lo conocido en Menorca.

La estratigrafía de estos yacimientos resulta difícil de fijar y correlacionar directamente entre unos y otros debido a que en la mayoría de los casos tales materiales fosilíferos provienen de pozos, sondeos, etc., de muy diferentes sitios, desconociéndose sus conexiones debido a las tierras de labor que lo recubren con su uniforme manto. En las canteras donde se explotan las molasas blancas los trabajadores persiguen tan sólo los bancos de esta naturaleza abandonando seguidamente su extracción tan pronto como tiende a cambiar la molasa por otra roca impropia para la construcción.

Corresponden a esta zona resguardada, formando posiblemente un gran golfo repleto de vida animal, los afloramientos donde se encuentran con mayor frecuencia los restos de un Sirénido, el *Metaxitherium cuvieri* Christol. (Muro, Llubí, Santa Margarita, etc.) (Gómez-Llueca, 1919; Colom-Bauzá, 1942) (fig. 5). Los enlaces o relaciones de esta

cuenca mallorquina con sus semejantes de Menorca parecen evidentes ya que sus caracteres litológicos y paleontológicos resultan iguales (fig. 4), al contrario de la otra cuenca del Sur, la cual es posible que estuviera más abierta a las influencias de un mar libre al principio de Tortonense que debía extenderse en este mismo sentido (fig. 5), pues en los niveles más inferiores de las molas blancas, conteniendo lechos margosos amarillentos, como los de "Son Vari d'Abaix" (Lluchmayor) (sondeo), las Globigerinas se hallan en gran proporción revelando una fuerte influencia pelágica. Y lo mismo ocurre en otros sondeos de la zona litoral de Felanitx, Manacor, etc. (fig. 5). Las formas planctónicas de "Son Vari d'Abaix" son las siguientes:

Orbulina universa d'Orb.

Globigerina bulloides d'Orb.

" *nepenthes* Todd

" *quinqueloba* Natland

Globigerinoides adriatica (Fornasini)

" *obliquus* Bolli

" *triloba* (Reus)

" " *immatura* Bolli

" " *sacculifera* (Brady)

Globigerinita incrusta Akers

Globorotaria cf. acostaensis Blow

" " *trochoides* Bizon

" *obesa* Bolli

" *scitula scitula* (Brady)

Sphaeroidinellopsis sp.

Hasterigerina sp.

Cotejando ese grupo de especies con las del Tortonense de Italia se comprueba de que se trata de niveles muy altos de este piso. En Grecia oriental, *Globigerinoides adriatica* aparece en estratos muy superiores del Tortonense. En "Son Vari d'Abaix" la *Globorotalia menardii* es muy rara, pero existe; lo que viene a confirmar lo que ya indican las mencionadas especies. Todo ello tiende a demostrar que estos yacimientos globigerínicos del sector Sur de Mallorca estuvieron en relación directa con un mar libre, cálido aún, ampliamente extendido por el Suroeste y el Sureste.

Tales niveles son igualmente ricos en especies del bentos, indicando cierta profundidad debido a la predominancia de los Lagénidos, con *Robulus*, *Planularia*, *Dentalina*, *Fronicularia*, y hasta inclu-

so algunas formas como la *Laticarinina pauperata* (d'Orb.) (*Discorbacea*), cuya presencia no suele observarse en los mares actuales hasta los 500 m. En esta zona no se han encontrado —que yo sepa— restos del mencionado *Metaxitherium* (fig. 5).

Los términos finales de esta serie transgresiva, post-orgánica, se conocen mal por estar decapitada en la mayoría de los casos por la acción erosiva Pliocena-Cuaternaria. No obstante, en no pocos lugares, sobre todo en el área del NE. de Mallorca, se sabe desde los trabajos de P. Fallot, que termina con lechos lacustres o simplemente salobres con *Pithocerithium*, revelando el final de la emersión de todo su gran conjunto. En otros sectores, principalmente en los de su porción del SE., Santany, etcétera, la serie acaba con potentes bancos de calizas blancas, oolíticas, en sus niveles más superiores (fig. 4).

Es sabido que la regresión marina del Mioceno superior alcanzó su punto máximo de retroceso durante el Potiense, dejando entonces al descubierto grandes áreas terrestres en muy diversas regiones del Mediterráneo de aquella época, lo que facilitó en gran manera el paso de numerosas especies de

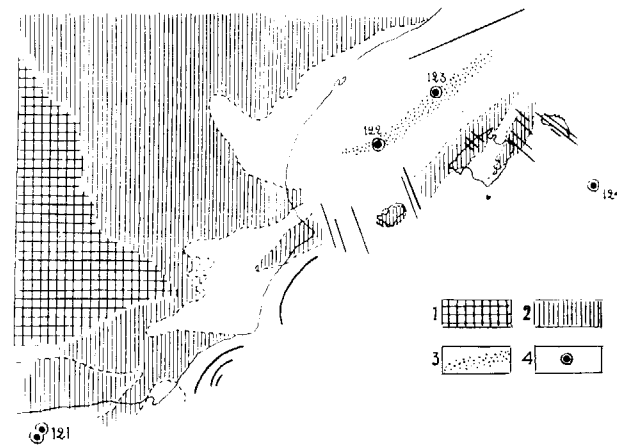


Figura 6

El área balear durante el transcurso del Tortonense: 1, meseta castellana; 2, tierras emergidas; 3, zona del canal submarino valenciano (sondeos 122 y 123); 4, mar Tortonense y situación de los sondeos de la D. S. D. P.; fallas arqueadas en las costas levantinas; fallas entre la zona alicantina y Menorca. Mar Tortonense con "evaporitas"

del Oeste (Villalta y Crusafont, 1945). Así es que ahora viene a cuenta resumir aquí con algún detalle uno de los resultados más sorprendentes de las grandes perforaciones submarinas llevadas a cabo por la Comisión de la "Deep Sea Drilling Project"

(U.S.A.), en los cuales se ha reconocido la existencia en el Mediterráneo occidental y en los alrededores de las Baleares, de sedimentos Tortonenses bien caracterizados por sus conjuntos globigerínicos

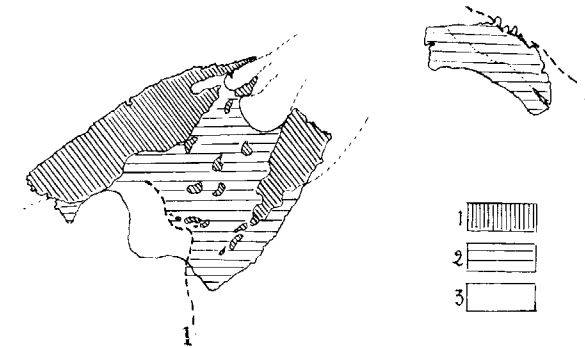


Figura 7

Extensión del mar Plioceno en Mallorca y Menorca, línea de cota números 1 y 2, depósitos tortonenses; rayado vertical, zonas emergidas, contraídas, en Mallorca; trazos interrumpidos; línea de costa Pliocena al SW de Mallorca (1) y de edad Pliocena-Cuaternario inf. al NE de Menorca (2)

cos, representando amplias zonas de "evaporitas" o de facies salobres con dilatados depósitos de sales —anhidrita, halita, etc.— alternando a veces con estratos conteniendo asociaciones animales afectadas por el fenómeno del "enanismo". Particularidad

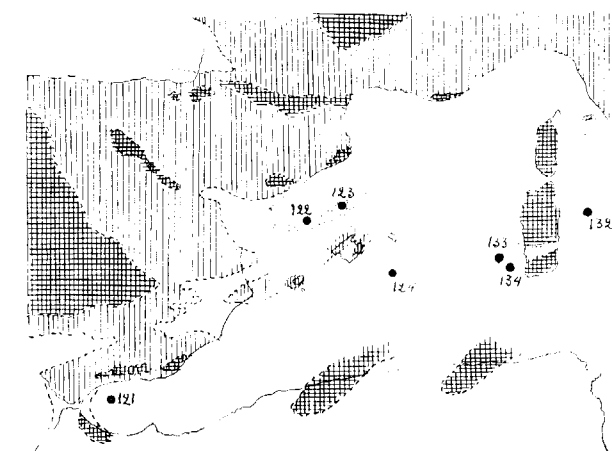


Figura 8

Situación de los sondeos de la D. S. D. P., en el Mediterráneo occidental, 121-124, 132-134; rayado vertical y cuadrulado, tierras emergidas; en blanco, mar Tortonense con zonas de "evaporitas"

biológica que se presenta con frecuencia cuando tales condiciones físicas se imponen con determinada constancia en alguna zona particular (fig. 6).

Repetidas discusiones han tenido lugar referente a la edad e intensidad de la salobridad de las aguas mediterráneas durante el Mioceno, unido a la naturaleza de un subsuelo muy acusado revelado por las ondas acústicas. Se dispone ahora de pruebas paleontológicas correspondientes a un Mioceno superior para los lechos salobres del sondeo 134 de la cuenca Noroeste balear (fig. 8), en el cual se han descubierto sedimentos marinos intercalados entre lechos de halita. Estas rocas salinas parecen pertenecer a una secuencia evaporítica propia de un Mioceno alto, con lechos de esta clase y cuya superficie parece correlacionable con el reflector de ondas acústicas. Las muestras logradas comprenden ejemplares de yesos o de anhidrita, laminados o nodulosos, en lechos detríticos, seleníticos u oolíticos, en diferentes lugares, por ejemplo en la perforación 123 de la cuenca valenciana, la 124 al Sur de Menorca, 133 y 134 en la cuenca balear —según los autores del Leg XII—, pero situados frente a la isla de Córcega; perforación 132 en la cuenca Tirrénica y la 123 en la Jónica: todos ellos tienden a confirmarlo. En resumidas líneas voy a exponer lo más esencial de su composición (figura 8).

El número de perforaciones es aún muy limitado, dándonos únicamente una primera impresión sobre esta composición tan particular; no obstante, concuerdan entre sí para esta época. El taladro 121, situado al Oeste de la cuenca de Alborán, atravesó, como era de esperar, una zona contraída. De él se obtuvieron basaltos oceánicos. Este dato no mantiene el postulado de una separación de la corteza granítica, hundida, bajo el mar de Alborán. La idea de un cuarteamiento para explicar el origen del mar de Alborán está fijado, por lo menos, como de un Tortonense inferior, dependiente posteriormente de la formación orogénica de las Béticas más internas. Los primeros sedimentos de esta cuenca fueron marinos, pero la circulación pudo haber sido restringida en parte durante determinados momentos. Algunos depósitos margosos contienen cristales de yeso, pero no puede comprobarse si su extensión resultó amplia o fue en gran parte posteriormente erosionada. Es muy posible que corrientes de turbidez hayan jugado un importante papel durante el Plioceno inferior, teniendo también la evidencia de la acción de una corriente profunda bastante intensa. Una discordancia de erosión submarina parece separar el Plioceno inferior de los sedimentos modernos. Esto, según los autores del Leg XII, pues W. D. Nesteroff y W. B. F. Ryan

escriben en un estudio más reciente sobre el mismo taladro (1973): "... la mer d'Alborán se serait formée vers le début du Tortonien par effondrement du rebord des blocs continentaux a la faveur d'une phase de distension succédant a la phase de compression aquitano-burdigalienne qui avait abouti a la mise en place des nappes". Añadiendo más tarde: "Nous n'avons donc pas rencontré au site 121 des series évaporitiques, soit qu'elles aient été érodées au moment de la mise en eau au Pliocène du bassin, soit qu'elles n'aient jamais été déposées".

En la cuenca de Valencia el taladro 122 ha confirmado la presencia de un canal submarino cortado bruscamente por un relieve agudo (ridge). Es posible que en esta zona exista un zócalo de rocas volcánicas, andesíticas, de estructura vesicular o amigdaloides, asociadas con tobos; todo lo cual fue recubierto posteriormente por barros marinos y margas, las cuales a su vez fueron seguidas de una secuencia de "evaporitas" conteniendo selenitas y lechos estratificados de anhidrita (fig. 6).

En un Mioceno antiguo o un Plioceno inferior, esta área o regiones cercanas a este zócalo, resultaron desmanteladas total o parcialmente por una acción erosiva aérea. Entonces arenas costeras o de canales submarinos vinieron a acumularse en tales sitios. Este período erosivo se supone que pudo resultar contemporáneo de los episodios relacionados con la ruptura de un "canyon" Ponticense (?) situado en el margen continental que envuelve a las cuencas baleáricas. Se ha podido comprobar que la circulación marina durante este tiempo fue restringida y en ella prevalecieron igualmente asociaciones animales afectadas de "enanismo".

La sedimentación pelágica normal volvió a empezar con el Plioceno inferior. El eje profundo del canal axial valenciano resultó cortado durante el Plioceno y el Pleistoceno. En el taladro 123 la depresión valenciana corresponde a un canal submarino relacionado con el del 122. En él el taladro penetró en un complejo volcánico, con potentes depósitos de cenizas andesíticas (80 m.), sugiriendo que estas capas piroclásticas se acumularon en sus laderas. Los primeros sedimentos que recubrieron sus flancos fueron erosionados antes del Plioceno. La acumulación normal de sedimentos marinos, pelágicos, tuvo lugar en los primeros tiempos del Plioceno. Un canal resultó cortado durante el Pliopleistoceno y a consecuencia de ello fue rellenado de gravas y arenas cuaternarias.

El sondeo 124 está situado sobre el flanco Sureste de la cuenca baleárica, en una ladera en parte

sepultada por una elevación (fig. 6). El zócalo y diversos centenares de metros de sedimentos de tipo "pre-evaporitas" no fue alcanzado, pero puede sostenerse su presencia a causa de la naturaleza geofísica de esta cuenca, ya que sus rocas resultan similares a las de la cuenca de Valencia.

Los depósitos de "evaporitas" atravesados por el sondeo comprenden desde la base al techo; dolomias sapropélicas, diatomitas laminadas, anhidritas laminadas, margas tortonenses superiores con microfauunas enanas, yesos y sapropelas laminados de 60 m. de potencia. Estos depósitos de "evaporitas" pueden ser identificados por las ondas acústicas, demostrándose su presencia a lo largo de determinadas regiones mediterráneas. Las secuencias de "evaporitas" recubiertas por el Tortonense pueden incluir aún otros depósitos más antiguos, revelando un intervalo significativo de aislamiento del Mediterráneo respecto al Atlántico durante el Neógeno. La presencia de aguas salobres con una flora de Diatomeas de este tipo, revela la existencia temporal de lagos salinos o de una débil superficie pantanosa en zonas particulares y en un Mediterráneo aislado durante los períodos de mayor influencia de las aguas dulces.

Condiciones marinas, normales y profundas, volvieron durante los primeros tiempos del Plioceno. Un Plioceno con una discordancia erosiva ha sido revelado por los perfiles sísmicos y más tarde por barros pelágicos del Plioceno inferior, nuevamente removidos por el aspecto del subsuelo. La sedimentación pelágica del Plioceno y Pleistoceno se caracteriza por su alto valor de productividad orgánica, con un tanto por ciento elevado de acumulación biogénica.

Taladro 133. Situado al pie del talud insular del Oeste de Cerdeña; cuenca de un flanco oriental de una sierra en gran parte sepultada. La porción superior no es aquí de naturaleza ígnea y ha sido interpretada de una manera provisional a base de una subsidencia de bloques-fallados, inclinados. La presencia de una secuencia detrítica ha sido descubierta debajo de una serie de "evaporitas" estratificadas. Esta secuencia detrítica comprende capas de arenitas y yesos detríticos, más lechos con gravillas terrígenas. Los elementos rodados parecen derivar del zócalo plegado, no lejano, y ahora sepultado debajo de los sedimentos cuaternarios. Las secuencias de "evaporitas" parecen haber sido erosionadas, estando también ahora recubiertas, dis-

cordantes, por barros cuaternarios y arenas en este lugar.

Taladro 134. Emplazado en el límite oriental de la cuenca baleárica y de la cuenca profunda (=abyssal plain, del texto americano) del Este de Cerdeña.

La halita del Mioceno superior fue depositada anteriormente debajo de la moderna cuenca profunda situada entre Menorca y Cerdeña. Intercalados entre estas capas de halita se encuentran barros con Foraminíferos demostrando unas rápidas y aun súbitas fluctuaciones entre extremos pelágicos de una sedimentación marina de mares abiertos y condiciones de "evaporitas" propias de una cuenca suficientemente restringida y bastante acusada para que se precipitara la halita. El techo del Mioceno es margoso conteniendo asociaciones enanas, como en el sondeo 132, pero el Plioceno que lo recubre es un conglomerado gris, con guijarros aplanados, de colores diversos, estratificados, en un barro del Plioceno inferior o medio, caracterizados por una fauna abierta (zona con *Globorotalia margaritae*). Las secciones Pliocenas y Cuaternarias comprenden aquí 325 metros de potencia, incluyendo barros y clásticos. Los posteriores contienen guijarros de yeso, areniscas y fillitas derivadas del zócalo elevado más cercano.

Taladro 134. A-B. C. D. E. Cuenca balear, sobre la *abyssal plain*, en el sondeo 134 y 133, al Oeste del borde del zócalo elevado (fig. 8).

El suelo, cerca de la base del borde insular de Cerdeña, está formado por areniscas negras, fuertemente metamorfoseadas en arenas y fillitas, las cuales resultan litológicamente iguales a las del Paleozoico inferior a base de grauvacas y fillitas del Sureste de la isla, algunas 45 millas al Este del sondeo 134. El basamento (zócalo) contiene sedimentos Plio-Pleistocenos, representando escarpamientos erosionados de fallas, con las Baleares y su cuenca profunda, sobre otras porciones más elevadas. La interpretación estructural sugiere que los sondeos 134, B. C. D. y E. penetraron el borde continental subsidente a lo largo del límite fallado, separando el microcontinente de Cerdeña-Córcega de la zona pelágica balear. Durante el primer intento de la D. S. D. P. se impuso una restricción, demostrándose más tarde la presencia de un Plio-Pleistoceno en contacto discordante.

A pesar de la localización de los sondeos de la costa Oeste de Portugal, su estudio tiene a sugerir que el *bloque ibérico* pudo haberse desplazado

juntamente con Africa, durante las primeras etapas de la abertura del Atlántico. Sería entonces un movimiento reciente. El descubrimiento de basaltos oceánicos bajo los sedimentos Tortonenses superiores de la cuenca de Alborán, en el sondeo 121, podría interpretarse como una causa de la elevación de la estrecha vía marítima que separa actualmente España de Africa.

Todo ello nos dice de la presencia de un Mediterráneo con aguas muy someras ocupando en ciertos momentos niveles más bajos que los del Atlántico a causa del gran arco orogénico de Gibraltar, cerrado en aquellas épocas, y en parte con grandes zonas emergidas durante el transcurso del Mioceno superior. Debido a ello, las comunicaciones de las zonas contraídas y emergidas de Ibiza-Mallorca durante los tiempos postburdigalenses y antetortonenses con las de la zona levantina —Alicante, Valencia, etc.—, más la presencia de zonas de "evaporitas" y lagos salobres más o menos amplios, sometidos a bruscos movimientos verticales, como la revela el sondeo 134, no cabe duda que facilitaron las comunicaciones y el poblamiento del área ibicensesmallorquina por elementos norteafricanos o hispalenses, así como otros procedentes del zócalo paleozoico de Córcega y Cerdeña, o sea la antigua *Tirrenis*; a pesar de la existencia en la actualidad de una cuenca profunda entre ambos grupos de islas, pero que en aquel entonces no existiera por no haberse producido todavía el sistema de fallas que impuso los correspondientes hundimientos, y con ellos la actual morfología submarina. Sólo un amplio juego de fallas originadas desde los tiempos Burdigalenses hasta el Pleistoceno ha venido a alterar la paleogeografía de estas regiones hasta transformarla en el dispositivo actual. A mi parecer, el *área baleárica* más dilatada y, al mismo tiempo, la más primitiva, corresponde a la zona mallorquina, y fue desde ella que muchas de sus especies alcanzaron después la menorquina, más o menos enlazada entonces con el sector levantino de Mallorca al principio de los tiempos Pliocenos.

A base de los testigos obtenidos por la D. S. D. P., resumidos en las líneas anteriores, no resulta fácil todavía formarse una idea bien definida de la paleogeografía del Mediterráneo occidental y del área baleárica en aquellos tiempos. Sin embargo, parece evidente que no fueron únicamente los enlaces entre los relieves emergidos derivados de la orogenia alpina o de los antiguos macizos paleozoicos los que facilitaron la difusión de las especies en el futuro medio insular, como creímos antes, sino más

bien a la presencia de una cuenca marina con aguas someras, lagos y tierras bajas, etc., lo que ayudó a la difusión de las biotas del Mioceno superior, del Plioceno y Pleistoceno, sobre esta dilatada región. Formas orientales o tirrénicas es fácil que pudieran llegar a favor de tales circunstancias hasta las tierras emergidas de las Baleares, mezclándose con los elementos más típicamente ibéricos o norteafricanos.

De las costas ibéricas y norteafricanas provienen todos los demás elementos que integran actualmente las biotas de las islas. Bastantes formas de origen más septentrional que antiguamente las poblaron sufrieron ciertamente una notable reducción con la imposición de un clima seco sobre un medio calizo en ciertos momentos del Cuaternario, siendo ello la causa del retroceso que todas las formas de este tipo experimentaron, como los *Taxus baccata*, los robles, las arces, etc., y de no pocos grupos de animales. Como contraste a tal estado de cosas cabe mencionar el hallazgo de suelos helados durante el Pleistoceno alto en la sierra Norte de Mallorca, a partir de los 400-500 metros de altitud, descritos por el profesor Solé Sabarís y por K. W. Butzer, J. Cuerda. Si las fases templadas hicieron desaparecer de las islas al bosque de hoja caduca, estos

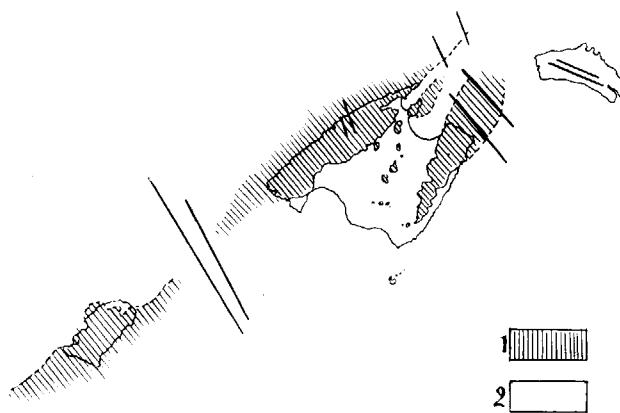


Figura 9

1, las tierras emergidas del mar balear durante el Tortonense (rayado); 2, mar Tortonense, fallas entre las islas

fríos intensos obligaron a su vez a retroceder hacia el Sur no pocas especies propias de ambientes cálidos, residuos de los tiempos pliocenos.

En cuanto a la presencia del mar Plioceno poseemos actualmente algunos datos que permiten señalar su presencia en ambas islas de una manera concreta, sobre todo en Mallorca. En primer lugar,

una línea de depósitos Astienses, con *Strombus coronatus* DeFrance y *Ostraea cf. lamellosa* Brochii, ha sido reconocida en la zona de Lluchmayor (SE de Mallorca, 1970), al pie meridional de la sierra de Galdent, prosiguiéndose por el Puig de "Son Fullana y Son Mulet", al que envuelve por su porción Sureste y del Noreste. Esta línea de costa pliocena es claramente discordante sobre las molasas tortonenses y sobre los terrenos secundarios, principalmente el Triás del predio de "Son Lluís". Por el NO se dirigía hacia la actual bahía de Palma, desapareciendo sus retazos bajo el vasto manto de los aluviones, y por el SE proseguía en dirección a la cuenca de Campos, donde los mismos materiales recientes la ocultan (fig. 7).

En Menorca, en el cabo Fornells y sus alrededores, R. Bourrouilh y J. Magné han descrito (1970) otra línea costera de igual edad, Astiense-Pleistocena inferior, pero, al parecer, sin *S. coronatus*. Ambas líneas costeras, Astiense-Pleistoceno inferior, parecen indicar que hubo una posible unión entre la plataforma submarina insular que une ambas islas y cuya profundidad actual no sobrepasa los 200 metros, y en determinados sectores no llega a los 80 metros, y nuestras áreas vindobonenses del sector NE de Mallorca y Menorca, las cuales debieron ofrecer numerosos puntos de paso, emergidos, entre ambas zonas actualmente separadas, antes de que todo un sistema de fallas, burdigalenses y otras postorogénicas, vinieran a cortarlas y dislocarlas.

Con los elementos actualmente conocidos he intentado reconstruir el dispositivo del mar tortonense en las tres islas (figs. 4 y 9) y las posibilidades de enlaces que hayan podido existir entre las mismas en aquella época. La visión general, en este sentido, que el archipiélago proporciona es la de la existencia de unas tierras emergidas, recién contraídas, muy irregulares en extensión, pero más amplias sobre el área mallorquina y nulos por completo en cuanto concierne con Menorca, totalmente recubierta por el mar (fig. 9). Mallorca, en cambio, ofrecía ciertamente dos zonas emergidas, seguramente de importancia en aquellos instantes: la correspondiente a la sierra Norte y las otras a las sierras del Levante; Ibiza presentaba, en cambio, el aspecto casi actual, correspondiente a un macizo redondeado, envuelto por las aguas tortonenses, pues resultan limitados los afloramientos que de aquellos encontramos en la isla, excepción hecha de Formentera, recubierta superficialmente por formaciones modernas, pero cuya base principal co-

rresponde a los estratos tabulares Tortonenses (figura 9).

Pero hacia el final de este piso la emersión del área balearica y la de otras regiones mediterráneas, más o menos cercanas a ella, debió de ser acusada, como lo demuestran la existencia de las facies salobres con *Pithocerthium*, coincidiendo con los lechos de las "evaporitas" descubiertas por medio de los sondeos, quedando todos esos elementos más o menos unidos a la tierras levantinas de la península. Con los datos que actualmente poseemos debidos a los taladros de la Comisión Norteamericana, la extensión de semejantes facies nos resulta aún vaga, pero teniendo a demostrar que el Mediterráneo occidental, en aquellos momentos, ofrecía vastas superficies con episodios de evaporación, susceptibles, por un lado u otro de facilitar el paso de las biotas extendidas todo a lo largo del gran arco de Gibraltar, lo mismo en su sector Norte que en el Sur; y también por el Este, probablemente con los macizos paleozoicos claramente tirrénicos.

Las biotas ibero-norteafricanas más típicas, localizadas ahora a lo largo de la zona andaluza de las Béticas, alcanzan generalmente por el Este hasta el delta del Ebro. Expansión que tuvo lugar seguramente durante el transcurso del Mio-Plioceno. Con este último piso, los escasos datos que de él poseemos todo induce a pensar que la reducción territorial fue limitándose cada vez más y en mayores proporciones.

Por otra parte es posible que la zona de la gran balear llegara a albergar un abundante conjunto de especies desde el final del Tortonense constituyendo un buen núcleo de expansión, una parte del cual pasará a las tierras menorquinas en los momentos oportunos más recientes. En efecto, cuando se consideran algunas especies cuaternarias menorquinas que hasta hace pocos años parecían como muy típicas de aquella isla o con una mayor predominancia en ella, como los *Myotragus*, las tortugas gigantes (*Testudo gymnesicus* Bate), etc., se ha podido comprobar que resultan igualmente comunes en Mallorca—trabajos de J. Bauzá, J. Cuerda, A. Muntaner, profesor M. Crusafont y Hermano B. Angel, Hno. R. Adrover, etc.—, alcanzaron la prioridad en Menorca, debido simplemente a los trabajos que en la mencionada isla emprendiera miss Bate, en la primera década de este siglo, cuando entre nosotros nadie se interesaba por estas cuestiones. Ahora todo ha cambiado y poseemos más datos, si cabe, de esta clase en Mallorca que en Menorca. Por ejemplo, el tipo más arcaico del *Myo-*

tragus balearicus Bate, es el *M. batei* Crusafont-Angel, el cual fue encontrado en una cueva de los alrededores de Palma (Génova), procedente de un nivel Villafranquiense. Añadiendo sus autores referente a su nueva especie: "...qui peut être considéré comme une forme ancestrale de *Myotragus balearicus* Bate" (1966).

Además, hoy puede afirmarse que en Mallorca el *Miotragus balearicus* resultó abundantísimo en todas partes—montaña o litoral— durante el Cuaternario y el Neolítico, como así lo atestiguan sus múltiples hallazgos en cuevas, simas, dunas, aluviones, brechas osíferas, etc. De la sola cueva de "Muleta Gran" (Sóller, Mallorca), el arqueólogo norteamericano W. H. Waldren ha logrado sacar más de 200 ejemplares del *Myotragus*, cazados por los hombres del neolítico que habitaron en dicha cueva o en sus alrededores.

Esta abundancia de los *Myotragus* en Mallorca contrasta de manera particular con su ausencia, hasta el presente, en Ibiza. ¿Quizás debido a lo reducido de su extensión territorial? ¿Aridez durante ciertas fases cálidas? Pero nada extraño sería para mí su hallazgo en la isla si alguna persona interesada en este problema se dedicara durante algún tiempo a su busca en medios variados, cuevas, dunas, etc., pues hasta el presente no deja de ser cierto que no ha sido buscado en ella de manera algo constante y por investigador perito en estas cuestiones. Por mi parte sigo creyendo que, con el tiempo, el *Myotragus* se encontrará allí.

En fin, para terminar, los trabajos de la D. S. D. P. nos han proporcionado una visión paleográfica del área mediterránea miocénica, en gran parte inesperada, aunque sí sospechada, desde la gran regresión marina del Mioceno superior, pero que de confirmarse con los trabajos más extensos y completos que sobre los materiales obtenidos piensan publicar en un futuro próximo los miembros de esta Comisión, se logrará probablemente una visión definida de la posible difusión de las especies circunmediterráneas sobre las islas y tierras litorales que envuelven ahora a este mar. La presencia de un lago (?) mediterráneo durante el Mioceno superior, hasta la ruptura gibraltareña y la consiguiente invasión posterior de las aguas atlánticas en él, toda comunicación pudo ser fácil entre zonas ahora separadas por las aguas marinas o por cuencas profundas, como la tirrénica, jónica, etc., antes de producirse aquella ruptura y la modificación morfológica introducida por los movimientos verticales de fallas en diferentes sectores.

BIBLIOGRAFIA

- BATE, D.: *The pleistocene ossiferous deposits of the Balearic Islands*. "Geol. Magazine", N. S. London, VI, vol. I, pp. 337-345 (1914).
- BAUZÁ RULLÁN, J.: *Fauna de las formaciones del Terciario superior de la Puebla (Mallorca)*. "Estud. Geológ.", Madrid, vol. XX, núms. 3-4, pp. 187-220 (1964).
- BIZON, G.; BIZON, J. J. y COLOM, G.: *Note préliminaire sur les microfaunes planctoniques du Miocène marin de l'île de Majorque (Balears)*. "Comm. Mediterran. Néogène Stratigr.", Proc., IV. Sess. Bologna, 1967, "Giornale di Geologia (2)", XXXV, fasc. II, pp. 331-340 (1968).
- BOURCART, J.: *L'histoire quaternaire de la Méditerranée a la suite des nouvelles recherches*. "Scientia", Bologne (6), vol. 88, núm. 400, pp. 11-19 (1953).
- BOURCART, J.: *Le plateau continental de la Méditerranée occidentale*. "C. R. Acad. Scien.", Paris, T. 249, pp. 1380-1382 (1959).
- BOURCART, J.: *Morphologie de la Méditerranée Occidentale*. "Geol. Rundsch.", LIII, Heft. 1, pp. 1-18 (1963).
- BOURROUILH, R., y MAGNÉ, P.: *A propos de dépôts du Pliocène supérieur et du Quaternaire sur la côte Nord de l'île de Minorque (Baléares)*. "Bull. Soc. Géol. France" 7me Sér., T. IV, pp. 298-302 (1953).
- BOURROUILH, R.: *Données nouvelles sur l'évolution morphologique de l'île de Minorque depuis le Pliocène supérieur*. "C. R. Acad. Scien.", Paris, T. 258, p. 980-983 (1964).
- BOURROUILH, R., y COLOM, G.: *Sur l'âge du Miocène du Sur de Minorque*. "C. R. Somm. Soc. Géol.", France, n. 5, pp. 150-151 (1968).
- BOURROUILH, R.: *Le problème de Minorque et des sierras de Levante de Majorque*. "Annal Soc. Géol. du Nord", T. XC, fasc. 4, pp. 363-380 (1970).
- BOURROUILH, R.: *Découverte d'Oligo-Miocène inférieur continental a Minorque, Conséquences paléogéographiques et tectoniques*, "C. R. Somm. Géol. France", fasc. 7, pp. 247-248 (1970).
- BOURROUILH, R.; CHEVALIER, J. P., y MANGIN, D.: *Données sédimentologiques et paléontologiques sur le Vindobonien du Nord de Minorque (Balears)*. "C. R. Acad. Scien.", Paris, T. 275, pp. 1955-1958 (1972).
- BOURROUILH, R.: *La structure des îles Baléares et de leur promontoire*. "Symp. sur la Géodynamique de la Méditerranée", XXIIIème. Congr. Assemb. de la C. I. E. S. M., Athènes, noviembre 1972, 1. p. (1972).
- BREVISON, P., CHEVALIER, J. P.; COLOM, G.; LECOINTRE, G.; RANGHEARD, Y.: *Sur le Tortonien de Formentera et d'Ibiza (Balears)*. "C. R. Somm. Soc. Géol.", France, vol. 5, pp. 152-153 (1968).
- BUTZER, K. W.: *Paleoclimatic implications of Pleistocene stratigraphy in the Mediterranean area*. "Ann. New York Acad. Sci.", vol. 95, pp. 449-456 (1961).
- CARANDELL, J.: *Movimientos lentos en el litoral E. de Mallorca*. "Bol. R. Soc. Españ. Hist. Nat.", Madrid, vol. XXVII, pp. 648 (1927).
- COLOM, G.: *Los Foraminíferos de las margas Vindobonienses de Mallorca*. "Estud. Geológ.", Madrid, n. 3, pp. 113-176, láms. L-XIV (1964).
- COLOM, G., y BAUZÁ, J.: *Sobre la extensión del Metaxitherium cuvieri Christol., en las mollasas Vindobonienses de Mallorca*. "Bol. R. Soc. España. Hist. Nat.", Madrid, vol. XLVII, pp. 91-92, láms. VII (1949).
- COLOM, G., y GAMUNDI, J.: *Sobre la extensión e importancia de las "moronitas" a lo largo de las formaciones Aquitano-burdigalenses del estrecho Nort-Bético*. "Estud. Geológ.", Madrid, n. 14, pp. 330-385 (1951).
- COLOM, G.: *Aquitania-Burdigalian diatom deposits of the North Betic strait, Spain*. "Journ. of Paleontology", vol. 26, n. 6, pp. 867-885. (1952).
- COLOM, G.: *Biogeografía de las Baleares. El origen de su flora y de su fauna*. 1 vol., 516 pp., 118 figs. Estudio General Luliano, Palma de Mallorca (1957).
- COLOM, G.: *The age of the beds with Miogypsina mediterranea Brönnimann on the island of Majorca*. "Micropaleontology", vol. 4, n. 4, pp. 347-362 (1958).
- COLOM, G.: *Sur l'existence d'un massif tyrrhénien a l'Est de Minorque pendant le Tertiaire et les possibilités d'un peuplement oriental de Minorque-Majorque*. In: "Le peuplement des îles méditerranéennes et les problèmes de l'insularité". Edit. C. N. R. S., Paris, pp. 29-34 (1961).
- COLOM, G.: *Myotragus y la paleogeografía de su época*. Simposium de Deyá (Mallorca). "Bol. Soc. Hist. Nat.", Baleares, Palma, t. 12, fasc. 1-4, pp. 13-23 (1966).
- COLOM, G., y ESCANDELL, B.: *L'évolution du géosynclinal baléare*. "Livre Mem. Prof. P. Fallot, T. 1, Paris, pp. 125-136 (1960-62).
- COLOM, G.: *Sobre la existencia de una zona de hundimientos, Plioceno-Cuaternarios, situada al pie meridional de la Sierra Norte de Mallorca*. "Acta Geolog. Hispanica", Barcelona, año II, n. 3, pp. 60-64 (1967).
- COLOM, G.: *Les bassins lacustres tertiaires de l'île de Majorque (Balears)*. "Rapp. Comm. Intern. Etude Mer Méditerranéenne", vol. 20, pt. 4, pp. 535-538 (1972).



- COLOM, G.: *Esbozo de las principales lito-facies de los depósitos jurásico-cretáceos de las Baleares y su evolución pre-orogénica*. "Mem. R. Acad. Cienc.", Madrid, T. 25, núm. 2, 116 pp. (1973).
- CRUSAFONT, M., y ANGEL, HNO. B.: *Un Myotragus (Mamifère Rumiant), dans le Villafranchien de l'île de Majorque: Myotragus batei n. sp.* "C. R. Acad. Scien", Paris, T. 262, pp. 2012-2014 (1966).
- CUERDA, J.; SACARÉS, J., y COLOM, G.: *Hallazgo de terrazas pliocénicas, marinas, en la región de Lluchmayor (Mallorca)*. "Acta Geolog. Hispan". Barcelona, T. IV, núm. 2, pp. 35-37 (1969).
- FALLOT, P.: *Etude géologique de la sierra de Majorque (Balears)*. "Thèse", 1 vol., 481 pp., Paris-Liège (1922).
- FURON, R.: *Les grands lignes de la Paléographie de la Méditerranée (Tertiaire et Quaternaire)*. "Vie et Milieu, Lab. Arago", vol. 1, fasc. 2, pp. 131-162 (1950).
- GLANGEAUD, L.: *Interprétation tectonophysique des caractères structureaux et paléogéographiques de la Méditerranée occidentales*. "Bul. Soc. Geol", France (6), T. 1, pp. 735-759 (1951).
- GLANGEAUD, L.: *Caractères tectono-physiques de la Méditerranée occidentale*. In: "La Topographie et la géologie des profondeurs océaniques". Colloque du C. N. R. S., Villafranche-Sur. Her., pp. 209-211 (1959).
- GLANGEAUD, L.: *Les grands ensembles structureaux de la Méditerranée occidentale d'après les données del Géomede, I*. "C. R. Acad. Scien", Paris, T. 262, pp. 2405-2408 (1966).
- GÓMEZ LLUECA, F.: *El Mioceno marino de Muro (Mallorca)*. "Trab. Mus. Nac. Cien. Mat.", Madrid, Ser. Geolog., n. 25 (1919).
- HSU, J. KENNETH: *When the Mediterranean Dried up*. "Scient. Amer.", 1973, pp. 27-36 (1973).
- HSU, J. KENNETH: *The Miocene Desiccation of the Mediterranean and its Climatological and Zoogeographical Implications*. Die Naturwissenschaften, vol. 61, pp. 137-142, núm. 4 (1974).
- MADLER, V. K.: *Zur Taxonomie der Tertiären Charophyten*. "Geol. Jb.", vol. 70, pp. 255-328. Hannover, 4 Pl. (1955).
- MARCEY RIBA, J.: *La evolución paleogeográfica del Nordeste de España y de las Baleares*. "Mem. R. Acad. Cien. Art." Barcelona, vol. 26, n. 9, pp. 227-245 (1945).
- MATTHEWS, S. W.: *This changing Earth*. "National Geographic", vol. 143, n. 1, pp. 1-37 (1973).
- NESTEROFF, W. D., y RYAN, W. B. F.: *Séries stratigraphiques et implications tectoniques du forage Joide 121 en mer d'Alborán*. "Bull. Soc. Géol.", France, T. 15, n. 2, pp. 113-114 (1973).
- OBRADOR, A.: *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la isla de Menorca*. "Acta Geolog. Hispan.", Barcelona, T. V, n. 1, pp. 19-23. (1970).
- ROSELLÓ ORDINAS, J.: *¿Hasta dónde alcanzó el mar vindoboniense por el centro de Mallorca?* "Bol. Soc. Hist. Nat.", Baleares, fasc. 1-4, pp. 30-34, Palma de Mallorca (1954).
- SOLÉ SABARIS, L.: *Entre la Geología y la Historia*, Universidad de Barcelona. Disert. Inaug., 1956-57, 70 pp. (1956).
- SOLÉ SABARIS, L.: *Succession des faunes marines du Pliocène au Quaternaire sur les côtes méditerranéennes d'Espagne et aux Baléares*, 83 Colloq. Intern., Centre N. R. S., Paris, pp. 283-193 (1959).
- SOLÉ SABARIS, L.: *Oscilaciones del Mediterráneo español durante el Cuaternario*. C. S. I. C., Barcelona, pp. 1-58, Discurs. 14 abril, 1961 (1961).
- Summary of sea Drilling Project*. Leg XIII, 1970, Universidad de California. San Diego. La Jolla. Calif., U. S. A., August 21, 1970 (fig. 1) (1970).
- TREVISAN, L., y TONGIORGI, E.: *La Tirrenide*. "Scientia", vol. XVIII, n. 12, Ser. VI, pp. 297-301 (1957).
- VILLALTA, J. F. de, y CRUSAFONT, H.: *La Paleomastologia española en los últimos años*. "Arbor", t. III, n. 8, páginas 322-335 (1945).

Recibido: Junio 1974

Consideraciones sobre el estudio del comportamiento de los fluidos en el medio geológico (Geofluidología)

Por J. A. MARTINEZ-ALVAREZ (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se quiere destacar la necesidad que existe de abordar el estudio de los fluidos de la corteza terrestre conjuntamente, quizá mediante la creación de una *geología de los fluidos* o *geofluidología*.

De acuerdo con este planteamiento, se pasa a hacer un esbozo de definición de los conceptos directrices de este campo de estudio; a saber: 1) *el medio geofluidológico* y sus características; 2) los *geofluidos* y su tipología; 3) el ciclo de los geofluidos y, particularmente, los denominados *recorridos de integración y afloramiento* así como los *niveles de acumulación y almacenamiento*.

Por último, se hace una enumeración de los campos de estudio de la geofluidología en el dominio de la (1) prospección, (2) extracción, (3) conservación y (4) legislación vinculada a las acciones anteriormente citadas.

ANTECEDENTES.

La presencia de sustancias fluidas en los materiales geológicos, es una realidad diversamente valorada en las diferentes etapas del progreso de la ciencia geológica.

La coexistencia, temporal o continua, de tales sustancias fluidas en el medio geológico durante las etapas de (1) *gestación* y (2) *diversificación* de la corteza, resulta una evidencia casi axiomática y por encima de las diversas corrientes de pensamiento científico-geológico que existieron y existen.

La corteza terrestre o medio geológico superficial es el lugar de permanencia o diversificación de sustancias cuyo denominador común es, su actual carácter fluido o el período de tiempo durante el cual permanecieron con grados diferentes de fluidez. La "sólida" corteza terrestre resulta, pues, un medio natural continuamente condicionado por la presencia de fluidos diversos; es un medio con fases sólida y fluida que alternan—muy diversamente— a lo largo de la historia geológica de la misma.

Si así ocurren las cosas en la "corteza", resulta

evidente la necesidad de profundizar en el conocimiento del comportamiento de los fluidos de la misma. Debe existir un apartado de la geología que se ocupe de los fluidos de nexos geológico; una *geología de los fluidos* o *Geofluidología*.

Esta ciencia de síntesis respecto a todo lo que se refiere a las sustancias fluidas de la corteza ha de polarizarse en (1) *sistematizar* las características del medio geológico sólido-fluido, (2) *estudiar* la evolución de los diversos fluidos en el mismo.

La hidrogeología y geología del petróleo constituyen las ramas de la geología que disponen de más datos respecto a la ciencia y tecnología de los fluidos. Consideramos, no obstante, que llegó el momento de que se integren dentro de la geofluidología, aportando a la misma el enorme caudal de datos básicos que poseen; sin perjuicio de que pierdan personalidad los aspectos específicos relacionados con los fluidos del tipo agua e hidrocarburos, diversos, visco-gaseosos. Resumiendo, podemos decir, que en el medio geológico superficial existen sustancias fluidas diversas de trascendental importancia, lo que hace pensar en la necesidad de *centrar* y *reforzar* el estudio científico y tecnológico de las características geológicas de esos fluidos. Esto se puede conseguir utilizando, principalmente, los da-

(*) Laboratorio de Geología Estructural. Escuela Superior de Minas. Oviedo. Independencia, núm. 13.

tos básicos aportados por la hidrogeología y geología del petróleo, dentro de una rama polarizada en estos estudios, denominable *Geofluidología*.

EL MEDIO GEOFLUIDOLOGICO.

La materia elemental geológica en la que coexisten los fluidos son las diferentes rocas. Su *organización* (textural, microestructural o macroestructural), facilita el espacio y la arquitectura necesaria para que estas dos diferentes fases de la materia geológica puedan permanecer juntas. El medio geofluidológico está caracterizado por los diversos pormenores de la organización rocosa y característica del fluido o fluidos existentes en la misma. Habitualmente las masas rocosas son múltiples en sus aspectos mineralógicos y de organización; así mismo los fluidos se pueden disponer bien individualizados o, lo que es más normal, dispersos de forma muy variable.

El medio geofluidológico es muy diverso y necesita de una muy precisa definición en cada caso. De esta circunstancia se derivarán todas las posibilidades para una ecuánime utilización del mismo y, sobre todo, para su conservación cuantitativa y funcional. Por otra parte del estudio de los actuales medios geofluidológicos podemos sacar datos, extremadamente valiosos, para la interpretación de los diversos "paleofluomedios" y su evolución histórica, lo que incide directamente, en la posible explicación de ciertos yacimientos minerales.

A efectos prácticos debemos de distinguir los siguientes tipos fundamentales de medios:

1. *Medio geofluidológico libre*. Está caracterizado por que el fluido contenido en la organización rocosa es aire, con diverso grado de dispersión y con mayor o menor cantidad de agua. Este fluido puede ser desplazado de la organización con facilidad, sirviendo en este caso, de receptáculo de almacenamiento de otro tipo de fluido. Es el medio habitual de las zonas superficiales de la corteza y de algunas profundas.

2. *Medio geofluidológico abierto*. La organización que caracteriza este medio no presenta obstáculos internos mayores a la relación o circulación del fluido que contiene; de la misma forma también está abierta respecto a la superficie topográfica. La entrada o salida de fluidos a partir de la superficie topográfica es fácil; así mismo la relación y circulación a través de la organización. No obstante esto, en la mayor parte de los casos, el medio considerado se suele encontrar en equilibrio o regulado.

3. *Medio geofluidológico cerrado*. En este caso la organización retiene la difusión o movilización del fluido. Normalmente la microorganización del medio, a escala granular o mineral, es cerrada y en consecuencia el fluido, disperso en la misma, permanece inmovilizado indefinidamente. Se trata, pues, de fluidos fosilizados en la organización rocosa.

4. *Medio geofluidológico estabilizado*. En muchos casos (1) las diversas variables de la organización rocosa (textura, microestructura, macroestructura o megaestructura) o (2) las propias de las cualidades físico-químicas del fluido, permiten el que éste quede estabilizado por un período de tiempo largo. En términos reales debemos de distinguir dos tipos fundamentales de medios estabilizados; los denominaremos y diferenciaremos como de (a) *estabilización fluida* y (b) *estabilización sólida*.

En los medios con *estabilización fluida*, es la organización rocosa la que determina (por creación de una denominada trampa o estructura de cierre o confinamiento) el que el fluido permanezca aislado y estable o en equilibrio con la mencionada organización, que actúa de recipiente-artificio para retener la masa fluida.

Los medios de *estabilización sólida* son extremadamente complejos y diversos. Caracterizan las organizaciones rocosas cuyas condiciones propias, combinadas con las de fluido y del entorno extenso, permitieron el que el mencionado fluido se solidificase dentro de las mismas. Habitualmente esta estabilización es tardía y suele ser la última etapa de una historia geológica compleja.

5. *Medio geofluidológico eruptivo*. Este medio está en relación con todos los fluidos profundos aflorantes, continua o temporalmente, en la superficie de la corteza terrestre. Habitualmente suelen ser organizaciones de tipo macro-estructural profundo las que condicionan estas afloraciones fluidas; normalmente se trata de zonas fisuradas o fracturas con gran desarrollo profundo. Los fluidos surgentes, suelen tener ciertos caracteres distintivos o diferenciadores, como pueden ser el termalismo o una mineralización más elevada, variada o peculiar.

Es un medio muy desarrollado en profundidad y de difícil estudio y percepción.

No cabe duda de que la *corteza terrestre y su organización* son el lugar o *medio* en el que coexisten los fluidos diversos propios de la misma y consecuentemente presentes a lo largo de su historia. Es claro, también, que esta convivencia sólido-fluida en la corteza se realiza en circunstancias muy di-

versas (*medios geofluidológicos*) e incluso variables a lo largo de la historia geológica de los distintos puntos de esa corteza. Parece plausible la posibilidad de poder diferenciar los siguientes tipos de medios geofluidológicos fundamentales: *libre; abierto; cerrado; estabilizado; eruptivo*.

Diversos medios geofluidológicos se pueden disponer en sentido vertical u horizontal en los lugares adecuados de la corteza terrestre; en algunos casos tienen conexiones—naturales o artificiales—que conviene conocer o precisar para su aprovechamiento y también tratando de prevenir mezclas que pudieran ser perjudiciales o contaminantes.

Parece pues que no se puede desligar la realidad que es la presencia de masas de fluidos subterráneos de la organización compleja que permite actualmente su acumulación voluminosa y relación con la superficie topográfica (medio geofluidológico). Resulta—también—poco viable el no concebir estos medios geofluidológicos distribuidos por la corteza terrestre y a diversas profundidades con posibilidades de relacionarse entre sí y con el medio exterior. Esta circunstancia puede resultar positiva; lo primero porque los medios relacionables o relacionados con el exterior facilitan la accesibilidad a los mismos; lo segundo porque esta accesibilidad puede ser el camino para mezclas no convenientes, profundas, o contaminaciones exteriores. El conocimiento del medio geofluidológico y su posición relativa y funcional sobre la corteza terrestre es una necesidad tecnológica de interés prospectivo y extractivo fundamental.

GEOFLUIDOS Y SUS TIPOS

Con el calificativo de fluidos geológicos comprendemos tres agrupaciones de sustancias con procesos genéticos de nexos geológico bien diferente.

— El primer grupo comprende el de los fluidos relacionados con las diversas vicisitudes que condicionaron la aparición de las más diferentes formaciones geológicas. Se trata, pues, de fluidos procedentes del estadio elemental de sedimentogénesis, y de los correspondientes derivados de la diagénesis, epigénesis o metamorfismo primario.

Comprende la gama compleja de los fluidos acuosos y acuoso-salinos, fluidos diversos gaseosos y visco-gaseosos. Forman una agrupación diversa, con un grado mayor o menor de singenitismo geológico.

— El segundo grupo agrupa aquellos fluidos ligados a la vez (1) a los procesos complejos de génesis de las formaciones geológicas y a las (2) vicisitudes que establece el hecho de quedar, temporal o continuamente, ligados o relacionados con la superficie topográfica. Se trata, normalmente, de fluidos mixtos de origen antiguo y con aportes circunstanciales posteriores. Constituyen una agrupación caracterizada por su doble nexo geológico epigenético y singenético.

— En el tercer grupo debemos incluir todos los fluidos, bien diversos, relacionados—también—con el origen de las formaciones geológicas pero, sobre todo, por el hecho de quedar en relación, temporal o continua, con el subsuelo profundo. Son fluidos mixtos, cuyo carácter más común puede ser su marcado epigenitismo, que no excluye la existencia de valores singenéticos.

A efectos prácticos los fluidos geológicos se prestan a ser escindidos en los tres tipos siguientes:

1. *Geofluidos regenerables*.—Comprende el grupo, reducido, de fluidos que tienen la característica de poder moverse, en ciclos cortos, dentro del medio geológico. El fluido primitivo, singenético, puede ser sustituido, normalmente a partir de la superficie, por otro procedente del aporte meteorológico. En muchos casos se pueden regular los ciclos de movilidad de estas sustancias creándose un sistema—continuo con viabilidad tecnológico—extractiva. Son fácilmente sustituibles.

2. *Geofluidos no regenerables*.—Existe un grupo de fluidos cuyo común carácter es que su proceso genético y de implantación, en el medio geológico, se hace en secuencias que comprenden períodos de tiempo notablemente amplios. No resulta, pues, posible el proceder, en tiempo corto, a su sustitución regulada; no son, pues, regenerables. Su extracción es perfectamente factible y constituyen, normalmente, reservas apreciables aun cuando limitadas de materias primas fluidas.

3. *Geofluidos no regulables*.—Comprende el grupo de fluidos, de procedencia profunda o muy profunda, los cuales afloran en la superficie o zona subsuperficial con un ritmo o caudal valorable, pero sin que se pueda hacer otra cosa que hipótesis sobre el mecanismo de su génesis. En tal sentido son fluidos que—en algunos casos—se parecen comportar (1) como carentes de posibilidades de regeneración y, en otros, (2) con unas posibilidades de regeneración cuyo sistema, por ser muy complejo y diverso, a la vez que notablemente pro-

fundo resulta difícil de definir en las reglas por las que se rige su funcionamiento. Conjuntamente merecen, pues, el calificativo de no regulables.

Todos estos grupos de fluidos coexisten con las diversas y actuales organizaciones de la corteza terrestre agrupados en medios geofluidológicos muy variados y complejos.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CICLO DE LOS FLUIDOS GEOLOGICOS

La característica común de los fluidos es su libertad o movilidad, condicionada por los pormenores de la organización o medio en el que existen o coexisten.

Una de las preocupaciones fundamentales en torno a los mencionados fluidos ha de ser el conocer y precisar la movilidad natural, e incluso promovida artificialmente, de estas masas. Las fases propias de esta fenomenología, en muchos casos, (1) tienen un carácter cíclico concreto y complejo y, en otros, (2) este aspecto cíclico concreto aparece como incompleto o abierto; no obstante, aún así están ligados al carácter, más amplio, de los ciclos que relacionan los procesos geológicos, por lo cual merecen ser calificados, también, de procesos cíclicos.

Atendiendo a este geodinamismo de los fluidos geológicos debemos de diferenciar los siguientes tipos de actividad cíclica de los geofluidos.

1. Ciclo geofluidológico superficial o meteórico.
2. Ciclo geofluidológico subsuperficial abierto.
3. Ciclo geofluidológico subsuperficial cerrado.
4. Ciclo geofluidológico profundo o primario.

El ciclo geofluidológico superficial o meteórico, está definido por el grupo de fluidos—superficiales o profundos—que son capaces de retenerse o acumularse en la organización más superficial de la corteza, la cual está directamente influida por el proceso de meteorización. Se suele tratar de medios abiertos o libres en los que se acumulan fluidos, normalmente, regenerables. Los ciclos son de corto período de tiempo y recorrido.

El denominado ciclo geofluidológico subsuperficial abierto es muy interesante y característico. Está compuesto por todos los fluidos superficiales que descienden notablemente en la corteza o profundos que ascienden, acumulándose temporalmente en su organización. El medio suele ser libre o abierto y en el mismo predominan los fluidos regenerables. Los ciclos son de corto período de tiempo y recorrido amplio y complejo.

El ciclo geofluidológico subsuperficial cerrado, comprende los fluidos, diversos, superficiales o profundos, que quedan retenidos, durante un período muy largo de tiempo, en la organización geológica subsuperficial. En muchos casos se trata de fluidos no regenerables complejos. El medio propio de coexistencia suele ser el cerrado y estabilizado. El ciclo es no completo—*naturalmente*—y el recorrido de los fluidos hasta alcanzar su estabilización amplio y complejo.

Ciclo geofluidológico primario o profundo. Está definido, por los fluidos primarios así como por los subsuperficiales que descienden y adquieren algunas de las propiedades de éstos, los cuales suelen aflorar al exterior o acumularse en zonas altas de la zona subterránea de la corteza. Los medios de coexistencia de los fluidos propios de este ciclo son, el eruptivo y, asimismo, el cerrado o estabilizado. Los tipos de fluidos son preferentemente del tipo de los no regulables. Los ciclos suelen tener un amplio recorrido y su complejidad es muy grande.

El carácter cíclico asimétrico y natural de los geofluidos es un rasgo claro y común denominador de la geodinámica de los mismos. Hay dos elementos fundamentales en la definición de estos ciclos; son:

1. Caminos y, sobre todo, recorridos de (a) integración de los diversos fluidos y (b) de afloramiento o retorno natural o posible artificial (*Recorridos de integración y afloramiento*).

2. Zona o zonas de permanencia voluminosa temporal, continua o regulada, natural o artificialmente (*Niveles de acumulación o almacenamiento*).

1-a) La integración de las sustancias fluidas en el medio geológico aún no evolucionado o incipiente se realiza por procesos muy diversos que conviene sistematizar y caracterizar. Una tipología normal permite distinguir los siguientes mecanismos complejos de esta índole.

- Integración directa superficial.
- Integración mecánico-estructural.
- Integración diagenético-metamórfica.
- Integración directa profunda.

La integración directa superficial comprende los fluidos aportados por el medio exterior de la corteza. En la integración mecánico-estructural incluyen aquellos fluidos cuya ligazón con el medio geológico se realiza una vez notablemente avanzado el proceso mecánico y estructural que sufren los materiales geológicos; tales fluidos suelen ser bastante diversos. Los procesos diagenéticos y meta-

mórficos son también caminos, muy complejos, de diferenciación de fluidos e incorporación al medio geológico; habitualmente los fluidos relacionados con estos procesos son diversos, predominando los correspondientes denominados no regenerables. Los fluidos extremadamente complejos de carácter profundo o muy profundo se integran directamente en la organización rocosa en sus diversos estadios de evolución.

1-b) El afloramiento o reintegración al medio superficial debemos considerar las siguientes posibilidades:

- afloramiento directo o natural. Cuando la reincorporación del fluido a la superficie es clara concreta y está relacionada con la organización, continua, del medio en el que coexiste.
- afloramiento estructural. Comprende los casos, numerosos, en que la mencionada reintegración se hace a través de elementos de la organización estructural, discontinua, del medio geológico.
- afloramiento inexistente. Comprende el caso en que los fluidos no tienen relación natural con el exterior (topográfico) de la corteza.

2. Los fluidos, en muchos casos, se relacionan íntima y constantemente con la organización geológica, para formar acumulaciones voluminosas de los mismos, con carácter temporal o continuo. Esto ocurre a diversos niveles y forman, por tanto, niveles de acumulación o almacenamiento. Tales niveles se distribuyen heterogéneamente en la corteza y responden —normalmente— a los dos tipos fundamentales siguientes:

— Niveles de acumulación o almacenamiento litostratigráficos. Para el caso en que son los parámetros litológicos o estratigráficos de la organización los que determinan la presencia de la acumulación considerada.

— Niveles de acumulación o almacenamiento estructurales. Corresponden con el caso en que la estructura (micro o macro) determina las consideraciones que van a permitir que se forme la acumulación que tiene o puede tener consideración extractiva.

El estudio de los elementos que acabamos de considerar tiene un valor fundamental ya que ambos constituyen las directrices para la definición técnico-geológica y minera del yacimiento o acumulación útil que es o puede ser toda masa voluminosa de fluidos.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS POSIBILIDADES DE LA TECNOLOGIA GEOLOGICO-MINERA DE LOS FLUIDOS

Las consideraciones realizadas nos permiten percatarnos con toda claridad de:

1. Que los fluidos de la corteza terrestre son sustancias claramente geológicas, por estar —íntima y constantemente— ligadas a los procesos geológicos generadores de minerales y rocas. No resulta ninguna exageración calificar a éstos como *sustancias mineraloides fluidas*.

2. Que la manera de hallarse y el lugar o sitio donde aparecen estos fluidos, está claramente relacionado con los pormenores de la organización rocosa y geológica. Tales sustancias mineraloides fluidas constituyen, pues, verdaderos *yacimientos o criaderos con carácter fluido*.

Las sustancias fluidas están cronológicamente ligadas, como otros minerales sólidos, a la evolución geológica de la corteza; su manera actual de acumularse o yacer es una consecuencia compleja de esa evolución geológica. Es consecuente deducir que los planteamientos de (1) prospección y (2) explotación de los mismos deben tener la misma directriz. Tiene que existir una *prospección y minería* en torno a esos yacimientos de carácter fluido donde se contienen sustancias mineraloides fluidas diversas.

No se deben, en ningún caso, considerar estos fluidos aislados de su contexto geohistórico y geológico. Son sustancias geológicas que evolucionaron con la fenomenología geológica. Su extracción, prospección y conservación precisa de manejar —suficientemente— los parámetros geológicos.

En relación con los fluidos o *geofluidos* la investigación geológica y tecnología geológico-minera tiene una muy importante y diversa labor a realizar. Tratando de esquematizar y sintetizar podemos decir que debe de comprender las siguientes fases y aspectos.

1. *Fase mediata*; eminentemente tecnológica de índole geológico y minero. Comprende:

1.a. La prospección y explotación de las acumulaciones o yacimientos de geofluidos con interés industrial actual de primer orden.

1.b. La prospección de medios geofluidológicos libres o abiertos voluminosos bien definidos; con el fin de ser utilizada su capacidad de almacenamiento.

1.c. La prospección, explotación y regularización

(recarga) de los medios geofluidológicos voluminosos abiertos.

1.d. La mejora y protección de las zonas de afloramiento de todos los geofluidos, a fin de activar su producción y preservar las condiciones primitivas de estos fluidos.

1.e. La promoción de labores de prospección, captación y explotación de sustancias procedentes o relacionadas con el medio geofluidológico profundo.

2. *Fase inmediata*; de profunda investigación geológica. Dedicada —muy específicamente— a los aspectos fundamentales siguientes:

2.a. Definición, en las diversas zonas de la corteza terrestre, de los *medios geofluidológicos* presentes y de sus características. También comprenderá la valoración de los *geofluidos* presentes en estos medios.

2.b. Caracterización precisa y localización geológica de la posición de los diversos *niveles de acumulación y almacenamiento* de geofluidos.

2.c. Definición concreta de los *recorridos de integración* y (o) *afloramiento*, correspondientes a los diversos niveles de acumulación o almacenamiento encontrados.

2.d. Estudio de las características del ciclo geofluidológico profundo o primario.

2.e. Estudio de las relaciones del ciclo geofluidológico superficial o meteórico con el resto de los ciclos, con el fin de evitar los fenómenos de contaminación, daño o perjuicio (vulnerabilidad) de los fluidos más profundos.

2.f. Estudio de las relaciones de los fluidos superficiales naturales (aguas de arroyamiento) y artificiales (residuos industriales diversos) con los diversos fluidos geológicos subsuperficiales.

La primera fase de este programa-resumen de actividades que incumben a la geología de los fluidos es pura actualidad. La tecnología geológico-minera se polariza —cada vez más intensamente— al estudio de los problemas mencionados.

Los aspectos comprendidos en la segunda fase de actividades de la geofluidología son temas más específicos y precisos, que consideramos han de constituir el camino hacia el que debe derivar la investigación científica y tecnológica futura.

Como recurso natural —de utilidad pública— que son los fluidos, su aprovechamiento y utilización está y estará determinado o condicionado por una legislación adecuada. El tema legislativo constituye

otro de los puntos de estudio. Según nuestra manera de pensar la única manera eficaz de hacer un planteamiento más adecuado ha de consistir en que queden claramente destacados, como directrices legislativas, los principios siguientes:

a) Que en la corteza terrestre existen diversas y abundantes *sustancias mineraloides de carácter fluido*.

b) Que su formación, disposición o acumulación actual, recorrido hasta el afloramiento, están íntimamente relacionadas con la evolución geológica de la corteza y por tanto con el *medio geológico*.

c) Que los planeamientos de aprovechamiento y conservación planificada se han de hacer sin olvidar su íntima relación con el medio geológico subsuperficial. Son recursos condicionados por la organización de los materiales de la corteza y no se deben desligar de ésta; *son sustancias minerales fluidas y subterráneas geológicas*.

Únicamente percatándonos de que existe una *geología de los fluidos*, claramente constatada por que (1) todos los fluidos están relacionados con la paleohistoria de la tierra y sus formaciones geológicas y (2) también debido a que todas las acumulaciones de estas sustancias mineraloides están en relación directa con la organización geológica del subsuelo donde aparecen, podremos abordar con eficacia los problemas de *prospección, extracción, conservación y legislación* que estas sustancias tienen. Cualquier otro planteamiento llevará a desligar, en mayor o menor grado, el fluido de su medio histórico y actual, en detrimento de su integral valoración científica y tecnológica.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se hace un análisis de carácter sintético sobre la relación existente entre los fluidos y elementos geológicos de la corteza terrestre, estableciéndose las siguientes conclusiones:

— Que el elemento en que (1) se formaron o transformaron y (2) coexisten los fluidos, es el correspondiente geológico. Es, por tanto, lógico poder hablar de (a) fluidos geológicos, o condicionados en su formación o transformación por las vicisitudes geológicas diversas (*geofluidos*) y de medio geológico de los fluidos (*medio geofluidológico*) como disposición, particular o especial, de la organización geológica que permite la acumulación o movilización temporal o continua de éstos.

— Que los geofluidos (1) se pueden acumular o almacenar a diversos niveles de profundidad (*niveles de acumulación o almacenamiento*); asimismo (2) que algunos tienen carácter cíclico, lo que determina que se puedan distinguir los correspondientes *recorridos de integración* al medio geológico y nivel de acumulación, así como los consiguientes *recorridos de afloramiento* a la zona superficial o subsuperficial somera.

— Que la perfecta comprensión de la ciencia y tecnología de los fluidos de la corteza terrestre únicamente se podrá tener cuando todos los planteamientos del caso (científicos o tecnológicos) se hagan teniendo en cuenta su real y constante integración, para todos estos fines, con la realidad geológica (histórica o actual) del lugar. No parece, pues, excesivo el reclamar una geología especializada en el estudio de los fluidos geológicos, que podríamos denominar *geología de los fluidos* o *"geofluidología"*, a la vista del interés que éstos tienen para la humanidad.

Queda claro, también, que los mencionados fluidos son *sustancias mineraloides subterráneas*, cuya (1) *prospección y conservación* se ha de realizar de acuerdo con los valores derivados de un profundo estudio de nexo geológico, así como su (2) *extracción*, subterránea o relacionada con valores subterráneos, ha de exigir un planteamiento claramente minero.

No nos parece lógico desligar, a efectos científicos y tecnológicos de nexo científico, ningún fluido particular del conjunto de los denominados "geofluidos". En consecuencia la legislación debe de considerar, también, esta premisa. El principio de la interrelación existente entre los diversos flui-

dos en el medio geológico subsuperficial (corteza terrestre) debe privar a los efectos de (1) verificar una extracción o explotación racional y (2) evitar contaminaciones superficiales o profundas por mezcla de fluidos de carácter diverso.

Oviedo, abril de 1974.

BIBLIOGRAFIA

- WIEST DE, R. J. M.: *Geohydrology*. John Wiley, Sons, Inc. 1965.
- PIRSON, S. J.: *Oil Reservoir Engineering*. Mc.Graw-Hill. 1958.
- BRAITSCHE, O.: *Salt deposits their origin and composition*. Springer-Verlag. 1971.
- MORET, L.: *Les sources thermominerales*. Masson. 1946.
- DEBYSER, J.: *Contribution a l'étude geochemique des Vases marines*. Inst. Français du Pétrole. 1961.
- LLOPIS LLADÓ, N.: *Fundamentos de hidrología cárstica*. Edit. Blume. 1970.
- SLHOLELLER, H.: *Les eaux souterraines*. Masson. 1962.
- GUJLLEMOT, J.: *Cours de géologie du pétrole*. Edit. Technip. 1964.
- TITTMANN, A.: *Les volcans et leur activité*. Masson. 1963.
- FRANCIS, W.: *Coal, its formation and composition*. Ed. Arnold. 1961.
- HAWKES, H. E., y WEBB, J. S.: *Geochemistry in mineral exploration*. Harper International. 1965.
- BREGER, I. A.: *Organic geochemistry*. Pergamon Press. 1963.
- Recibido: Julio 1974.

Fundamentos básicos de la alteración de yacimientos de hierro y de manganeso en medio kárstico.

Por J. A. GALVEZ GARCIA (*)

RESUMEN

Se define el medio kárstico en términos de potencial red-ox y pH y se consideran las condiciones de estabilidad de los principales minerales de hierro y manganeso; así como sus procesos de alteración.

Finalmente, se resumen las posibilidades de enriquecimiento secundario y de formación de depósitos kársticos.

ABSTRACT

Karst environment is defined in terms of oxidation-reduction potentials and pH. Stability relations among the main iron and manganese ore minerals and their alteration processes are considered.

Finally, possibilities of secondary enrichment and eventual karst deposits are outlined.

EL MEDIO KARSTICO

La karstificación constituye el modo general de alteración de toda masa de roca carbonatada emergida y sus principales agentes son el agua y el anhídrido carbónico.

La acidez o basicidad de las aguas kársticas viene controlada por su contenido en CO₂.

Las aguas sobresaturadas en CO₂ han mostrado un estrecho intervalo de pH alrededor de 6,1 (BAAS BECKING. L. et al, 1960), por lo que podemos considerar el valor pH=6 como límite inferior del medio kárstico en circunstancias normales.

El límite superior de pH podemos deducirlo del sistema CO₂Ca-H₂O con presión de CO₂ de 10^{-3,5} atm, que es la que corresponde al anhídrido carbónico contenido en la atmósfera (GARRELS, R. y CHRIST, L., 1965), resultando el valor pH=8,4.

Los valores posibles del potencial redox en el medio kárstico se hallarán dentro del campo de estabilidad del agua y limitados a la franja comprendida entre los valores pH=6 y pH=8,4, como muestra la figura 1.

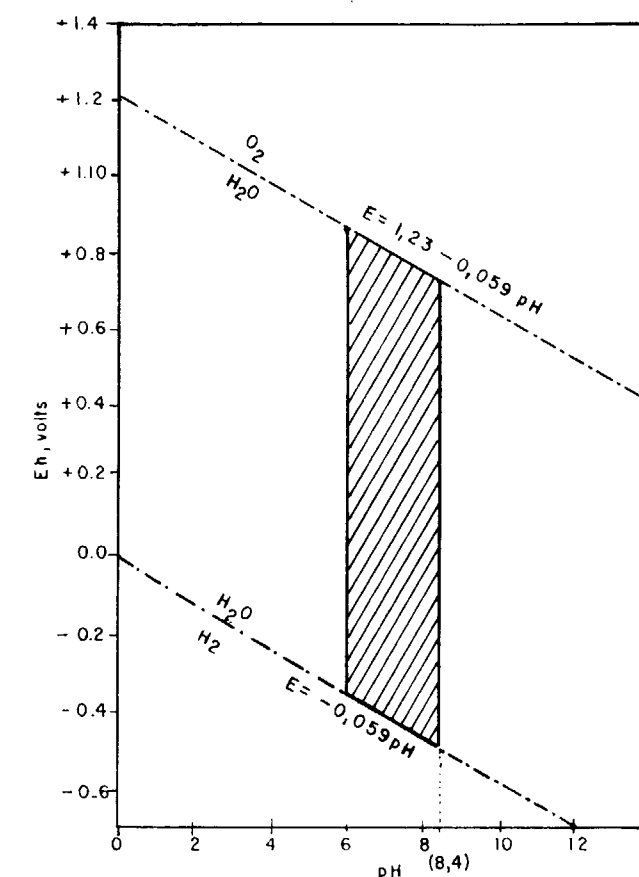


Figura 1

El medio Kárstico en Términos de Eh y pH.

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

ESTABILIDAD DE LOS MINERALES DE HIERRO

Las relaciones de estabilidad entre los principales minerales de hierro se indican en las figuras 2 y 3.

La figura 2 considera la estabilidad de hematites, magnetita y siderita, en función de Eh, pH y presión parcial de CO₂.

Para una presión parcial de CO₂ de 10^{-3.5} atm, la siderita presenta solamente un reducido campo de estabilidad. Al aumentar la presión parcial de CO₂ aumenta el campo de la siderita y cuando aquélla alcanza un valor de 10^{-1.4} atm, el campo de magnetita es totalmente desplazado por la siderita.

La figura 3 expresa la estabilidad de hematites, magnetita, siderita y pirita, para azufre total disuelto 10⁻⁶ m y carbonato total disuelto 10⁰ m.

Para que la siderita tenga un campo importante de estabilidad, la cantidad de carbonato total di-

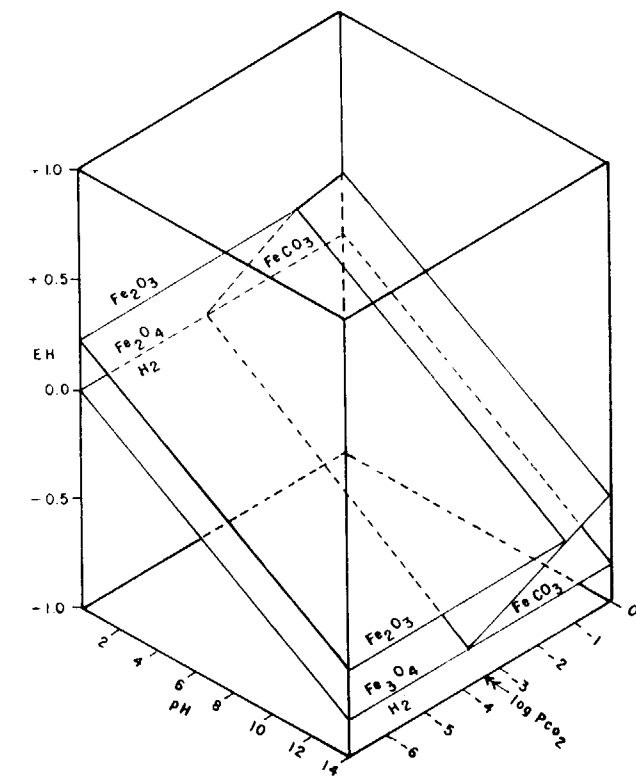


Figura 2

Estabilidad de hematitas, magnetita y siderita, en función de Eh, pH y PCO₂ a 25 °C y 1 atm de presión total. (Garrels and Christ, 1965).

suelto ha de ser muy elevada y la de azufre total muy pequeña. A contenidos de carbonato total disuelto de 10⁻² m e inferiores, solamente los óxidos y sulfuros son estables.

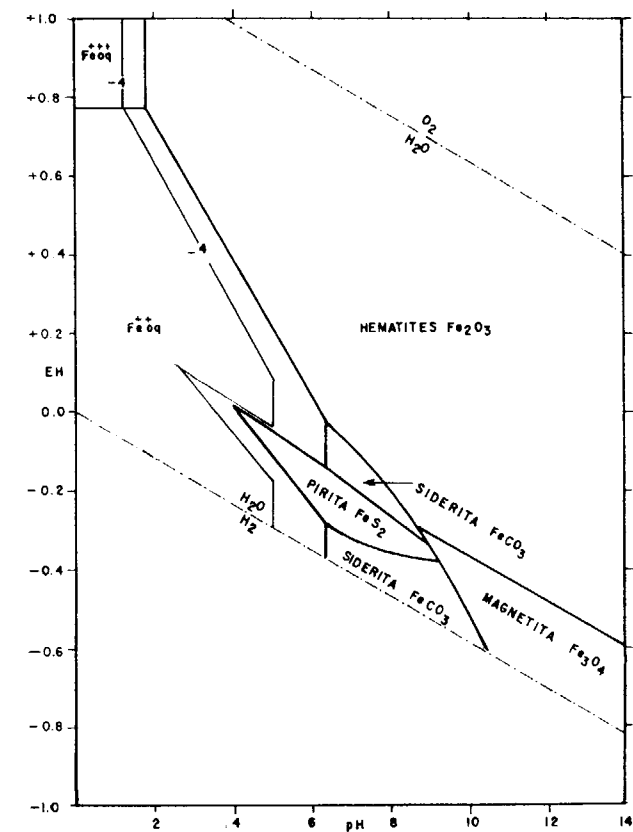


Figura 3

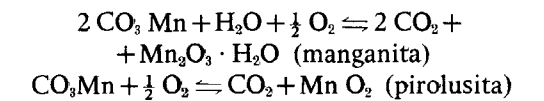
Estabilidad de hematitas, magnetita, siderita y pirita, a 25 °C y 1 atm de presión total. ΣS=10⁻⁶ m, ΣCO₂=10⁰ m. (Garrels and Christ, 1965).

ESTABILIDAD DE LOS MINERALES DE MANGANESO

Las relaciones de estabilidad entre dialogita, manganita y pirolusita, se hallan representadas en la figura 4, para CO₂ total disuelto de 10^{-1.4}, que corresponde a un sistema prácticamente saturado en CO₂.

El campo de estabilidad de la dialogita es notablemente mayor que el de la siderita en análogas condiciones, y es a concentraciones de carbonato total disuelto de 10⁻³ m e inferiores cuando se produce la inestabilidad de la dialogita en el medio kárstico.

La dialogita presenta bastante estabilidad y requiere mayores potenciales de oxidación para alterarse. Sin embargo, estos elevados potenciales de oxidación son alcanzables en el medio kárstico y la alteración de la dialogita producirá manganita y pirolusita:



En ambiente reductor, la hematites puede transformarse en siderita o, más comúnmente, en pirita o marcasita, sobre todo en presencia de materia orgánica, y los óxidos de manganeso pueden también reducirse a dialogita.

POSIBILIDADES DE ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO Y FORMACION DE DEPOSITOS KARSTICOS

La karstificación produce la liberación de los elementos o compuestos existentes en determinados lugares de la masa rocosa. Estos elementos o compuestos liberados pueden sufrir una movilización o formar concentraciones residuales. A su vez, la totalidad o parte de los elementos o compuestos movilizados pueden sufrir una acumulación en determinadas zonas del karst y originar zonas de enriquecimiento o yacimientos secundarios.

Sobradamente conocidas son las zonas de enriquecimiento por oxidación en los yacimientos de siderita (por ejemplo, Bilbao), y los depósitos de óxidos de hierro o de hierro y manganeso en diversas formas kársticas (lapiaces, dolinas, cavidades), que en general, han sido objeto de gran explotación en el pasado y que aún pueden presentar un notable interés económico.

BIBLIOGRAFIA

BAAS BECKING, L. et al: *Limits of the natural environment interms of pH and oxidation-reduction potentials*. "Journal of Geology", vol. 68, núm. 3, 1960, págs. 243-284.

ERASO, A.: *Mecanismo sobre la corrosión en el Karst y su repercusión en la geodinámica Kárstica*. "Boletín Geológico y Minero". Tomo LXXX-II, 1969, págs. 146-168.

GALVEZ, J. A.: *Esquemas de alteración de yacimientos minerales en medio kárstico* (en prensa). III Congreso Nacional de Espeleología. Madrid, 1974.

GARRELS, R. M., y CHRIST, L.: *Solutions, minerals and equilibria*. Harper & Row Publi. New York, 1965.

Recibido: Julio 1974.

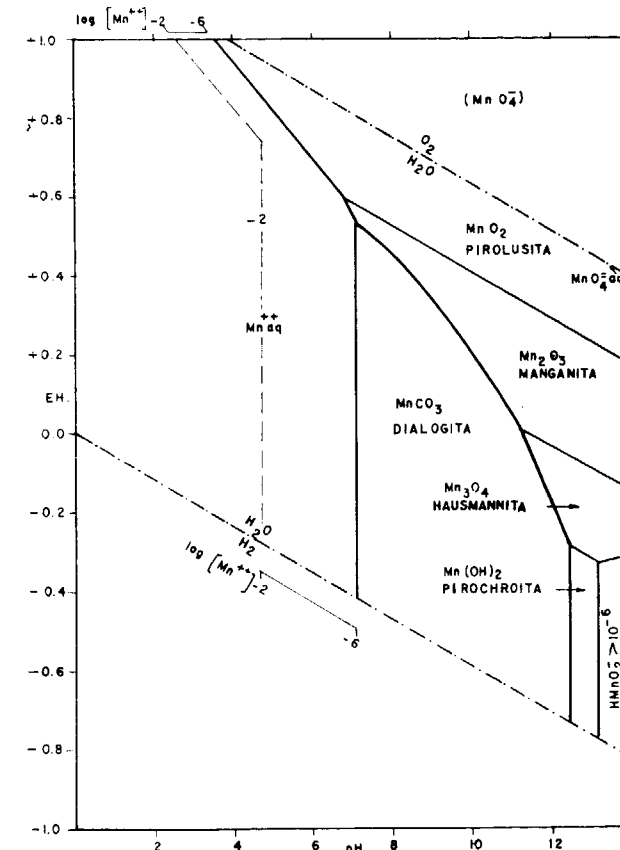


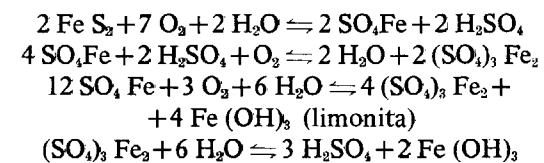
Figura 4

Estabilidad de minerales de manganeso a 25 °C y 1 atm de presión total, ΣCO₂=10^{-1.4}. (Garrels and Christ, 1965).

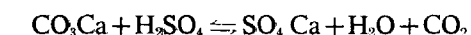
PROCESOS DE ALTERACION

Por encima de la zona de saturación prevalecen las condiciones oxidantes en el medio kárstico. En tales condiciones, la pirita y la siderita no serán estables, y la dialogita podrá también alterarse si el potencial red-ox es suficientemente elevado.

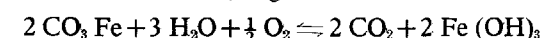
La pirita se transforma por oxidación en limonita, según las reacciones:



donde el ácido sulfúrico generado puede atacar a la caliza:



La siderita se transforma también fácilmente por oxidación en limonita, según la reacción:



Evaluación de la hidrodinámica de un pozo de bombeo. Metodología de los ensayos de pozo

Por G. LOPEZ-ARECHAVALA (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se incluye primeramente un análisis adecuadamente detallado del movimiento del agua en un acuífero, desde un punto no influenciado del mismo hacia una captación. En base a dicho análisis y una serie de consideraciones teórico-prácticas, se efectúa una crítica del más usual de los métodos —el de Jacob— en los que se viene fundamentando la realización de los ensayos de pozo. Finalmente y como metodología sustitutiva de la anterior, se indica la que hasta el momento parece más objetiva con vistas a efectuar la valoración de la calidad hidrodinámica de un pozo de explotación.

RESUME

Dans cette étude, on trouva d'abord une analyse suffisamment détaillée du mouvement de l'eau dans un aquifère, entre un point non influencé et un captage. A partir de cette analyse et d'une série de considérations théoriques et pratiques, l'auteur fait la critique de la plus courante des méthodes —celle de Jacob— sur lesquelles s'appuie la réalisation des essais de puits. Enfin, il indique comme méthodologie de remplacement, celle qui jusqu'à présent semble la plus objective pour déterminer la qualité hydrodynamique d'un puits d'exploitation.

1. INTRODUCCION.

Todos los esquemas hidrodinámicos hasta el momento disponibles —Theis, Boulton, Hantush, etc.— así como sus variantes, establecen sus hipótesis en función de las características de la respectiva configuración hidrodinámica, partiendo implícitamente de la base de que el sondeo que capta el acuífero en cuestión, no provoca ningún efecto perturbador en la circulación del agua desde un punto cualquiera del manto, hasta su llegada al exterior; es decir, se supone que la captación de un acuífero —al margen de la calidad de éste— es hidrodinámicamente perfecta.

En la realidad, ello no suce nunca así y resulta, por tanto, de sumo interés conocer la influencia en los resultados —depresión obtenida en el pozo de bombeo, para un determinado caudal, al cabo de un cierto tiempo— por parte del efecto perturbador de la obra de captación.

Este, que en un principio fue el primer objetivo perseguido por la hidrodinámica subterránea —la hidráulica de pozos—, fin primario a cumplir por todo bombeo experimental, no ha recibido hasta el momento soluciones plenamente satisfactorias debido, quizás, al escaso interés que ha despertado en los especialistas, más preocupados por definir y esquemmatizar nuevas y más realistas configuraciones hidrogeológicas, que en establecer las causas de un mal rendimiento y su cuantía, en una captación, objetivo, sin duda, más económico que científico.

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

Por otra parte, es evidente la poca importancia que un usuario puede conceder al mayor o menor valor de los parámetros hidráulicos del acuífero que explota, a su régimen de alimentación, geometría, eventuales intercomunicaciones laterales o verticales etc., ya que no van a poder condicionar los resultados de su pozo o sondeo ya construido. Antes al contrario, le interesa que el acuífero del que obtiene un determinado caudal, sea "utilizado" en condiciones óptimas, mediante una obra que "saque" del manto todo cuanto éste puede proporcionar.

Hemos llegado así al concepto de *eficacia* de una obra de captación, tema directo de estos comentarios, que podría ser definida como la medida en que un pozo o sondeo real se aproxima a otro de características ideales —sin efecto hidrodinámico perturbador— que explotase el mismo acuífero, en el mismo emplazamiento e idénticas condiciones de profundidad, diámetro, caudal, etc.

A este respecto, en el presente trabajo, después de establecer un análisis hidrodinámico detallado del movimiento del agua hacia una captación, se incluye una crítica de valor sobre el más usual de los métodos para el cálculo de la eficacia de un pozo, y ante su inutilidad teórica y práctica, se propone una metodología más moderna, realista y, posiblemente, también más modesta, para llegar a definir la forma de establecer una valoración objetiva de la calidad de un pozo o sondeo que capte aguas subterráneas.

2. CIRCULACION DEL AGUA HACIA UN POZO.

Consideremos una configuración hidrogeológica tal como la que viene indicada, para un instante dado, en la figura 1.

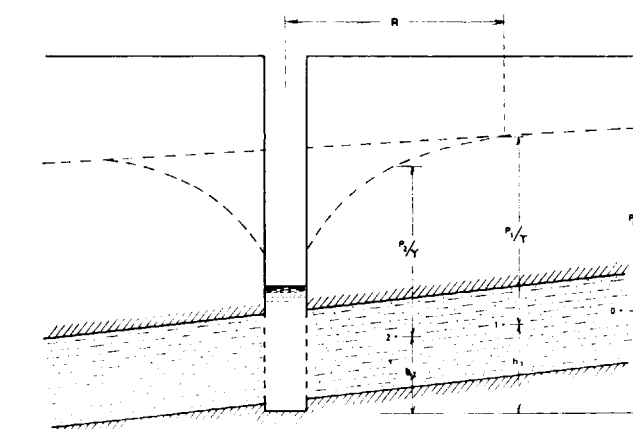


Fig. 1

Una partícula elemental de agua que se mueve dentro de un filete de corriente en el acuífero indicado, posee un potencial o carga hidráulica H cuyos términos son:

- h , altura de gravedad contada desde un origen arbitrario, y
- p/γ , altura de presión.

La carga hidráulica $H = h + p/\gamma$ define la posición de la superficie piezométrica correspondiente al filete líquido considerado, superficie que será virtual o real, según que se trate de un manto cautivo o libre, respectivamente.

Tomemos una determinada partícula de agua que, desde un cierto origen donde se encontraba con potencial H_0 , se traslada de modo natural en movimiento paralelo, fuera de la zona de influencia del sondeo, con velocidad constante V ; ya que el régimen es no influenciado y se trata de un acuífero supuesto homogéneo y de espesor constante.

En su recorrido desde un origen en donde poseía la carga hidráulica H_0 , hasta situarse en la posición 1 (en el límite de la zona no influenciada en el instante considerado), con carga hidráulica igual a H_1 ; nuestra partícula ha experimentado una pérdida de energía constituida por los dos términos siguientes:

— $V^2/2g$, energía potencial convertida reversiblemente en cinética.

— J_1 , término de energía potencial irrecuperablemente disipado en forma de calor, como consecuencia del frotamiento viscoso del agua con las paredes de los canales intersticiales, o de las fisuras que aquella se ve obligada a atravesar.

En función de cuanto antecede, llegamos a la expresión del teorema de Bernoulli modificado, según el cual,

$$H_0 = H_1 + \frac{V^2}{2g} + J_1 = \text{constante}$$

$$\text{Siendo } H_1 = h_1 + \frac{P_1}{\gamma}$$

$H + V^2/2g$ define la posición de la llamada *superficie de carga*, paralela en nuestro caso a la piezométrica —dada la constancia de la velocidad— y muy poco distante de ésta, pues el término $V^2/2g$ representa normalmente una muy reducida altura —algún milímetro como máximo—, como consecuencia de los pequeños valores que adquiere la velocidad del agua en un acuífero en régimen no influenciado, y aún cuando se trate de la mayor

parte de la zona correspondiente al cono de depresión.

Por consiguiente, podemos despreñar la energía cinética, con lo que se llega a la siguiente expresión del teorema antes citado:

$$H_0 = H_i + J_i = H_1 + J_1 = \dots = \text{constante}$$

El término J representa, por tanto, la pérdida de carga hidráulica que experimenta una partícula en su movimiento, en régimen no influenciado, entre dos posiciones cualesquiera.

Dicha pérdida, debida como ya dijimos al frotamiento viscoso del agua a su paso por canales intersticiales o fisuras, es función de la repartición de velocidades en los mismos, o velocidad media de filtración, derivada de dicha repartición; depende asimismo, de la mayor o menor facilidad que el terreno presente al paso del agua, y, lógicamente, aumenta con el trayecto recorrido por cada partícula.

Sin embargo, el movimiento del agua a través de un medio poroso, es esencialmente un movimiento no uniforme, como consecuencia de la sinuosa e irregular trayectoria que cada partícula se ve obligada a recorrer. Esta no uniformidad del movimiento da lugar a efectos de inercia que modifican la repartición de velocidades, factor fundamental condicionante de la pérdida de energía por frotamiento viscoso.

En régimen laminar, y para pequeños valores de la velocidad, los efectos de inercia aludidos pueden ser desestimados, y resulta suficientemente aproximado establecer una relación lineal entre la pérdida de carga J y la velocidad de filtración V , en la que la inversa de la permeabilidad K de terreno y el camino recorrido figuren como factores de proporcionalidad. Se trata, en definitiva, de la conocida ley de DARCY, que resulta suficientemente exacta para pequeños valores del número de REYNOLDS (normalmente, inferiores a 5).

En resumen, hemos visto que en tanto la velocidad de filtración no supere pequeños valores, la pérdida longitudinal de carga resulta directamente proporcional a la velocidad V , y está inversamente ligada a la permeabilidad del terreno.

Aplicando estas consideraciones al movimiento de nuestras partículas en la zona no influenciada, en la que la velocidad V y la permeabilidad K son constantes (acuífero cautivo homogéneo y de espesor constante), se deduce que la pérdida de carga hidráulica entre dos puntos del acuífero, resulta ser

directamente proporcional a la distancia que los separa, lo que significa que la superficie piezométrica (del filete líquido considerado) es un plano de pendiente proporcional a la inversa de la permeabilidad del acuífero.

Hemos visto que la configuración de la superficie piezométrica de un acuífero en régimen no influenciado, depende de las características hidráulicas del mismo: permeabilidad, estructura, límites, régimen de alimentación, etc.

Pero continuemos siguiendo el movimiento de nuestra partícula. Al situarse a la distancia R del sondeo, la partícula se siente atraída por la sollicitación centrípeta de la bomba instalada en el sondeo y transforma en movimiento radial el paralelo que hasta entonces poseía. A partir de ese momento, la partícula va aumentando linealmente su velocidad, con la correspondiente progresión de las pérdidas de carga, progresión que será también lineal en la medida en que no se sobrepasen los pequeños valores del número de REYNOLDS, y la ley de DARCY siga resultando una excelente aproximación. Debido a ello, el perfil del cono de depresión presentará la conocida forma parabólica motivada por el aumento lineal de las pérdidas de carga o, lo que de ello se deriva, aumento también lineal de la pendiente de la superficie piezométrica, tanto mayor cuanto más fuerte sea la atracción del sondeo, es decir, el caudal de bombeo.

Por consiguiente, como resumen, la configuración geométrica de la superficie piezométrica en la zona de influencia, viene condicionada por el caudal bombeado, por las características hidráulicas del acuífero, por su geometría y por sus eventuales interrelaciones con el exterior—otros acuíferos, volúmenes superficiales, etc.—; por lo que fijados todos estos últimos condicionamientos para un determinado acuífero, la pérdida de carga que va arrasando nuestra partícula hasta llegar a las proximidades de la captación, será una función lineal del caudal de bombeo.

En definitiva, todos los esquemas hidráulicos interpretativos de que hasta ahora se dispone, no hacen sino definir con mayor o menor aproximación a la realidad, las características hidrodinámicas y estructurales de un acuífero, a partir de la geometría (estática o dinámica) del cono de depresión provocado por un determinado régimen de bombeo, en un momento concreto del mismo, o una vez alcanzado un eventual régimen permanente. Todos esos esquemas tienen como punto común

la verificación de la ley de DARCY, o relación lineal entre las pérdidas de carga y la velocidad de filtración.

Sin embargo, puede suceder que en el progresivo aumento de velocidad que experimenta nuestra partícula, en las proximidades del sondeo—o antes, incluso, de llegar a él—y como consecuencia de poseer ya una excesiva velocidad, el número de REYNOLDS correspondiente sea superior a los valores límites —5, aproximadamente—para los que la ley de DARCY resultaba ser suficientemente aproximada, aún cuando se siga manteniendo una circulación en régimen laminar, ya que el turbulento sólo se alcanza para valores de R_0 bastante más elevados (superiores a 50).

En esas circunstancias, los efectos de inercia a que antes aludimos adquieren la suficiente importancia como para modificar sensiblemente la repartición de velocidades en los canales intersticiales, con lo que la disipación de energía debida a los frotamientos viscosos, deja de aproximarse a una función lineal de la velocidad media de filtración—la ley de DARCY no es ya, por tanto, una buena aproximación de la realidad, y es la ley de FORCHHEIMER la que resulta ahora más exacta— para convertirse en una función de V^n , en donde n es un exponente comprendido entre 1, cuando la ley lineal resultaba suficientemente aproximada, y 2, que es el que correspondería a un régimen turbulento, difícil de alcanzar.

Al llegar a las proximidades del sondeo, puede suceder que el agua se encuentre con una zona colmatada artificialmente—lodos, detritus de perforación, etc.—para atravesar la cual, al ser constante el caudal del pozo, se verá obligada a elevar aún más su velocidad. Este mayor aumento de la velocidad, que puede alcanzar valores propios de un régimen turbulento, hace que el régimen de circulación del agua se aparte aún más de la ley de DARCY, y que el exponente n antes citado sea en este caso más próximo a 2 (pudiendo incluso alcanzarlo, para grandes caudales de bombeo).

Asimismo, también puede suceder que la zona de acuífero adyacente al sondeo posea una permeabilidad muy superior a la del resto del acuífero—lo que sucede frecuentemente cuando se trata de acuíferos en aluviones con lentejones de permeabilidad privilegiada; o siempre que se trate de acuíferos en calizas fisuradas, captadas por sondeos sometidos a acidificación—, en cuyo caso nos encontramos con un fenómeno contrario al descrito

en el anterior párrafo, de forma que en tal circunstancia, al encontrarse el agua con una mayor permeabilidad, es decir, con una mayor área de paso libre, disminuye su velocidad, de tal modo que fácilmente se llega a reanudar la vigencia de la ley de DARCY, o en el peor de los casos, nos encontraremos con un régimen de FORCHHEIMER, de exponente n más próximo a 1, que antes de llegar a la zona adyacente al sondeo.

Finalmente, nuestra partícula, ya casi exhausta, llega a la pared exterior de la entubación del sondeo donde se encuentra con una resistencia totalmente desconocida, pues se ve obligada a atravesar una superficie filtrante con un cierto porcentaje de huecos—con frecuencia, muy insuficiente—que ocasionan un aumento en la velocidad de paso, hasta alcanzar un régimen de circulación muy próximo al turbulento, o cayendo incluso en él. Ello dará lugar a una pérdida de carga proporcional a una potencia n -ésima de la velocidad, es decir, del caudal bombeado, con un exponente n que en función del caudal bombeado y de la sección de paso a través de la entubación—velocidad de entrada en el sondeo—puede llegar al valor 2, si el régimen provocado es turbulento.

Si, como en el caso que venimos considerando, el manto es cautivo y la aspiración de la bomba se encuentra por encima del techo impermeable del acuífero, el agua se verá obligada a efectuar un último recorrido a través de la entubación, hasta alcanzar dicha aspiración, lo que es origen de una nueva y final pérdida de carga, proporcional, también aquí, a una potencia n -ésima del caudal bombeado.

Y nuestra partícula llegó por fin a la aspiración de la bomba que, en función de su potencia útil y de la geometría y dimensiones de la tubería de extracción, la bombeará hasta el exterior a un cierto ritmo.

3. PERDIDAS DE CARGAS TOTALES Y DEPRESION REAL EN UN POZO DE BOMBEO.

Como consecuencia del movimiento del agua desde la distancia R —radio de acción—del pozo de bombeo, hasta alcanzar la aspiración de la bomba instalada en el mismo, movimiento descrito en el apartado anterior, el agua ha ido sufriendo una continua pérdida de carga o potencial hidráulico, que se manifiesta por medio de una depresión en

el nivel piezométrico del pozo, con respecto al nivel que poseería de haber continuado en régimen no influenciado.

Esta depresión equivale a la suma de todas las pérdidas de carga J_i , que el agua ha ido experimentando en los diferentes regímenes de circulación.

Basándonos en la descripción ya hecha, estas diferentes pérdidas serán las siguientes:

— J_1 , pérdida de carga lineal, consecuencia del movimiento del agua en régimen laminar puro—regido con gran aproximación por la ley de DARCY— a través de la mayor parte de la zona correspondiente al cono de depresión.

Esta pérdida de carga equivale a la depresión teórica dada por todos los esquemas interpretativos existentes (Theis, Hantush, etc.) y es función, como ya dijimos, del caudal bombeado, de las características hidráulicas del acuífero, de su geometría e interrelaciones con el exterior y con otros acuíferos, así como del tiempo, pues sólo de forma excepcional se alcanza un régimen permanente. Por consiguiente,

$$J_1 = f_1(T, S, Q, t, \text{ geometría e interrelaciones})$$

— J_2 , pérdida de carga como consecuencia del movimiento en régimen laminar no lineal—valores de R_e normalmente comprendidas entre 5 y 50—, en la zona de acuífero próximo a la captación.

$$J_2 = a \cdot Q^n \quad \text{siendo } 1 < n < 2$$

— J_3 , pérdida de carga como consecuencia del régimen laminar no lineal (menos lineal aún que el régimen anterior, por lo que, en este caso, vendría definido por un mayor exponente n) o, incluso, turbulento, que caracteriza el movimiento del agua en la zona artificialmente colmatada, más inmediata a pozos o sondeos recién perforados, durante la ejecución de los cuales, aparecieron pérdidas de lodos y/o de detritus. Una pérdida de carga similar se producirá en el caso de un sondeo que capte un lentejón menos permeable que el resto del acuífero.

El tiempo puede jugar aquí un papel particular, pues a medida que se prolonga un bombeo, la colmatación podrá, tal vez, ir disminuyendo, hasta desaparecer por completo en sondeos explotados durante un tiempo suficiente. Por lo tanto, si como es muy frecuente, la zona adyacente al sondeo está colmatada,

$$J_3 = f_3(Q^n, t) \quad \text{siendo } 1 < n < 2$$

Si, por el contrario, la zona inmediata a la captación, tiene una permeabilidad apreciablemente superior a la del resto del acuífero, lo que también es frecuente.

$J_3' = b \cdot Q$ siendo b función de la permeabilidad de la zona inmediata y de su grosor.

— J_4 , pérdida de carga por el movimiento en régimen turbulento o laminar no lineal, al atravesar el agua el filtro de entubación.

En el caso de que se trate de un manto libre en el que la depresión va aumentando con el tiempo y, por tanto, la superficie de paso para un cierto caudal es cada vez menor—con lo que la velocidad de entrada va en aumento—, el tiempo puede afectar en mayor o menor—aunque normalmente pequeña— medida, al valor de la pérdida de carga J_4 , por lo que,

$$J_4 = f_4(Q^n, t) \quad \text{siendo } 1 < n < 2$$

— J_5 , pérdida de carga eventual, cuando el agua debe efectuar un cierto recorrido dentro del pozo, hasta alcanzar la entubación de la bomba, como es el caso de mantos cautivos con la aspiración por encima del techo del acuífero; recorrido realizado en régimen turbulento o mixto.

$$J_5 = c \cdot Q^n \quad \text{siendo } 1 < n < 2$$

Por consiguiente, en el pozo de bombeo se verifica que:

$$\Delta_{\text{real}} = f(T, S, Q, t, \text{ geometría e interrelaciones}) + a \cdot Q^n + \begin{cases} f_3(Q^n, t) \\ b \cdot Q \end{cases} + f_4(Q^n, t) + c \cdot Q^n \quad [1],$$

en donde $1 < n < 2$ (de valor diferentes en cada sumando).

Para un acuífero de configuración hidrogeológica definida, con unas determinadas características hidráulicas y un cierto grado de colmatación, en el que se puede suponer despreciable la influencia del tiempo en los valores de J_3 y de J_4 , la depresión real en el pozo al cabo de un cierto tiempo preestablecido t , sería:

$$\Delta_{\text{real}} = A \cdot Q + B \cdot Q + C \cdot Q^n \quad [2],$$

en donde $1 < n < 2$ expresión en la que,

$A \cdot Q$ representaría la depresión teórica al cabo del tiempo t .

$B \cdot Q$ sería el término de depresión parásita lineal J_3' (aunque en este caso, el abjetivo parásita no sea sinónimo de perjudicial, si no todo lo contrario) y,

$C \cdot Q^n$ englobaría toda la depresión no lineal, debida a los movimientos laminar no lineal, mixto (*) o turbulento, representados por los términos J_2 , J_3 , J_4 , y también J_5 , si la perforación ha colmatado el acuífero en la zona del mismo adyacente al sondeo; o en el caso de que éste haya sido construido en una zona de acuífero de permeabilidad "desprivilegiada".

Subrayemos, por tanto, que no todo el término $C \cdot Q^n$ corresponde a pérdidas de carga en el pozo, ya que una parte de aquél, puede corresponder a pérdidas no lineales, en el propio acuífero.

4. ANALISIS CRITICO.

A partir de la ecuación [2], resulta teóricamente posible—aunque en la práctica sería un tanto complicado—, calcular las 3 incógnitas ($A+B$), C y n mediante un mínimo de 3 bombeos de idéntica duración t —al objeto de hacer comparable el valor de la depresión teórica J_1 — a diferentes caudales, separados por recuperaciones totales, es decir, nunca mediante escalones encadenados, ya que en tal caso no serían comparables los resultados de cada uno de ellos.

Evidentemente, la exactitud de este sistema exige poder despreciar la influencia del tiempo en una eventual descolmatación.

En definitiva, este esquema, que responde a las modificaciones que en el primitivo análisis efectuado por JACOB (6), introdujeron RORABAUGH (8), WALTON (11) y BEIRCHENK (2), pretende establecer la valoración de la calidad de una obra de captación mediante la relación $\frac{A \cdot Q}{\Delta_{\text{real}}}$, pues es evidente que la eficacia de un pozo o sondeo será máximo—100 por 100— cuando la depresión real coincida con la teórica, caso límite ideal.

(*) Hemos querido diferenciar el movimiento mixto propio de conductos regulares—entubación del sondeo, en nuestro caso— del laminar no lineal correspondiente a la filtración en medios porosos, aunque ambos responden a un mismo estado intermedio entre la circulación laminar y la turbulenta.

En principio, podría pensarse que la determinación de los parámetros C y n iba a representar también una valoración de la eficacia de una captación.

Sin embargo, este método, matemáticamente impecable en principio, presenta varias y fundamentales fisuras que, como luego veremos, obligan a desecharlo como sistema práctico de evaluación de la eficacia de un pozo.

Las críticas a hacer son las siguientes:

1.º Con mucha frecuencia, se ha observado importantes diferencias entre el valor $A \cdot Q$ deducido—cuando ello es posible—de la ecuación [2] y el valor teórico de la depresión, calculado una vez conocido el esquema hidráulico y los valores de los parámetros correspondientes T , S , etc., determinados mediante el adecuado Bombeo de Ensayo.

2.º Es evidente que cuando una colmatación importante se haya producido en las proximidades del sondeo, el término $C \cdot Q^n$ no podrá ser considerado como constante, además de que, como ya vimos, dicho término puede, incluir pérdidas de carga no lineales ajenas totalmente al sondeo de captación.

3.º MOGG (7) demostró que el coeficiente C depende en gran medida de la transmisividad del acuífero de forma que presentaría valores tanto menores cuanto mayor fuese aquélla. Este hecho resulta evidente, por otra parte, cuando la zona próxima a la captación posee una permeabilidad superior a la del resto del acuífero, lo que hace que una parte de las pérdidas de carga no lineales se conviertan en lineales.

Esta circunstancia quita toda validez a la clasificación propuesta por WALTON (11) que, partiendo de la constancia de C , pretende calificar todo sondeo en función del valor de dicho parámetro.

4.º MOGG (7) ha observado varios casos de sondeos con fuertes depresiones en los que el caudal específico medio iba disminuyendo de forma importante a medida que el bombeo se prolonga. Ello significaría que los efectos parásitos de los que un pozo y sus proximidades son sede, no dependen únicamente del caudal bombeado, si no también de las depresiones provocadas, debido, posiblemente, a alteraciones irreversibles en la contextura del acuífero, como consecuencia de presuntos regímenes límite en la circulación del agua (taponamiento progresivo de la tubería filtrante, y de la zona de acuífero próxima a aquélla, como consecuencia del

arrastre que se produce para grandes valores de la depresión).

Debido a todas las importantes limitaciones que acabamos de exponer, consecuencia, probablemente, del mal conocimiento de algunos de los términos J del apartado 3, y de la excesiva simplificación que supone el paso de la expresión [1] a la [2], parece evidente la justificación de desechar por completo la anterior metodología, como procedimiento objetivo de suficiente validez para la determinación de la calidad de una obra de captación.

Aún a sabiendas de este resultado, hemos creído útil dedicar tanto espacio al desarrollo y crítica de dicho método, bastante arraigado aún, y que ha sido objeto de pretendidas verificaciones y comprobaciones en varias publicaciones recientes, incluida una—que nosotros sepamos—de hace pocos años, en nuestro país.

Sin embargo, es preciso resaltar que la anterior descalificación se basa más en consideraciones teóricas y prácticas sobre la representatividad de la expresión [2] que en el fundamento mismo del método representado por la expresión [1].

5. METODOLOGIA PRACTICA.

En vista de la inutilidad real del método en que durante los últimos años se ha pretendido basar la técnica de los Ensayos de Pozo, expondremos a continuación los 4 sistemas que actualmente se ofrecen como más objetivos para la valoración de la calidad de una obra de captación. Asimismo, indicaremos sus limitaciones y campo de aplicación.

5.1. Método de escalones independientes.

Según hemos visto en el apartado 3, una parte, aunque no la totalidad, de las pérdidas de carga parásitas, son de tipo no lineal.

En este hecho se basa precisamente el método que a continuación describiremos, y que en esencia consiste en la realización de un cierto número de bombeos de idéntica duración, separados por recuperaciones casi totales.

— Sea Q el caudal máximo que en condiciones adecuadas puede ser obtenido de un pozo, o bien, simplemente, el caudal de explotación en un pozo ya instalado.

— Se efectuará n bombeos (se recomienda que n ,

todo lo mayor posible, no sea nunca inferior a 5) a caudales crecientes:

$$Q_1 = \frac{Q}{n}, Q_2 = \frac{Q}{n-1}, Q_3 = \frac{Q}{n-2}, \dots, Q_n = Q$$

con los que al cabo de un cierto t se provocarán otros tantos valores de la depresión.

— En cada uno de los bombeos, se calcula la correspondiente depresión específica relativa al tiempo t elegido.

— Es evidente que en un caso ideal en que la depresión real coincida con la teórica lineal, las depresiones específicas relativas anteriores serán de igual valor, independientemente del caudal respectivo. En la práctica ello no sucede así, si no que como consecuencia del régimen no lineal con el caudal, de la mayor parte de las pérdidas de carga parásitas, la depresión específica relativa irá aumentando a medida que lo haga el caudal.

— Por consiguiente, la medida de la disminución relativa de la depresión específica supondrá una valoración objetiva, de la calidad de una captación, por cuanto que pondrá en evidencia la importancia de los efectos perturbadores no lineales, y si bien el efecto de una eventual acidificación no influye en la forma de la curva característica, hay que tener en cuenta que el citado tratamiento además de ser beneficioso no afecta a la calidad del sondeo, propiamente dicho, si no a la del acuífero en su parte más próxima a aquél.

— En resumen, la relación,

$$\frac{\Delta_n/Q_n - \Delta_1/Q_1}{(\Delta/Q) \text{ media}} \quad [3]$$

permitirá obtener la valoración perseguida, y será tanto mayor la calidad de una obra, cuanto menor sea el valor de dicha relación. En la práctica, se acepta convencionalmente como buena calidad la correspondiente a un valor de la anterior relación, inferior al 15 por 100.

— Hay que subrayar que el porcentaje así deducido no equivale en absoluto a la proporción que, en la depresión total real, supone las pérdidas de carga parásitas, aunque, ciertamente, está íntimamente ligado a ella.

— El tiempo de duración de cada uno de los escalones de caudal ha de ser el mínimo—por claras razones de economía, dado el número de aquéllos; así como para evitar que aparezcan posibles alteraciones en el régimen de alimentación (desaturación

diferida, intercomunicación vertical con otros acuíferos, presencia de límites próximos, etc., etc.)—compatible con la representatividad de los resultados, representatividad que sólo será alcanzada cuando la duración de cada escalón sea superior al período inicial, en que el efecto de capacidad o vaciado del pozo introduce un importante error de falseamiento en las depresiones medidas.

BERKALOFF (1) demuestra que a partir del momento en que $t \gg \frac{25(R_p^2 - R_t^2)}{T}$

el error en la representatividad de las medidas de depresión en un pozo, es inferior al 2 por 100; siendo R_p el radio real medio del pozo, R_t el de la tubería de extracción y T la transmisividad calculada o supuesta del acuífero.

Para acuíferos medianamente transmisivos ($T > 10$ metros cuadrados/h) explotados por sondeos de no gran diámetro ($R_p < 0,30$ m), la duración mínima antes citada, puede ser inferior a los diez minutos. En tales casos, un tiempo de bombeo de treinta minutos para cada uno de los escalones, resultará ampliamente suficiente.

— Para la recuperación subsiguiente a cada uno de los bombeos, se hará normalmente necesario un tiempo doble, como mínimo, al descenso, para poder considerar que en cada escalón se parte siempre del nivel piezométrico en régimen no influenciado.

— En resumen, tomando 5 escalones para un ensayo normal, con una duración de media hora para cada uno de los descensos, la duración total del ensayo será de seis y media horas.

— Sucede con alguna frecuencia que el ensayo de pozo mediante este sistema de escalones de bombeo, se aplique a sondeos insuficientemente desarrollados, es decir, en sondeos donde al comenzar el primer escalón, no se ha conseguido una estabilización de la zona adyacente de acuífero—porque no se haya logrado aún la necesaria gradación granulométrica (en terrenos no considerados), o conseguido una suficiente limpieza de fisuras, en acuíferos en rocas fracturadas—. En tales casos, el desarrollo se seguirá efectuando durante los escalones, de forma que puede suceder que la depresión específica se mantenga constante con el caudal (resultado totalmente ilusorio y no representativo); que aumente menos de lo que debe corresponder a las características del pozo y del acuífero (encontrándonos entonces con una falsa buena calidad del sistema); o incluso, lo que no es difícil,

que la depresión específica disminuya al aumentar el caudal.

Para saber si nos encontramos en cualquiera de los tres anteriores casos (el primero y el último son fácilmente detectables, es preciso efectuar, después del último escalón a caudal máximo, un nuevo escalón al caudal mínimo. Si la depresión específica sigue siendo igual que la obtenida al principio, el ensayo de pozo será válido, por haberse efectuado sobre un pozo desarrollado. Si resulta ser apreciablemente inferior (con una diferencia superior al 10 por 100, por ejemplo), será necesario proceder a un desarrollo completo, antes de volver a repetir totalmente el ensayo por escalones.

— Como conclusión final, este método, a diferencia de los dos que describiremos a continuación, presenta la ventaja de suponer una valoración válida para una gama de caudales suficientemente amplia y representativa, con lo que ello supone en cuanto a posibilidad de interpolaciones gráficas, para caudales no experimentados; aunque, también es cierto, presenta el inconveniente de atribuir al pozo todas las pérdidas de carga no lineales.

5.2. Depresión teórica en el descenso.

Una vez establecido el esquema hidrodinámico del acuífero explotado por el pozo o sondeo cuya valoración se pretende, y el valor de los parámetros hidráulicos correspondientes, resulta, en principio, factible calcular el valor de la depresión teórica en el pozo de bombeo, al cabo de un cierto tiempo.

Como diferencia entre la depresión real resultante al cabo de ese tiempo y la teórica deducida en la forma indicada, poseeremos el valor de las pérdidas de carga para el caudal con que se ha efectuado todas las determinaciones.

Si es el esquema de JACOB-COOPER, derivado del de THEIS, el que resulte de aplicación, la expresión

$$\Delta_{\text{teórica}} = 0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r_p^2 \cdot S} \quad [4]$$

será la que nos indique el valor de la depresión teórica en el pozo de bombeo al cabo de un tiempo t determinado.

En la anterior expresión, el caudal de bombeo es perfectamente conocible. Mediante un bombeo de ensayo conducido en forma correcta con, por lo menos, un piezométrico adecuado, se puede obte-

ner valores de T y S realmente representativos de la parte del acuífero que va a ser directamente afectada en el curso de una explotación intermitente normal. Para ello, conviene que el piezométrico se encuentra situado a una distancia media del sondeo de explotación (no inferior a 100 ó 200 m, según los casos).

En tales circunstancias, solamente el radio eficaz del sondeo queda por determinar. Si en la forma que más adelante indicamos (ver apartado 5.4.), se ha conseguido determinar el valor r^* , del radio eficaz, la expresión [4] nos dará exactamente el valor que, para el caudal Q elegido y el tiempo t fijado, representan las pérdidas de carga debidas exclusivamente al acuífero (incluida la acción sobre el mismo de una eventual acidificación, pero sin contar las posibles pérdidas no lineales que en el acuífero pueden aparecer, aunque, afortunadamente, su valor resulta normalmente despreciable en comparación con el de las lineales).

Por tanto, la diferencia entre el valor real medido de la depresión y el deducido con los datos y en la forma que se acaba de señalar, a partir de la expresión [4], representa casi exactamente el valor de la depresión parásita ocasionada por la captación, para el caudal de bombeo Q elegido.

Si no ha sido posible efectuar el cálculo de r^* , no es normalmente considerable el error que se pueda cometer por tomar un valor aproximado del mismo, toda vez que entra dentro de un logaritmo. r^* tenderá a ser menor o mayor que el radio real, según que el sondeo se encuentre en una zona de acuífero en la que de modo natural o provocado, la transmisividad es menor o mayor, respectivamente, a la del resto del acuífero.

El presente método de cálculo de las pérdidas de carga parásitas representa, por tanto, una valoración de la calidad de un sondeo, objetiva y bastante exacta, pero poco representativa de los diferentes regímenes de bombeo posibles, de forma que si para el caudal con que han sido calculadas las pérdidas de carga parásitas, el porcentaje correspondiente de éstas supone, por ejemplo, un 20 por 100 del total, ello no nos autorizará en absoluto a aplicar dicho valor a otro caudal de bombeo, con la peculiaridad de que tal porcentaje variará en el mismo sentido que el caudal de bombeo: aumentará para mayores valores de Q y será menor cuando éstos disminuyan.

La única condición para la aplicación del presente método estriba en la necesidad de que el tiempo

para el que se apliquen los cálculos, ha de ser superior al período en que, según vimos más arriba (apartado 5.1.), el efecto de vaciado o capacidad del pozo suponga un error inferior al 2 por 100 en la representatividad de las medidas de depresión.

5.3. Método de bombeo en recuperación.

Hace algunos años BONNET, UNGEMACH y SUZANNE (3) pusieron a punto un método para el cálculo del valor de las pérdidas de carga parásitas correspondientes a un cierto caudal de bombeo, método que en esencia responde al mismo principio que el indicado en el subapartado anterior.

Sin embargo, este método solamente resulta válido para el caso de que el esquema hidrodinámico de circulación alrededor del pozo se adapte suficientemente a las hipótesis de THEIS y a las simplificaciones de JACOB-COOPER, condición que con frecuencia resulta muy holgada.

En tal caso, si H_0 es la cota absoluta del nivel piezométrico antes del comienzo del bombeo, y H_f es la correspondiente al final del mismo—al cabo de un tiempo t_1 —nuestra conocida expresión del descenso del nivel piezométrico podrá ser representada en la siguiente forma:

$$H_0 - H_f = 0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t_1}{r_p^2 \cdot S} + \Delta_{\text{parásita}}$$

expresión en la que va incluido el término correspondiente a las pérdidas de carga parásitas.

Para un valor t' del tiempo, contado a partir del comienzo de la recuperación, tal que

$$t' > \frac{25(R_p^2 - R_t^2)}{T}$$

(de forma que para entonces resulte ya despreciable el efecto de postproducción o de llenado), si es H' la correspondiente cota absoluta del nivel piezométrico, el valor de la depresión residual vendrá dada por:

$$H_0 - H' = 0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{t_1 + t'}{t'}$$

De las dos depresiones anteriores resulta que,

$$H' - H_f = 0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 \cdot T}{r_p^2 \cdot S} \cdot$$

$$\cdot \frac{t_1 \cdot t'}{t_1 + t'} + \Delta_{\text{parásita}}$$

Por el mismo procedimiento indicado en 5.2. y con las limitaciones allí apuntadas, podremos llegar a calcular el valor de las pérdidas de carga parásitas correspondientes al caudal Q bombeado, introduciendo el valor de la altura piezométrica recuperada en el tiempo t' .

La única ventaja que supone este método con respecto al anterior, puesto que ambos son fundamentalmente idénticos, es la que se deriva de una mayor exactitud en la medida de los niveles piezométricos durante la recuperación con relación al descenso.

Por lo demás, tanto uno como otro sistema presentan la fundamental ventaja de poderse aplicar como parte de un Bombeo de Ensayo, sin que sea necesaria la realización de ninguna prueba de carácter específico al fin perseguido.

5.4. Radios eficaces de un sondeo.

Algunos profesionales son excesivamente partidarios de expresar la calidad de un pozo o sondeo mediante el cálculo de su radio eficaz. Parece, por tanto, conveniente que dediquemos una cierta atención al tema, dado que tal procedimiento resulta siempre muy delicado y conduce con frecuencia a resultados erróneos.

En un primer grado de exigencia, el comportamiento de un pozo será "correcto" cuando para unas determinadas características del acuífero (consideradas como representativas de la parte del mismo que será interesada en el curso de un bombeo de duración igual al máximo período ininterrumpido de explotación, es decir, valores de T y S a media o gran escala), el valor de la depresión específica real, para un bombeo de duración y a caudal determinados, sea el que correspondería a un acuífero homogéneo definido en su totalidad (desde la pared del sondeo, hasta el límite de acción), por T_m y S_m (valores medios), explotado mediante un pozo de radio eficaz igual al real. En otras palabras, eso sucedería cuando en el curso de un bombeo de duración representativa, la geometría del cono de depresión, no presente ninguna ruptura de continuidad, y quede, por tanto, definida en su totalidad por cualquier expresión teórica (THEIS, por ejemplo), en la que sólo intervengan los valores T_m y S_m ya citados. En tal caso, podremos asegurar que la construcción del pozo (desde su perforación hasta el dimensionado y elección de su equipamiento) es estrictamente perfecta, o lo que es igual, ni la per-

foración del mismo alteró en absoluto las características hidráulicas del manto, ni la instalación de macizos filtrantes, filtros, tuberías, etc., introduce la más mínima pérdida de carga parásita.

No hace falta decir que tales circunstancias son imposibles de conseguir, por lo que si nos encontramos con un pozo real que funcione con un radio eficaz igual a su calibre de perforación, y ello puede suceder, será porque, para un cierto caudal, las pérdidas de carga parásitas en el fitro, etc., son exactamente compensadas por unas mejores características locales (casi puntuales) del acuífero, en relación con los valores medios del mismo. Por ejemplo, esto es lo que sucede cuando el pozo se halla sobre un lentejón de gravas gruesas en tanto que el resto del acuífero está constituido por unas arenas finas o lo que es más sencillo aún, el ya citado caso de un sondeo sometido a una eficaz acidificación.

Es evidente que las características locales del manto pueden ser tan superiores a los valores medios del mismo que no sólo compensen, si no que incluso provoquen una depresión específica inferior a la teórica para el radio real. En tal caso, si seguimos considerando el acuífero como homogéneo, se trataría de un pozo más que perfecto, es decir, con un radio eficaz superior al real.

Aunque un caso así puede llegar a aparecer ciertamente ello es bastante infrecuente y requiere de unas circunstancias excepcionales favorables, como por ejemplo, el caso de un acuífero en calizas moderadamente fisuradas captadas por un sondeo que haya sido sometido a un proceso de acidificación con resultados extraordinariamente positivos, en el que se bombea a caudal moderado o bajo.

Por último, si como es normal, no se tiene la fortuna de colocar el sondeo en una zona de permeabilidad privilegiada (en valores relativos) y el pozo aunque de buena realización, no llegue, ni mucho menos, a perfecto, nos encontraremos con que el nivel piezométrico en el pozo al cabo de un cierto tiempo de bombeo se situará por debajo del valor teórico que resultaría de aplicar, por ejemplo, THEIS, etc., con los valores T_m y S_m y con el valor real del radio. Esto significa que el sondeo tiene un radio eficaz menor que el real.

Por lo tanto, conocidos T_m y S_m , para un bombeo a un cierto caudal Q , al cabo de un tiempo t cualquiera,

$$r_e = \sqrt{\frac{2,25 \cdot T_m \cdot t}{S_m} \cdot e^{-\left[\frac{4 \cdot \pi \cdot T_m \cdot \Delta_{\text{real}}}{Q}\right]}} \quad [5]$$

La figura 2 representa numerados según han sido citados, las tres posibilidades del valor del radio real, con respecto al eficaz.

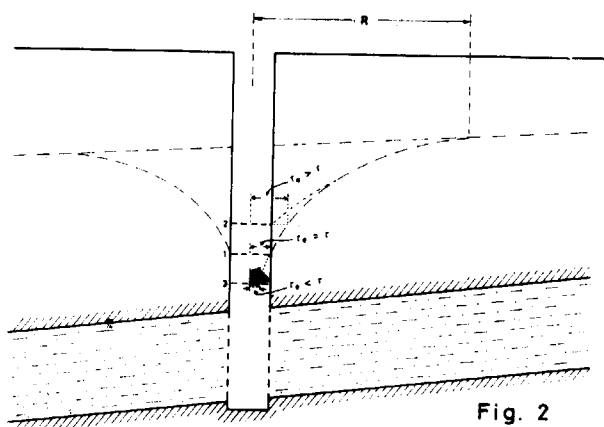


Fig. 2

En función de cuanto acaba de ser expuesto, el radio eficaz de un pozo, tal como acaba de ser definido, representa una valoración simultánea del conjunto pozo-zona adyacente del acuífero, para un determinado caudal de bombeo.

Si mediante una serie suficientemente numerosa de escalones de bombeo, de las características indicadas en el apartado 5.1., llegamos a construir una buena curva característica (que será representativa para el tiempo de escalón que se ha elegido, si cada uno de ellos comienza con un nivel piezométrico prácticamente igual al que tendría el manto en régimen no influenciado); de ella podremos deducir un muy exacto valor de (Δ/Q) para $Q \rightarrow 0$, que será la inversa del valor de la pendiente de la tangente en el origen a la curva característica $Q=f(\Delta)$.

Por tanto, puesto que para $Q \rightarrow 0$, las pérdidas de carga parásitas son prácticamente despreciables (dada la casi nula velocidad con que el agua entra en el pozo), utilizando la aproximación logarítmica [4], tenemos que,

$$r_e^* = \sqrt{\frac{2,25 \cdot T_m \cdot t}{S_m} \cdot e \left[-4 \cdot \pi \cdot T_m \cdot \left(\frac{\Delta_{\text{real}}}{Q} \right)_0 \right]}$$

Sin embargo, el método que acabamos de describir, nos conducirá a la determinación de un radio eficaz distinto del que fue definido en la primera parte de este subapartado, ya que en aquella ocasión se trataba de un radio eficaz consecuencia de la calidad del conjunto pozo-zona adyacente del

acuífero, en tanto que el cálculo desarrollado en esta segunda parte nos lleva a un radio eficaz consecuencia exclusiva de la calidad del acuífero en la zona adyacente del pozo, ya que al elegir una depresión específica para el caudal mínimo, hemos hecho nula la influencia perturbadora del pozo, por habernos permitido despreciar las pérdidas de carga parásitas de que éste es sede.

Por tanto, y como resumen, dado que r_e depende —además de las características del conjunto pozo-acuífero— de cada caudal, y que r_e^* no representa sino una valoración —aunque objetiva y general— de la zona de acuífero más próxima al sondeo, deberemos concluir que el radio eficaz de un pozo no resulta muy... eficaz como valoración única del mismo.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

En todo lo que antecede, nos hemos propuesto, por un lado, estudiar cualitativamente y con suficiente detalle, el carácter y dependencias del movimiento del agua hacia una captación, lo que nos ha permitido establecer la relación general que expresa el valor de la depresión real en un pozo de bombeo, poniendo de manifiesto, después, que resultan excesivas las simplificaciones adoptadas en el paso de dicha relación general a la conocida expresión

$$\Delta_{\text{real}} = A \cdot Q + B \cdot Q + C \cdot Q^n$$

en la que durante los últimos años se ha pretendido fundamentar el cálculo de las pérdidas de carga parásitas inherentes a la presencia de un pozo de bombeo; cálculo que supondría una valoración objetiva de la calidad de tal captación.

Vista la inadecuación de tal expresión, hemos indicado y desarrollado los que, a nuestro juicio, se ofrecen en la actualidad como únicos medios existentes para la consecución del fin perseguido.

Sin embargo, interesa resaltar que de los 4 métodos descritos, a pesar de sus limitaciones, se puede obtener una valoración de las pérdidas de carga de tipo parásito que dan lugar —mezclándose con la depresión teórica— a un cierto valor de la depresión real total del nivel piezométrico.

Como juicio de valor, parece clara la superioridad del método consistente en efectuar un bombeo a escalones de caudal independientes.

En este sentido, no se insistirá nunca suficientemente sobre lo erróneo e inútil de efectuar bombeos con escalones encadenados que, por otra parte, raramente resultan impuestos por condicionamientos económicos; y que desde un punto de vista interpretativo, plantean problemas innecesarios (bombeos superpuestos; necesidad, para poder descomponerlos, de conocer la evolución de la depresión durante todo el ensayo; empleo, obligatorio, de tiempos corregidos), además de que en el curso ininterrumpido de su realización, pueden aparecer alteraciones en el régimen de alimentación del acuífero (desaturación diferida, intercomunicación vertical con otros acuíferos, límites próximos, etc.), susceptibles de imposibilitar la comparación de los resultados de los sucesivos escalones.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BERKALOFF, E.: "Effet de capacité des puits sur la depresión du niveau piezométrique. Limites de validité des formules de Theis et de Jacob". B. R. G. M. DS. 66. A 128 (1966).
- (2) BIERSCHENK, W. H.: "Determining well efficiency by multiple step-drawdown test". Publicaciones de la As. Int. Hidr. científica, núm. 64, págs. 493-507 (1964).
- (3) BONET, M., UNGEMACH, P., SUZANNE, P.: "Interpretation des essais de pompage en regime transitoire. L'effet de puits et la post-production". Chronique d'Hidrogeologie, núm. 12, págs. 113-126 (1967).
- (4) BREMOND, R.: "Contribution á l'interpretation des mesures de débit et de rabattement dans les nappes souterraines". Gauthier-Villars, París (1965).
- (5) HANTUSH, M. S.: "Hydraulics of wells". Avances en ciencias del agua. Nueva York (1964).
- (6) JACOB, C. E.: "Drawdown test to determine effective radius of artesian well". Trans. amer. Soc. siv. eng., 112, pub. 2321, págs. 1.047-1.070 (1947).
- (7) MOGG, J. L.: "Step-drawdown test needs critical review". Ground Water. U.S.A., 7, núm. 1, páginas 28-34 (1969).
- (8) DORABAUGH, M. I.: "Graphical and theoretical analysis of step-drawdown test of artesian well". Proc. amer. Soc. civil. Eng., 79, separata, núm. 362 (1953).
- (9) SCHNEEBELI, G.: "Hydraulique souterraine". Eyrolles, París (1966).
- (10) SCHOELLER, H.: "Les eaux souterraines". Mosson, París (1962).
- (11) WALTON: "Selected analytical methods for well and aquifer evaluation". Illinois State Water Survey, Boletín núm. 49 (1962).

Recibido: mayo 1973.

Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba: Los gneises milonitas de Higuera de Llerena (provincia de Badajoz)

Por J. CHACON (*)

RESUMEN

En esta zona se aportan nuevos datos sobre los porfiroides que afloran entre Valencia de las Torres y la falla de Higuera de Llerena situado al SW. Todos ellos se distribuyen en cuatro tramos que constituyen la formación de Las Grullas. Los gneises milonitas de Higuera de Llerena forman uno de estos tramos. Se destaca el carácter cataclástico de la Formación y se ofrece una primera descripción de los materiales aflorantes en la Hoja 855 de Usagre.

Finalmente se comenta el resultado del análisis de forma y orientación respecto a la esquistosidad S_2 de flujo cataclástico, de 236 porfiroblastos de feldespato de los gneises milonitas de Higuera de Llerena, y se expone un primer esquema sobre la evolución precataclástica y sincataclástica de estos materiales. En dicho sentido se diferencian varios episodios:

1. Metamorfismo dinamo-térmico con formación de granate y biotita, después estaurolita y cianita, y quizá, posteriormente, sillimanita y biotita. Se forma una esquistosidad que se denomina, momentáneamente, S_1 .
2. Metamorfismo dinámico a temperatura elevada, con génesis de una S_2 de flujo cataclástico y formación de gneises milonitas, blastomilonitas y milonitas.
3. Metamorfismo dinámico a baja temperatura en el que se forman ultramilonitas, protomilonitas y milonitas. Esta etapa debió ocurrir en relación con un funcionamiento posterior de la falla de Higuera de Llerena.
4. Deformaciones posteriores. Se origina una esquistosidad de fractura S_3 y posteriormente brechificaciones que afectan a todos los tramos.

Queda manifiesto el carácter policataclástico de la Formación de Las Grullas, y se plantea la posibilidad de un metamorfismo dinamo-térmico precataclástico y complejo.

ABSTRACT

New data about the porphyroid rocks outcropping between Valencia de las Torres and the Higuera de Llerena fault line are presented. The rocks are distributed in four levels which constitute what will be called Las Grullas Formation. One of these levels is built up by the Higuera de Llerena mylonite gneisses.

The cataclastic character of the Las Grullas Formation is pointed out and a first description of other outcropping materials in the Hoja 855 (Usagre) is presented.

Finally, the result of an analysis of the form and orientation of 236 mylonite gneisses feldspar porphyroclast in relation to the S_2 cataclastic fluxion schistosity are discussed, and a first attempt is made to explain the precataclastic and sincataclastic evolution of this materials.

Four different stages are distinguished:

1. Dynamothermal metamorphism, which causes growth of garnet and biotite, then staurolite and Kyanite and, perhaps later sillimanite and biotite. A tentatively nominated S_1 schistosity is formed.
2. Dynamic metamorphism at high temperature, with genesis of a S_2 cataclastic fluxion schistosity and formation of mylonite gneisses, blastomylonites, and mylonites.

(*) Departamento de Geotectónica, Facultad de Ciencias, Universidad de Bilbao. Este trabajo de investigación forma parte de un estudio más amplio que desde 1971, se realiza en los sectores próximos a Ahillones, Llerena,

Fuente de Cantos, los Santos de Maimona, Villafranca de los Barros, Campillo de Llerena y Magilla, con especial énfasis en el sector próximo a Usagre, Valencia de las Torres e Hinojosa del Valle, y son el objeto de la Tesis Doctoral del autor.

3. Dynamic metamorphism at low temperature, with formation of ultramylonites, mylonites and protomylonites. This stage can be related with later movements along the Higuera de Llerena fault line.

4. Latest deformations. A S_3 fracture cleavage is developed and then all the levels are brecciated.

The polycataclastic character of the Las Grullas formation is underlined and the possibility of a complex, precataclastic dynamothermal metamorphism is put forward.

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

Los gneises milonitas de Higuera de Llerena forman parte de una serie metamórfica que se extiende a lo largo del anticlinorio Córdoba-Badajoz. Esta serie incluye rocas "orto" y paragneísicas, esquistos pelíticos y cuarzo-feldespáticos, anfibolitas y rocas calco-silíceas. En el sector central de la Hoja de Usagre, se distinguen cuatro formaciones y una banda de tortogneises, en esta serie:

1. *Formación de Las Grullas*, compuesta por rocas cataclásticas gneísicas y metapelíticas, y, localmente anfibolitas.

2. *Formación de Valencia de las Torres*, constituida por gneises cuarzo-feldespáticos anfibólicos y moscovíticos, gneises cuarcíticos finamente bandeados, cuarcitas feldespáticas y anfibolitas, todos ellos con marcado carácter cataclástico.

3. *Formación del Reventón*, representada por rocas carbonatadas y calco-silíceas metamorfizadas, milonitizadas, y localmente brechoides.

4. *Ortogneis de Ribera del Fresno*.

5. *Formación de la Atalaya*, constituida por micascuitos y cuarcitas con granate y biotita.

Este conjunto se sitúa dentro del Macizo Hespérico, en el sector occidental de la zona de Ossa-Morena (F. LOTZE, 1945).

Los gneises milonitas de Higuera de Llerena forman parte de la formación de Las Grullas y, con un espesor de unos 250 metros, afloran en una estrecha banda que se inicia en las inmediaciones de Higuera de Llerena y acaba en las proximidades del kilómetro 11,5 de la carretera Llera-Usagre. El propósito de esta nota es destacar el carácter cataclástico de la formación, y presentar un estudio de la orientación relativa, respecto a la esquistosidad S_2 de flujo cataclástico, de 236 porfiroclastos medidos en los gneises milonitas.

1.2. RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES Y ANTECEDENTES.

Los gneises milonitas de Higuera de Llerena, y, en general, las rocas cataclásticas gneísicas que

constituyen la Formación de Las Grullas, establecida en este trabajo, han sido objeto del interés de los geólogos que han estudiado anteriormente el Macizo Hespérico Meridional. Hasta el momento las referencias más significativas, sobre los materiales que se estudian en esta nota, existentes en la bibliografía son las siguientes:

— J. P. BARD (1967) habla de unos ortogneises del tipo "Ollo de Sapo" que afloran al S de Valencia de las Torres y describe su contenido en biotita, granate, sillimanita y cianita, más o menos estirados y deformados. Los relaciona, por su forma de yacimiento y la presencia de megacristales antemetamórficos, con la Formación porfiroide infracámbrica denominada "Ollo de Sapo", aflorante en Galicia. En cuanto a su origen este autor propone dos hipótesis:

— Son el resultado del metamorfismo de los porfiroides de la serie de Malcocinado (W. FRICKE, 1941) de supuesta edad infracámbrica y aflorantes también en la Sierra Morena.

— Son niveles de edad precámbrica comparables al Brioveriense de Bretaña, metamorfizados durante una orogenia assíntica.

Finalmente, tras una breve discusión, admite que sólo el descubrimiento de niveles metamórficos posteriores al Cámbrico o los datos radiométricos, podrían resolver el problema.

— J. L. HERNÁNDEZ-ENRILE (1971, pp. 368-369) comenta que las rocas porfiroides de facies "Ollo de Sapo" de Valencia de las Torres, yacen interestratificadas en los materiales pertenecientes a la "serie Negra", por lo que las considera de edad Precámbrico superior.

— M. DELGADO (1971) distingue, dentro de la Hoja 878 de Azuaga, una Formación blastomilonítica que atribuye al precámbrico, compuesta por dos tramos:

— Tramo de paragneises del Arroyo Argallón.

— Tramo de las Mesas.

El Tramo de paragneises del Arroyo Argallón aflora en una banda que desde el Arroyo Argallón se continúa hasta Azuaga, N de Berlanga y se extiende, dentro de la Hoja de Usagre, hasta el sec-

tor de Arroyo Conejo y Valencia de las Torres. Se compone de gneises oftálmicos grises o violáceos, entre los que se intercalan horizontes cuarcíticos que oscilan entre 2 y 25 cm. y presentan un elevado metamorfismo que llega a producir zonas de migmatización.

El Tramo de las Mesas aflora en una banda que va desde el N de Berlanga hasta el NE de la aldea de Piconcillo, en la Hoja de Fuenteovejuna, y contacta normalmente hacia el S con el Tramo anterior. Se caracteriza por la abundancia de anfibolitas y esquistos anfibólicos entre los cuales se intercalan localmente calizas marmorizadas. En las inmediaciones de Azuaga, esta Formación blastomilonítica cabalga con ángulo de unos 65° al NE, a la Formación de Azuaga situada al S del anterior. La falla produce una zona de cataclasis que puede llegar a extenderse del orden de los 200 m a cada lado de la zona de fractura.

La formación de Azuaga, es de edad Precámbrica, y asimilable a la "serie Negra" (M. ALÍA, 1963; J. P. BARD, 1965; R. VEGAS, 1968) y al Precámbrico citado en la banda Aceuchal-Hinojosa (J. P. BARD, 1965). Ocupa una gran extensión en la Hoja de Azuaga y se compone de pizarras grisáceas, con lechos, cuarcíticos y/o grauwáquicos con granates en la base y un metamorfismo progresivamente menor hacia el techo.

F. LOTZE (1945) relacionó los porfiroides de Azuaga y Cala con la Formación "Ollo de Sapo", de Puebla de Sanabria (Zamora). También los porfiroides de Aceuchal, Bodonal de la Sierra de Villalba de los Barros (Badajoz) se han considerado como tipo "Ollo de Sapo" (I. PARGA-PONDAL et al 1964; J. P. BARD, 1965, 1967, 1969, etc.; J. L. HERNÁNDEZ-ENRILE, 1971).

La Formación "Ollo de Sapo", aflorante al NW del Macizo Hespérico, ha sido objeto de diversos estudios (I. PARGA-PONDAL et al, 1964; P. MATTE, 1968; R. CAPDEVILA, 1969; E. MARTÍNEZ-GARCÍA, 1969, 1971 y 1973). Respecto a su origen hay diversas opiniones:

- Origen detrítico por erosión de granitos y gneises precámbricos, con intercalaciones de tobas ácidas (I. PARGA-PONDAL et al., 1964; P. MATTE, 1968; R. CAPDEVILA, 1969).
- Origen por acumulaciones de tobas ácidas e intermedias, con cierto aporte detrítico, en un mar somero y cercano a tierras emergidas (E. MARTÍNEZ-GARCÍA, 1973).

E. DEN TEX (1961), menciona al "Ollo de Sapo" como una faja milonitizada situada en el límite en-

tre Galicia cristalina y Galicia poco o nada metamórfica.

En cuanto a su edad parece estar comprendida entre el Precámbrico-Cámbrico inferior y el Cámbrico superior o incluso Ordovícico (E. MARTÍNEZ-GARCÍA, 1973).

En la opinión del autor del presente artículo, las relaciones entre los distintos dominios del Macizo Hespérico sólo podrán establecerse con precisión cuando se disponga de cartografía y estudios estratigráficos, petrológicos y estructurales detallados de grandes áreas que no han sido estudiadas hasta el momento.

Respecto a los porfiroides de Sierra Morena se aprecia que con la denominación tipo "Ollo de Sapo" se indica en realidad el parecido entre porfiroides ácidos infrapaleozoicos, resultado de la convergencia en los caracteres petrográficos de rocas de composición y estructura aproximadamente similares.

Así algunos autores (R. CAPDEVILA, P. MATTE y J. PAREDES, 1971), encuentran que los gneises glandulares de Azuaga (relacionados anteriormente con la Formación "Ollo de Sapo" y equivalentes a los de Higuera de Llerena y Valencia de las Torres) se parecen a los de Morais en Portugal o a los de Languedoc en Bretaña (de edad Precámbrica). En la opinión del autor de la presente nota también se pueden parecer a los gneises de La Morcuera (Madrid) de edad Precámbrica y relacionados con el "Ollo de Sapo" (M. J. FERNÁNDEZ y R. CAPOTE, 1970) o a los "augengneisses" de McMurdo Sound del escudo Precámbrico Antártico (S. B. SMITHSON, D. J. MURPHY and R. HOUSTON, 1971), ya que todos ellos tienen una edad Precámbrica y similares caracteres petrográficos.

Volviendo al sector central de la Hoja de Usagre se observa la disposición que se describe a continuación: La formación de Las Grullas está limitada hacia el S. por una falla de enorme importancia que pasa por las inmediaciones de Higuera de Llerena y delimita dos sectores marcadamente distintos.

1. *Sector de Usagre.*—Caracterizado por el predominio de rocas sedimentarias o metasedimentarias con intercalaciones de rocas ígneas. Un corte realizado desde Usagre hasta la falla de Higuera de Llerena en el NE muestra la siguiente disposición:

— *Formación carbonatada*, constituida por calizas se extiende en una alineación que va desde los Santos de Maimona hasta Zafra por el W y hacia Llerena por el E. En otros puntos se ha data-

do como Georgiense medio. Esta alineación constituye el borde N del sinclinorio Llerena-Alanis. Quedan otros afloramientos de calizas como el que forma la Sierra del Calvo entre Usagre e Hinojosa del Valle y algunos retazos al NE de Llerena.

— *Formación de Usagre*, situada en el borde S del anticlinorio Córdoba-Badajoz, está formado por una potente serie de arcosas, conglomeráticas en ciertos niveles, y cuarcitas feldespáticas con bancos de 20-30 cm. en las inmediaciones de Usagre y más delgados hacia el N. Los conglomerados aparecen frecuentemente asociados al contacto NE de la formación, aunque también aparecen esporádicamente en el resto del paquete. Hay afloramientos, poco abundantes, de rocas ígneas porfídicas ácidas y básicas hacia la base. Su potencia total es de unos 1.500 m.

— *Formación de las Torrecillas*, comienza por una serie de pizarras grises con "kink-bands" y con un bandeado por intersección de superficies "S"; progresivamente pasan a pizarras oscuras y verdosas con frecuentes intercalaciones de rocas básicas.

— *Banda granitoide del Mosquil*, es una estrecha banda de rocas básicas contaminadas y acidificadas; en los bordes del afloramiento están granuladas y brechificadas. Se compone de granodioritas, monzodioritas, microdioritas y microgabros y su potencia es de unos 600 m. Se ha podido seguir su afloramiento desde el sector S de Hinojosa del Valle, hasta el N de Villagarcía de la Torre, en relación con un accidente tectónico de directriz N 140.

— *Formación de la Dehesa del Marqués*, comienza hacia el SW, a continuación de la banda granitoide de Mosquil, por una alternancia de pizarras verdes y cuarcitas oscuras, en bancos de hasta 60 cm. de espesor. Este paquete tiene unos 100 a 200 m. de potencia y puede seguirse en dirección N 140 por los resaltes que produce en el paisaje. Va seguido por una monótona serie de pizarras metapelíticas oscuras, con metamorfismo creciente hacia el NE donde llegan a ser esquistos y cuarcitas con clorita (cloritoide), biotita, granate, estauroilita y andalucita en las proximidades del contacto de falla que lo separa de la formación de Las Grullas.

En conjunto la esquistosidad más generalizada buza hacia el NE. En la opinión del autor se pueden establecer las siguientes atribuciones, basadas en la bibliografía citada anteriormente y en observaciones realizadas en áreas vecinas.

Formación carbonatada:
Cámbrico (Georgiense medio).

Formación de Usagre:

Formación de Sotillo (Cámbrico inferior)

Formación de las Torrecillas:

Precámbrico superior o Cámbrico inferior (Serie Negra) (Formación de Azuaga).

Formación de la Dehesa del Marqués:

Precámbrico superior o Cámbrico inferior (Serie Negra) (Formación de Azuaga).

Falla de Higuera de Llerena:

Falla de Azuaga.

2. *Sector de Llerena-Valencia de las Torres.*— En él se puede distinguir de SW a NE, desde la falla de Higuera de Llerena, la siguiente disposición:

- *Formación de las Grullas*, serie gneésica y metapelítica cataclástica.
- *Formación de Valencia de las Torres*, serie de paragneises y anfibolitas con carácter cataclástico.
- *Formación del Reventón*, calizas metamorfizadas, milonitizadas y brechificadas.
- *Ortogneis de Ribera del Fresno.*
- *Formación de Atalaya*, micasquistos y cuarcitas con granate y biotita.
- *Serie del río Matachel*, porfidos ácidos, argilitas, pizarras verdes, rocas ígneas básicas de grano fino, y conglomerados violáceos.

Las cuatro primeras formaciones constituyen el núcleo anticlinorio Córdoba-Badajoz, en el que aflora además el ortogneis de Ribera del Fresno. La serie del río Matachel ha sido atribuida al Cámbrico (R. VEGAS, 1971), silúrico (mapa geológico de España, escala 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja núm. 67-68 de Cheles-Villafranca de los Barros (Badajoz) (1973), aunque los autores citados están de acuerdo en atribuir al Carbonífero las pizarras verdes y conglomerados violáceos que afloran en las proximidades del río Matachel (ver también M. DELGADO, 1971). En la opinión del autor del trabajo es seguro que el carbonífero está representado mediante los conglomerados poligénicos gruesos y violáceos que se han citado, en afloramientos que se disponen esporádicamente a lo largo de esta banda.

Aunque nada nuevo se puede aportar, hasta el momento, sobre la edad de las cuatro formaciones y la banda de ortogneis que constituyen el sector Llerena-Valencia de las Torres, se pueden avanzar las siguientes correlaciones, basadas en la bibliografía existente, con los materiales aflorantes al SE en la Hoja 878 de Azuaga (M. DELGADO, 1971).

Falla de Higuera de Llerena:

Falla de Azuaga.

Formación de las Grullas:

Tramo del Arroyo Argallón.

Formación del Reventón:

Tramo de las Mesas.

Formación de Valencia de las Torres:

Tramo de las Mesas.

Ortogneis de Ribera del Fresno:

Ortogneis de las Minillas.

Formación de la Atalaya:

Formación de Azuaga.

Tramo del Encinalejo.

Esta disposición se continúa aún más al SE, en el extremo NW de la Hoja núm. 900 de la Cardenosa (A. GARROTE, com. pers.).

El propósito del autor es analizar cuidadosamente la evolución metamórfica y tectónica de los materiales situados a ambos lados de la falla de Higuera de Llerena y tratar de obtener, mediante comparación entre ambos sectores, ideas sobre sus edades relativas y posición en el edificio estructural hercínico y prehercínico.

1.3. MÉTODOS DE TRABAJO.

Se han estudiado 61 láminas delgadas de muestras de la formación de Las Grullas recogidas entre Llera e Higuera de Llerena. Se han recogido datos, en diferentes afloramientos, sobre secciones de 236 porfiroclastos de feldespato de los gneises milonitas de Higuera de Llerena, en cada una de las cuales se han medido las dos dimensiones extremas (longitud y anchura) y el ángulo aparente que la dimensión mayor forma con la esquistosidad de flujo cataclástico. Las medidas se realizaron en diversos puntos próximos al kilómetro 2 de la carretera de Valencia de las Torres a Usagre y en las proximidades de Higuera de Llerena.

Se ha analizado la distribución de las medidas recogidas, tratando de analizar la relación entre el tamaño, el índice de alargamiento (cociente entre la dimensión mayor y la menor) y el grado de adaptación a la esquistosidad de flujo de los porfiroclastos escogidos. Como estimación numérica del volumen del porfiroclasto se ha considerado el producto entre sus dimensiones extremas, es decir, el área del rectángulo circunscrito a cada sección del porfiroclasto observada (F. CHAYES, 1956). Este rectángulo repre-

sentaría al idioblasto de feldespato precataclástico que, rotado posteriormente, ha sido deformado y envuelto por la esquistosidad de flujo cataclástico S_2 , como se verá más adelante. El "grado de adaptación" de los porfiroclastos queda reflejado por el ángulo aparente α que forman su dimensión mayor con la esquistosidad de flujo cataclástico.

Los datos obtenidos del estudio microscópico en lámina delgada y el análisis de las medidas de los porfiroclastos se han complementado con las observaciones realizadas sobre el terreno.

1.4. TERMINOLOGÍA UTILIZADA.

En los últimos años se han propuesto diversas clasificaciones sobre rocas de metamorfismo dinámico y aportado nuevos datos sobre aspectos diversos de los procesos cataclásticos y cristaloblásticos en zonas de cizalla (A. SPRY, 1969; J. BELLIERE, 1971; N. W. HIGGINS, 1971; A. BEACH, 1973; T. H. BELL y M. A. ETHERIDGE, 1973; J. V. ROSS, 1973...). En este trabajo se utilizará la clasificación propuesta por M. W. HIGGINS (1971) basada en caracteres petrográficos fácilmente mensurables y de inmediatas implicaciones petrogenéticas.

2. DESCRIPCIÓN DE LA FORMACIÓN DE LAS GRULLAS.

Se pueden distinguir cuatro tramos dentro de esta formación (fig. 1).

Tramo 1. Milonitas y ultramilonitas brechificadas de composición pelíticas y cuarzo-feldespáticas. Potencia de unos 100 m.

Tramo 2. Milonitas y protomilonitas, cuarzo-feldespáticas con biotita, granate, mica blanca y sillimanita. Potencia de unos 300 m.

Tramo 3. Gneises milonitas con granate, biotita, sillimanita y cianita, e intercalaciones de ultramilonitas con granate. Potencia de unos 250 m.

Tramo 4. Gneises blastomilonitas, con biotita, sillimanita, estauroлита, cianita y granate e intercalaciones de esquistos milonitizados. Potencia de unos 1.500 m.

A continuación se describen los rasgos petrográficos más notables de los materiales que componen los distintos tramos.

Tramo 1. Milonitas y ultramilonitas de composiciones pelíticas y cuarzo-feldespáticas brechificadas. Se compone, desde la falla de Higuera de Llerena hacia en NE, de milonitas metapelíticas de

color oliváceo-amarillento (1), seguidas de un paquete de ultramilonitas y milonitas cuarzo-feldespáticas de tonos muy claros y brechificados. Forman una banda estrecha y continua que puede seguirse hacia el NW más allá de la desaparición de los gneises milonitas de Higuera de Llerena, y hacia el SE, se ocultan bajo materiales pliocuaternarios. Los tér-

brechificación. Estas fracturas han sido rellenas después por penninita, cuarzo y zeolita. Localmente se asocian a este tramo anfibolitas miloníticas.

Tramo 2. Milonitas y protomilonitas cuarzo-feldespáticas con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa sódica, mica blanca y sillimanita, y metapelíticas con biotita, granate, sillimanita, además de

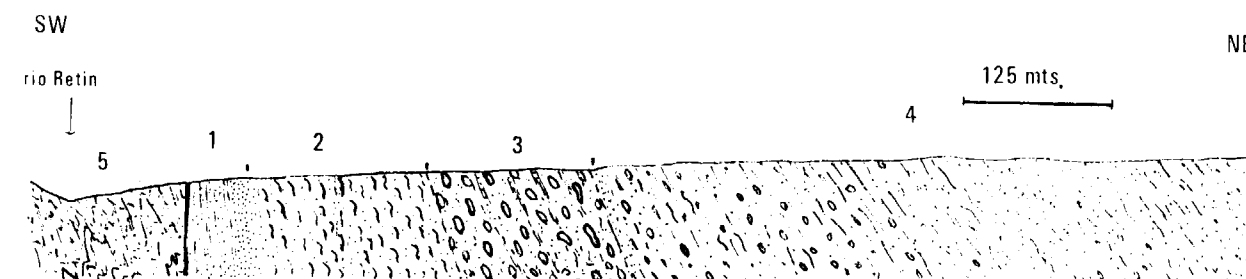


Figura 1

Corte esquemático de la Formación de Las Grullas al SW de Valencia de las Torres. 1 tramo de milonitas y ultramilonitas, 2 tramo de protomilonitas y milonitas, 3 tramo de gneises milonitas de Higuera de Llerena, 4 tramo de blastomilonitas. Se representa también la Formación de la Dehesa del Marqués, 5 separada de la anterior por la falla de Higuera de Llerena.

minos más cuarcíticos presentan una linealidad por disposición de la matriz en torno a microclastos de feldespato alcalino.

Al microscopio presentan textura de flujo cataclástico "fluxión texture", marcada por la disposición finamente bandeada de cuarzo y feldespato muy granulados, con recristalización del cuarzo en "ribbons" y alteración de feldespato a hidromoscovita y caolín. Englobados en la mesostasis, se observan clastos de feldespato alcalino, granate (sólo se ha podido observar en la zona de milonitas metapelíticas que describimos al comienzo), mica blanca, biotita, turmalina, apatito y zircón, todos con visibles muestras de redondeamiento y deformación. Se aprecian maclas de deformación, fracturas, extinción ondulante en los feldespatos, con "flattening" y sombras de presión en torno a los clastos, y hay muestras evidentes de, al menos, dos etapas de cataclasis intensa, seguida de posteriores etapas de

cuarzo y feldespatos. Como accesorios aparecen zircón, apatito y turmalina.

Presentan una marcada textura de flujo cataclástico con clastos muy deformados y granulados. Se pueden medir haces de mica blanca deformados en pliegues que se cierran sobre sí mismo con rotaciones de hasta 170° , y sin poligonizar posteriormente (fig. 2 a). La matriz está finamente granulada en las rocas más micáceas y presenta cierta recristalización en los dominios del clasto. Es de notar que la intensa cataclasis que ha afectado tanto a este tramo como al anterior ha producido el retrometamorfismo de granate y biotita, lo cual nos indica que la temperatura no debió ser muy alta durante las últimas deformaciones.

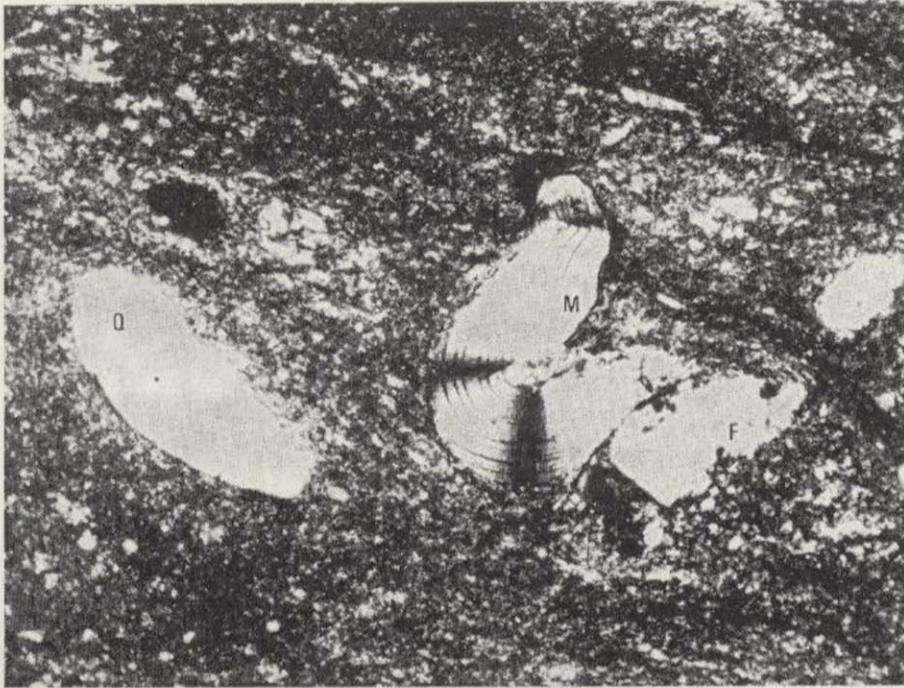
Tramo 3. Gneises milonitas de Higuera de Llerena. Se trata de "augengneiss" de tono grisáceo, con abundantes porfiroclastos de feldespato alcalino, envueltos por una esquistosidad penetrativa poco espaciada. En el sector estudiado, afloran entre un punto situado unos centenares de metros al W del

(1) Procedentes del metamorfismo dinámico de los esquistos pelíticos de la Formación de la Dehesa del Marqués, situados inmediatamente al SW de la Falla.

kilómetro 11,5 de la carretera de Llera-Usagre y la localidad de Higuera de Llerena, y desaparecen en ambas direcciones.

Al microscopio presentan una marcada textura de flujo cataclástico con disposición de la mesostasis en finas bandas cuarzosas y biotíticas entre las que se disponen porfiroclastos de feldespato, granate y

biotita rotados, fracturados y corroídos en los bordes (figs. 2 b y c). Los feldespatos son alcalinos (feldespato potásico algo perfitico y plagioclasa sódica). Tienen inclusiones de cuarzo y plagioclasa de composición variable (An_{4-28}) y presentan bordes granulados con halos mirmequíticos y albíticos, trazas de exfoliación y maclas deformadas, zonas locales de



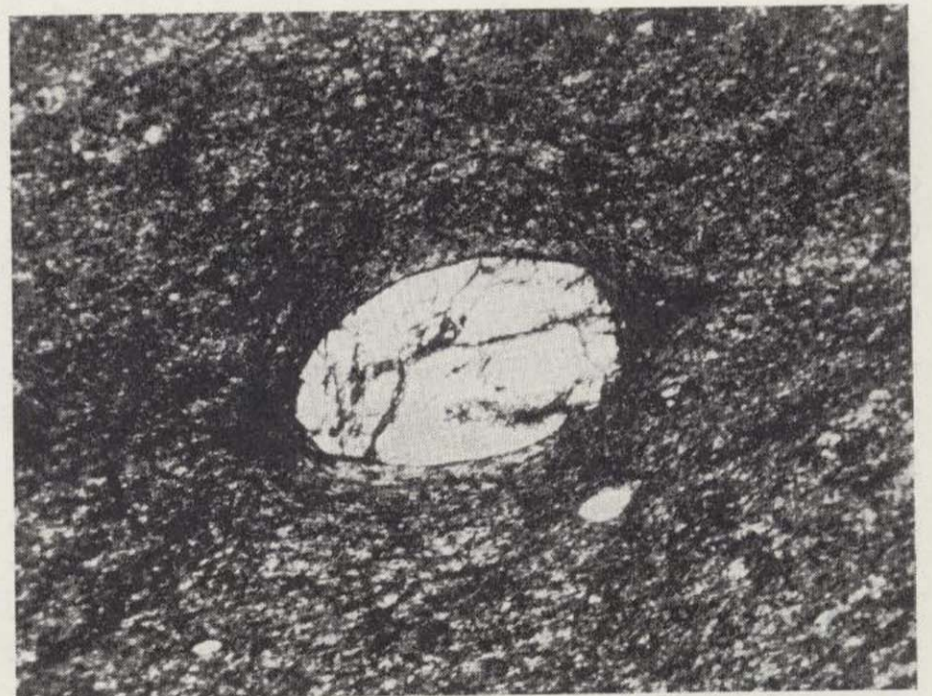
a) Clastos deformados de mica blanca (M), cuarzo (Q), y feldespato (F) en mesostasis finamente granulada. Milonita del tramo 2. 60 aumentos. Nícoles cruzados.



c) Clasto de granate deformado y textura de flujo cataclástico. Gneis milonita de Higuera de Llerena. 60 aumentos. Sin polarización.



b) Aspecto de la textura de flujo cataclástico. Gneis milonita de Higuera de Llerena. 5 aumentos. Sin polarización.



d) Clasto de granate en matriz totalmente granulada. Ultramilonita intercalada en el tramo 3 de gneises milonitas de Higuera de Llerena. Se aprecia "flatening" y halos de presión. Se puede distinguir la S_3 oblicua a S_2 . 60 aumentos. Sin polarización.

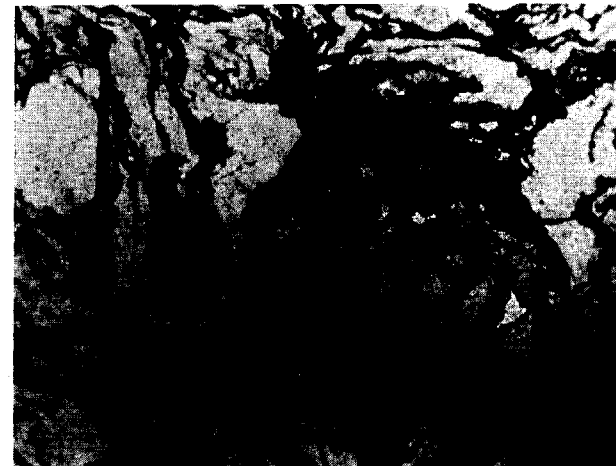
kilómetro 11,5 de la carretera de Llera-Usagre y la localidad de Higuera de Llerena, y desaparecen en ambas direcciones.

Al microscopio presentan una marcada textura de flujo cataclástico con disposición de la mesostasis en finas bandas cuarzosas y biotíticas entre las que se disponen porfiroclastos de feldespato, granate y

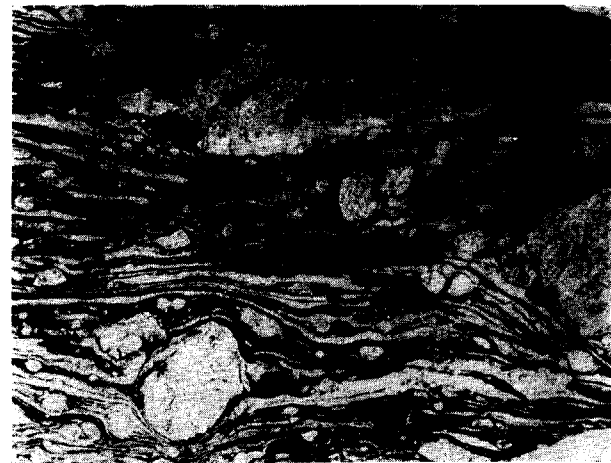
biotita rotados, fracturados y corroídos en los bordes (figs. 2 b y c). Los feldespatos son alcalinos (feldespato potásico algo pertítico y plagioclasa sódica). Tienen inclusiones de cuarzo y plagioclasa de composición variable (An_{4-26}) y presentan bordes granulados con halos mirmequíticos y albíticos, trazas de exfoliación y maclas deformadas, zonas locales de



a) Clastos deformados de mica blanca (M), cuarzo (Q), y feldespato (F) en mesostasis finamente granulada. Milonita del tramo 2. 60 aumentos. Nícoles cruzados.



c) Clasto de granate deformado y textura de flujo cataclástico. Gneis milonita de Higuera de Llerena. 60 aumentos. Sin polarización.



b) Aspecto de la textura de flujo cataclástico. Gneis milonita de Higuera de Llerena. 5 aumentos. Sin polarización.



d) Clasto de granate en matriz totalmente granulada. Ultramilonita intercalada en el tramo 3 de gneises milonitas de Higuera de Llerena. Se aprecia "flatenning" y halos de presión. Se puede distinguir la S_3 oblicua a S_2 . 60 aumentos. Sin polarización.

Figura 2

microclinización y extinción ondulante. También se observan acumulaciones de albita, siguiendo la esquistosidad, formadas durante las etapas de cataclasis. Los granates han sido fracturados y sustituidos parcialmente por biotita desorientada. La biotita más antigua está deformada y sustituida en los bordes por pequeños haces de mica blanca, con acumulación de óxido de hierro en torno al porfiroclasto. También hay sillimanita en pequeñas agujas contenidas en los feldespatos, mica blanca, deformada y de neoformación desorientada y cianita en haces deformados. La mesostasis está recrystalizada y presenta una fuerte orientación. En torno a los porfiroclastos hay "ribbons" de cuarzo, micas deformadas y feldespato granulado. Se observan restos de una esquistosidad anterior, pero la esquistosidad de flujo cataclástico es la más visible. Los niveles ultramiloníticos, intercalados en el paquete de gneises milonitas, presentan clastos de granate con halos de presión muy marcados (fig. 2 d) y una esquistosidad poco penetrativa oblicua a la de flujo cataclástico. En los gneises la única representación de esta última esquistosidad S_3 es la existencia de microfracturas de cizalla oblicuas a la esquistosidad de flujo cataclástico. La esquistosidad de flujo cataclástico se ha formado por deformación a elevada temperatura de gneises porfiroblásticos con mica blanca, granate, biotita, cianita (sillimanita) y presenta micropliegues de flujo sincataclástico. En el apartado siguiente se expone un estudio de la orientación de los porfiroclastos en función de su tamaño y disposición respecto a la esquistosidad de flujo cataclástico.

Tramo 4. Gneises Blastomilonitas. Se trata de una monótona serie de gneises cataclásticos de granulometría variable, desde blastomilonita a gneis milonita, ricos en minerales micáceos. Se han seguido sus afloramientos entre el sector SE de Rubiales, en zonas descubiertas por la erosión, y las proximidades del kilómetro 17 de la carretera de Valencia de las Torres a Hinojosa del Valle. En el contacto con el tramo de gneises milonitas aparecen niveles de cuarcita y esquistos milonitizados con granate sustituido por estauroлита y cianita, mica blanca y biotita, que se superponen directamente sobre el tramo anterior (kilómetro 2 de la carretera de Valencia de las Torres a Usagre).

Los gneises blastomilonitas contienen porfiroclastos de feldespato potásico, a veces pertíticos, con halos mirmequíticos, zonas de macla en enrejado de microclina, e inclusiones de agujas de sillimanita y plagioclasa (albita, oligoclasa). También hay porfiroclastos de mica blanca y biotita deformada, granates

tritutados y, en la mesostasis, aparecen biotita y mica blanca de neoformación desorientadas, estauroлита y ocasionalmente cianita. El cuarzo está muy granulado y fuertemente orientado. La matriz presenta textura de flujo cataclástico. Localmente existen intercalaciones de esquistos milonitas con granate, cuya textura muestra pruebas de al menos, tres etapas de deformación. En general se aprecian varias etapas de cataclasis precedidas de metamorfismo dinámico, y seguidas por una etapa de deformación importante.

Hacia el NE se desarrolla la serie de blastomilonitas que en las inmediaciones de Valencia de las Torres da paso a la serie gneisico-cuarcítica con antibolitas que constituye la formación de Valencia de las Torres. Esta se compone de gneises cuarzo-feldespático ricos en anfíbol y moscovita con niveles cuarcíticos y esquistos biotíticos e intercalaciones de metavulcanitas básicas. Contienen sillimanita, cianita y granate. Presentan frecuentes texturas en mortero y de flujo cataclástico que señalan importantes episodios de metamorfismo dinámico en su evolución petrogenética.

3. ESTUDIO DE PORFIROCLASTOS DE LOS GNEISES MILONITAS DE HIGUERA DE LLERENA.

3.1. ANÁLISIS DE FORMA, DIMENSIONES, Y GRADO DE ADAPTACIÓN.

Se han observado secciones, en cortes del terreno, de 236 porfiroclastos de feldespato, de cada uno de los cuales se han recogido los siguientes datos: sus dos dimensiones extremas y el ángulo aparente α (grado de adaptación) que la dimensión mayor forma con la esquistosidad de flujo cataclástico de los gneises. De ellos se midieron 111 en un pequeño afloramiento de 60x40 cm. La suma de las áreas de las secciones de porfiroclastos medidos en ese afloramiento supone aproximadamente el 30 por 100 del área total. Esto da una idea del porcentaje mínimo en volumen que ocupan (F. CHAYES, 1956); el porcentaje puede ser más alto si se considera la influencia ejercida por los porfiroclastos de área inferior a 4 mm² que resultaron imposibles de medir. En otros puntos se han reconocido grandes concentraciones de porfiroclastos, de los que se obtuvieron algunos ejemplares aislados de 6x4x3 cm, por lo que cabe esperar, igualmente, un porcentaje más

Figuras 3 y 4

Representación de las medidas realizadas en 236 porfiroclastos de los gneises milonitas de Higuera de Llerena.

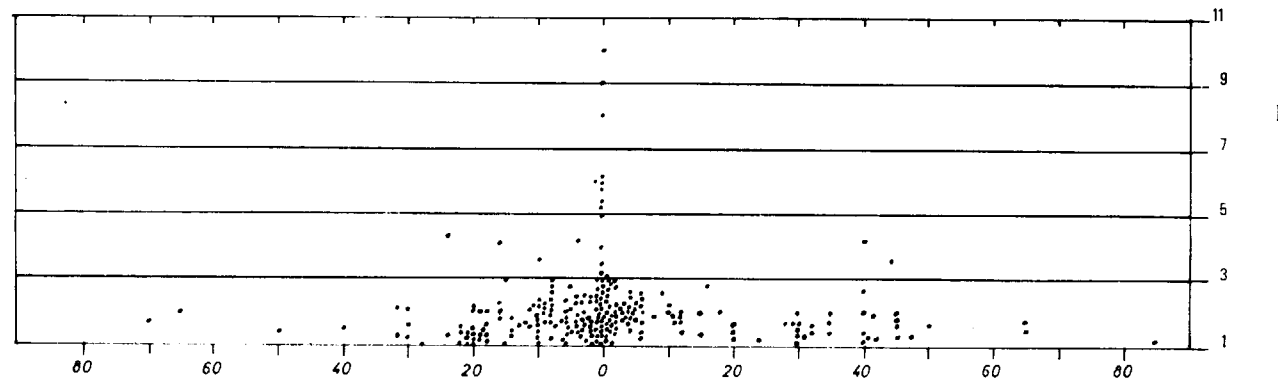


Figura 3

Relación entre el grado de adaptación α y el índice de alargamiento I.

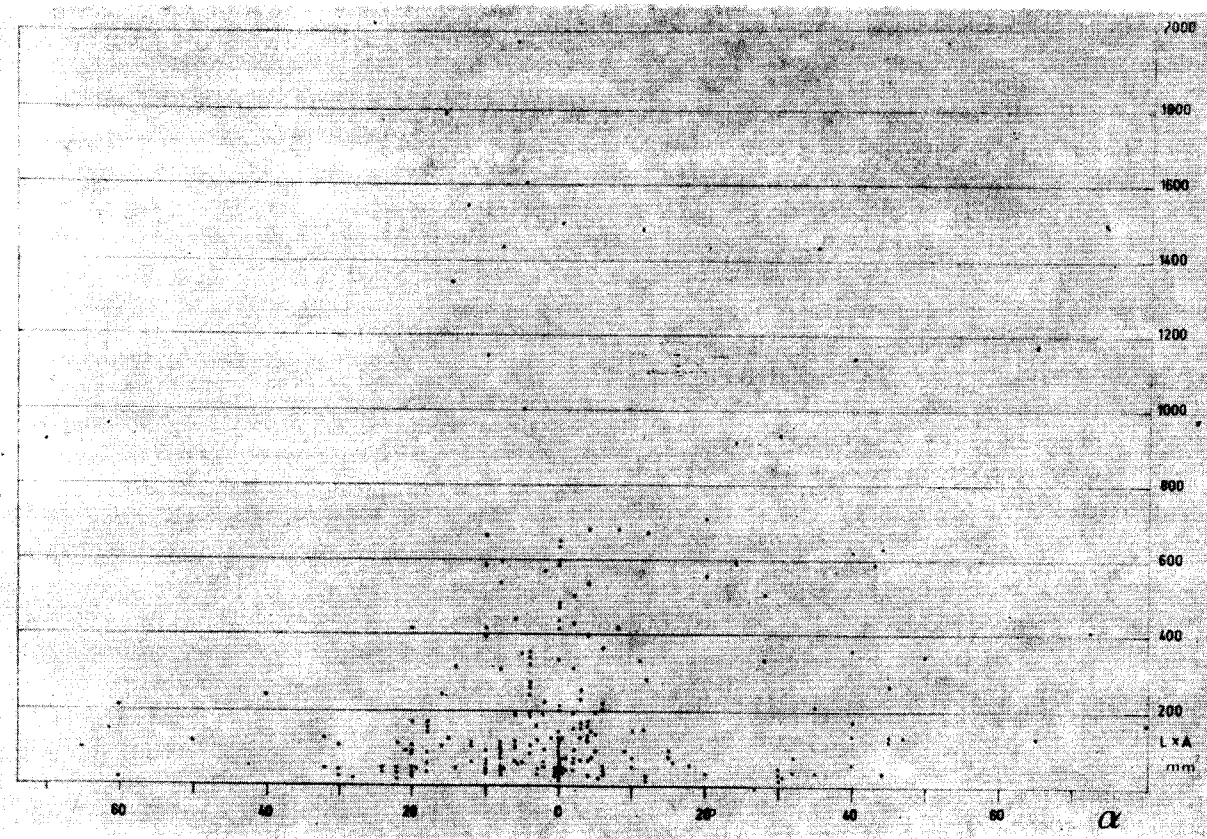


Figura 4

Relación entre el índice de volumen ($L \times A$) y el grado de adaptación α .

alto que el indicado como promedio (2) de toda la formación. Por todo ello no se sacan conclusiones respecto al porcentaje medio de porfiroclastos y matriz.

Sin embargo las medidas de dimensiones y grado de adaptación α se pueden utilizar para ver las relaciones entre:

- Índice de alargamiento (cociente entre dimensión mayor y menor y el grado de adaptación α (fig. 3).
- Índice de volumen (ver métodos de trabajo, apartado 1.3) y el grado de adaptación (fig. 4).
- Frecuencias de dimensiones mayores y menores y de índices de alargamiento (fig. 5 y 6).

De estas relaciones se pueden obtener las siguientes ideas:

- El índice de alargamiento está en relación con el grado de adaptación a la esquistosidad de flujo cataclástico (fig. 3).
- La moda de índices de alargamiento se sitúa entre 1 y 2 (fig. 5).
- El aumento del volumen del porfiroclasto no supone necesariamente un mejor grado de adaptación, aunque parece influir en la cuantía de la rotación (fig. 4).

La figura 6 muestra las curvas de frecuencia de las dimensiones extremas de los porfiroclastos me-

Figuras 5 y 6

Representación de las medidas realizadas en 236 porfiroclastos de los gneises milonita de Higuera de Llerena.

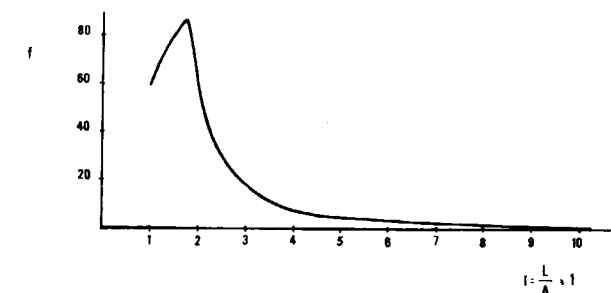


Figura 5

Curva de frecuencias de índices de alargamiento I.

(2) P. LAFFITE (1957), establece estadísticamente la necesidad de escoger muestras de rocas porfídicas cuyo peso no sea inferior a 100 veces el peso medio de los fenocristales. Este punto deberá tenerse en cuenta para obtener de modo representativo la composición química media del tramo.

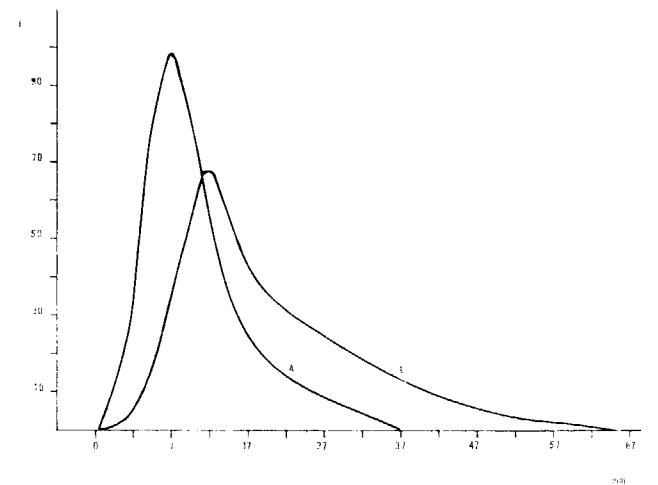


Figura 6

Curvas de frecuencias de dimensiones mayores (L) y menores (A).

didados (longitudes y anchuras). La mayor dispersión en la curva de frecuencia de longitudes se explica porque hay un número mayor de posibilidades en las secciones, al tratarse de la dimensión mayor.

3.2. NATURALEZA DE LOS PORFIROCLASTOS.

El estudio microscópico aporta nuevos datos a considerar: los gneises milonitas presentan una textura de flujo cataclástico que se sobrepone a una esquistosidad S_1 preexistente (3). Esta fluencia produce la rotación de los porfiroblastos que se redondean por granulación marginal, favorecida por fracturas, cizallas internas y maclas de deformación. Los granos rotados son redondeados progresivamente. Los granos muy alargados ($I > 6$) han sido intensamente granulados y alargados según la S_2 , los de I entre 3 y 6 probablemente corresponden a granos que no fueron muy granulados y rotados, sea por su tamaño, sea por su evolución dentro de la deformación íntima de la roca. Al no quedar afectados directamente por los movimientos de fluencia, no fueron desgastados por la mesostasis cuarzo-feldespática y evitaron así ser granulados y redondeados. Obsérvese la elevada concentración de medidas de porfiroclastos, con índices de alargamiento muy variados, en torno al valor de $\alpha=0$ (fig. 4).

(3) Es muy probable que existieran S_2 anteriores a S_1 , que han sido totalmente obliteradas en estos materiales.

Y. OHTA (1969) diferencia cuatro dominios en relación con un "ojo" de feldespato en rocas metamórficas (fig. 7).

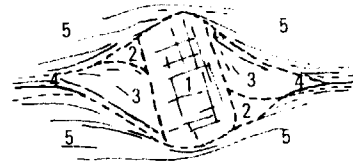


Figura 7

Dibujo esquemático de los diferentes dominios de un "augen" según Y. OHTA (1969).

1. "Ojo" de feldespato (eye-ball).
2. Dominio de arrastre (dragged domain).
3. Dominio de sombra de presión (pressure shadow domain).
4. Cola (Tail).
5. Mesostasis.

El dominio 1 lo constituye el "ojo" o porfiroblasto (eyeball). El dominio 2 de arrastre (dragged domain) se forma durante la reactivación de movimientos diferenciales; se compone de uno o varios granos de feldespatos en ocasiones ópticamente continuos con el porfiroblasto, aunque gradualmente forman un mosaico de granos desorientados. Entre sus límites quedan restos de los minerales de la mesostasis que ocupaban ese espacio antes de la blastesis. El dominio 3 de sombra de presión (pressure shadow domain) se localiza en los halos de presión del fenoblasto y se compone de un mosaico de cuarzo y feldespato potásico con restos abundantes de la mesostasis preexistente. El dominio 4 o cola (tail), se compone de un mosaico de cuarzo y feldespato potásico no granulada. Por el contrario, el cuarzo y el feldespato de las partes externas del cristal muestran claras señales de deformación, como corresponden a la mesostasis granulada inicial.

Un estudio de la petrofábrica de los distintos dominios del "augen" lleva al citado autor a concluir que el crecimiento del porfiroclasto se hizo por coalescencia gradual de un gran número de granos para formar un núcleo, cuya rotación posterior dio lugar al porfiroblasto. Los distintos granos se originaron por granulación de un idioblasto preexistente y el crecimiento posterior se verificó bajo movimientos diferenciales de las capas de roca granulada. Es durante estos movimientos cuando se forma la textura de flujo cataclástico. Si los movimientos diferenciales continúan tras la blastesis, y la temperatura no es suficientemente elevada, se pueden originar

rocas cataclásticas de grano progresivamente más fino.

El esquema de la figura 8 y las ilustraciones de la figura 2 b y c, muestran la distribución de los distintos dominios del "augen" en los gneises milonitas de Higuera de Llerena.

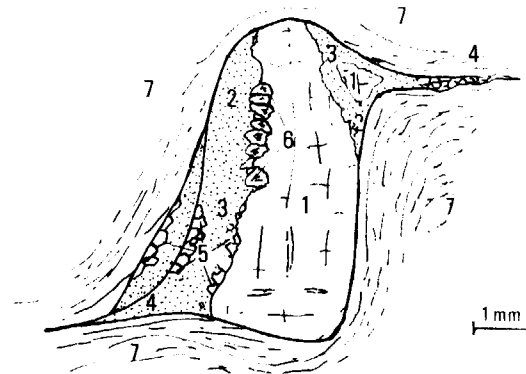


Figura 8

Dibujo esquemático de un porfiroclasto de los gneises miloníticos de Higuera de Llerena.

1. "Ojo" de feldespato.
2. Dominio de arrastre.
3. Dominio de sombra de presión.
4. Cola.

Todos ellos fracturados y granulados.

5. Granos poligonales de cuarzo recrystalizado.
6. Mirmequitas.
7. Mesostasis.

Los "ojos" de feldespato (fig. 8-1) muestran una fuerte granulación que afecta a todos los dominios. Presentan extinción ondulante, maclas y trazas de exfoliación curvadas y maclas muy irregulares, probablemente de deformación. La granulación afecta a los dominios de presión (fig. 8-2) y de arrastre (figura 8-3), y las colas (fig. 8-4). Es notable la escasez de exsoluciones perfiticas en estos porfiroclastos, mientras que los bordes de los mismos presentan halos mirmequíticos y aureolas de albita. Puede haber una interrelación entre ambos fenómenos, por exsolución de albita a partir del feldespato potásico (A. SAN MIGUEL y M. MONTOTO, 1965; K. MEHNERT, 1968), o bien por sustitución del cuarzo de la matriz por feldespato procedente de la masa granulada (R. HEIMANN, 1972). Con frecuencia el porfiroclasto queda totalmente envuelto en la masa granulada de feldespato. En los bordes aparecen las zonas mirmequíticas, especialmente en los halos de presión y dominios de arrastre. La cola ha sido igualmente cizallada y granulada.

La mesostasis presenta una fuerte granulación

que afecta a minerales metamórficos precataclásticos como granate, cianita, mica blanca y biotita, mientras otros permanecen aparentemente indeformados como pequeñas agujas de sillimanita y biotita recrystalizada. El cuarzo también ha recrystalizado formando mosaicos de cristales granoblásticos sobre los "ribbons" sincataclásticos. La textura de flujo cataclástico queda resaltada por la disposición de biotita y óxido de hierro finamente granulados siguiendo la S_2 , en contraste con la mesostasis leucocrata.

4. CONCLUSIONES.

Se puede establecer un primer esquema de la evolución de los gneises milonitas de Higuera de Llerena.

1. Metamorfismo dinamo-térmico. Se forman gneises porfiroblásticos con granate, biotita, estauroilita, cianita y seguramente sillimanita. La aparición de cianita y sillimanita en las mismas rocas, la sustitución de granate por estauroilita y distena, y las relaciones texturales entre estos minerales, descritas anteriormente, plantean la posibilidad de un metamorfismo complejo dinamo-térmico precataclástico. La roca adquiere una esquistosidad que podemos denominar provisionalmente S_1 .

2. Metamorfismo dinámico a elevada temperatura. Se forma la textura de flujo cataclástico y posteriormente se neoforman biotita y mica blanca. Pudo ocurrir en varias etapas. Se oblitera la S_1 anterior y se forma una S_2 de flujo cataclástico.

3. Metamorfismo dinámico a baja temperatura. Se forman las ultramilonitas intercaladas entre los gneises milonitas y se produce la milonitización y ultramilonitización de los tramos 1 y 2 de la formación de Las Grullas. Debió ocurrir en relación con el funcionamiento de la falla de Higuera de Llerena.

4. Deformaciones posteriores. En relación con fallas N 40 y N 80-100. Estas de salto en dirección sinextrorso, que afectan a las estructuras; se forma la esquistosidad de fracturas S_3 . La S_3 se puede apreciar en las ultramilonitas intercaladas en el tramo de gneises milonitas y, de modo menos patente, en los mismos gneises milonitas. Posteriormente se producen brechificaciones que afectan a toda la formación de Las Grullas aunque son más evidentes en las proximidades de la falla de Higuera de Llerena.

El autor espera aportar mediante un estudio detallado de la petrofábrica, estructuras menores y de

las etapas de metamorfismo que han afectado a los materiales descritos, nuevas ideas sobre el origen y evolución petrológica y tectónica del sector.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha beneficiado de la atenta revisión crítica por el profesor doctor VÍCTOR GARCÍA-DUEÑAS (4) y de la continua colaboración de F. VELASCO (5) y A. GARROTE (4), compañeros de trabajo en áreas vecinas.

BIBLIOGRAFIA

- ALIA, M.: *Rasgos estructurales de la Baja Extremadura*. "Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.", (G), t. LXI, pp. 247, 262, Madrid, 1963.
- BARD, J. P.: *Introduction a la Géologie de la chaîne Hercynienne dans la Sierra Morena occidentale (Espagne). Hypotheses sur les caracteres de l'évolution Géotectonique de cette chaîne*. "Rev. Géol. Phys. et Geol. dynam.", vol. VII, fasc. 4, pp. 323-337, París, 1965.
- Granites écrasés et Orthogneiss "Ollo de Sapo" a disthene dans la bande métamorphique de Badajoz-Azuaga (Badajoz, Espagne) et le probleme d'un socle Briovérien dans le Sud de L'Espagne*. "C. R. Acad. Sc.", t. 265, pp. 1875-1879. París, 1967.
- Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Arcena en Andalousie occidentale (Espagne): sa place dans le segment hercynien sud-ibérique*. "These Univ. Montpellier, 397 pp., Montpellier, 1969.
- Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hercynien sud-ibérique, comparaison de la variabilité des caracteres géotectoniques de ces zones avec les orogènes "orthotectoniques"*, "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII, fasc. III-IV, pp. 324-245, IGME. Madrid, 1971.
- BEACH, A.: *The Mineralogy of high temperature shear zones at Scourie, N. W. Scotland*. "Journ. of Petrol", v. 14, n.º 2, pp. 231-249, Oxford, 1973.
- BELL, TH. ETHERIDGE, H. A.: *Microstructure of mylonites and their descriptive terminology*. "Lithos, 6 pp. 337-48. Univers-tetsforlaget", Oslo, 1973.
- BELLIÈRE, J.: *Mylonites, Blastomylonites et domaines Polymetamorphiques*. "An. Soc. Geol. Belg.", vol. 94, pp. 249-263, Bruselas, 1971.
- CAPDEVILA, R.: *Le métamorphisme régional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice*
- (4) Departamento de Geotectónica, Facultad de Ciencias, Universidad de Bilbao.
- (5) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Bilbao.

- Nord-orientale (NW de l'Espagne)*. "These Univ. Montpellier", 430 pp., Montpellier, 1969.
- CAPDEVILA, R.; MATTE, P., y PAREDES, P.: *La nature du Précambrien et ses relations avec le Paléozoïque dans la Sierra Morena centrale (Sud l'Espagne)*. "C. R. Acad. Sc. Paris", t. 273, pp. 1359-62, París, 1971.
- CHAYES, F.: *Petrographic modal analysis*. "John Wiley and Sons.", 113 pp., New York, 1956.
- DELGADO-QUESADA, M.: *Esquema geológico de la Hoja núm. 878 de Azuaga (Badajoz)*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII, fasc. III y IV, p. 277-286, IGME, Madrid, 1971.
- DEN TEX, E. O.: *Some preliminary results of petrological work in Galicia (NW Spain)*. "Leid Geol. Meded.", d. 26, pp. 75-91, Leiden, 1961.
- FERNÁNDEZ, M. J. y CAPOTE, R.: *La Tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago del Lozoya*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXI, t. VI, pp. 562-568. IGME, Madrid, 1970.
- FRICKE, W.: *Die Geologie des Grenzgebietes Zwischen nordostlicher Sierra Morena und Extremadura*. Tesis Univ. no impresa, 91 pp., Berlín, 1941.
- HEIMANN, R.: *An experimental approach to the replacement of quartz by feldspar*. "Nb. Jb. Miner. Mh.", H 2, pp. 62-74. Stuttgart, 1972.
- HERNÁNDEZ-ENRILE, J. L.: *Las rocas porfiroides del límite Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza-Monesterior (Badajoz)*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII, fasc. III-IV, pp. 359-270, IGME, Madrid, 1971.
- HIGGINS, M. W.: *Cataclastic Rocks*. "Geol. Surv.", Prof. Paper, 687, Washington, 1971.
- IGME: *Mapa geológico de España*. E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja núm. 67-68, de Chales-Villafranca de los Barros (Badajoz). Mapa y Memoria, 31 pp., Madrid, 1973.
- LAFFITE, P.: *Introduction a l'étude des roches métamorphiques et gites métallifères*. "Ed. Masson et Cie.", 343 pp., París, 1957.
- LOTZE, F.: *Zur Gliederung des Varisziden der Iberischen Meseta Geotektonische Forschungen*. Cuad. 6, pp. 78-92, Berlín, 1945.
- Das Präkambrium Spaniens*. "N. Jb. Geol. Palaönt. Mh. H.", 8, pp. 373-380, Stuttgart, 1956 (a).
- El Precámbrico de España*. Not. Comun. IGME, núm. 60, pp. 227-240, Madrid, 1960.
- LOTZE, F. y SDZUY, K.: *El Precámbrico de España*. "Mem. IGME, t. 75, 256 pp. Traducción por Gómez de Llarena de "Das Kambrium Sappiens, Teil I, Stratigraphie Wiesbaden, 1961". Madrid, 1970.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, E.: *Nota sobre la posición del "Ollo de Sapo" en las provincias de Zamora y Orense*. "Com. Serv. Geol. Port.", t. LIII, pp. 37-42, Lisboa, 1969.
- *Esquema geológico del NW de la provincia de Zamora*, I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ., Sec. I, t. I, pp. 273-286, Madrid, 1971.
- *Deformación y metamorfismo en la zona de Sanabria*. "Studia Geologica", V, pp. 7-106, Salamanca, 1973.
- MATTE, P.: *La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne)*. "Trav. Lab. Geol. Univ. Grenoble", t. 44, pp. 153-281, Grenoble, 1968.
- MEHNERT, K.: *Migmatites and the origin of granitic rocks*. Elsevier pv. Co., 383 pp., Amsterdam, Londo, New York, 1968.
- OHTA, Y.: *On the formation of augen structure*. Lithos, 2, pp. 109-132. Universitetsforlaget, Oslo, 1969.
- PARGA, JR. y VEGAS, R.: *Precisiones sobre el Precámbrico y sus relaciones con el Paleozoico en la Sierra Morena Central*, vol. XXVIII, pp. 167-172. Estudios Geológicos, 1972.
- PARGA-PONDAL, I.; MATTE, P., y CAPDEVILA, R.: *Introducción a la Geologie de l'Ollo de Sapo. Formation porphyroide antesiluriense du Nord Ouest de l'Espagne*. Notas y Comuns. IGME, núm. 76, pp. 119-154, Madrid, 1964.
- ROSS, J. V.: *Mylonitic rocks and Flattened Garnets in the Southern Okonagan of British Columbia-Can.* "Journ. of Sc.", vol. 10, pp. 1-17 (1973).
- SAN MIGUEL, A. y MONTOTO, M.: *Sobre las estructuras de intercrecimiento: Mirmequitas*. "Int. Inv. Geol. Univ. de Barcelona", Dip. Prov., vol. XIX, pp. 3-13, Barcelona, 1965.
- SMITHSON, S. B., MURPHY, D. J., y HOUSSEAU, R. S. O.: *Development of an Augen Gneiss Terrain*. "Contr. Mineral. and Petrol", 33, pp. 184-190. Springer-Verlag, Berlín, 1971.
- SPRY, A.: *Metamorphic Textures*. "Pergamon Press", 350 pp., la ed. (1969).
- VEGAS, R.: *Sobre la existencia de Precámbrico en la Baja Extremadura*. "Est. Geol", vol. XXIV, p. 85-90, Madrid, 1968.
- Formación precámbrica de la Sierra Morena Occidental*. Relación con las seties anteordovícicas de Almadén, Don Benito y Cáceres. "Est. Geol.", v. 1. XXVI, pp. 225-231. Inst. Lucas Mallada. C. S. I. C., Madrid, 1970.
- *Geología de la región comprendida entre Sierra Morena occidental y las Sierras del N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXXII, III y IV, pp. 351-358, IGME, Madrid, 1971.

Recibido: Diciembre 1973.

Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional).

Por J. CHACON (*) M. DELGADO-QUESADA (**) y A. GARROTE (*)

RESUMEN

Se describen dos áreas metamórficas diferentes situadas en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional). Los materiales metamórficos aflorantes en esta banda, hasta el presente, se han considerado formados bajo un gradiente metamórfico de presiones intermedias. Los datos aportados por la zonación metamórfica y los minerales críticos de las rocas aflorantes en las áreas estudiadas indican una mayor complejidad. Se pueden diferenciar dentro de la mencionada banda dos fajas o dominios metamórficos originados bajo gradientes geotérmicos distintos. Así se diferencian el dominio de Sierra Albarrana, situado más al SW., caracterizado por la secuencia: biotita, almandino, estaurolita, andalucita, sillimanita, propia de un gradiente metamórfico de baja presión, y el dominio de Valencia de las Torres, situado al NE., caracterizado por la secuencia biotita, almandino, estaurolita, cianita, sillimanita, propia de un gradiente metamórfico de presión media. Ambos dominios metamórficos están separados entre sí por la falla de Azuaga. Se adelantan algunos de los rasgos fundamentales de estos dominios.

ABSTRACT

Two different metamorphic areas in the hercynian segment from SW. Iberic Peninsula are described, it belong to the Elvas-Badajoz-Córdoba belt. The metamorphic zonations of these areas indicate a more complicated pattern. The Elvas-Badajoz-Córdoba belt presents in these areas, two different metamorphic subbelts originated under two different metamorphic gradients. The southern one, the Albarrana Ridge subbelt presents the zonation biotite, almandine, staurolite, andalucite, sillimanite, characteristic of a low-pressure metamorphic gradient. The northern one, the Valencia de las Torres subbelt presents the zonation biotite, almandine, staurolite, cyanite, sillimanite, characteristic of a medium-pressure metamorphic gradient. Both metamorphic subbelts are separated by the Azuaga fault. Some comments are made on the general characters of these subbelts.

1. INTRODUCCION

La banda metamórfica Elvas-Badajoz-Córdoba, ha sido objeto de repetidos trabajos por diversos autores interesados en la evolución del Macizo Hespérico. Las investigaciones que venimos desarrollando en distintas transversales de dicha banda nos permiten ahora aportar nuevos datos sobre algunas características del metamorfismo regional de los materiales aflorantes (fig. 1).

Entre los trabajos realizados hasta el presente citaremos sólo aquellos que se relacionan directamente con los problemas específicos del metamorfismo que afectan a los materiales aflorantes entre la Tierra de Barros (provincia de Badajoz) y el río Bembezar (provincia de Córdoba).

J. P. BARD (1967) señaló la presencia de cianita y sillimanita en los materiales gneísicos aflorantes al S de Valencia de las Torres (provincia de Badajoz) que asimiló a una facies tipo "Ollo de Sapo", asimismo indicó que esos minerales permitían considerar al metamorfismo de esta banda como intermedio entre los tipos Idaho y Saxoniense (A. HIETANEN, 1967). Posteriormente el mismo autor (J. P. BARD, 1969,

(*) Departamento de Geotectónica, Universidad de Bilbao.

(**) Geotécnica, S. A., Córdoba.

1971, 1973) ha señalado que el metamorfismo regional de esta banda es de edad Hercínica y de tipo regional de presión intermedia, en contraste con la banda Aracena-Lora del Río, situada más al SW, con metamorfismo de tipo regional de baja presión.

Estas diferencias encajan según J. P. BARD en el modelo de evolución geotectónica que propone como válido para el Macizo Hespérico Meridional. En este

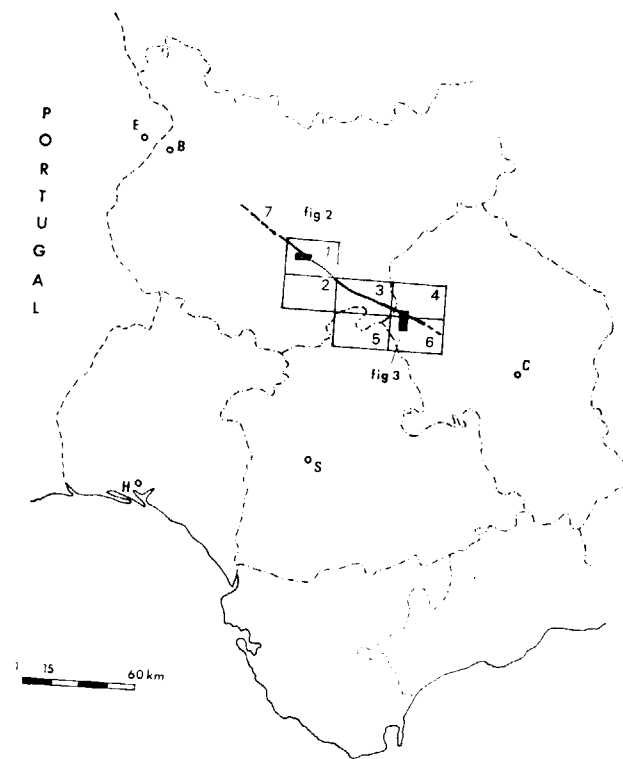


Figura 1

Localización geográfica y áreas de trabajo de los autores. J. CHACÓN: 1 y 2 (Hojas de Usagre y Llerena). M. DELGADO-QUESADA: 3 y 4 (Hojas de Azuaga y Fuenteovejuna). A. GARROTE: 5 y 6 (Hojas de Guadalcanal y La Cardenchoza). 7. Falla de Azuaga. B.: Badajoz. C.: Córdoba. E.: Elvas. H.: Huelva. S.: Sevilla.

modelo la banda ocupa una región que funciona en fosa geosinclinal muy subsidente durante el Paleozoico inferior (J. P. BARD, 1971).

M. DELGADO (1971) en su esquema de la Hoja de Azuaga destaca la existencia de un metamorfismo regional progresivo que abarca términos desde anquimetamórficos hasta catazonales y que afecta a materiales precámbricos.

R. CAPDEVILA, R. CORRETGÉ y P. FLOOR (1973) en un estudio sistemático de los granitoides variscos

de la Meseta Ibérica esquematizan los rasgos petrológicos, ígneos y metamórficos distintivos de cada una de las zonas en que han dividido el Hercínico de la mitad occidental de la península.

J. CHACÓN (1974) estudiando el sector central de la Hoja de Usagre (provincia de Badajoz) precisa la existencia de una serie gneésica policataclásica, situada al N de la Falla de Azuaga con un metamorfismo regional de presión intermedia responsable de la aparición de cianita y sillimanita, tras el cual se desarrollaron otras etapas de metamorfismo dinámico a temperaturas progresivamente decrecientes.

Nuestras investigaciones realizadas entre la Tierra de Barros (provincia de Badajoz) y el embalse del río Bembezar (La Cardenchoza, de Córdoba) (fig. 1) permiten precisar la existencia de dos fajas de metamorfismo regional progresivo originadas bajo gradientes geotérmicos diferentes en lo que hasta ahora se ha considerado el anticlinorio Elvas-Badajoz-Córdoba.

2. DOS EJEMPLOS DE ZONACION METAMORFICA EN LA BANDA ELVAS-BADAJOZ-CORDOBA.

Las figuras 2 y 3 ilustran esquemáticamente la distribución de zonas metamórficas en dos transversales de dicha banda. La figura 2 corresponde al sector central de la Hoja de Usagre (provincia de Badajoz). Al Norte de la Falla de Azuaga afloran los materiales gneésicos-cataclásicos de la Formación de Las Grullas (J. CHACÓN, 1974), caracterizados por la presencia de sillimanita y cianita en las proximidades de la Falla, y estaurólita, granate y biotita en la zona progresivamente más distante. Estos minerales aparecen en intercalaciones pelíticas de la serie. Al Sur de la Falla aparecen los materiales metapelíticos de la Formación de la Dehesa del Marqués. En ellos se han diferenciado la zona de biotita, almandino, estaurólita y andalucita representadas en el esquema (fig. 2). Hacia el SW la Formación está limitada por un contacto mecánico con rocas granitoides.

La figura 3 ofrece un aspecto de la zonación existente en el tercio occidental de la Hoja de La Cardenchoza. Se han diferenciado las zonas de granate, estaurólita-andalucita, sillimanita y moscovita "out". Estas zonas aparecen en rocas metapelíticas o metacuarcíticas feldespáticas, con predominio de estas últimas en las zonas más metamórficas. Al Norte de la Falla de Azuaga afloran en este sector materia-

les gneésicos-cataclásicos equivalentes a los de la Formación de Las Grullas del sector de Valencia de las Torres (fig. 2), materiales que no se han incluido en toda su extensión en el mapa geológico esquemático de la figura 3.

Nuestras observaciones sobre la Hoja de Azuaga indican, igualmente, la existencia de una zonación semejante.

El estudio textural permite establecer algunos rasgos generales que justifican la individualización no

matriz ofrece textura subpoligonal con recristalización progresiva de micas que se disponen formando arcos poligonales. Los granos de cuarzo tienden a adquirir bordes rectilíneos y hábito poligonal, especialmente en las zonas más metamórficas.

Al Norte de la Falla se aprecia un intenso metamorfismo dinámico policataclásico conseguido en diversas etapas, las más recientes de las cuales se han verificado a temperaturas más bajas. El metamorfismo dinámico se superpone a rocas esquistos-

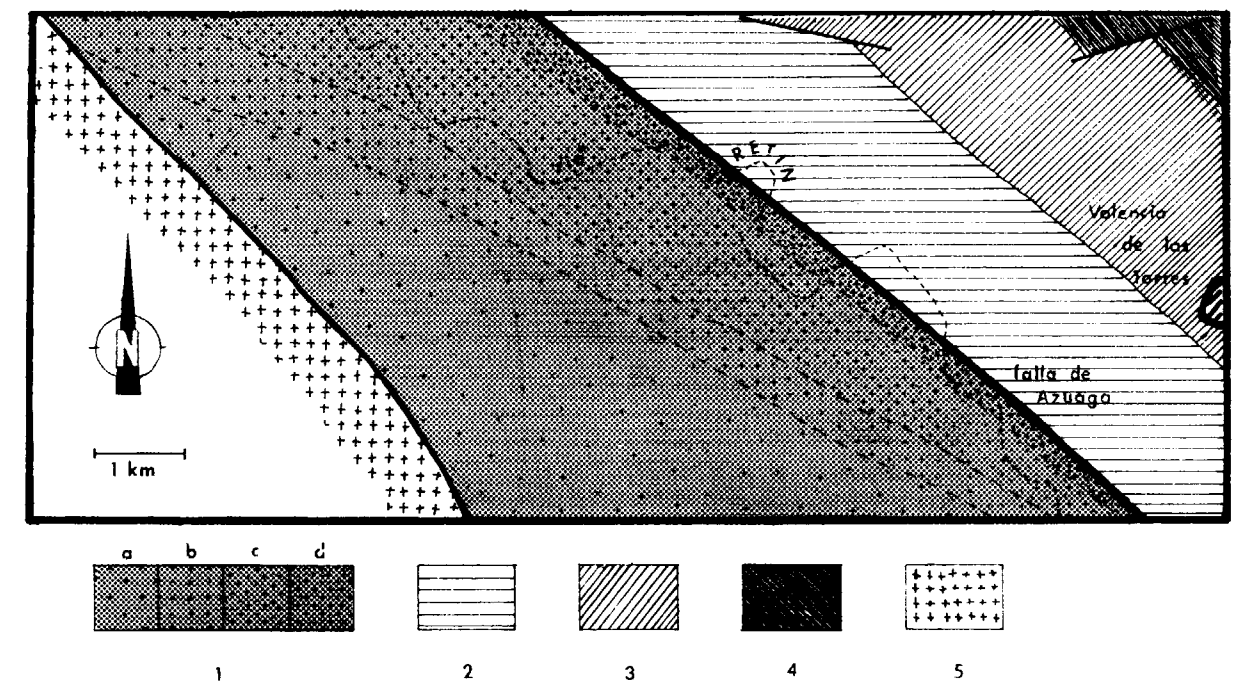


Figura 2

Zonación metamórfica y esquema geológico del sector central de la Hoja de Usagre. Dominio de presiones bajas: 1) Formación de la Dehesa del Marqués: Metapelitas + feldespáticas y cuarcitas oscuras, (a) Zona de biotita, (b) Zona de almandino, (c) Zona de estaurólita, (d) Zona de andalucita. Dominio de presiones medias: 2) Formación de Las Grullas: rocas cataclásicas cuarzo-feldespáticas + pelíticas con cianita, sillimanita, estaurólita y almandino. 3) Formación de Valencia de Las Torres: Paragneisis, anfibolitas y rocas calcosilicatadas. 4) Formación de La Atalaya: Metapelitas con almandino y biotita. 5) Banda granitoide de Mosquel.

sólo tectónica de los materiales situados al NE y SW de la Falla.

Al S de la Falla de Azuaga las rocas no muestran textura de flujo cataclásico. Los minerales críticos son intercinemáticos y presentan frecuentemente texturas helicíticas en el caso de estaurólita y andalucita, y ocasionalmente en el de biotita y granate. Como minerales claramente postcinemáticos aparecen de forma ocasional y dentro de la zona de biotita, cristales de cloritoide reemplazados habitualmente por peninita que mimetiza las maclas polisintéticas. La

so-gneésicas de manera que en las cercanías de la Falla se sitúa una zona migmatizada con sillimanita y cianita posteriormente cataclastizada para dar lugar a rocas que varían desde gneises milonitas y blastomilonitas hasta milonitas y ultramilonitas. En las etapas finales de cataclasis se forman brechas y rocas sin textura de flujo cataclásico (J. CHACÓN, 1974).

Hacia el N aparecen zonas de metamorfismo decreciente igualmente cataclastizadas durante las etapas de metamorfismo dinámico.

En conjunto las rocas de este dominio se caracterizan por presentar una zonación metamórfica propia de un gradiente de presiones intermedias, afectada por diversas etapas de metamorfismo dinámico. Las rocas del dominio situado al SW de la Falla se caracterizan por el contrario, por la ausencia de texturas de metamorfismo dinámico y una zonación metamórfica propia de un gradiente de presiones bajas.

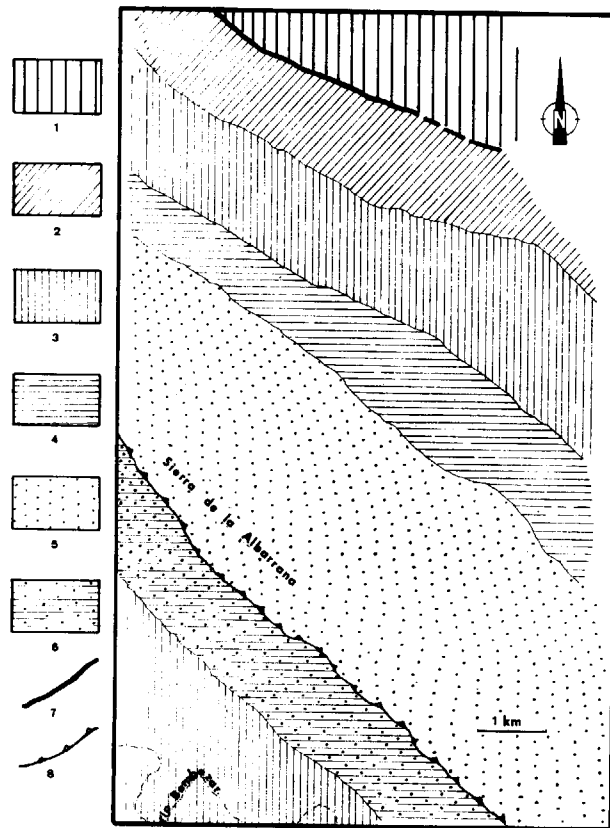


Figura 3

Zonación metamórfica del Tercio Occidental de la Hoja de La Cardenchoza. Dominio de presiones medias: 1) Rocas cataclásticas gneissicas con sillimanita y/o distena y/o estaurólita y/o granate. Dominio de bajas presiones: 2) Zona de granate. 3) Zona de andalucita y/o estaurólita. 4) Zona de sillimanita. 5) Zona de moscovita "out". 6) Zona de sillimanita "in" y/o moscovita "out". 7) Falla de Azuaga. 8) Falla inversa.

3. DIFERENCIACION DE DOMINIOS METAMORFICOS EN EL SECTOR ESTUDIADO.

Los datos aportados por las áreas descritas pueden explicarse dentro del siguiente esquema: el llamado anticlinorio Elvas-Badajoz-Córdoba no corresponde a un solo dominio metamórfico de presiones inter-

medias, sino que dentro del mismo afloran materiales formados durante un metamorfismo regional bien de gradiente de presiones intermedias, o bien de gradiente de presiones bajas (A. MIYASHIRO, 1973). Estos diferentes gradientes metamórficos se reconocen en sectores bien definidos y diferenciados de la banda metamórfica. Los ejemplos citados (figs. 2 y 3) expresan claramente cómo al S de la Falla Azuaga afloran metapelitas con una zonación metamórfica caracterizada por biotita-estaurólita-andalucita-sillimanita, propia de un gradiente metamórfico de presiones bajas (tipos II, A. MIYASHIRO, 1973), mientras que al N. del citado accidente los materiales aflorantes se caracterizan por la zonación biotita-granate-estaurólita-cianita-sillimanita en rocas metapelíticas, propias de un gradiente metamórfico de presiones intermedias.

Dentro del dominio metamórfico de baja presión, las zonas correspondientes a temperaturas más elevadas afloran extensamente en Sierra Albarraña. Un corte transversal de esta sierra ofrece un zonación completa desde materiales anatóxicos hasta la zona de clorita. Por esta razón llamaremos dominio metamórfico de Sierra Albarraña, a la banda longitudinal de materiales situados inmediatamente al SW de la Falla de Azuaga y caracterizada por un metamorfismo de baja presión (alto gradiente geotérmico). Este dominio, que forma parte de la banda Elvas-Badajoz-Córdoba, ha sido reconocido al menos desde Sierra Albarraña (provincia de Córdoba) hasta las inmediaciones meridionales de Hinojosa del Valle (provincia de Badajoz).

Por lo que respecta a las series situadas al NE de la Falla de Azuaga y dentro siempre de la faja Elvas-Badajoz-Córdoba, diremos que pueden englobarse en un dominio metamórfico diferente que denominaremos dominio metamórfico de Valencia de las Torres, caracterizado por un metamorfismo de presiones intermedias (gradiente geotérmico medio) y aflorante en el sector estudiado entre Tierra de Barros (provincia de Badajoz) y el río Bembezar (provincia de Córdoba).

Las relaciones tectónicas entre los dominios metamórficos definidos podrán ser objeto de posteriores consideraciones en las que se hagan intervenir las características estratigráficas, petrogenéticas y estructurales de los materiales aflorantes en cada uno de ellos. Señalaremos, por el momento, algunos rasgos generales que deberán tenerse en cuenta en adelante:

1. La Falla de Azuaga límite entre los dominios metamórficos de Sierra Albarraña y Valencia de las Torres, es un gran accidente, posiblemente con larga historia y cuyo comportamiento tal como hoy se nos muestra, puede asociarse al de una Falla de salto en dirección. Su trazado desde los alrededores de Coimbra hasta las proximidades de Córdoba es de centenares de kilómetros; la zona de falla describe un arco cóncavo hacia el NE congruente con la disposición general de las distintas fajas diferenciadas en las zonas internas del Hercínico Ibérico.

Por otra parte, la banda Elvas-Badajoz-Córdoba, considerada hasta ahora como un dominio de presión intermedia (J. P. BARD, 1967) reúne en realidad dos dominios metamórficos de gradientes diferentes. Nos referimos a las características metamórficas de los dominios de Sierra Albarraña y Valencia de las Torres, respectivamente, que hoy aparecen interrelacionados por la Falla de Azuaga.

2. En el dominio de Valencia de las Torres afloran granitos gneisificados (Ribera del Fresno-Minillas) y al Este de Argallón (provincia de Córdoba) complejos ígneos postmetamórficos de composición fundamentalmente básica. Por otro lado, en el dominio de Sierra Albarraña, afloran masas ganitoides postmetamórficas.

Estas consideraciones permiten matizar la aplicación inmediata de los modelos geotectónicos propuestos para la interpretación de la génesis de este segmento de la corteza, tal como el propuesto por J. P. BARD et. al (1973). La contrastación del modelo de BARD et. al. no obstante su interés, con los hechos de observación posteriormente recogidos demuestra que no es posible, por el momento, presentar una hipótesis que explique convenientemente las peculiaridades de la cordillera hercínica en el SE de la península Ibérica, y son precisamente esas peculiaridades las que pueden enriquecer las ideas que actualmente se tienen sobre la relación entre la tectónica de placas y la localización de los orógenos.

BIBLIOGRAFIA

BARD, J. P.: *Granites écrasés et orthogneis "Ollo de Sapo" a distene dans la bande métamorphique de Badajoz-Azuaga (Badajoz, Espagne) et le probleme d'un socle briovérien dans le sud de l'Espagne.* "C. R. Acad. Sci.", 265, p. 1875-1878 (1967).

BARD, J. P.: *Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentale (Espagne); sa place dans le segment hercynien Sud-Ibérique.* "These Fac. Sc. Montpellier", 397 p. (1969).

BARD, J. P.: *Sur l'alternance des zones métamorphiques et granitiques dans le segment hersynien Sud-Ibérique; comparaison de la variabilité des caracteres géotectoniques de ces zones avec les orogenes "orthotectoniques".* "Bul. Geol. Min.", t. LXXXII, fas. 3 y 4, pp. 108-129 (1971).

BARD, J. P., CAPDEVILA et MATTE, P.: *La structure de la chaîne hercynienne de la Meseta Iberique comparaison avec les segments voisins.* "In Histoire structurale du Golfe de Gascogne", t. I, p. I.4-I.68, París, Ed. Technip (1971).

BARD, J. P., CAPDEVILA, R., MATTE, P. et RIBEIRO, A.: *Geotectonic model for the Variscan Orogen.* "Nature Phys. Sc.", vol. 241, p. 50-52 (1973).

CAPDEVILA, R., CORRETGE, G. et FLOOR, P.: *Les granitoides varisques de la Meseta Iberique.* "Bull. Soc. Géol.", de Fr, 7^e serie, t. XV, núm. 3-4, p. 209-228 (1973).

CHACÓN, J.: *Metamorfismo dinámico en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba: los gneises milonitas de Higuera de Llerena (provincia de Badajoz).* "Bol. Geol. y Min." (en prensa) (1974).

DELGADO-QUESADA, M.: *Esquema geológico de la Hoja núm. 878 de Azuaga (Badajoz)* "Bol. Geol. Min.", tomo LXXXII, 3.^o y 4.^o fasc., p. 61-70 (1971).

FABRIES, J.: *Les formations cristallines et métamorphiques du Nord Est de la province de Seville (Espagne).* "These Faculté des Sciences de l'Université de Nancy (1963).

HIETANEN, A.: *On the facies series in various types of metamorphism.* "J. Geol.", t. 75, núm. 2, pág. 187-214 (1967).

HIGGINS, M. W.: *Cataclastic Rocks.* "Geol. Survey. Prof.", Paper, núm. 687, p. 77 (1971).

MIYASHIRO, A.: *Metamorphism and related magmatism in Plate tectonics.* "Am. Jour. of Sci.", v. 272, pp. 629-656 (1972).

MIYASHIRO, A.: *Metamorphism and metamorphic belts.* London. Ed. G. Allen. Unwin. L. T. D. (1973).

SPRY, A.: *Metamorphic textures.* Pergamon Press London (1969).

Recibido: Julio 1974.

El stock granodiorítico con hiperstena de Garlitos y el problema charnoquítico (*)

Por J. L. BARRERA MORATE (**)

RESUMEN

El afloramiento granodiorítico de Garlitos (Badajoz) está formado por granodioritas, granogabros y monzogabros. La hiperstena sólo aparece en los dos últimos tipos. Dentro de la aureola metamórfica existen rocas básicas (anfibilas).

Un tratamiento estadístico de los datos del contenido de An de las plagioclasas, pone de manifiesto fenómenos asimilatorios.

La hiperstena se origina a partir del clinopiroxeno según la reacción: sil. alum + clinopox. → ortopix + anort. Parece ser que el Al es el factor controlante de esta reacción.

Se proponen fenómenos asimilatorios para explicar la génesis de muchas rocas charnoquíticas.

ABSTRACT

The granodioritic outcrop at Garlitos (Badajoz) is composed of granodiorites, granogabbros and monzogabbros. Hypersthene occurs only in the later types. Basic rocks (amphibolites) have been seen within the metamorphic aureole.

Statistical treatment of the data obtained from a large number of measurements of plagioclase in all rocks reveals evidence concerning the assimilatory formation of these rocks.

Hypersthene is making up from monoclinic pyroxene after reaction: sil. alum + monoc. pyx → ortopy. + anort. The Al appears to be the controlling factor of this reaction.

Asimilatory phenomena are proposed for explaining quite a lot of charnockites.

INTRODUCCION

El trabajo aquí expuesto constituye una síntesis del estudio realizado por nosotros en la región de Almadén (en prensa), sobre un "stock" granodiorítico con hiperstena, intrusivo en materiales sedimentarios de edad paleozoica.

Dado el interés que presenta la aparición de ortopiroxeno como componente de rocas graníticas S. L., no sólo dentro de la problemática granítica sino, incluso también dentro del problema charnoquítico, acompañamos a este estudio unas conside-

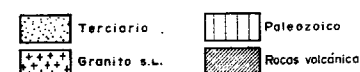
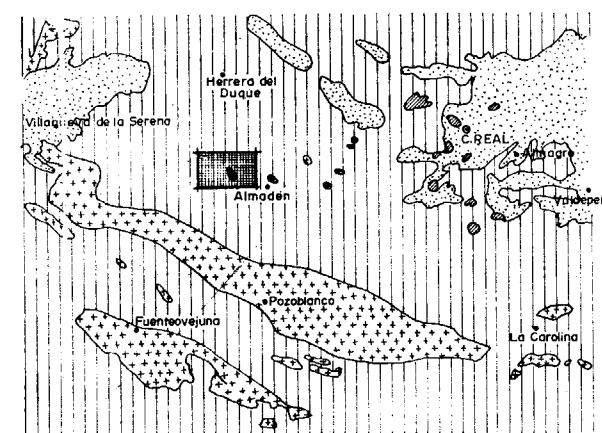
raciones de carácter general referidas a este último problema.

Este trabajo fue realizado en el Departamento de Petrología y Geoquímica del Instituto Lucas Mallada, del C. S. I. C., bajo la dirección del profesor don José María Fúster Casas, y financiado por la División de Ciencias Matemáticas y de la Naturaleza de dicho organismo, a través de una beca concedida a tal efecto.

ENCUADRE REGIONAL.

El "stock" de rocas granodioríticas estudiado por nosotros se encuentra en las proximidades del pueblo de Garlitos y dentro de la Hoja núm. 781 (Si-ruela) del Mapa Topográfico Nacional, E. 1: 50.000.

Dentro de la zonación estratigráfico-litológica del Macizo Hespérico, dado por LOTZE (1945), modificada, nuestras rocas se encuentran en la zona oriental Lusitana-Alcúdice, subzona de Ciudad Real. Puede considerarse como la manifestación granítica S. L. más septentrional de la provincia granítica S. L. de Pedroches (ver mapa situación).



Plano de situación

Constituye un macizo intrusivo de siete kilómetros de largo (según la dirección 130°) por 1,5 kilómetro de ancho, circunscrito a una depresión topográfica, entre dos alineaciones cuarcíticas. Es discordante en la serie paleozoica de la región de Almadén, cuya dirección regional es de 130° y con buzamientos subverticales. No presenta ninguna orientación interna y encaja concretamente en materiales cuarzo-feldespáticos, pelíticos (de edad preordovícico, ordovícico, silúrico y devónico) y rocas básicas. Estas rocas básicas son diques concordantes y discordantes con la estructura sedimentaria, siendo su composición actual la de una anfibolita.

PETROLOGÍA.

Las rocas granodioríticas de Garlitos son de grano fino-medio con tonos grisáceos, desarrollándose en ellas dos áreas de naturaleza diferentes: un área con hiperstena (monzogabros, granogabros) y otra sin hiperstena (granogabros y granodioritas). Las dos áreas tienen zonas con facies porfídicas de grano fino y con un tamaño de fenocristales de 5-7 mm.

La aureola de contacto es de gran intensidad, aunque su desarrollo en extensión no es fácilmente observable, debido a los abundantes derrubios de ladera provenientes de los cerros cuarcíticos. En aquellos escasos puntos donde se hace visible, puede deducirse una extensión de 180 m.

Los minerales fundamentales son: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita e hiperstena. Como accesorios y accidentales están: cordierita, epidota, esfena, turmalina, apatito, circón, opacos y carbonatos.

La textura más común es la equigranular hipidiomorfa, habiendo zonas con textura porfídica.

El cuarzo y feldespato potásico son minerales intersticiales. La plagioclasa es el más abundante. Dentro de los accesorios, la cordierita es escasa y sólo se encuentra en el área con hiperstena. La epidota y esfena son producto de la cloritización de la biotita y, la primera también, de alteración de plagioclasa.

Se han efectuado 21 análisis modales dentro de todo el "stock" perteneciendo cinco de ellos al área hipersténica. Siguiendo la clasificación de STRECKEISEN, las rocas de Garlitos corresponden a monzogabros y granogabros (en el área con ortopiroxeno) y granogabros y granodioritas (en el área sin hiperstena). La proyección de los valores dentro del diagrama triangular cuarzo-feldespato potásico-plagioclasa (fig. 1), pone de relieve que todos los tér-

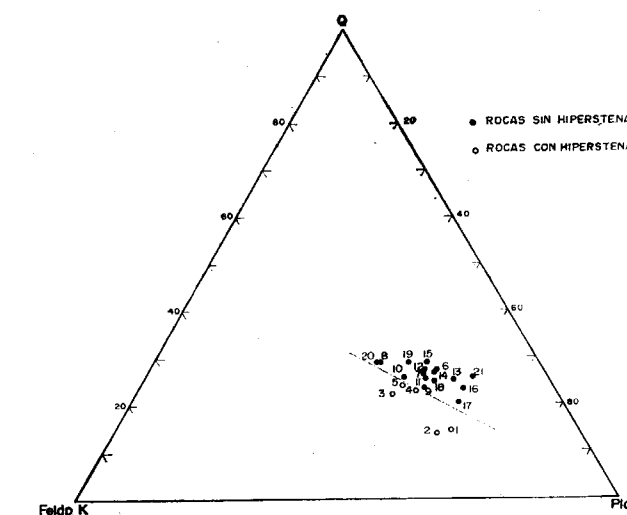


Figura 1

minos parecen pertenecer a un solo conjunto, aunque existe una separación neta entre las muestras con y sin hiperstena. Esta distribución de la com-

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

(**) Departamento de Petrología y Geoquímica, I. L. M. (C. S. I. C.).

posición en dos zonas, no se ajusta con la que podría esperarse en el caso de haber existido un proceso de diferenciación magmática entre los monzogabros, granogabros y las granodioritas.

Todas las fases minerales mayoritarias tienen una distribución modal concordante con las alineaciones en que se reconocen facies porfídicas. En el caso de la plagioclasa, el aumento de su porcentaje está directamente relacionado con la proximidad de la muestra a las rocas anfibolíticas.

Del estudio petrográfico detallado de la plagioclasa se ha obtenido como resultado la posible existencia de fenómenos de tipo asimilatorio entre el magma granítico y las rocas básicas. Las características concretas de este estudio son las siguientes:

Todos los cristales de plagioclasa se presentan siempre maclados y zonados (fig. 2), teniendo un



Figura 2

Cristal de Plagioclasa zonada regularmente con maclado superpuesto. Obsérvese cómo la zonación se desarrolla más en un sentido que en otro.

hábito subidiomorfo, que pasa a ser idiomorfo en las facies porfídicas. De la medición sistemática en platina universal del contenido en An (método RITTMAN, TOBI, EMMONS, CHUDOBA) de 84 cristales zonados de plagioclasa se deducen los siguientes aspectos:

a) La zonación está compuesta por tres grandes zonas: borde, zona intermedia y núcleo. La segunda puede estar subdividida a su vez en varias franjas. El zonado en parches ("Patchy zoning") suele ser exclusivo del núcleo. Los límites interzonales suelen ser agudos, teniendo un carácter más intenso en el área hipersténica y en las muestras cercanas a los afloramientos de anfibolitas.

b) La ley de macla que se repite con mayor intensidad es la albíta. Le sigue, indistintamente, Kasbald y albíta-Ala b.

c) Utilizando la nomenclatura propuesta por HOMMA (1936) para los diversos tipos de zonado, vemos que aquí predominan tres tipos: irregulares; oscilatorios normales con o sin parchado y no oscilatorios normales.

Todos los valores obtenidos de la medición de las zonas de los 84 cristales de plagioclasa se han proyectado en un histograma (fig. 3), separando las rocas con y sin hiperstena. Del estudio comparativo de las dos áreas se deduce lo siguiente:

1) Semejanza en los contenidos de An más frecuentes que se presentan en las dos áreas. Los valores que con más asiduidad aparecen son: An 20, An 24, An 30, An 45, An 57, An 60. Admitiendo un error en nuestras medidas de $\pm 2\%$, y comparando estos porcentajes con los que dan HUNAHASHI et al. (1968, conclusión núm. 5) como representativos de las composiciones de plagioclasa que cristalizan más frecuentemente en las rocas naturales, vemos que su mayor parte coincide bastante bien.

2) Hay un desplazamiento hacia términos más albiticos en las modas principales de cada una de las tres zonas de la plagioclasa del área sin hiperstena, en relación con sus correspondientes del área hipersténica. Este desplazamiento no parece tener conexión (haciendo una distribución espacial de los valores) con una supuesta diferenciación magmática, sino más bien, guarda una estrecha correspondencia con la proximidad o lejanía hacia lugares donde afloran

rocas anfibolíticas. Este posible interacción entre una roca y otra, concluida a partir de la variación de las modas frecuenciales, es similar a la dada por HUNAHASHI et al. (op. cit., conclusión núm. 3), cuan-

La hiperstena se encuentra única y exclusivamente en el extremo oriental del "stock". El tránsito entre el área que lo contiene y en el que está ausente viene marcado por una franja aproximada de unos

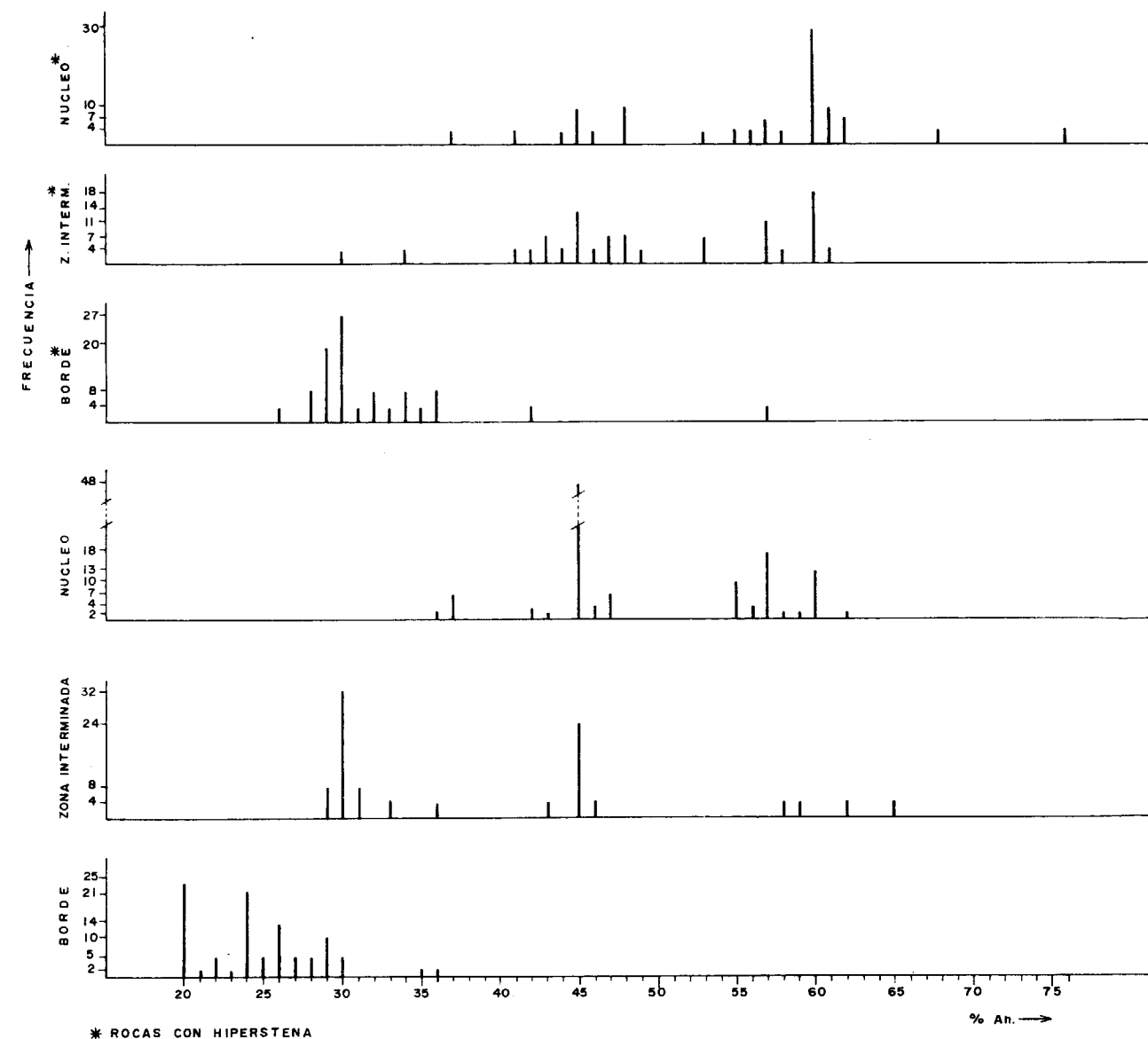


FIGURA 3.- 235 VALORES DEL CONTENIDO EN AN. DE 84 PLG. ZONADAS

do dicen que la aparición y desarrollo de una moda subsidiaria en el contenido de An es signo evidente de que una unidad litológica ha sido afectada por la roca vecina.

50 m., a partir de la cual se borra por completo todo signo de su existencia. El hábito es subidiomorfo y su tamaño es medio, semejante al de las plagioclasas. Se altera a biotita, estando sus bordes rodeados



Figura 2

Cristal de Plagioclasa zonada regularmente con maclado superpuesto. Obsérvese cómo la zonación se desarrolla más en un sentido que en otro.

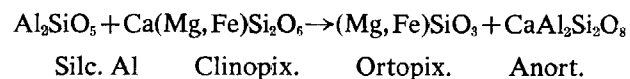
de este mineral (fig. 4). No todas las veces la extinción es recta. Generalmente no desarrolla pleocroísmo, aunque en ocasiones se observa un ligero tono rosáceo que parece indicarlo. Las 15 medidas realizadas del ángulo $2V_\alpha=52^\circ$. Corresponde, por tanto, a términos de transición entre hiperstena y ferrohiperstena, es decir, entre Fs 45 y Fs 55. A tenor de las



Figura 4

Cristal de Hiperstena con aureola biotítica de alteración

consecuencias genéticas deducidas de las plagioclasas y teniendo en cuenta la proximidad de las rocas anfíbolíticas al área hipersténica, además de la existencia de una cantidad elevada de Al en el ámbito de la roca caja, creemos que el origen de la hiperstena se ha podido producir según la reacción:



Esta génesis ya ha sido propuesta por otros autores que han estudiado fenómenos semejantes a este. Entre ellos está WILSON (1952). Además la consideración hecha por HOWIE (1965) de que la disponibilidad de Al en el ambiente de cristalización es el factor dominante para que aparezca ortopiroxeno, apoya también esta hipótesis.

METAMORFISMO DE CONTACTO.

El "stock" granodiorítico se pone en contacto por el borde Sur, con rocas de edad preordovícica (pizarras y cuarcitas), mientras que en el resto lo hace sobre materiales pizarrosos y grauváquicos de edades odovícicas, silúricas y devónicas.

En el área metamórfica de la zona con hiperstena los minerales índices del aureola son: silimanita y cordierita, encontrándose además el feldespato potásico, la plagioclasa, la biotita y el cuarzo. Esta asociación mineral corresponde a las facies corneanas piroxénicas de materiales pelíticos y cuarzo-feldespáticos. En el único punto donde se hace visible toda la aureola, siguiendo a estas corneanas, aparecen las anfíbolitas, en las que el anfíbol tiene carácter de fenocrystal, habiendo también plagioclasa y restos de textura diabásica con algún piroxeno. Esta asociación corresponde a la facies de corneanas hornbléndicas de materiales básicos.

En el resto de la aureola metamórfica del "stock" el mineral índice es la andalucita y el feldespato potásico. Hay también granate, biotita, moscovita, plagioclasa y cuarzo. Esta asociación define términos de las corneanas hornbléndicas con tránsito a las corneanas albita-epidota de materiales pelíticos y cuarzo-feldespáticos. Las rocas básicas presentan anfíboles, piroxenos, plagioclasa, cuarzo y epidota, que definen igualmente facies de las corneanas hornbléndicas.

Como puede comprobarse, el metamorfismo térmico es mayor en el área con hiperstena. Esto hace suponer que la intrusión granítica no fue termalmente homogénea.

PETROGÉNESIS.

De acuerdo con las teorías señaladas por WALTON (1955) sobre los diversos tipos de emplazamiento de masas graníticas, la presencia de una gran disarmonía entre los niveles enérgicos de "stock" (alto nivel) y la roca encajante (bajo nivel) es una prueba clara del emplazamiento intrusivo del granito S. L.

Debido a que el "stock" se dispone alargadamente siguiendo la misma dirección de la roca caja (130°), hay que pensar que en un primer estadio, las rocas calcoalcalinas han sido emplazadas por un mecanismo de "intrusión forzada". En el estadio final de la intrusión tuvo lugar fenómenos de difusión-asimilación, y de granitización, que dan lugar a la transformación de las rocas encajantes, incluidas las rocas básicas. Producto final de esta interacción ácido-básico es el aumento de plagioclasa modal, su consecuente basificación y, con carácter trascendente, la aparición de hiperstena. Dado que los fenómenos de contacto son fenómenos endotérmicos, hay que pensar que la energía necesaria para ellos proviene de la cristalización del magma granítico. Así, a medida que se van produciendo las transformaciones del contacto, el líquido magmático va perdiendo energía hasta que acaba consolidándose, deteniéndose por tanto la intrusión.

La suposición de una intrusión múltiple para explicar la aparición del ortopiroxeno en una sola zona, no es factible ya que la continuidad de la línea de contacto entre la roca granítica y la roca caja en las dos áreas es perfecta.

La edad de la intrusión granodiorítica fue postdevónica. Apoyándonos en la edad supuestas por LEUTWEIN et al. (1970) para el "stock" de Fontanosas, y dada su proximidad y semejanza composicional (a excepción de la hiperstena) con el de Garlitos, podemos decir que la edad de la intrusión fue 305 ± 10 m. a. Pertenece, por tanto, al grupo de los granitos S. L. calcoalcalinos más antiguos del Macizo Hespérico, aunque por su naturaleza y modo de emplazamiento presenta características de los granitos S. L. más jóvenes (280 ± 5 m. a.).

EL PROBLEMA CHARNOQUÍTICO.

Aspectos generales.

Admitiendo para nuestras rocas un carácter charnoquítico, y dando como válida la hipótesis de asimilación de una roca básica por parte de un magma granítico en presencia de gran cantidad de Al para explicar el origen de la hiperstena, el denominado "problema charnoquítico" toma una nueva dimensión fuera de la dualidad clásica ígnea-metamórfica.

Si lo que llevó a HOLLAND en 1893 a definir el término "charnoquita" en el área petrológica de Madrás fue la aparición de hiperstena dentro de una roca granítica, creemos que lo más oportuno es centrar precisamente el problema en el origen de este

mineral en lugar de hacerlo en la asociación de rocas que lo contienen.

Es muy significativo que texturalmente las rocas charnoquíticas presentan una fábrica de tipo genuinamente granoblástico en la que no puede deducirse orden de cristalización de los minerales componentes, o en todo caso el orden de formación no tiene nada que ver con el normal en las rocas de origen ígneo. Dichos minerales componentes tampoco encajan adecuadamente con las condiciones "secas" o "húmedas" del metamorfismo, tomadas éstas independientemente.

Consultando la bibliografía sobre áreas charnoquíticas de todas partes del mundo, hemos encontrado que los factores comunes que suelen presentarse casi generalmente en dichas áreas (sean provincias plutónicas o metamórficas) son las mismas que se nos presentan en el "stock" de Garlitos, a saber: granitización de rocas básicas con gran disponibilidad de Al en el ambiente de cristalización.

Granitización de rocas básicas.

Es una cuestión muy común que, junto a las rocas charnoquíticas haya casi siempre rocas de naturaleza básica. Datos tomados de FÚSTER (1959) ponen de manifiesto que multitud de autores han encontrado en las rocas charnoquíticas evidencias petrológicas claras que indican un aporte alcalino sobre materiales más básicos. Se estaría, por lo tanto, en presencia de un fenómeno de granitización. Esto viene igualmente confirmado por KORZHINSKIY (1962) el cual sostiene que los neises charnoquíticos aparecen generalmente por granitización de rocas de composición básica. Está claro que este factor de granitización no puede ser el único que controle la aparición de ortopiroxeno, ya que son muchos los lugares en que se dan las asociaciones ácido-básico, sin encontrarse para nada piroxenos rómbicos. Otra cuestión además es que, no sólo se desarrolla este fenómeno de granitización en zonas de medio o alto metamorfismo, sino que incluso se dan en niveles epizonales de emplazamiento de un magma granítico. Así, WILSON (1952) habla ya de hiperstena metasomática a partir de clinopiroxeno dentro de una vena granítica cuando ésta entra en contacto con una de diabasa habiendo gran cantidad de minerales aluminicos en el ambiente. Fenómenos similares han sido descritos por BOWEN (1928) y KUNO (1950) para explicar la hiperstena de algunas rocas basálticas. En nuestra opinión la presencia de Al es el otro de los factores principales que intervienen en la formación de rocas charnoquíticas.



Figura 4

Cristal de Hiperstena con aureola biotítica de alteración

El papel del aluminio.

FÚSTER (op. cit.) señala como dato interesante encontrado por todos los investigadores del tema charnoquítico, la elevada proporción de aluminio dentro de los piroxenos rómbicos. Trabajos más recientes de LEELANANDAM (1967) demuestran igualmente un alto contenido de Al en todos los ortopiroxenos de las rocas charnoquíticas de Kondapalli (India) teniendo además todas las charnoquitas ultrabásicas un valor mayor de 2,5 por 100 de Al_2O_3 , comparando con el límite superior de 2 por 100 en los ortopiroxenos de las rocas ígneas. La causa de este alto contenido de Al no está todavía muy bien comprendido. ESKOLA (1957) lo atribuye a alta presión. El trabajo experimental de BOYD and ENGLAD (1960) aunque sugiere que las altas presiones son los factores controlantes, ello no parece ser válido universalmente ya que son muchos los lugares en los que existiendo gran cantidad de Al en el piroxeno rómbico, no se ha desarrollado ninguna presión elevada. Refutando también este papel atribuida a la presión, de factor necesario para formar ortopiroxeno con alto contenido en Al, está el trabajo de HOWIE (1965). Según este autor, el factor controlante de la aparición de algunos ortopiroxenos no es la presión, sino la disponibilidad de Al dentro del ambiente de cristalización.

CONCLUSIONES

En nuestra opinión, el hecho que llevó a confusión el origen de las rocas charnoquíticas, fue el querer interpretar el ambiente petrológico portador de la hiperstena apoyándose, casi exclusivamente, en las condiciones que se creía daban lugar a la aparición de ortopiroxeno, es decir: alta presión y condiciones anhidras. Así, estas condiciones llevaban —y llevan— a considerar las charnoquitas, desde un punto de vista metamórfico, como una subfacies de las granulitas, a pesar de reconocer todos los autores, incluso WINKLER (1967) que las anomalías existentes en ellas se explicarían mejor si introduyésemos las rocas charnoquíticas en las facies de las anfibolitas. Desde el punto de vista ígneo y dentro de un proceso de cristalización magmática, estas condiciones han hecho pensar que los granitos S. L. con hiperstena provenían de lugares muy profundos.

En conclusión, la génesis de las rocas charnoquíticas no parece corresponder siempre fielmente a la dualidad clásica ígneo-metamórfica, sino más bien a fenómenos asimilatorios de tipo granitizante-metasomático en el que juega un importante papel la presencia de Al.

BIBLIOGRAFIA

- BOWEN, N. L.: *The evolution of the igneous rocks*. "Dover Publications Inc." N. Y. (1928).
- BOYD, F. R. and ENGLAD, J. L.: *Minerals of the Mantle: Aluminous Enstatite*. "Carnegie Inst. Washington, Yearbook Rept. Dir. Geophys. Lab.", 59, 47-50 (1959-60).
- ESKOLA, P.: "Madras Univ. Jour.", 27 (Centenary Number), Ser. B., 101 p (1957).
- FÚSTER, J. M.: *Petrografía y petrogénesis de las series charnoquíticas del precámbrico*. Trabajo presentado para la oposición a la Cátedra de Petrografía de la Universidad de La Laguna, julio 1959 (inédito) (1959).
- HOMMA, F. I.: *The classification of the zonal structure of plagioclase*. "Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.", serie B, 135-355 (1936).
- HOWIE, E. A.: *The piroxenes of metamorphic rocks, in "Controls of metamorphism"*. "Geol. Jour. Spec. Issue", 1. Edinburg. Oliver and Boyd, 319-326 (1965).
- HUNAHASHI, M., WOO KIM, Sh., OHTA, Y. and TSUCHIYA, T.: *Co existence of plagioclase of different compositions in some plutonic and metamorphic rocks*. "Lithos", 1, 356-73 (1968).
- KORZHINSKIJ, D. S.: *Role de l'alcalinite dans la formation des gneiss charnockitiques. Geol. et petrographie du precambrien*. "Bureau de Recherches Geologiques et Minieres", París, 17 pp. (1962).
- KUNO, H.: *Petrology of Hakone volcano and the adjacent areas Japan*. "Bull. Geol. Soc. Ame.", 61, 957-1020, 32 figs., 6 pls. (1950).
- LEELANANDAM, C.: *Chemical study of pyroxenes from the charnockitic rocks of Kondapalli (Andhra Pradesh) India, with emphasis on the distribution of elements in coexisting pyroxenes*. "Miner. Mag.", 36, núm. 278, 153-179 (1967).
- LEUTWEIN, F., SAUPE, F., SONET, J. and BOUYX, E.: *Premiere mesure geochronologique en Sierra Morena. La granodiorita de Fontanosas*. "Geologie en Mijnbouw", 49, 4, 297-304 (1970).
- LOTZE, F.: *Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta*. "Geoteknische Forschungen", 6, 78-92 (1945).
- WALTON, M.: *The emplacement of "granite"*, "Am. J. Sci.", 253, 1-18 (1955).
- WILSON, A. F.: *Occurrence of metasomatic hypersthene, and its petrogenetic significance*. "Ame. Miner.", 37, núm. 7, 8, 633-639 (1952).
- WINKLER, H. G. F.: *Petrogenesis of metamorphic rocks (Revised second edition)*. "Springer-Verlag", Nueva York (1967).

Recibido: Septiembre 1973.



Contribuição para o conhecimento petroquímico das rochas graníticas da Area de Braga^(*)

Por J. ROCHA DE MACEDO(**)

RESUMEN

La cartografía geológica de la región de Braga, realizada por los servicios geológicos de Portugal, ha puesto de manifiesto la existencia de rocas graníticas en una amplia área del distrito. Estas rocas constituyen series petrográficas desde granitos alcalinos a cuarzo dioritas pasando por términos calcoalcalinos.

Los análisis químicos indican esencialmente composiciones calcoalcalinas "pacíficas" de tendencia potásica.

Los diagramas binarios del índice de cristalización de Poldervaart y Parker muestran una secuencia normal de granitización. Asimismo encontramos que las variaciones en el contenido en alcalis desde las dioritas a los granitos alcalinos son exclusivamente debidas a un enriquecimiento en potasio. Nos confirman la idea de un metasomatismo potásico las observaciones petrográficas en lámina delgada donde aparecen claras evidencias de sustitución de la plagioclase por la microclina.

INTRODUÇÃO

Os trabalhos que os Serviços Geológicos de Portugal estão a realizar no norte do país, sob orientação do Professor Carlos Teixeira e do Dr. Artur Medeiros, incidiram, em 1972, na cartografia geológica da região de Braga na escala de 1:50.000.0 mapa compreende as folhas números 56, 57, 70 e 71 da Carta Militar de Portugal na escala de 1:25.000 e refere-se às regiões de Amares, Póvoa do Lanhoso, Braga e Guimarães.

Entre as diferentes unidades geológicas, assinaladas durante o levantamento geológico, existe uma mancha granítica que ocupa a maior parte da área cartografada. Esta mancha, constituída por rochas contendo extraordinária abundância de biotite e de encraves, parece corresponder a uma série petrográfica que vai dos granitos alcalinos aos dioritos quartzíferos, passando por granitos calcoalcalinos. Salienta-se ainda a presença de afloramentos de rochas gabróicas no seio da mancha granítica que, segundo os autores do levantamento geológico, parecem passar lateral e gradualmente aos granodioritos.

No estudo petroquímico que apresentamos ocupar-nos-emos porém, exclusivamente, dos granitos.

Do conjunto de rochas, que foram colhidas durante os trabalhos de campo, foram submetidas a exame microscópico exemplares cujas lâminas delgadas foram coradas pelo processo do cobaltinitrito de sódio de modo a realçar a presença do feldspato potássico. No fim do texto indicamos a localização das amostras analisadas quimicamente e de que possuímos elementos petroquímicos.

Ao Professor Carlos Teixeira, que nos propôs o estudo dos granitos de Braga e permitiu que elaborássemos o presente trabalho, expressamos o nosso reconhecimento pelo auxílio e colaboração que nos proporcionou.

Aproveito este ensejo para agradecer, igualmente, ao Professor Matos Alves o precioso apoio e ensinamentos que nos dispensou.

As análises químicas, apresentadas, foram efectuadas pela Dra. Maria Fernanda Seita (Lab. Técn. Fís. Quím. da J.I.C.U.) (1) e pela Senhora D. Leontina Guimarães (Mus. e Lab. Miner. e Geol. da F.C.L.) (2); o cálculo

(*) Trabalho presentado en la II Reunión sobre geología del SO.

(**) Investigador da Junta Inv. Cient. Uet. e assistente da Univ. de Lisboa.

(1) Análises químicas realizadas no Lab. Técn. Fís. Quím.: Ams. 2, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25 e 26.

(2) Análises químicas realizadas no Museu da F.C.L.: Ams. 1, 3, 8, 9, 21, 22, 27 e 28.

das normas e dos parâmetros petroquímicos foi realizado no Centro de Cálculo da Fundação Calouste Gulbenkian segundo o programa estabelecido pelo Dr. R. David Gomes. A todos estes colaboradores desejamos expressar os nossos agradecimentos pelo auxílio recebido.

SUMMARY

Geological mapping of the Braga region carried out by the Serviços Geológicos de Portugal ("Portuguese Geological Survey") disclosed the existence of granitic rocks on a large area of that district. These rocks make up a petrographic series which ranges from alkali granites through calcalkali granites to quartz diorites. This work concerns mainly the granites.

Chemical analysis revealed, essentially, calc-alkaline "pacific" mainly potassic, compositions.

Binary diagrams of the Poldervaart & Parker (1964) "crystallisation index" shown a normal granitisation sequence. It is also shown that the variation in the alkali content from the diorites to the alkali granites is exclusively due to an enrichment in potassium; this confirms the indication of a potassic metasomatism given by several petrographic indicators observed in thin sections, mainly by clear evidence of substitution of the plagioclase feldspars by microcline.

Estudo petrográfico e petroquímico.

Os granitos estudados são de dois tipos: granitos alcalinos e granitos calco-alcalinos (1).

Texturalmente são rochas porfiróides ou equigranulares, de grão grosso, médio ou fino, com abundantes encraves em algumas zonas. Estes, mais frequentes nos granitos calco-alcalinos, são constituídos, sobretudo, por biotite essencial e, em menor escala, por quartzo e por feldspato. Há, porém, encraves formados quase exclusivamente por biotite.

Macroscopicamente, os granitos alcalinos são, no geral, mais moscovíticos do que os equivalentes calco-alcalinos, pelo que a presença deste filossilicato pode, em primeira análise, servir de critério para os separar.

1. GRANITOS ALCALINOS.

Reunem-se, sob esta designação, granitos alcalinos e alcalinos de tendência calco-alcalina.

As amostras colhidas a 350 m. NNE da igreja de Arosa, em Cónega-Escudeiros, Barros-Nogueira e no Picoto são granitos alcalinos, porfiróides, leuco e leuco-mesocráticos, com composições mineralógicas análogas.

Os megacristais são de microclina, de pertite e de microclina-pertite ou de albite e contêm, por vezes, inclusões de quartzo e de micas.

(1) A sistemática adoptada segue os critérios de A. Lacroix.

A plagioclase, predominantemente sódica (plagioclase com índices de refração inferiores aos índices de refração do quartzo) é albite e está frequentemente microclinizada.

Os feldspatos estão, em regra, caulinizados e, por vezes fortemente sericitizados.

Além do quartzo e dos feldspatos, outro mineral essencial é a biotite. Esta mica está, com frequência, transformada em clorite e esfena e apresenta numerosos halos pleocróicos.

A moscovite adquire, em muitos casos, grande desenvolvimento.

Os minerais acessórios são, sobretudo, óxidos metálicos (principalmente ilmenite) associados a biotite e a apatite.

Um tópico notável assinalado no granito de Cónega-Escudeiros, é a existência de gomos de mirmequite na orla da plagioclase.

Apresentamos, seguidamente, os resultados da análise química, norma e expressão paramétrica da amostra colhida perto da igreja de Arosa (Am. 1).

O granito das Caldas das Taipas (amostra colhida a 100 m. a N das Caldas), a rocha colhida a 1.400 m. S 80° E do vértice Pedra do Outeiro (Am. 2), a amostra colhida perto de Vilaça (Am. 3), a rocha colhida a 750 m. S da igreja de Gualtar (Am. 4), a amostra colhida a 100 m N 75° E do pronto trigonométrico Castro (Am. 6) e a rocha colhida na pedreira de Montariol (Am. 7), são, do pronto de vista químico, granitos alcalinos que denotam maior ou menor tendência calco-alcalina.

As lamina delgadas destas rochas, submetidas a estudo microscópico, mostram-se constituídas por

Am. 1			
Análise		Norma	
SiO ₂	71.90	Q	25.81
Al ₂ O ₃	13.11	or	34.52
Fe ₂ O ₃	0.89	ab	31.49
FeO	0.66	an	1.83
MgO	0.66	diop	0.66
CaO	0.93	hip... ..	1.67
Na ₂ O	3.72	—	—
K ₂ O	5.84	—	—
TiO ₂	0.13	mt	1.29
P ₂ O ₅	0.30	il	0.25
MnO	0.04	ap	0.71
H ₂ O _T	1.77	H ₂ O _T	1.77
	99.95		100.00

Parâmetros CIPW - Lacroix: I. 4. 1. 3.

quartzo, oligoclase, microclina e biotite. Há acessoriamente, andaluzite e silimanite (variedade fibrolite) associadas à moscovite. A plagioclase, com cerca de 20 % de moles de an., é do tipo oligoclase.

Os granitos observados são, petrográficamente, granitos calco-alcalinos.

Dispomos das análises químicas das amostras Am. 2, Am. 3, Am. 4, Am. 6 e Am 7, a partir das quais se calcularam a norma e a expressão paramétrica. (Quadro I).

O parâmetro $r=1'$ mostra existir nos granitos alcalinos mencionados uma ligeira transição para os calco-alcalinos ($r=2-3$). O parâmetro $r=1(2)$ revela um pendor calco-alcalino mais acentuado.

QUADRO I

	ANÁLISES					NORMAS					
	Am. 2	Am. 3	Am. 4	Am. 6	Am. 7	Am. 2	Am. 3	Am. 4	Am. 6	Am. 7	
SiO ₂	73.16	67.40	75.43	70.38	70.16	Q	30.43	15.39	35.74	28.00	27.77
Al ₂ O ₃	14.36	14.69	13.44	15.30	15.50	C	2.21	—	1.97	3.41	3.86
Fe ₂ O ₃	—	0.88	—	0.16	—	Or	33.94	40.91	28.18	28.31	31.40
FeO	1.15	2.25	0.72	2.01	1.92	ab	25.39	31.92	26.64	26.94	23.20
MgO	0.60	0.52	0.84	1.63	1.92	an	2.47	2.73	3.07	3.92	3.48
CaO	0.87	1.45	0.79	1.12	1.26	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	3.02	3.77	3.15	3.19	2.76	diop. . . .	—	2.29	—	—	—
K ₂ O	5.78	6.92	4.77	4.80	5.35	hip. . . .	3.40	2.48	3.21	6.85	7.56
TiO ₂	0.11	0.69	0.12	0.49	0.42	mt	—	1.28	—	0.23	—
P ₂ O ₅	0.28	0.27	0.13	0.25	0.28	il	0.21	1.31	0.23	0.93	0.79
MnO	—	0.04	—	0.03	—	ap	0.66	0.64	0.31	0.59	0.99
H ₂ O _T	1.29	1.05	0.65	0.82	0.95	H ₂ O _T	1.29	1.05	0.65	0.82	0.95
TOTAL	100.62	99.93	100.04	100.18	100.52	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Parâmetros CIPW - Lacroix:

Am. 2	Am. 3	Am. 4	Am. 6	Am. 7
I'.4.1'3	I'.4'.1'.3	I.3(4).1(2).3	I'.4.1(2).3	I(II)'.4.1(2).3

2. GRANITOS CALCO-ALCALINOS.

A maior parte das rochas graníticas existentes nesta região pertence à família dos granitos calco-alcalinos.

Salientemos, porém, a rocha colhida a 525 m. E da igreja de Adaúfe (Am. 5), cuja análise química e norma incluímos, que mostra tratar-se de um granito calco-alcalino que, em virtude do parâmetro $r=(1)2$, denota certa tendência alcalina.

ANÁLISE		NORMA	
	Am. 5		Am. 5
SiO ₂	73.59	Q	31.95
Al ₂ O ₃	13.09	C	0.64
Fe ₂ O ₃	0.57	Or	31.42
FeO	1.35	ab	24.48
MgO	0.91	an	5.19
CaO	1.26	diop	—
Na ₂ O	2.90	hip... ..	3.79
K ₂ O	5.33	mt	0.82
TiO ₂	0.29	il	0.55
P ₂ O ₅	0.16	ap	0.38
MnO	—	—	—
H ₂ O _T	0.78	H ₂ O _T	0.78
	100.23		100.00

Parâmetros CIPW - Lacroix: I'.4. (1)2.3.

Chamamos também a atenção para a amostra coligida perto de Lamas. Trata-se de um granodiorito constituído por andesina, quartzo, biotite e hornblenda verde, comum, essenciais. Os minerais acessórios são, sobretudo, feldspato potássico, esfena, apatite, minerais opacos (óxidos de ferro e de tânto).

A biotite formando grandes lâminas, inclui alanite e associa-se, às vezes, à hornblenda. A clorite existe como produto derivado da biotite.

Os restantes granitos observados são granitos calco-alcálicos cujo estudo óptico revela composições mineralógicas idênticas.

A microclina, mineral essencial, pode formar megacristais muito desenvolvidos, ou formar plagas cujos contornos estão, em regra, corroídos pelo quartzo.

A plagioclase é moderadamente cálcica com teores que oscilam em torno de 20 % de moles de an.

A maior parte dos feldspatos está transformada em sericite que, em certos casos, se faz acompanhar por epidoto e calcite.

As transformações incidem, geralmente, nos núcleos dos cristais e desaparecem para os bordos onde as plagioclases se tornam mais límpidas e menos cálcicas.

Alguns cristais de plagioclase podem apresentar-se crivados de palhetas de sericite, orientadas, dispostas quer segundo os planos de geminação quer atravessando-os.

Os fenómenos de microclinição das plagioclases são muito intensos e frequentes nestas rochas. Por

vezes, a substituição não é total e aparecem, então, cristais de feldspato potássico conservando relíquias de plagioclase geminada.

Em consequência da descalcificação, realizada em regra durante a corrosão, os cristais de plagioclase evidenciam zonamento secundário.

Alguns cristais de microclina que conferem o carácter porfiróide, parecem ter resultado de uma intensa fase de microclinição a que a rocha esteve sujeita.

Nas orlas de alguns cristais de plagioclase, que contactam com a microclina, formam-se intercrescimentos mirmequíticos, cujos aspectos podem variar do mais fino ao mais grosseiro, passando, às vezes, à forma "goticular" do quartzo.

O quartzo existe, em regra, xenomórfico, engrenado; além de aparecer sob a forma de mirmequites ou goticular, como foi referido, pode encontrar-se incluso no interior de outros constituintes, inclusivo no próprio quartzo.

A biotite, mineral essencial, apresenta-se, quase sempre, repleta de halos pleocróicos, às vezes muito desenvolvidos, no centro dos quais se reconhecem pequenos cristais de zircão. Esta mica, de cor castanha avermelhada, pode apresentar-se muito transformada em clorite (penina) e em moscovite; no primeiro caso, à cloritização associa-se a expulsão de minério e, muitas vezes, esfena, que se instalam na periferia dos cristais ou ao longo dos planos de clivagem. Na segundo caso a moscovitização nem sempre é total e podem observar-se todas as fases de lexiviação da biotite.

Às vezes, a clorite intercrece com a biotite e parecem ser produtos de cristalização simultânea.

A apatite é mineral acessório muito frequente em certos exemplares. Pode formar conspícuos cristais mas, normalmente, existe em grãos de pequenas dimensões; encontra-se, com frequência, inclusa na biotite, na plagioclase ou em outros minerais.

Minerais como clorite (penina), sericite, epidoto (pistacite), minério, calcite, esfena, etc, são minerais secundários e formam-se em geral na dependência dos minerais antes citados.

Outros constituintes como andaluzite, silimanite, cordierite e alanite (rara), são minerais acessórios pouco frequentes.

A andaluzite ocorre em pequenos cristais no interior dos quais se observam as pequenas manchas de

QUADRO II

Análises

	Am. 8	Am. 9	Am. 10	Am. 11	Am. 12	Am. 13	Am. 14	Am. 15	Am. 18	Am. 19	Am. 20	Am. 21	Am. 22	Am. 23
SiO ₂	68.47	69.66	67.34	69.22	69.32	70.80	71.21	69.43	68.38	67.79	68.75	67.72	64.25	66.80
Al ₂ O ₃	15.01	14.62	15.19	14.66	14.09	14.85	14.06	15.04	14.94	15.14	14.66	14.79	16.16	14.54
Fe ₂ O ₃	1.21	0.69	0.01	0.27	0.60	0.01	0.01	0.58	0.32	0.55	0.11	0.69	0.82	—
FeO	2.09	1.34	3.88	2.13	2.74	1.72	2.44	2.37	2.54	2.73	3.30	3.60	4.06	3.52
MgO	0.25	1.08	2.11	2.16	2.12	0.63	1.25	1.53	1.88	2.12	1.19	1.28	1.90	2.46
CaO	1.73	2.04	1.63	1.77	2.10	2.30	2.19	2.59	2.30	1.82	2.86	1.97	3.18	3.31
Na ₂ O	3.90	4.08	3.09	3.01	3.45	3.30	3.00	2.99	3.33	2.90	3.13	3.57	4.10	2.70
K ₂ O	5.77	5.03	4.29	4.77	3.68	5.56	4.93	4.30	4.53	5.07	4.48	4.73	3.37	4.37
TiO ₂	0.51	0.33	0.92	0.65	0.74	0.52	0.52	0.67	0.70	0.74	0.76	0.82	0.84	0.96
P ₂ O ₅	0.32	0.22	0.42	0.41	0.40	0.23	0.31	0.35	0.46	0.34	0.42	0.27	0.45	0.55
MnO	0.05	0.04	—	—	—	—	—	0.03	0.07	0.04	—	0.06	0.10	0.06
H ₂ O _T	1.06	1.17	0.73	0.63	0.76	0.58	0.67	0.67	0.54	0.75	0.82	0.88	1.07	0.82
TOTAL	100.37	100.30	99.61	99.68	100.00	100.45	100.59	100.55	99.99	99.99	100.48	100.38	100.30	100.09

Normas

	Am. 8	Am. 9	Am. 10	Am. 11	Am. 12	Am. 13	Am. 14	Am. 15	Am. 18	Am. 19	Am. 20	Am. 21	Am. 22	Am. 23
Q	19.51	21.03	25.04	26.49	27.12	24.05	27.40	27.30	23.70	23.86	24.41	21.21	16.53	22.86
C	—	—	3.52	2.32	1.57	—	0.55	1.59	1.48	2.39	0.47	0.86	1.06	0.67
Or	33.97	29.63	25.45	28.26	21.74	32.71	28.95	25.26	26.77	29.95	26.34	27.84	19.85	25.80
ab	32.87	34.42	26.25	25.55	29.18	27.80	25.23	25.15	28.18	24.53	26.34	30.10	34.58	22.82
an	6.39	6.70	5.36	6.12	7.80	9.24	8.79	10.50	8.40	6.81	11.39	7.98	12.79	12.81
diop	0.07	1.58	—	—	—	0.52	—	—	—	—	—	—	—	—
hip... ..	2.66	3.33	10.89	8.02	8.59	3.66	6.69	6.60	8.05	8.69	7.64	7.95	10.28	11.10
mt	1.75	1.00	0.01	0.39	0.87	0.01	0.01	0.84	0.46	0.80	0.16	1.00	1.19	—
il	0.96	0.62	1.75	1.24	1.41	0.89	0.98	1.27	1.33	1.41	1.44	1.55	1.59	1.82
ap	0.76	0.52	1.00	0.97	0.95	0.54	0.73	0.82	1.09	0.81	0.99	0.64	1.06	1.30
H ₂ O _T	1.06	1.17	0.73	0.63	0.76	0.58	0.67	0.67	0.54	0.75	0.82	0.88	1.07	0.82
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

	Am. 8	Am. 9	Am. 10	Am. 11	Am. 12	Am. 13	Am. 14	Am. 15	Am. 18	Am. 19	Am. 20	Am. 21	Am. 22	Am. 23
Or/plag	0.86	0.72	0.80	0.89	0.58	0.88	0.85	0.70	0.73	0.95	0.69	0.73	0.41	0.72
Plag. norm.	16.26	16.29	16.96	19.32	21.09	24.95	25.82	29.45	22.97	21.71	30.17	20.95	27.00	35.95
Parâmetros CIPW - Lacroix	I'.4.2.3	I'.4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3	I.4.2.3	I'.4.2.3	I'.4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3	(DII).4.2.3

pleocroísmo cor-de-rosa característico. Aparece, quase sempre, muito corroída e substituída por moscovite e por silimanite. A moscovitização daquele mineral efectua-se de fora para dentro e, muitas vezes, ao longo dos planos de clivagem. Há cristais de andaluzite que se apresentam marginalmente substituídos por silimanite fibrosa (fibrolite).

A silimanite parece resultar, exclusivamente, da silimanitização da andaluzite e, por isso, originam-se associações do tipo epitáxico.

Em algumas lâminas delgadas (raras) observa-se, ainda, a substituição da silimanite por moscovite.

Do ponto de vista petrográfico os granitos estudados são granitos calco-alcalinos, biotíticos.

No quadro II damos conta das análises químicas, normas, expressões paramétricas CIPW-Lacroix, da plagioclase da norma em % de moles de an e da relação ortose/plagioclase, de alguns granitos calco-alcalinos, biotíticos, analisados quimicamente.

3. ENCRAVES.

Os granitos da região, e em particular, os calco-alcalinos, contêm notável abundância de encraves.

Os encraves são, em amostra de mão, porções de rochas microgranulares formadas por biotite essencial e, em menor escala, por feldspato e quartzo.

Há encraves constituídos quase exclusivamente por biotite, por vezes, orientada; alguns tem a forma lenticular e podem emitir prolongamentos à maneira de "schlieren".

Verificou-se, pelo estudo em lâmina delgada, existirem encraves com composição de microdioritos quartzíferos, de microdioritos quártzicos e de microgranitos calco-alcalinos.

Com exclusão dos encraves reduzidos a concentrações de biotite, a maior parte tem a composição mineralógica dos microdioritos quártzicos. Os minerais essenciais são: biotite, andesina com cerca de 33 % de moles de an, e quartzo. Os minerais acessórios são, sobretudo, moscovite e apatite e, por vezes, esfena, ilmenite, sulfuretos (pirite?), andaluzite, silimanite e cordierite.

Certos encraves, como por exemplo os provenientes da pedreira de Montariol (Am. 24), passam in-

sensivelmente ao granito envolvente e têm, petrograficamente, a mesma composição mineralógica.

Os resultados das análises químicas (quadro III) e das normas (quadro IV), assim como os parâmetros CIPW-Lacroix, a relação ortose/plagioclase, a plagioclase da norma e a classificação químico-mineralógica dos granitos e respectivos encraves (quadro V), confirmam as observações microscópicas se atendermos que ao corindo da norma corresponde andaluzite e silimanite e que ao diópsido, hiperstena e parte da ortose equivalem a biotite e moscovite modal.

Em face dos resultados das análises químicas verifica-se existir um aumento de percentagem de sílica e de potassa, e uma diminuição de alumina, cal, ferro, magnésia e soda, quando se passa do encrave para o granito envolvente.

O granito alcalino colhido na pedreira de Montariol (Am. 7) apresenta forte tendência calco-alcalina $r=1$ (2); o encrave respectivo (Am. 24), em virtude do parâmetro $s=3$ (4), é um granito calco-alcalino ligeiramente aquerítico.

4. OUTRAS ROCHAS GRANULARES.

Durante os trabalhos de cartografia geológica assinalaram-se, na grande área formada pelos granitos, pequenas manchas de rochas dioríticas e gabróicas.

Embora dispondo de poucos exemplares relativos a cada uma daquelas formações, apresentamos os resultados do estudo em lâmina delgada assim como as análises químicas e normas.

A rocha colhida próximo de Figueiredo (Am. 27) é granular, de grão médio, mesomelanocrática contendo biotite abundante.

Os minerais essenciais são oligoclase-andesina, biotite e feldspato potássico. Os minerais acessórios são, sobretudo, quartzo, hornblenda verde e esfena abundantes, apatite e minério.

A biotite por vezes cloritizada, apresenta esfena disposta ao longo dos planos de clivagem.

Outros fenómenos, tais como plagioclase sericitizada e microclinizada, e crescimentos mirmequítitos, estão patentes no diorito quartzífero de Figueiredo.

QUADRO III

Análises

	Am. 26 encrave de Am. 16	Am. 16	Am. 25 encrave de Am. 17	Am. 17	Am. 24 encrave de Am. 7	Am. 7
SiO ₂	60.60	66.09	62.44	67.61	64.56	70.16
Al ₂ O ₃	17.94	15.97	16.82	15.22	16.06	15.50
Fe ₂ O ₃	0.63	0.30	0.54	0.32	0.14	—
FeO	5.43	2.84	4.32	2.60	4.54	1.92
MgO	3.49	2.10	2.88	1.88	2.38	1.92
CaO	3.98	2.58	3.70	2.58	3.14	1.26
Na ₂ O	3.87	3.30	4.38	3.19	3.30	2.76
K ₂ O	2.60	4.83	2.09	4.80	3.38	5.35
TiO ₂	0.24	0.96	1.53	0.79	1.09	0.42
P ₂ O ₅	0.52	0.51	0.75	0.39	0.54	0.28
MnO	0.09	0.06	0.13	0.05	—	—
H ₂ O _T	0.55	0.60	0.34	0.50	0.85	0.95
	99.94	100.14	99.92	99.93	99.98	100.52

QUADRO IV

Normas

	Am. 26	Am. 16	Am. 25	Am. 17	Am. 24	Am. 7
Q	11.68	19.56	16.49	21.96	20.75	27.77
C	2.77	1.84	2.42	1.02	2.56	3.86
or	15.37	28.50	12.36	28.39	19.97	31.40
ab.	32.76	27.88	37.08	27.01	27.92	23.20
an	16.35	9.45	13.46	10.26	12.05	3.48
hip.	17.92	8.71	12.38	7.98	12.35	7.56
mt	0.91	0.43	0.78	0.46	0.20	—
il	0.46	1.82	2.91	1.50	2.07	0.79
ap	1.23	1.21	1.78	0.92	1.28	0.99
H ₂ O _T	0.55	0.60	0.34	0.50	0.85	0.95
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

QUADRO V

	P. CIPW-Lacroix	Or/p/ag	Plag. nor.	Clas. químico-mineralógica
Am. 26, encrave de Am. 16.	II.4(5).(2)3.4	0.31	33.29	Microdiorito quartzífero.
Am. 16	I(II).4.2.3	0.76	25.31	Granito calco-alcalino monzonítico.
Am. 25, encrave de Am. 17.	II.4.2'4	0.24	26.63	Microdiorito quártzico.
Am. 17	I(II).4.2.3	0.76	27.52	Granito calco-alcalino monzonítico.
Am. 24, encrave de Am. 7 ...	II.4.2'.3(4)	0.49	30.14	Microgranito calco-alcalino ligeiramente aquerítico.
Am. 7	I(II).4.1(2).3	1.17	13.05	Granito alcalino de tendência calco-alcalina.

Incluimos, de seguida, a sua análise química assim como a norma e expressão paramétrica.

Análise		Norma	
SiO ₂	59.40	Q	9.04
Al ₂ O ₃	16.12	C	0.26
Fe ₂ O ₃	1.68	or	24.86
FeO	4.01	ab	32.55
MgO	2.75	an	13.65
CaO	4.13	diop	—
Na ₂ O	3.84	hip... ..	11.21
K ₂ O	4.20	mt	2.44
TiO ₂	1.07	il	2.04
P ₂ O ₅	1.05	ap	2.49
MnO	0.07	H ₂ O _T	1.46
H ₂ O _T	1.46	—	—
	99.78		100.00

Parâmetros CIPW - Lacroix: (I)II. (4)5.2'.3'.

Outro diorito quartzífero foi colhido perto de Cabraínhas (Am. 28). Trata-se de uma rocha granular, de grão médio e fino, formada por andesina com cerca de 42 % de moles de an., hornblenda e biotite. Os minerais acessórios são, principalmente, ortose, quartzo, clinopiroxena, clorite, esfena, apatite e calcite (rara).

Os resultados da análise química e respectiva norma, confirmam as observações microscópicas se considerarmos que à ortose e olivina encontrada na norma corresponde a biotite e o quartzo modal.

Análise		Norma	
SiO ₂	52.95	or	23.07
Al ₂ O ₃	16.25	ab	25.00
Fe ₂ O ₃	0.95	an	19.47
FeO	5.94	diop	11.37
MgO	4.82	hip... ..	9.57
CaO	7.73	oliv... ..	2.82
Na ₂ O	2.96	mt	1.37
K ₂ O	3.91	il	3.79
TiO ₂	2.00	ap	1.75
P ₂ O ₅	0.74	H ₂ O _T	1.79
MnO	0.10	—	—
H ₂ O _T	1.79	—	—
	100.14		100.00

Parâmetros CIPW - Lacroix: II.5.3.3.

A 1 km. leste do Penso de S. Vicente coligiu-se uma rocha granular, de grão médio a grosso, com grandes lâminas de biotite (Am. 29).

O exame microscópico mostra tratar-se de um gabro olivínico, biotítico, constituído por plagioclase cálcica, clinopiroxena, olivina e biotite essenciais. Os minerais acessórios são: hiperstena, esfena, magnetite e hornblenda.

Os valores do ângulo de extinção, obtidos nas geminações complexas Carlsbad-Albite, determinam percentagens moleculares de anortite entre 60 e 62.

As plagioclases estão, frequentemente, orladas por andesina com cerca de 42 % de moles de an.

A clinopiroxena é uma augite clara, quase incolor, com extinção oblíqua, 2V médio a amplo e sinal óptico positivo.

A olivina, parcialmente serpentinizada, apresenta com frequência uma orla de reacção com transformação em clinopiroxena e, desta em biotite.

No quadro que se segue indicamos a análise química e norma desta rocha.

São dignas de nota as altas percentagens de magnésia e de alumina.

Como na rocha anterior, à ortose da norma corresponde a biotite modal e, deste modo, a análise química compatibiliza-se, perfeitamente, com a composição mineralógica.

Análise		Norma	
SiO ₂	47.96	or	8.65
Al ₂ O ₃	18.50	ab	19.51
Fe ₂ O ₃	0.70	an	34.07
FeO	6.75	ne	1.58
MgO	10.15	diop	8.73
CaO	9.31	oliv... ..	22.52
Na ₂ O	2.66	mt	1.01
K ₂ O	1.47	il	2.02
TiO ₂	1.07	ah	0.40
P ₂ O ₅	0.17	H ₂ O _T	1.51
MnO	0.12	—	—
H ₂ O _T	1.51	—	—
	100.37		100.00

Parâmetros CIPW - Lacroix: II(III).5.4.4.

5. CONSIDERAÇÕES PETROQUIMICAS.

A projecção dos valores KCN, segundo R. Frey (1937), quadro VI e figura 1, mostra que os pontos figurativos das rochas graníticas analisadas se situam, predominantemente, na faixa r=2, mais raramente na faixa r=1, e perto da transição linear destas duas áreas.

QUADRO VI

Valores dos parâmetros KCN das rochas analisadas

Am.	K	C	N
1	48.21	5.10	46.67
2	51.55	7.50	40.93
3	50.98	6.79	42.21
4	45.01	9.80	45.17
5	46.34	15.32	38.32
6	43.72	12.10	44.16
7	49.85	11.06	39.08
8	41.60	15.64	42.74
9	37.23	16.85	45.90
10	39.73	16.75	43.50
11	41.80	18.10	40.09
12	31.81	22.84	45.33
13	40.52	22.91	36.55
14	39.49	23.97	36.52
15	34.61	28.79	36.58
16	37.00	24.56	38.42
17	36.58	26.45	36.95
18	36.42	22.88	40.69
19	43.02	19.56	37.40
20	34.16	29.55	36.28
21	36.75	21.07	42.16
22	24.16	31.16	44.67
23	34.09	33.88	32.01
24	27.09	32.70	40.20
25	15.71	34.24	50.04
26	18.54	39.48	41.96
27	28.66	31.49	39.83

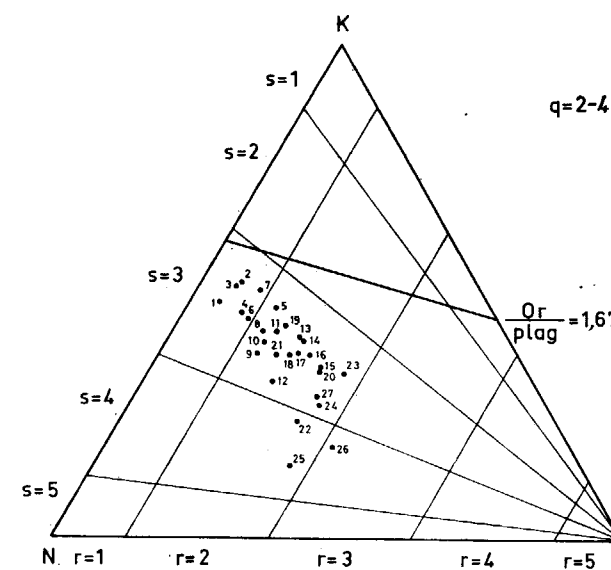


Fig. 1 - DIAGRAMA KCN. Representação gráfica dos parâmetros de Lacroix

São, pois, como antes se vira pela análise petrográfica e depois se confirmou pelo exame da análise química e norma, rochas graníticas no sentido lato, seriadas desde os termos exclusivamente alcalinos aos calco-alcalinos através da zona de transição acima referida.

O exame do diagrama que relaciona os parâmetros K e mg (figura 2), quadro VII demonstra estar-

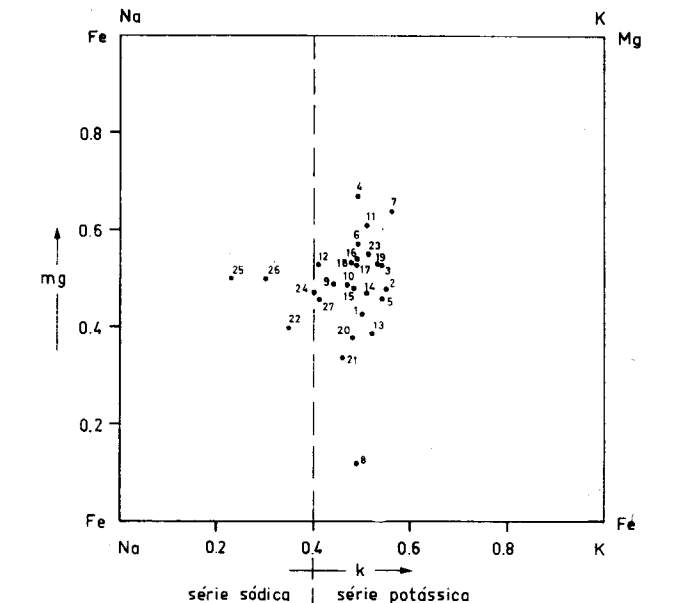


Fig. 2 - DIAGRAMA K-mg

QUADRO VII

Amostra	K	mg
1	0.50	0.43
2	0.55	0.48
3	0.54	0.23
4	0.49	0.67
5	0.54	0.46
6	0.49	0.57
7	0.56	0.64
8	0.49	0.12
9	0.44	0.49
10	0.47	0.49
11	0.51	0.61
12	0.41	0.53
13	0.52	0.39
14	0.51	0.47
15	0.48	0.48
16	0.49	0.54
17	0.49	0.53
18	0.47	0.53
19	0.53	0.53
20	0.48	0.38
21	0.46	0.34
22	0.35	0.40
23	0.51	0.55
24	0.40	0.47
25	0.23	0.50
26	0.30	0.50
27	0.41	0.46

mos em presença de rochas que têm, essencialmente, quimismo calco-alcálico pacífico, fundamentalmente potássico, como pode ver-se pela rarefação dos pontos figurativos na área sódica, o que, alias, já fora confirmado pelo exame das análises químicas e pelas composições mineralógicas.

Os diagramas de classificação dos principais mag-

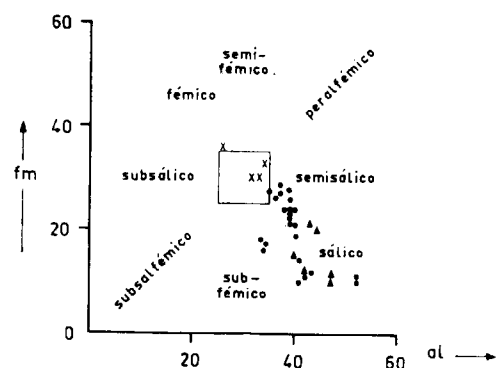


Fig. 3 - DIAGRAMA GERAL fm-al

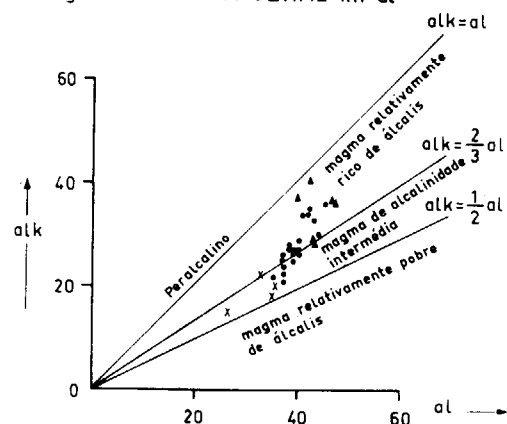


Fig. 4 - DIAGRAMA GERAL alk-al

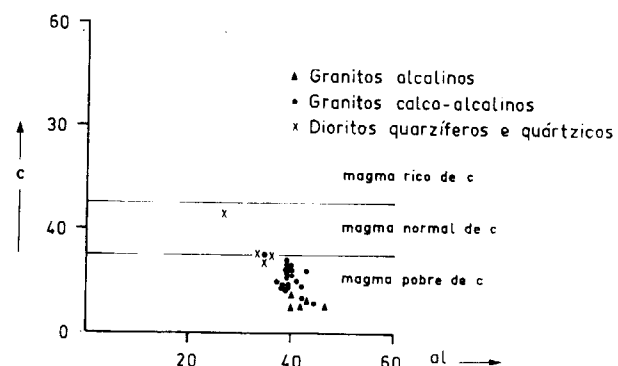


Fig. 5 - DIAGRAMA GERAL c-al

mas elaborados por C. Burri e P. Niggli (1945) (figuras 3, 4 e 5) mostram que as rochas graníticas

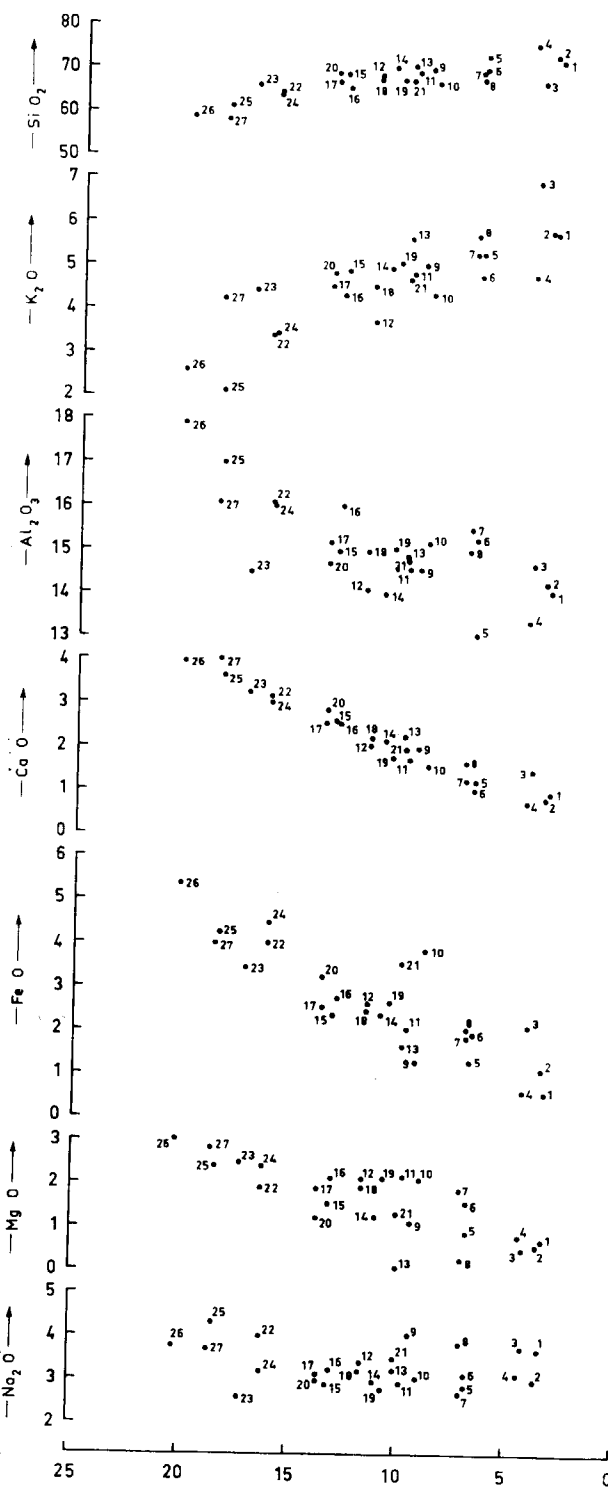


Fig. 6 - Diagramas binários relativos ao índice de cristalização de Poldervaart & Parker

analisadas, com excepção das rochas dioríticas, pertencem a um magma sálico de alcalinidades intermédia a rica, mas pobre de c.

O conhecimento do carácter ácido (coeficiente de salifemicidade $\lambda > 2$) e do carácter calco-alcálico pacífico permite, em conjugação com os resultados acima mencionados, filiar os granitos estudados num magma trondjemítico.

O exame dos diagramas binários respeitantes ao índice de cristalização de Poldervaart & Parker (1964) (figura 6) quadro VIII mostra estarmos na presença de uma sequência normal de granitização. Efectivamente, os pontos representativos das rochas graníticas analisadas revelam que, durante a evolução, há um aumento de sílica e de potássia e uma diminuição de alumina, cal, ferro e magnésia, mantendo-se a soda, praticamente, constante.

QUADRO VIII

Valores do índice de cristalização das rochas analisadas

Am.	I. C.	Am.	I. C.
1	3.41	14	11.02
2	3.55	15	13.24
3	4.27	16	13.18
4	4.56	17	13.60
5	6.83	18	11.74
6	6.81	19	10.58
7	6.87	20	13.56
8	6.90	21	10.29
9	9.42	22	16.27
10	9.12	23	17.24
11	9.96	24	16.34
12	11.59	25	18.55
13	10.55	26	22.56

No que toca aos álcalis podemos concluir que, à medida que se caminha dos dioritos para os granitos alcalinos, a alcalinidade resulta exclusivamente do enriquecimento potássico. Este facto vem confirmar os fenómenos tradutores de metassomatose potássica, observados em lâmina delgada, e que se manifestam, sobretudo, pela microclinização das plagioclases.

Apresentamos seguidamente a relação da localização das amostras analisadas quimicamente indicando-se a referência do n.º da folha da Carta Militar de Portugal de escala 1:25.000 seguida da numeração adoptada durante o levantamento geológico.

N.º da folha		Numeração adoptada
1	350 m NN da Igreja de Arosa	71 - 33
2	1.400 m. S 80º E do vértice Pedrado Outeiro	57 - 13
3	300 m. S de Vilaça	70 - 30
4	750 m. S da igreja de Gualtar	56 - 8
5	525 m. E da igreja de Adaúfe	56 - 15
6	1.000 m. N 25º E do ponto trigonométrico Castro	56 - 3
7	Pedreira de Montariol	A - 2
8	Senhora de Fátima - Figueiredo	70 - 21
9	S. Vicente de Passos	71 - 14
10	Pedreira de Monte Crasto	C - 3
11	875 m. S 38º W de pirâmide Eiras Velhas	56 - 11
12	575 m. S 20º E de Castelo	57 - 1
13	1.100 m. a N 75º E da igreja de Predalva	57 - 29
14	50 m. SW da capela S. Antonio dos Mosteiros	57 - 9
15	425 m. N da igreja de Dornela	56 - 22
16	100 m. E do Km. 57 da estrada Braga-Pte do Lima passando pelo Prado	56 - 1
17	500 m. N 28º da igreja de Proselo	56 - 23
18	1.425 m. S 45º E da igreja de Amares.	56 - 6
19	750 m. S 60º W da pirâmide das Lages.	56 - 17
20	Pedreira de Monte Crasto	C - 1
21	Lage - Arentim	70 - 9
22	Penide - Barco	71 - 21
23	1.650 m. N 57º E da pirâmide S. Gerónimo	56 - 21
24	Encrave existente em Am. 7	A - 2
25	Encrave existente no granito (Am. 17)	56 - 23"
26	Encrave existente no granito (Am. 16)	56 - 1'
27	Perto da povoação Figueiredo	70 - 7
28	Colhida junto de Cabrainhas	70 - 11B
29	1 Km. E do Penso de S. Vicente	70 - 11

EST. I

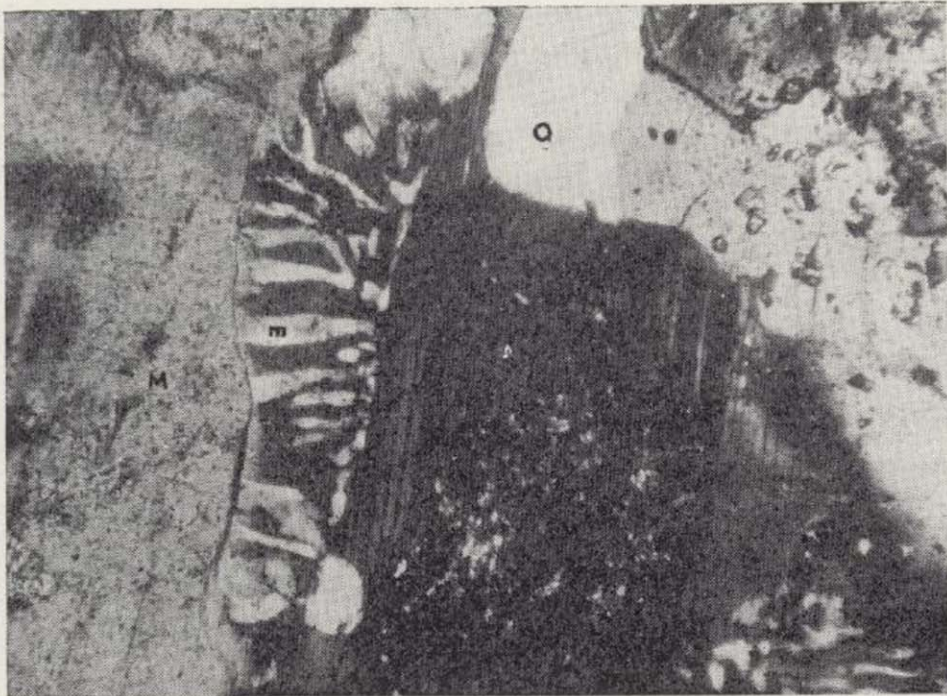


Figura 1

Granito calco-alcalino da região de Amares (Am. 56-23). Nos bordos a plagioclase (P) zonada em contacto com a microclina (M) formam-se mirmequites (m). Nicoix//60×

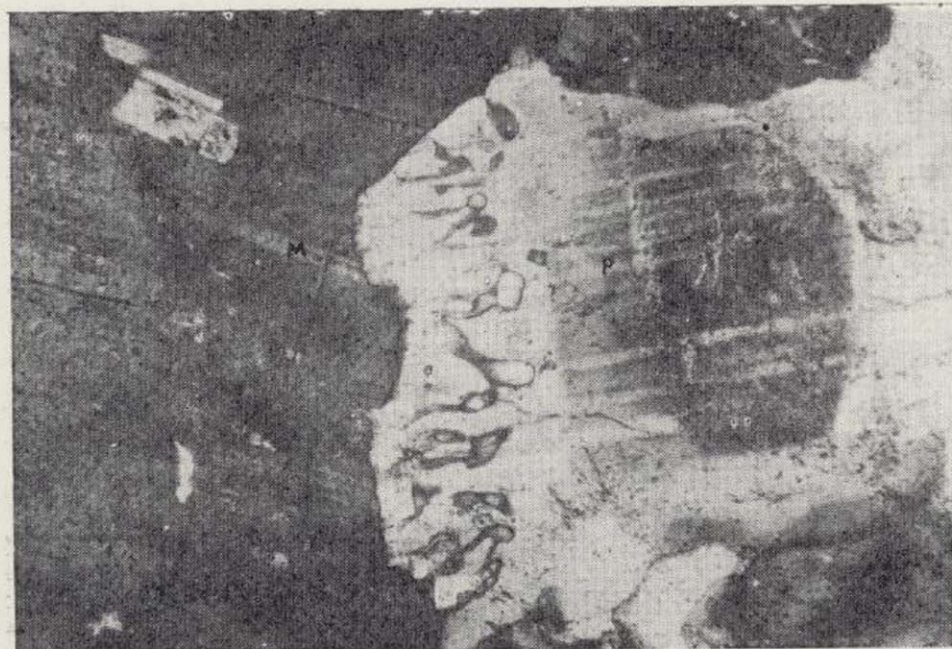


Figura 2

Granito calco-alcalino da Póvoa do Lanhoso (Am. 57-1). Plagioclase zonada e geminada. Na orla de contacto com a microclina (M) formam-se mirmequites de forma goticular. Nicois 64×

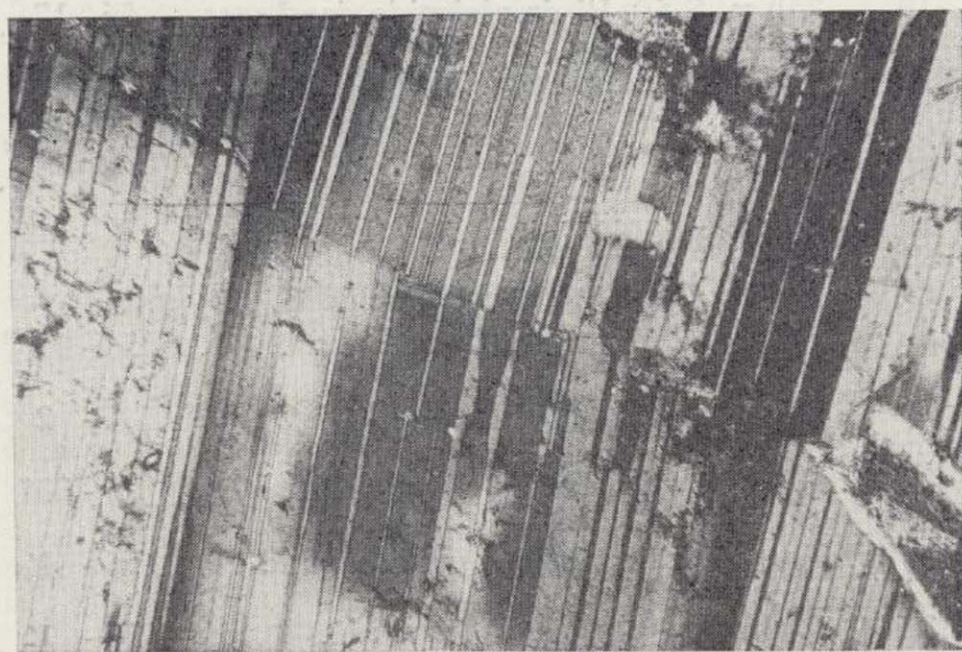


Figura 3

Granito calco-alcalino do Monte Crasto. Cristal de plagioclase, existente no encaixe, mostrando microfracturação. Nicois×60×

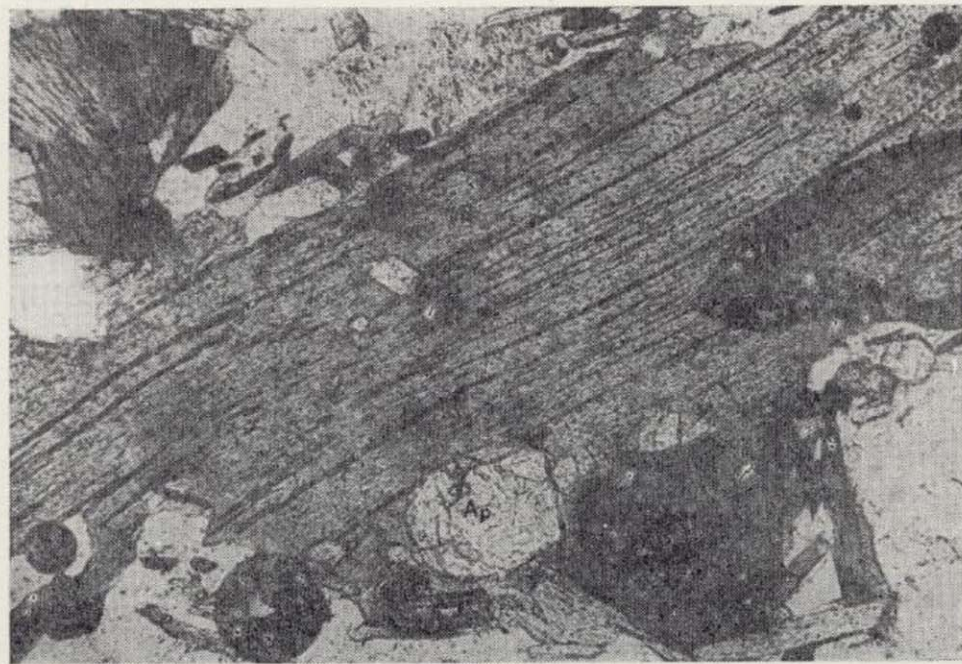


Figura 4

Monte Crasto. Lamela de biotite, ligeiramente encurvada, contendo apatite (Ap) e halos pleocroicos. Nicois//60×

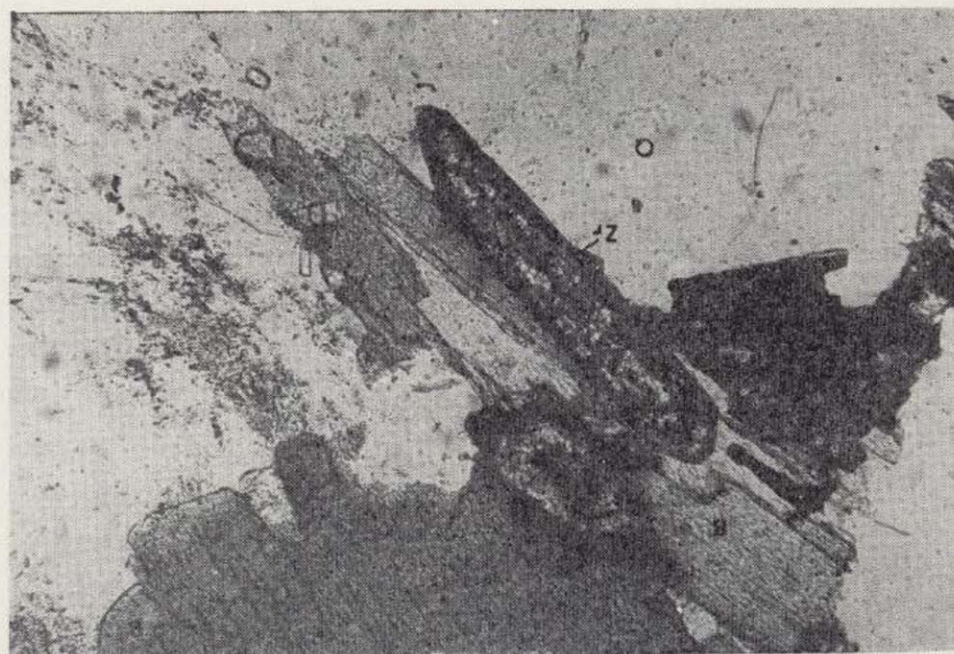


Figura 5

Cristais de zircão (Z) em primeiro plano, rodeados por biotite quartzo (Q) e minério (negro). Nicois//60×



Figura 6

Granito calco-alcalino da região de Amares (Am. 56-21). No interior de uma grande lamela de biotite destacam-se cristais de quartzo (Q) e de plagioclase geminada (P). Nicois×60×

EST. II



Figura 1

Enclave de microgranito calco-alcálico existente no granito da Pedreira de Montariol. Secções transversais de cristais de silimanite (S). Nicóis//150×

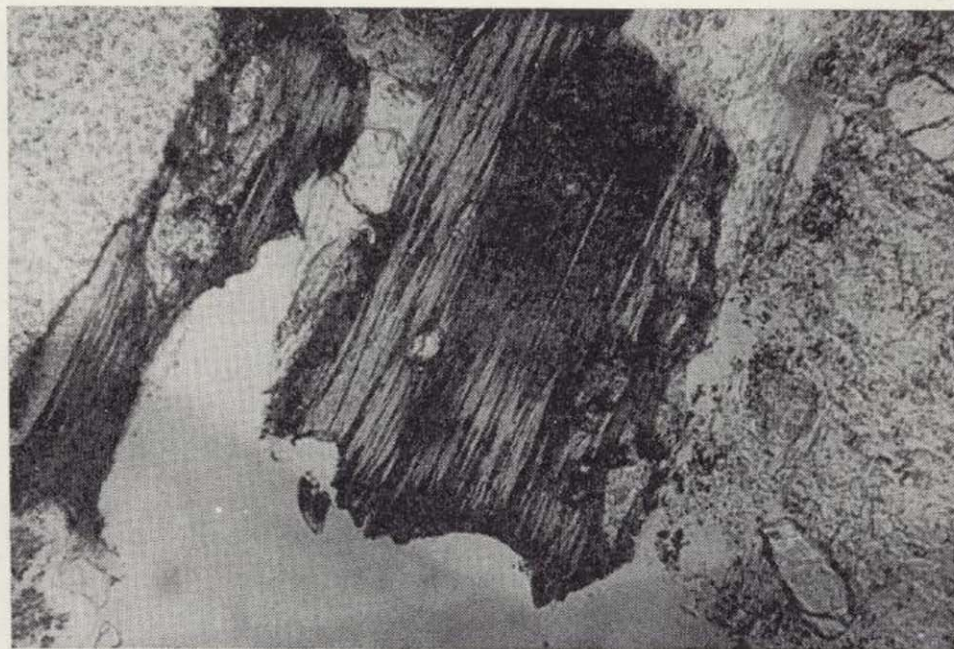


Figura 4

Granito calco-alcálico da região de Guimarães (Am. 71-27). Cristal de biotite marginalmente cloritizada observando-se expulsão de esfena ao longo dos planos de clivagem. Nicóis//75×



Figura 2

Granito calco-alcálico da Póvoa do Lanhoso (Am. 57-29). Cristais de andaluzite (A) marginalmente substituídos por moscovite (m). Nicóis//64×

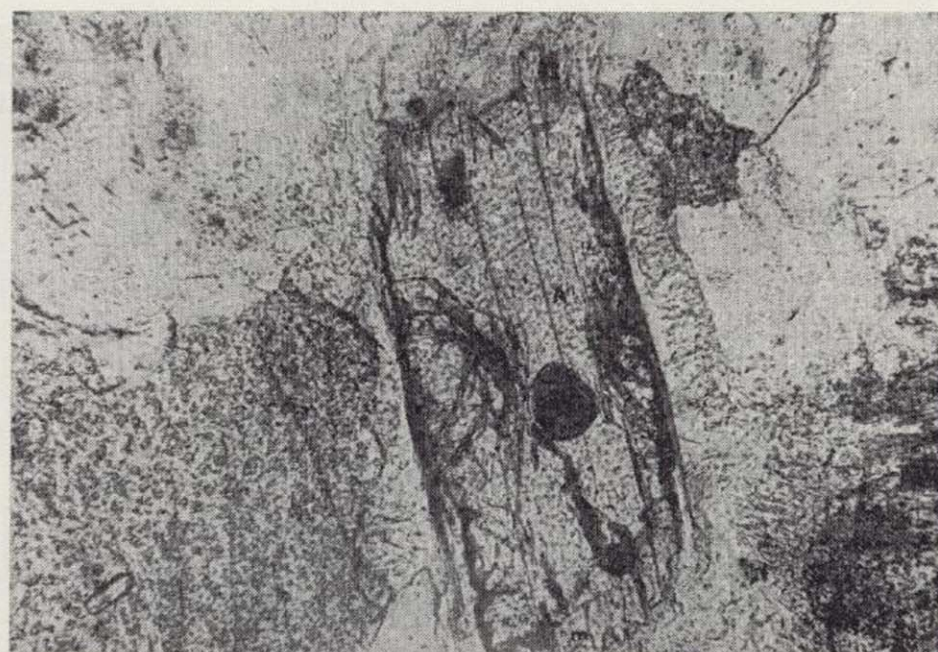


Figura 5

Granito calco-alcálico da região de Guimarães (Am. 71-4). Cristal de andaluzite (A) transformada periféricamente em moscovite (m). Nicóis//74×

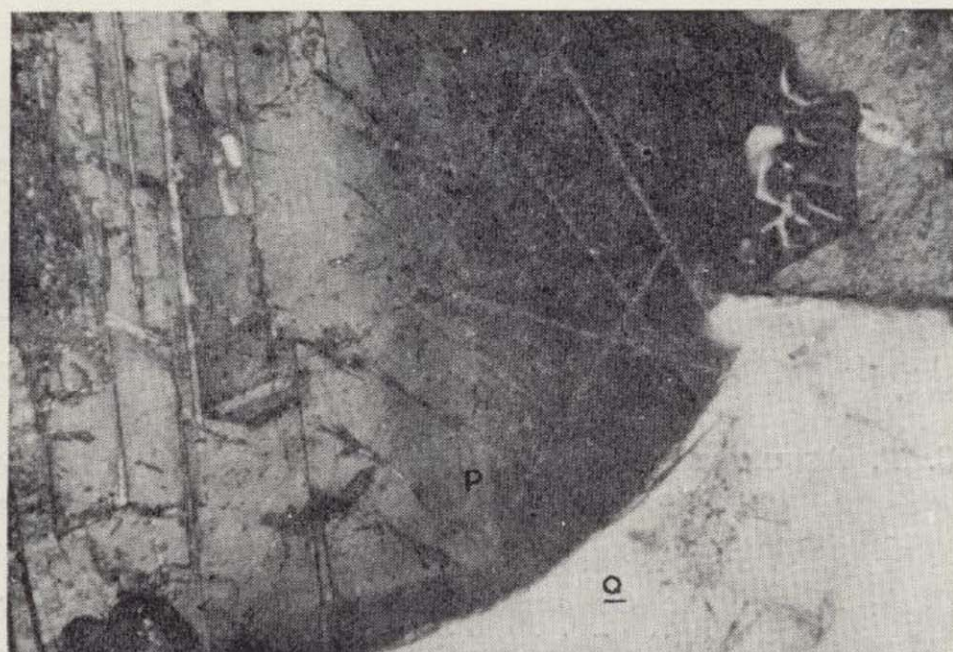


Figura 3

Granito alcalino da Póvoa do Lanhoso (Am. 57-13). Plagioclase zonada (P), quartzo e microclina. No contacto entre os feldspatos formam-se intercrescimentos mirmequíticos. Nicóis ×60×



Figura 6

Granito calco-alcálico da área de Guimarães (Am. 71-32). Cristal de andaluzite rodeado por moscovite (m). Nicóis//74×

EST. III

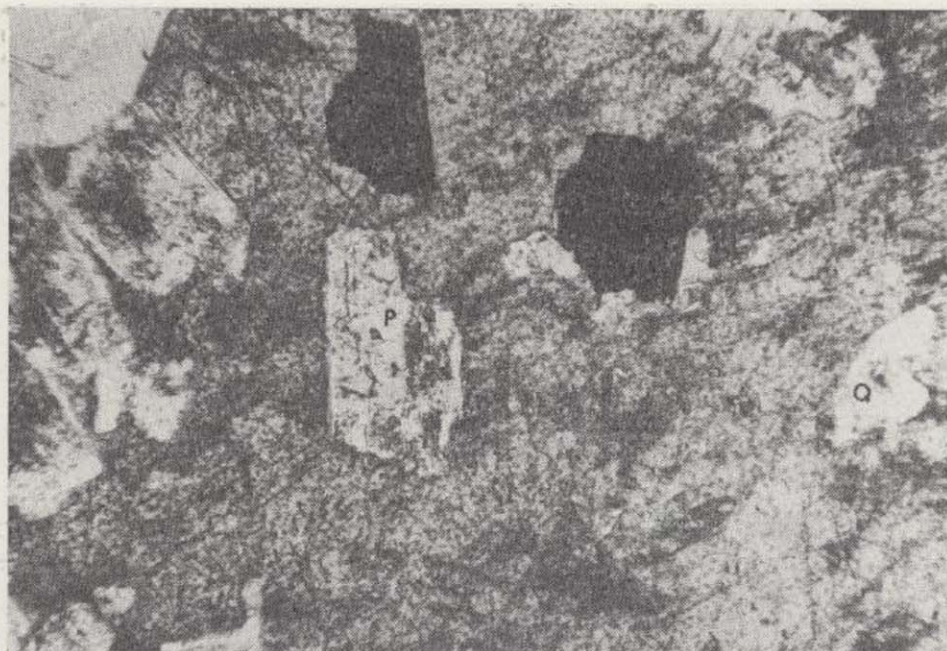


Figura 1

Granito calco-alcálico da região de Guimarães (Am. 71-5).
Plaga de feldspato potássico contendo restos de
plagioclase (P) e quartzo (Q). Nicois//25×



Figura 4

Granito calco-alcálico de Guimarães (Am. 71-34). Cristal
de plagioclase mostrando seritização ao longo dos
planos de clivagem. Nicois//74×

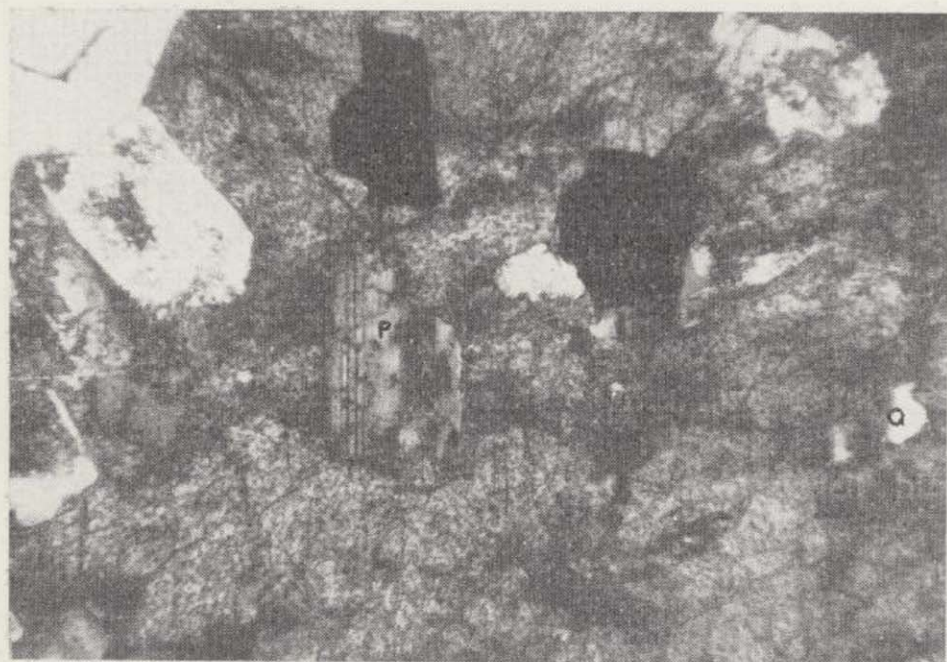


Figura 2

Idem figura anterior com nicóis cruzados.

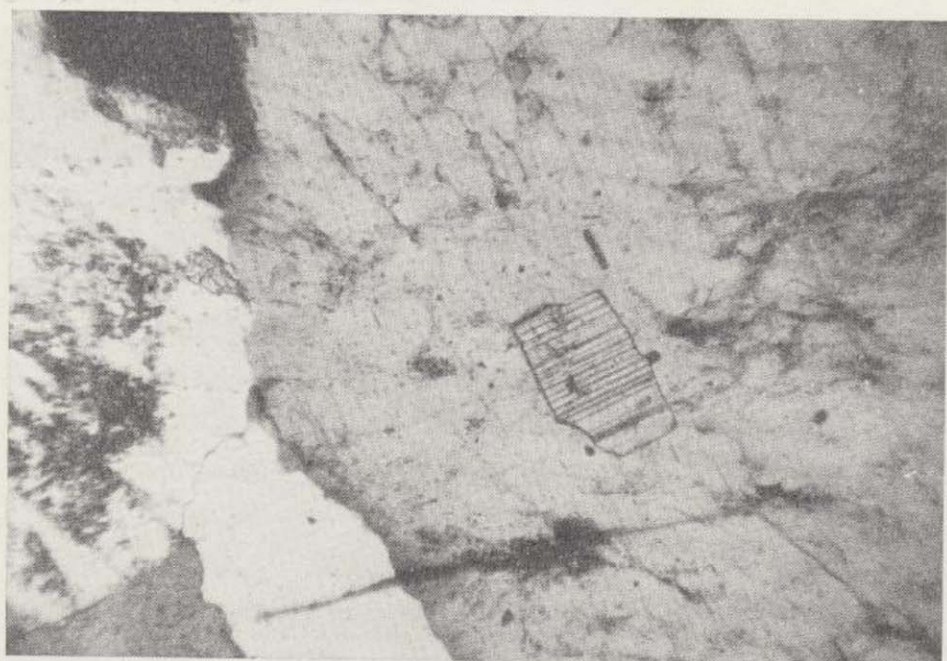


Figura 3

Granito calco-alcálico de Guimarães (Am. 71-11). Cristal
de plagioclase contendo plagioclase de segunda geração.
Nicois×25×

BIBLIOGRAFIA

- C. F. T. ASUNÇÃO e JOSÉ BRAK-LAMY: *Sobre os granitos de Pousa e do Monte das Caldas (Barcelos)*. Separata do "Bol. n.º 18 do Museu e Lab. Min. e Geol.", da Univ. de Lisboa (1950).
Granitos Porfíroides do Minho (Regiões de Paredes de Coura e de Monção). Separata do "Bol. Soc. Geol. de Portugal", vol. XI (págs. 101-118) (1953).
- C. T. ASSUNÇÃO: *Granitos do Minho e do Porto*. Revista da F. C. L., 2.ª Serie (C), vol. V, fasc. 1.º (págs. 85-110) (1955).
Petrografia do Continente Português. Técnica. Revista de Engenharia dos Alunos do I. S. T. (1956).
- L. J. G. SCHERMERHORN: *Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire - S. Pedro do Sul - Sátão region (Northern Portugal)* Com. des Serv. Geol. de Portugal, tomo XXXVII (pág. 238) (1956).
- C. TEIXEIRA e C. T. ASSUNÇÃO: *Carta Geológica de Portugal* (na esc. 1:50.000). Notícia explicativa da folha 1-C (Caminha) (1961).
- C. T. ASSUNÇÃO: *Fenómenos Metassomáticos em Granitos do Norte de Portugal*. Est. cientif. oferecidos em homenagem ao Prof. Doutor J. Carrington de Costa (págs. 225-242) (1962).
- C. T. ASSUNÇÃO: *Rochas graníticas do Minho e Douro* Serviços Geológicos de Portugal. Mem. núm. 10 (Nova Série) (1962).
- C. A. M. ALVES: *Os encraves granulares do granito de Lavadores (V. N. Gaia)*. "Revista da F. C. L.", 2.ª Serie (C), vol. XIV, fasc. 1.º (págs. 51-60). Lisboa (1966).
- R. CAPDEVILA et P. FLOOR: *Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nordouest de l'Espagne*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXX-II-III (1970).

EST. III



Figura 1

Granito calco-alcálico da região de Guimarães (Am. 71-5). Plaga de feldspato potássico contendo restos de plagioclase (P) e quartzo (Q). Nicrois//25x



Figura 4

Granito calco-alcálico de Guimarães (Am. 71-34). Cristal de plagioclase mostrando seritização ao longo dos planos de clivagem. Nicrois//74x



Figura 2

Idem figura anterior com nicrois cruzados.

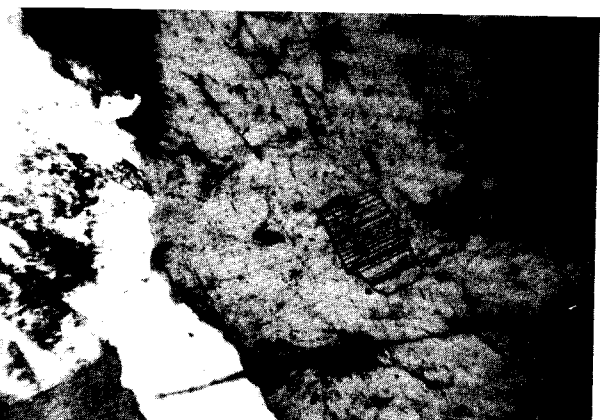


Figura 3

Granito calco-alcálico de Guimarães (Am. 71-11). Cristal de plagioclase contendo plagioclase de segunda geração. Nicrois x 25x

BIBLIOGRAFIA

- C. F. T. ASSUNÇÃO e JOSÉ BRAK-LAMY: *Sobre os granitos de Pousa e do Monte das Caldas (Barcelos)*. Separata do "Bol. n.º 18 do Museu e Lab. Min. e Geol.", da Univ. de Lisboa (1950).
Granitos Porfíroides do Minho (Regiões de Paredes de Coura e de Monção). Separata do "Bol. Soc. Geol. de Portugal", vol. XI (págs. 101-118) (1953).
- C. T. ASSUNÇÃO: *Granitos do Minho e do Porto*. Revista da F. C. L., 2.ª Serie (C), vol. V, fasc. 1.º (págs. 85-110) (1955).
Petrografia do Continente Português. Técnica. Revista de Engenharia dos Alunos do I. S. T. (1956).
- L. J. G. SCHERMERHORN: *Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire - S. Pedro do Sul - Sátão region (Northern Portugal)* Com. des Serv. Geol. de Portugal, tomo XXXVII (pág. 238) (1956).
- C. TEIXEIRA e C. T. ASSUNÇÃO: *Carta Geológica de Portugal* (na esc. 1:50.000), Notícia explicativa da folha 1-C (Caminha) (1961).
- C. T. ASSUNÇÃO: *Fenómenos Metassomáticos em Granitos do Norte de Portugal*. Est. científ. oferecidos em homenagem ao Prof. Doutor J. Carrington de Costa (págs. 225-242) (1962).
- C. T. ASSUNÇÃO: *Rochas graníticas do Minho e Douro Serviços Geológicos de Portugal*. Mem. núm. 10 (Nova Série) (1962).
- C. A. M. ALVES: *Os enclaves granulares do granito de Lavadores (V. N. Gaia)*. "Revista da F. C. L.", 2.ª Serie (C), vol. XIV, fasc. 1.º (págs. 51-60). Lisboa (1966).
- R. CAPDEVILA et P. FLOOR: *Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nordouest de l'Espagne*. "Bol. Geol. y Min.", t. LXXX-II-III (1970).

INFORMACION

Conferencia Rubey, acerca de la evolución cortical (*)

Los escritos de W. W. RUBEY son profundos, originales y de gran alcance, e igualmente importantes han sido sus actividades, al incitar a otros geólogos a discutir sus ideas abierta y críticamente y al animarles a ampliarlas. Se convocó la Conferencia Rubey, en Santa Bárbara, California, el 15 y 16 de junio de 1973, como reconocimiento tanto por su trabajo como por la influencia que ejerció. Fue objeto el estudio de la evolución cortical, y puntos focales, la paleontología comparada, ciencia lunar, así como el origen, mecánica e historia de la estructura en capas de la Tierra y de sus mayores inhomogeneidades.

Evolución planetaria y humana.

La geofísica lunar suministró la introducción. Frank Pres resumió los resultados sísmicos, los cuales indican una estructura en capas que alcanza, en profundidad, hasta una zona local de fusión parcial situada a 1.000 kilómetros. Se discutieron después aspectos magnéticos y termales de la historia lunar, con énfasis en el problema del magnetismo remanente de la Luna, George Kennedy señaló que el magnetismo en ella observado podría ser producido por el movimiento circulatorio de un núcleo férrico, a lo que Louis Slichter replicó que, incluso en la Tierra, el mecanismo capaz de producir un campo magnético es poco conocido en detalle; en su opinión, no son desde luego la causa oscilaciones, en cuerpo sólido, del rígido núcleo interior, ya que observaciones de precisión, llevadas a cabo por B. Jackson, indican que no se produce suficiente energía en las vibraciones persistentes del núcleo.

(*) Por Preston Cloud del Departamento de Geología de California, Santa Bárbara. Versión española, por J. M. Ríos, de la noticia titulada "Rubey Conference on Crustal Evolution", aparecida en la revista "Science", vol. 183, 1974, pp. 878-881. Se publica gracias a la amable autorización concedida por el autor, y por el editor de "Science".

L. T. Silver hizo notar que el perfil lunar propuesto se basa en una red de sólo cuatro estaciones situadas en el área central de la cara próxima de la Luna. Además las generalizaciones geoquímicas se basan en solamente ocho localidades de observación directa, incluidas las de la U. R. S. S., y todas en la cara próxima. Pasó Silver a comparar la Luna con Venus y Marte. Los datos preliminares, limitados desde luego, sugieren que Venus, como la Luna, ha quedado sujeta a una prolongada diferenciación geoquímica, y que la composición de su atmósfera difería mucho de la de la Tierra. Marte parece, igualmente, bien diferenciado y quizá representa una etapa intermedia en el proceso de evolución planetaria entre la Tierra y la Luna.

Paul Lowman presentó resultados de experimentos de fluorescencia mediante rayos X, obtenidos por los Apolos 15 y 16, que implican la existencia en la tierra alta lunar de una costra rica en plagioclase, tipo gabro anortosítico. La espectroscopia infrarrojo del Mariner 9 indica la presencia, en Marte, de una costra diferenciada de alcance global, posiblemente basáltica. Sugirió Lowman, que la Tierra poseyó originalmente una costra síalica global, que posteriormente fue desgarrada por extensión del fondo marino y subducción.

Parece ahora como si la diferenciación constituyese norma entre los cuerpos del tamaño de los planetas terrestres, incluida la Luna, y su causa parece obedecer a tres tipos de procesos: 1) fusión, bien local, regional a gran escala, o total de la superficie, en el frente calórico de acreción prevalente durante el crecimiento del planeta; 2) Diferenciación interna originada por la acumulación secular de calor debido a procesos radiactivos posteriores a la formación del planeta, y 3) de carácter más especulativo, pero quizá muy importante, e incluso dominante en algunos casos, todos los mecanismos de diferenciación preplanetaria que pudieran tener como consecuencia distribuciones preplanetarias heterogéneas, y, como consecuencia, acumulación igualmente heterogénea. Los resultados de las misiones Apollo implican, y quizá la existencia de una corteza terrestre sugiere, aconteci-

mientos que involucran altas temperaturas, ocasionantes de fusiones locales o globales. Nuestra Luna quizá completó su crecimiento con un interior relativamente frío, que posteriormente ha ido aumentando su calentamiento hasta llegar parcialmente a temperaturas de fusión, por debajo de unos 1.000 kilómetros. Fenómenos de fusión superficial parecen haber ocasionado, al menos en la Luna y en Marte, diferenciaciones muy tempranas (en la Luna se observan edades de hasta 4.24 eones), y de gran extensión geográfica.

Hubo acuerdo general en reconocer que los procesos responsables de la evolución temprana de la Tierra y de su Luna, de Marte, y quizá de Venus, fueron semejantes. Las muestras procedentes de la Luna son, petrográficamente, análogas a las rocas ígneas terrestres. Las mayores diferencias observadas entre materiales de ambas procedencias incluyen el mayor contenido en materias volátiles, más empinados gradientes de presión con abundantes posibilidades de cambios de fases, y mucha mayor energía termal para las de la Tierra, diferencias que no han encontrado explicación satisfactoria.

Placas corticales.

La planetología comparada condujo al examen de la tectónica de placas. Se aceptó, como sólidamente establecida, la idea general de un marco o estructura global de placas superficiales relativamente rígidas, que ejercen interacciones a lo largo de contornos relativamente rectilíneos, sísmicamente activos. Pero John Maxwell hizo hincapié en la necesidad de distinguir entre lo que es conocimiento y lo que es suposición, y presentó dos de éstas que señaló como super simplificaciones: 1) La de que los océanos son más jóvenes en las "dorsales de extensión" y progresivamente más viejos al aumentar la distancia con respecto a ellas. De hecho, la presencia local de rocas viejísimas (hasta 835 millones de años), vecinas a las crestas de las dorsales sólo se explican, por ahora, mediante modelos sumamente artificiosos.) La admisión de que las anomalías magnéticas pueden ser correlacionadas y datadas a través de amplias extensiones oceánicas. Si bien los resultados de perforación somera de los océanos apoyan tal presunción, son muy pocas, si es que hay alguna, las perforaciones que, por ahora, han penetrado con suficiente profundidad como para garantizar que los lechos sedimentarios más viejos yacen sobre auténticos basamentos. Son varios los casos en que los "basamentos" ígneos desmuestros son, demostrablemente, intrusivos.

También hizo observar Maxwell que las velocidades de movimiento cortical que resultan de las correlaciones magnéticas son embarazosamente grandes, más o menos un orden de magnitud mayor que el necesario para explicar, bien el acortamiento cortical relacionado con el plegamiento orogénico, bien el engrosamiento de sedi-

mentos en las viejas fosas tales como las que, al parecer, engendraron las rocas Franciscanas. Algo así como el 90 por 100 de las rocas tendría que desaparecer en los confines de placas convergentes. Señaló, finalmente, la aparente falta general de deformación que se observa en los perfiles (sísmico y sparker) a través de fosas que se suponen activas, y que contienen sedimentos muy modernos y bien dispuestos en estratos.

Repuso Warren Hamilton que la observación de escasa deformación en el flanco continental o terráqueo de las fosas se hace en costas antiguas, de baja energía de reflexión. Analizó nuevos datos suministrados por campañas de exploración petrolera de Shell y Phillips realizadas a través del sistema fosa-arco de Banda, en Indonesia, los cuales muestran que el flanco hacia tierra firme de la fosa consiste en una cuña de sedimentos intensamente trastornados e imbricados, por encima de un basamento que es subducente, con reducido ángulo y escasa deformación interna. La parte superior de la cuña está puesta de manifiesto en muchas islas y consiste en sedimentos de mezcla más retazos tectónicos de costra y manto oceánicos en categoría subordinada. El sistema de Banda encuentra su análogo en el Cretáceo de California, en donde la facies de Great Valley representa la mitad del lado terráqueo de la cuenca exterior al arco, y en que el complejo Franciscano constituye la cuña de mezcla, constituida por la prolongada imbricación de sedimentos de cuenca y abisales. No obstante la sorprendente semejanza, subsiste un problema, el de porque no se encuentran mezclas importantes y asociados a muchos de los orógenos antiguos.

Focos calientes y penachos de manto.

J. Tuzo Wilson pasó después a analizar la cuestión de los focos calientes (hot spots) y los penachos de manto (mantle plumes). Se caracteriza a los focos calientes como centros volcánicos, de unos 100-200 kilómetros de sección transversal, que se asocian a alzamientos, pero que no se ligan a arcos, y que pueden o no, estar asociados a dorsales oceánicas. Hasta ahora han sido identificados unos 200 focos calientes del Cenozoico tardío. El alzamiento de una superficie plana origina, además de alabeo, un mínimo de tres grietas radiantes. La teoría de los focos calientes sugiere que, si se prolonga la extensión, dos de los tres brazos se abren para generar un nuevo océano, y el tercero, próximamente perpendicular a la nueva línea de costa en proceso de apertura, se convierte en una fosa que se rellena de sedimento (quizá el aulacógeno reconocido en las plataformas rusa y siberiana por N. S. Shatsky y otros y, en el escudo canadiense septentrional por Paul Hoffman). El desgarramiento etíope parece representar un brazo ciego, mientras que los brazos en extensión, del Mar Rojo-Aden, han conseguido realizarse. Se incluyen, entre otros posibles aulacógenos, el desgarramiento de Benue de Africa Occidental, la cuenca paleo-



zoica de Anadarko-Ardmore de Oklahoma meridional, el valle del Amazonas, la bahía del Mississippi, y la fosa del Rhin.

El establecimiento de relación entre los conceptos de aulacógeno y foco caliente, que derivan de hechos geológicos y subdisciplinas totalmente diferentes, es uno de los resultados recientes más apasionantes entre los de geotectónica. La importancia genética de los focos calientes reside en que podrían constituir la expresión, en la superficie, de penachos ascendentes de material caliente procedente del manto. Hizo notar Wilson que ha resultado muy difícil la explicación física que postula la ascensión de material constituyente de las dorsales, y sugiere que la morfología de las oceánicas pudiera representar la expresión superficial de una línea, conectada, de penachos ascendentes del manto.

Ha sido de común aceptación que los penachos están fijados, pero se piensa ahora, según señaló Wilson, que pueden desplazarse muy lentamente dentro del manto más profundo con movimientos relativos de los unos con respecto a los otros, y que las placas pueden intervenir para alterar sus movimientos, a intervalos. Desde el comienzo de la apertura del Océano Atlántico, hace unos doscientos millones de años, hasta hace veinticinco o treinta, parece que Africa y Sudamérica se desplazaron a partir de una dorsal Atlántica media, estacionaria, pasando sobre una serie de penachos que incluían las islas Azores, Rocas de San Pablo, Ascensión, Tristán y Bovet. Durante los veinticinco treinta millones de años últimos parece que la placa africana haya permanecido estacionaria. Por consiguiente, la dorsal Atlántica media se ha desplazado unos pocos cientos de kilómetros de la fila de penachos, y la velocidad del movimiento de Suramérica, en dirección Oeste, parece que se haya duplicado. Durante el Paleozoico Norteamérica yacía, probablemente, sobre una placa fija, hacia la que concurrían otras procedentes de todos lados.

¿A qué podrían parecerse realmente los penachos? La presencia de velocidades sísmicas anómalas en el manto profundo, por debajo de Hawai, aboga la sugerencia, hecha por Jason Morgan, de que los penachos puedan originarse en el confín núcleo-manto; Press señaló que argumentos hidrodinámicos indican que sería forzoso que ensancharan y abriesen hacia arriba, conforme se acercan a un confín más alto; y George Kennedy hizo notar que un penacho habría de tener la constitución de un sólido en todo su recorrido ascendente, David Griggs, por su parte, indicó que donde quiera que haya una inversión o contraste de densidades en el manto, de manera que material ligero se alce a través de otro más pesado, puede tener lugar la ascensión de un penacho, a modo de tubo a partir del manto.

Cloud preguntó qué es lo que podría energizar el sistema placa-penacho. La mayor parte de los que respondieron estimaron que la convección estilo "taza de café" resultaba excesivamente sencilla; es probable en cambio,

que la gravedad tire de las placas más pesadas y densas, hacia abajo, hasta introducir las en la astenosfera, menos densa. Arguyó Griggs que las masas que se mueven gravitacionalmente, descendiendo a lo largo de una zona de subducción, deben quedar sujetas a ese proceso hasta que alcancen algún confín de densidades por debajo de la astenosfera y que una masa equivalente debe ascender, por alguna parte, para reemplazar a la que ha perdido la superficie; esa masa ascendente constituiría un penacho. Sugirió que el movimiento se extiende, probablemente, a través de la totalidad del manto, y no sólo de la astenosfera. El límite de profundidad sísmico (600-700 km.) no constituye, probablemente, un tope al descenso de las placas, sino que debe representar la profundidad a la que se acercan tanto a sus puntos de fusión que comienzan a fluir.

León Knopoff hizo notar que una zona de baja similitud, considerada por muchos como denotadora de la astenosfera y como la superficie sobre la que las placas se desplazan, existe en todas partes, excepto bajo los escudos más viejos, bajo cada continente. Puesto que estas viejas áreas de escudo parece que se hayan desplazado las unas con respecto a las otras, la superficie sobre la que se hayan movido las placas debe yacer más profunda que la zona de baja velocidad (~350 km.), lo que exige un cambio importante en la imagen que muchos hemos formado de la naturaleza y grosor de las placas, sobre la que se ha armado el concepto de la tectónica global.

Aparte la vaguedad ligada a lo que se refiere al mecanismo y a la anómala geometría, la idea general es que la tectónica de placas constituye una poderosa teoría, unificadora, de la evolución cortical durante alrededor de los doscientos millones de años últimos. Resultan mucho más difíciles de interpretar, así como mucho menos satisfactorios, los testimonios que atañen a los procesos e interacciones pre-triásicas.

Historia pre-triásica.

Se abrió la discusión de la época de estas viejas formaciones con un examen de las rocas más antiguas de entre las datadas, lo que hizo John Sutton (haciendo omisión de una información soviética, no confirmada, de rocas de antigüedad de cuatro eones, encontradas en Enderby Land, Antártica: *Scie. News* 104, núm. 3, 34, 1973). Las rocas más viejas conocidas son series graníticas del SO de Groenlandia, descubiertas por V. R. Mc Gregor y datadas por L. P. Black, Steven Moorbat y otros, como de edad de unos 3,75 eones. Se presentan en una región de gabbros anortosíticos y de meta-sedimentos de más de tres eones, comparables a las formaciones anortosíticas de Limpopo en Sudáfrica y, más o menos equivalente en edad al Sistema Swaziland. Como las rocas arcaicas de casi todo el mundo aparecen inten-

samente plegadas, y ciertamente no se conocen rocas tendidas más viejas que los 2,6 eones. Lo que se relaciona con la época de iniciación de la cratonización y quizá, de la tectónica de placas.

Surgió también el tema de las estructuras por impacto en la evolución cortical temprana, con la afirmación, de Hamilton, de que tanto la morfología como el metamorfismo de choque ponen de manifiesto que el anillo de Vredefort (Sudáfrica) constituye la zona cortical de un gran astroblema, y que el complejo de Bushveld podría haberse constituido en la misma época, como resultado de otros tres impactos, alrededor de hace unos mil novecientos millones de años. Y podría ser, así lo sugirió, que la fusión producida por, al parecer, impactos más numerosos e intensos de épocas aún más remotas, podrían haber constituido un factor de orden mayor en la diferenciación de la Tierra. Gilluly objeto a la identificación de Vredefort como estructura de impacto, señalando asimetrías soterradas. Entraron en la discusión Wilson, Silver, James, Waters y otros, que trasladaron el tema desde Vredefort a la Luna y Marte (también han sido señalados ahora cráteres, en Marte, mediante radar). Subrayó Silver, que la conexión entre la época de impacto y la edad de los basaltos de mare en la Luna no era directa. No obstante, impactos de categoría mayor pudieran haber afectado la corteza primitiva de la Tierra mediante fusión parcial y local, desencadenando una sucesión de episodios basálticos.

La discusión pasó después a los arcos de islas, y fue sugerido que los sucesivos cinturones de rocas verdes, más jóvenes en dirección S, alineados de E. a O. en la Provincia Superior, constituirían análogos arcaicos de los modernos arcos de islas. James llamó la atención sobre los estudios, por Eric Dimroth, del surco del Labrador, que ofrece todos los aspectos de un antiguo arco de islas, excepto que está constituido en el interior de un continente y no en el confín continente-oceano (a lo que contestó Robert Dott que podría ser debido a una colisión continente-continente).

¿Cuáles son entonces los criterios para el tectonismo de placas y cuándo empiezan a ser aplicables en el pasado geológico? John Bird subrayó la necesidad de emplear todo el conjunto de argumentos probatorios. La costra continental no se reintegra con facilidad en el manto, como consecuencia de las limitaciones que impone su flotabilidad relativa y, por consiguiente su volumen debe incrementar con el tiempo. La asimetría dual de los cinturones geosinclinales adyacentes a los cratones se extiende, en los tiempos geológicos pasados, hasta hace unos dos eones. La edad de los cinturones de montañas ensimáticas y ensiálicos se extiende hasta hace 1.8 eones y la de las ofiolitas hasta hace seiscientos millones de años. Se citan rocas apizarradas azules cuya antigüedad es de 1,3 eones (en el flanco occidental de los Urales septentrionales, según V. A. Glebovitsky, en el XXIV Congreso Geológico Internacional de Montreal, 25

de agosto de 1972). Sintetizando toda esta información encuentra Bird la impronta de la tectónica de placas en rocas de hasta dos eones de edad, pero no antes. Opinó Cloud que los esquemas tectónicos arcaicos indican, primordialmente, movimiento vertical, una costra delgada y caliente, falta de dualidad geosinclinal acusada, y carencia de tectónica de placas, tal como entendemos el mecanismo según épocas geológicas posteriores. Sugirió que los mecanismos de la tectónica de placas puedan datar desde la agregación de plutones en protocontinentes, y que la aparición de sedimentación cratónica comenzó hace 2,6 eones.

Atmósfera e Hidrosfera iniciales.

Gustaf Arrhenius apoyó la conclusión, anteriormente expresada por Hart, de que toda la hidrosfera se desarrolló simultáneamente con la agregación planetaria, hace unos 4,6 eones y que, por consiguiente, la atmósfera inicial fue muy densa. Imaginó la agregación inicial de meteoroides como acompañada por una exudación simultánea de todos los volátiles. Las abundancias meteoríticas de gases nobles ocluidos, por ejemplo, son comparables a las de la atmósfera terrestre. Hizo notar Rubey que las consecuencias geoquímicas de este concepto son de gran alcance y que sería necesario buscar la prueba de que, en efecto, los hechos tuvieron lugar así, en el pasado geológico. Si todo el contenido de CO₂ en los actuales océanos, atmósfera y costra estaba presente simultáneamente en la atmósfera primitiva, significaría que la presión de CO₂ (44,7 kg/cm²) sería entonces 10⁶ veces la actual, lo que a su vez arrastraría como exigencia la existencia de un océano primitivo extremadamente ácido, cuyos sedimentos diferirían de los actuales. Si el carbono hubiera estado presente en ella, bien como CO o como CH₄, la presión atmosférica hubiera sido de 28,5 o 16,3 kg/cm². No propuso Rubey estima alguna de que compuestos orgánicos hubieran podido formarse bajo tales enormes atmósferas de CO o CH₄, pero desde luego no habría podido tener lugar oxidación de óxido ferroso a férrico o de azufre a sulfato, hasta que los gases mismos se hubieran oxidado. Probablemente ninguna de las formas de vida que conocemos hubiera podido venir a existir bajo una atmósfera de CO. Parece que todavía tenemos un dominio firme del problema.

Añadió Rubey que la atmósfera de Venus es densa, y se compone en gran medida de CO₂; el CO y el CH₄ no han sido detectados. Se puede añadir que a nadie parece haberle preocupado gran cosa cuándo y cómo quedó oxidado el CO₂ de Venus (80 kg/cm²).

Respondió Arrhenius con dos observaciones: 1) Como no se conoce ningún registro de sedimentos del primer eon de la historia de la Tierra se desconocen también las consecuencias que para los sedimentos tendría la atmósfera inicial. 2) Tampoco conocemos la distribución

molecular del carbono en las gases iniciales. Puede haber estado presente como CH₄, CO, CO₂ y como cianuros.

Añadió George Tilton que si el carbono estaba presente originalmente como CO y CH₄, con una lenta adición de O₂ el pH podría haber permanecido neutro, al transformarse lentamente CO en CO₂, que, a su vez, quedaría ligado en los sedimentos. (Las rocas carbonatadas son raras, sin embargo, en los sedimentos más viejos). Señaló James las grandes cantidades de O₂ retenidas en formaciones de hierro fajeados, especialmente en los depósitos gigantes constituidos hace unos dos eones. Cloud expuso brevemente su opinión acerca de la principal procedencia (biológica) y época de aparición (después de dos eones) del O₂ atmosférico.

Finalmente se puso en discusión las perspectivas de futuros avances. La falta virtual de registros geológicos terrestres para el primer eon de la historia de nuestra Tierra apunta a la necesidad de estudio de otros planetas, cuyo desarrollo pueda haberse detenido en etapas más primitivas. Arrhenius llamó la atención sobre las dificultades relacionadas con la génesis de la estructura concéntrica de la Tierra, como una característica post-acrecional y más especialmente sobre el punto de vista de que el núcleo se constituyó tan tardíamente que el calentamiento radiactivo habría progresado lo suficiente como para que se iniciase el imprescindible mecanismo en avalancha. Surgen otros obstáculos al considerar el alto contenido en níquel que presenta el manto de olivino, así como los indicios, procedentes de Venus, de la irreversibilidad del transcurso de un efecto de "invernadero" desbocado. En opinión de Arrhenius, estas observaciones descartan cualquier proceso de fusión y desgasificación, catastrófica y completa, de la Tierra, en épocas sustancialmente más tardía que la etapa de acreción.

Postula una acumulación catastrófica del núcleo, seguida por otra, más gradual, del manto, durante la cual cada región del planeta, en proceso de crecimiento, habría experimentado repetidas fusiones y diferenciaciones. De este modo un frente de calor incrementante habría barrido a través de todo el manto, acumulando gradualmente una corteza, al mismo tiempo que la temperatura planetaria superficial promedia permanecía baja. Los volátiles, importados por proyectiles entrantes, fueron transferidos, probablemente, a la atmósfera, como consecuencia del impacto. Llega así Arrhenius a la imagen de que la costra, el océano y la atmósfera, son productos del proceso de acumulación que engendró la Tierra, no a otros que comenzaron tras la agregación. Si esto es cierto, ¿cuál es el origen del inventario de volátiles presentado por Rubey, que escapan ahora procedentes del interior de la Tierra? La respuesta de Arrhenius fue que resultarían engendrados por la subducción continua de rocas empapadas en volátiles, en el manto superior. Hizo notar Press que si se desgasificase por completo la Tierra, en el momento actual, la pérdida de H₂O ocasionaría la congelación de la astenosfera, el engrosamiento de la

corteza, el descenso del sólido a niveles internos más profundos, y el final de la geotectónica. Toda la cuestión de la desgasificación con sus secuelas geoquímicas y geofísicas es muy susceptible de futuras investigaciones.

¿Qué es lo que mueve las placas?

P. H. Abelson volvió a la cuestión de qué es lo que motiva el movimiento de las placas. Griggs expresó su creencia en que el mecanismo se basaba en algún tipo de convección térmica. La litosfera resbala por la cuesta abajo de los flancos de dorsales, que se elevan porque el material ascendente por debajo está más caliente que el manto promedio. Al desplazarse, alejándose de las dorsales, la litosfera se enfría por conducción, y engrosa (conforme el sólido se desplaza, descendiendo) según ha mostrado, recientemente Alan Leeds en la Universidad de California, Los Angeles. La litosfera enfriada es más densa que el manto y desciende, en las fosas, hasta por lo menos 700 kilómetros de profundidad, como lo muestran los datos sísmicos.

Griggs expuso que la auténtica naturaleza de este amplio sistema convectivo no podría ser puesta en claro hasta que se defina la "ley de flujo" del manto. Ya señaló, en su discusión de Robert Post (*Science* 181, 1.242, 1973) que el flujo en el manto no es newtoniano; el ritmo de deformación es proporcional a la tercera potencia del esfuerzo, tipo de comportamiento que ha sido puesto de manifiesto, en el laboratorio, para la dunita y que explica el alzamiento post-glacial de Fennoscandia mejor que la viscosidad newtoniana. A ello replicó Arrhenius que a esta teoría de flujo ha sido opuesta otra alternativa desarrollada por Øyvind Gjevik en el Instituto de Geofísica y Física Planetaria de la Universidad de California, San Diego, quien sugiere que la depresión bajo la carga de hielo, y el consiguiente rebote, se deben a la transición en profundidad del olivino a espinela, con relajación controlada por la advección del calor involucrada en esta transformación.

Comentó Press que la actuación de un proceso de flujo, más bien que de compresión, parecería estar apoyada por indicios de una fusión parcial en la astenosfera. La cuestión crucial sigue residiendo en si el sistema es convectivo como consecuencia del movimiento de las placas o viceversa. Hay la posibilidad de que la litosfera crezca como consecuencia del enfriamiento del confín de una corriente de convección, y otra posibilidad es la anteriormente explicada por Griggs, de que las placas se deslicen alejándose de las dorsales oceánicas. Sin embargo, las placas no se desplazan gradualmente, sino a saltos. Se adhieren a lo largo de sus márgenes y, cuando se despegan y resbalan, producen terremotos.

Preguntó Press, ¿qué ocurre con las placas descendentes? Los movimientos de las placas han sido determinados y seguidos por detección directa. Por ejemplo, du-

rante el gran terremoto de Alaska de 1964, las ondas P llegaron a Europa seis segundos antes que a Estados Unidos, al parecer porque se transmitieron a lo largo de una placa fría en descenso profundo, mientras que hasta Estados Unidos siguieron su curso normal. Aunque no se observan epicentros sísmicos por debajo de 600-700 kilómetros pudiera ser que las placas no desaparezcan a este nivel.

Los problemas más salientes entre los que quedan por resolver se refieren a: 1) Mecanismo de movimiento de las placas; 2) Situación de la transición olivino-espinela en las placas sujetas a subducción; 3) Seguimiento de los movimientos de la tectónica de placas antes de hace doscientos millones de años; 4) Modo de agregación de la materia de la Tierra y razón de su estructura concéntrica; 5) Época y modo del proceso de desgasificación de atmósfera e hidrosfera, y 6) Indole y consecuencias geoquímicas de la evolución atmosférica, hidrosférica y biosférica.

Nota.

Las personas que asistieron a la Conferencia incluyeron P. H. Abelson (Carnegie Institution of Washington, Washington D. C.), G. Arrhenius (Scripps Institution of

Oceanography, La Jolla, California), J. M. Bird, Cornell (University, Ithaca, New York), P. Cloud y J. C. Crowell (University of California, Santa Bárbara), R. H. Dott Jr. (University of Wisconsin, Madison), G. Ernst (University of California, Los Angeles), J. Gilluly (U. S. Geological Survey, Denver, Colorado), D. Griggs (U. C. L. A.), W. Hamilton (U. S. G. S., Denver), S. R. Hart (Carnegie Institution of Washington), H. L. James (U. S. G. S. Menlo Park, California), G. Kennedy and L. Knopoff (U.C.L.A.), P. D. Lowman Jr. (Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland), J. C. Maxwell (University of Texas, Austin), F. Press, (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge), W. W. Rubey y J. W. Schopf (U. C. L. A.), L. T. Silver (California Institute of Technology, Pasadena), L. B. Slichter (U. C. L. A.), J. Sutton (Imperial College of Science and Technology, London), G. Tilton (U. C. S. B.), A. C. Waters (University of California, Santa Cruz), and J. T. Wilson (University of Toronto, Toronto, Canadá). Bird, Dott, Ernst y Lowman actuaron como secretarios de la conferencia. Sus notas, más las observaciones hechas por muchos otros a un borrador previo, constituyeron contribución importante para la preparación de este resumen. La conferencia fue apadrinada por la Carnegie Institution de Washington y organizada por un comité rector compuesto por Abelson, Cloud, Crowell y Ernest.

VIII curso de Geología práctica en Teruel

Organizado por el Colegio Universitario de Teruel y el Instituto de Estudios Turolenses del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y patrocinado por la Excelentísima Diputación Provincial de Teruel, se ha celebrado en dicha Capital el VIII Curso de Geología Práctica durante los días 10 a 28 del pasado mes de julio.

El cuadro directivo estuvo constituido por: Dr. D. Dimas Fernández-Galiano Fernández, Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid, Director Honorario.

Dr. D. Mateo Gutiérrez Elorza, Subdirector del Colegio Universitario de Teruel, Director.

D. José Bolado Somolinos, Catedrático del Instituto y Secretario del Colegio Universitario de Teruel, Secretario.

Durante los dieciocho días de duración que tuvo el curso se desarrolló el siguiente programa:

Día 10. Mañana; Excursión al Mioceno superior de la Depresión de Teruel para el estudio de su Estratigrafía y mamíferos fósiles. R. ADROVER y M. GUTIÉRREZ ELORZA. Tarde: Conferencia del Dr. O. RIBA ARDERIU: "La Geología de la Sierra de Albarracín".

Día 11. Excursión a la Sierra de Albarracín. Doctor O. RIBA ARDERIU.

Día 12. Excursión al Precámbrico y Cámbrico Inferior de Paracuello. Sámbrico Medio de Murero. Doctor R. CAPOTE DE VILLAR y Dr. M. GUTIÉRREZ ELORZA.

Día 13. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica. Tarde: Conferencia del Dr. S. CADAVID CAMIÑA: "Métodos geofísicos en geología aplicada".

Día 14. Mañana: Prácticas de Geofísica.

Día 15. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica. Tarde: Conferencia de D. M. ESTERAS MARTÍN: "Estratigrafía y tectónica de la región de Montalbán".

Día 16. Excursión a Montalbán y Utrillas. Visita a la Mina de lignito "Aún hay caso". M. ESTERAS MARTÍN.

Día 17. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica. Tarde: Conferencia del Dr. Ing. P. MARTÍN BURGÓN: "Planteamiento de Proyectos hidrogeológicos".

Día 18. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica.

Día 19. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica.

Tarde: Conferencia del Dr. J. VILLENA MORALES: "El Paleozoico y Triásico de la región de Molina de Aragón".

Día 20. Excursión al Estefaniense, Pérmico y Triásico de Molina de Aragón. Dr. J. VILLENA MORALES.

Día 21. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica.

Día 22. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica. Tarde: Conferencia del Dr. M. AGUILAR TOMÁS: "Parámetros geológicos en relación con los yacimientos de caolín en la Cordillera Ibérica".

Día 23. Excursión a la Mina de Ojos Negros. Dr. Ingeniero R. FERNÁNDEZ RUBIO y Dr. Ing. A. DEBÓN GÓMEZ.

Día 24. Excursión a los yacimientos de caolín de Cubel de Gallocante, y estudio de la Geología Regional Dr. Ing. J. J. GARCÍA RODRÍGUEZ.

Día 25. Mañana: Prácticas de Cartografía Geológica.

Día 26. Excursión a la Región de Villed-Libros-Riodeva. Explicación de la planta de tratamiento de caolines de Riodeva. J. AGUADO, J. BOLADO, Dr. M. GUTIÉRREZ ELORZA y Dr. Ing. A. PORTER-PIQUERAS.

Día 27. Conferencia de Clausura por el Dr. Ingeniero V. PASTOR GÓMEZ.

Finalmente, el día 27 tuvo lugar la clausura del curso, cuya conferencia estuvo a cargo del ingeniero del IGME señor Pastor Gómez y que a continuación transcribimos. El solemne acto estuvo presidido por el Excmo. Sr. Gobernador Civil a quien acompañaba en la presidencia el Gobernador Militar y el Alcalde, entre otras personalidades provinciales y locales.

ACADEMICISMO Y UTILITARISMO EN LA CARTOGRAFIA GENERAL SISTEMATICA DEL PROYECTO MAGNA (*)

El carácter práctico que ha tenido el curso de geología, que hoy se clausura después de cubrir un programa muy completo e interesante de actividades, me ha sugerido el tema de esta conferencia. Muy a pesar mío, he tenido que desistir de participar en las atractivas excursiones geológicas y mineras que se han hecho, así como en las prácticas de cartografía. Y tanto más lo siento cuanto que la vocación y el prestigio de las personas que han dirigido unas y otras garantizaban ya el provecho que los participantes iban a obtener.

Temo que lo que diga pueda ser repetitivo de parte de lo ya dicho en conferencias o prácticas; o, lo que es peor, que pueda contradecir aparentemente algunas opinio-

(*) Por V. Pastor Gómez, Ingeniero Jefe del Departamento de Estudios Geológicos del IGME (Conferencia de clausura del VIII Curso de Geología Práctica), Teruel, 27-VII-74.

nes expresadas durante el curso, en particular sobre criterios de cartografía geológica. Por ello me permito advertir a los alumnos que, como seguramente ya saben, bajo tal título existe una gran variedad de mapas geológicos, tanto por sus objetivos como por sus escalas, y que yo sólo me referiré a mapas generales, no temáticos, y de escalas más bien pequeñas o intermedias, si se prefiere, como es la 1:50.000.

No quisiera cansarles; me hago cargo de que el curso comenzó hace ya diecisiete días y de que el programa de trabajo ha sido duro, sin duda por el interés que los organizadores han puesto en su preparación. Por esta razón quizá no sea conveniente mantener coloquio alguno al término de la conferencia, pero críticas y comentarios de quienes forman el cuadro docente del curso serían muy bien recibidas, en cualquier momento, y agradecidas sinceramente; por supuesto, contestaré si me es posible a cuantas preguntas deseen hacerme los alumnos del Curso.

Introducción.

El nuevo Mapa Geológico de España, a escala 1:50.000, será el resultado del Proyecto MAGNA, cuya ejecución comenzó el año 1971 con la cartografía de seis hojas, denominadas "piloto", y concluirá, si se cumplen las previsiones, el año 1986, tras una ardua labor de dieciséis años durante los que se confeccionarán las hojas geológicas que forman el suelo patrio, a un ritmo medio anual de 75 hojas. Es fácil entonces que algunos de los alumnos de este Curso trabajen en el MAGNA, en un futuro próximo.

En atención a su carácter de documentación básica para el inventario de recursos naturales, objetivo del Plan Nacional de Investigación Minera, el nuevo mapa geológico nacional ha sido encomendado al Ministerio de Industria, que, por otra parte, no es ajeno a tal actividad, ya que la primera edición del mismo mapa ha venido siendo realizada por el Instituto Geológico y Minero de España, dependiente de dicho Ministerio, aunque de forma lánguida e irregular por falta de apoyo orgánico y material. Es bien sabido que la primera edición del mapa geológico, a la mencionada escala, se comenzó en el último cuarto del pasado siglo y que, en 1970, sólo se había cartografiado aproximadamente un tercio de las hojas que comprende, en su mayor parte ya anticuadas como fácilmente puede adivinarse.

No cabe duda de que el trabajo a llevar a cabo requiere la colaboración de una gran parte del potencial humano relacionado con las Ciencias de la Tierra en nuestro País, bien en organismos estatales o paraestatales, bien en la empresa privada; bien con su participación personal, bien mediante la documentación que pueden aportar.

En varios ministerios existe información que sería conveniente consultar y, en parte, utilizar en el MAGNA;

los de Agricultura, Industria, Educación y Ciencia y Obras Públicas. Personal y técnicas del de Educación y Ciencia son prácticamente necesarios: una veintena de sociedades privadas pueden aportar personal, técnicas y experiencia en el campo de la geología aplicada, y de hecho lo están haciendo. A título de mera curiosidad, me permito recordar que tan sólo hace veinte años no había en España ninguna compañía cuya actividad fuese la de geología técnica o aplicada; las compañías petroleras tenían sus propios geólogos y algunos profesionales eran consultados, de tarde en tarde, en relación con problemas de minería, de presas o de hidrogeología. Los puestos de trabajo eran muy escasos y la mayor parte de los graduados en Geológicas no tenían más horizonte que la enseñanza. Debí ser hacia 1957 cuando se constituyó la primera Sociedad orientada a este tipo de trabajos, GEOPROSCO, ya hace años desaparecida, como filial de una Entidad canadiense.

La heterogeneidad mental e informativa de la población y documentación que intervienen en la ejecución del MAGNA justifica la necesidad de establecer una firme normativa y un criterio claro, directamente deducidos de las características que su cartografía geológica debe reunir, en razón a condicionamientos políticos-económicos insoslayables, entre las posiciones extremas de geología académica y geología utilitaria, que sin duda deben evitarse en este Proyecto. Me refiero, en particular, a la porción del trabajo destinado a su publicación, porque la información para el archivo, o información complementaria, admite mayores concesiones en uno u otro sentido.

Aunque, a su debido tiempo, se estudió cuidadosamente la normativa, que quedó materializada en las correspondientes instrucciones, cuyo documento central es el "modelo de Hoja", es de temer que la frialdad que caracteriza a toda reglamentación las haga insuficientes para llevar al ánimo de los colaboradores la claridad de criterios necesaria para que el MAGNA cumpla su objetivo, bajo la uniformidad no sólo de forma sino también de fondo, que es de desear. Precisamente por esto, cualquier trabajo de equipo requiere de la comunicación personal y el continuo intercambio de ideas.

Alcance y limitaciones del proyecto.

Atendiendo a los fines de la cartografía geológica, podemos establecer una distinción entre geología científica, académica o convencional y geología práctica o utilitaria; en cualquiera de los dos casos, los mapas pueden ser generales o temáticos, pues tan temático es un mapa hidrogeológico como un mapa tectónico.

Si bien a las aplicaciones prácticas de cualquier ciencia precede inevitablemente un período científico de gestación, éste, en nuestro País, se ha prolongado en exceso para las Ciencias Geológicas; y con razón, porque los

profesionales de ella no se preocuparon gran cosa de sus aplicaciones prácticas hasta los años treinta, salvo en el campo de la exploración minera y, justo es confesarlo, de forma poco convincente; en general, salvo estupendas excepciones, esos informes se "andaban por las ramas geológicas". Sin satisfacer al minero.

Pero, en los últimos veinte años, la apreciación pública ha cambiado radicalmente. Los técnicos han aceptado la necesidad de estudios geológicos básicos para toda exploración de recursos naturales y para la correcta proyección de obras de infraestructura locales, regionales y nacionales. Y, a través de los técnicos, los gobernantes y políticos del mundo entero reconocen la importante contribución que las Ciencias Geológicas van a prestar en la mejora de la "Calidad de vida". Ya nadie duda de la extensa y profunda utilidad de la GEOLOGIA; la creciente frecuencia en el uso de términos tales como "Ciencias de la Tierra", "Geociencias", "Geonomía" (**) y otros indica una preocupación generalizada por el aspecto utilitario de la geología, que ya ha alcanzado hasta los propios centros de enseñanza.

En orden recíproco de ideas, las Ciencias Geológicas deben gran parte de su desarrollo a sus campos de aplicación más "tradicionales", como minería y petróleo, en especial este último. De no haber recibido el apoyo económico de estas fuentes, quizá hubieran quedado más relegadas a gabinetes y laboratorios de investigación académica, en lenta evolución de signo fundamentalmente especulativo, e incluso puede que algunas de sus ramas más atractivas no se hubiesen desarrollado.

Sería entonces ilógico que, en la nueva edición de nuestro mapa geológico, no estuviera claramente presente la inmediata utilidad del mismo en todos y cada una de las aplicaciones donde supone una valiosa información de base. Esta conclusión y las forzosas limitaciones de presupuesto y, sobre todo, de tiempo condicionan el alcance y las limitaciones de las hojas del MAGNA, de acuerdo no sólo con sus objetivos científicos y técnicos sino también con la formación y la mentalidad de los profesionales relacionados con tales aplicaciones.

Pero ocurre que, al mismo tiempo que se ha hecho sentir la necesidad de multiplicar los estudios de geología práctica, las propias ciencias geológicas se han desarrollado extraordinariamente; en gran parte, como consecuencia de sus aplicaciones, como antes dije. Un estudio profundo de cualquiera de sus ramas necesitaría de un tiempo que el MAGNA no puede conceder; esto quiere decir que, incluso en el campo puramente geológico, en-

(**) Geonomía: Conjunto de conocimientos aplicables al aprovechamiento de las sustancias o riquezas de la Tierra, derivados de las Ciencias exactas, físicas, químicas, naturales y económicas.

tiendo que el nuevo mapa no puede tener más ambición que la de presentar una información de partida para estudios más avanzados en cualquiera de aquellas ramas. Y, si este tipo de estudios detallados son cada vez más necesarios para eliminar al máximo el factor especulativo o subjetivo, se desprende de ello que, en las memorias que acompañan a los mapas geológicas del MAGNA deben evitarse al máximo las grandes parrafadas teóricas, cuando no manidas; como, por ejemplo, puede ser la "historia geológica", con sus transgresiones y regresiones, basadas en facies muy discutidas.

Características de la Hoja modelo.

Las consideraciones anteriores bosquejan la que considero imagen ideal de la documentación fundamental del MAGNA, es decir el mapa geológico, a escala 1:50.000, con sus columnas estratigráficas y sus cortes, y la memoria o informe que le acompaña.

En particular, aconsejan que la leyenda, la simbología y el colorido de los mapas sean comprensibles e interpretables por técnicos iniciados en los conocimientos geológicos; y que la memoria se lea sin dificultad y trate todos los temas o ramas de la Geología, de forma equilibrada y concreta, sin más concesiones a la imaginación que las imprescindibles para que los autores no se sientan cohibidos; que, en conjunto, ofrezca la información que sirva de base sólida para estudios de mayor detalle, tanto de carácter científico como técnico.

Una normativa excesivamente especializada obligaría a unos conocimientos y una experiencia tan amplios que pocos profesionales pueden reunir, con el perjudicial resultado, para la calidad y la uniformidad de las hojas, que fácilmente puede imaginarse.

Entiendo que, de una u otra forma, deben recoger cuanto información previa disponible exista sobre las áreas que abarcan, reunida a partir de las diversas fuentes de información donde lamentablemente se mantiene dispersa. Aunque esta información previa, que puede consistir en datos hidrogeológicos, geofísicos, geoquímicos, de sondeos u obras subterráneas, quede archivada con la información complementaria, su referencia en los documentos publicados es obligada, como es obligada también su utilización, siempre que sea posible, para la mayor precisión de los cortes o la composición de las columnas, pongo por caso, que siempre llevan una gran carga especulativa.

En el propio IGME existen archivos que deben consultarse para cada hoja en ejecución; archivo de los sondeos para aguas subterráneas realizados por el Instituto Nacional de Colonización; archivo de sondeos petroleros; archivo de sondeos mineros realizados por la División de Minería, estudios y prospecciones geofísicas en el Departamento de esta especialidad. E información exterior debe solicitarse de organismos tales como el Servicio de Hidrocarburos, el Servicio Geológico de Obras Públicas, el Instituto Geográfico y Catastral.

Parte muy importante de esa información previa, incluso vital en la primera fase del trabajo en que se presenta la necesidad de documentarse, es la bibliografía. Una relación bibliográfica tendenciosa o que ignore las principales contribuciones al conocimiento de la geología o de los recursos naturales de la zona de trabajo debería rechazarse sistemáticamente. Pero insertarla meramente, por el hecho de ser obligado en la memoria, sin que cumpla su papel más útil de documentación de partida para el trabajo a realizar, yo diría que es una burla; la labor de geólogos anteriores puede aportar datos de gran utilidad y, de ningún caso debe despreciarse porque incluso una cartografía errónea, interpretada a la luz de nuevas ideas, hipótesis o conocimientos, puede transformarse en correcta. En particular, es evidente que las notas referentes a yacimientos fosilíferos son de vital importancia para la cronoestratigrafía de cualquier área, por lo que debe situarse correctamente en el mapa y visitarlos para recoger nueva fauna y comprobar las dataciones anteriores.

Por supuesto que la fuente de información más inmediata, para los colaboradores del MAGNA, son las propias publicaciones del IGME, mapas de naturaleza y escalas diversas y publicaciones periódicas, cuya relación puede encontrarse en el correspondiente Catálogo que el Departamento de Publicaciones entrega gratuitamente a quien lo solicita. Además, en cualquier División del Instituto existen listas de las publicaciones que ingresan cada mes en la Biblioteca del mismo y en la de la Empresa Nacional Adaro del Instituto Nacional de Industria. En particular, la División de Geología, en colaboración con el Centro de Informática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, dispone de un importante fichero que se nutre con las fichas que las empresas consultoras del MAGNA están obligadas a enviar.

Puesto que de bibliografía estamos hablando, incidentalmente diré que, en mi opinión, uno de los intentos más serios de clasificación bibliográfica, tanto regional como temática, es el que desde hace años está llevando a cabo el Instituto "Jaime Almera" de Investigaciones Geológicas, que merece el agradecimiento de todos quienes tenemos necesidad de consultas bibliográficas.

Vicios, errores y defectos que deben evitarse.

No pretendo entrar en la técnica de la cartografía geológica, sobre la que ustedes acaban de hacer unas prácticas de trabajo de campo, dirigidas por acreditados especialistas en la materia; en el MAGNA existe toda una normativa que orienta la labor a realizar, basada en el objetivo que persiguen sus hojas geológicas.

En mi opinión, los mapas geológicos del MAGNA concretamente deberían ser fundamentalmente litológicos, o litoestratigráficos si se prefiere, e incluso mostrar un detalle diferencial en relación con aquellos horizontes, capas o miembros litológicos que puedan tener un especial significado con relación a la evolución gliptogénica o al

aprovechamiento de recursos naturales, sean agua, petróleo, minerales o rocas. Aunque sin duda importantes, estimo que la cronoestratigrafía y la tectónica tienen un interés secundario. Creo que separar y medir un horizonte conglomerático, que puede contener minerales pesados, es más importante que determinar si ese horizonte aún forma parte del Aptiense en su totalidad o incluye una parte del albiense; y que más interés tiene situar o indicar la posición de unas arenas, posible acuífero potencial, que el estudio detallado de la serie a que pertenece.

Insisto en que estoy hablando del MAGNA, concebido como documentación geológica básica del Plan Nacional de Investigaciones mineras, por si alguno de ustedes cree que puedo haber faltado al respeto a la Paleontología o a la Geodinámica Interna, por las que siento un gran respeto e interés. Lo que sí puedo asegurar es que la mayoría de las polémicas suscitadas entre colaboradores del MAGNA, que estudian hojas próximas, se deben precisamente a "sutilezas" de tipo cronoestratigráfico, que incluso en muchos masos no tienen solución práctica inmediata; y que estoy convencido de que una errónea interpretación de microestructuras o de sistemas de fracturas puede falsear la separación de eras geológicas.

Quizá sea aleccionador, para completar el concepto ideal de hojas que antes he expuesto, añadir aquí unas palabras sobre lo que considero características negativas de los documentos principales de la misma; vicios, errores y defectos que deben evitarse a toda costa.

Sus causas fundamentales son tres, en cierto modo relacionadas entre sí: excesivo rendimiento económico, ejecución precipitada del trabajo y falta de experiencia del equipo ejecutor. Su índole, como se comprenderá, es muy diversa: de concepto, de fondo, de forma. En modo alguno pretendo ser exhaustivo, sí en cambio voy a caer en la reiteración de algunos puntos ya indicados.

La precipitación o falta de interés en un trabajo que pretende poner al día la geología básica de nuestro suelo se puede revelar ya en la simple relación bibliográfica que, a veces, no sólo no mejora la que ya incluye la síntesis publicada a escala 1:200.000 sino que incluso sea más incompleta. Y, mucho más aún, en la ignorancia de las aportaciones anteriores al conocimiento geológico de la zona de trabajo, con las consiguientes contradicciones, sin explicación alguna, o los incomprensibles olvidos de puntos de yacimientos fosilíferos, que no sólo deben indicarse sino incluso reclasificarse de la forma más concluyente posible.

Teniendo en cuenta que el fruto más inmediato del MAGNA son los mapas geológicos y las memorias, que se complementan mutuamente, debe existir entre ambos documentos una correspondencia que conviene cuidar; por ejemplo, entre series o formaciones descritas y representadas; o entre la toponimia citada y la mostrada por el mapa correspondiente.

También a título de ejemplo sólo citaré algunos de los defectos en que es más fácil incurrir: En el mapa:

— esquema regional tomado directamente de un mapa 1:1.000.000, cuando debería consistir en una reducción de la nueva hoja, rodeada de la información más moderna que proporciona el 1:200.000;

— esquema tectónico mal equilibrado en sus detalles; indiferenciación de rasgos muy significativos, como rocas ácidas y básicas o series metamórficas y no metamórficas de supuesta igual edad. Este mismo defecto en los mapas 1:50.000 es absolutamente inadmisible;

— utilización abusiva de fallas como forma universal de contacto (***);

— mapas sin indicación alguna de puntos de interés económico, incluso a veces citados en al memoria;

— deficiente separación litológica y desprecio de los horizontes guía, tan importantes para la solución de problemas estratigráficos y estructurales;

— cortes heterogéneos y de geometría dispar de la base de que proceden; tanto en cuanto al perfil, como a las distancias horizontales, como a la proyección de buzamientos.

En la memoria:

— mala redacción y léxico poco cuidado, incluso confusión de conceptos, que indican un lamentable descuido;

— falta total de homogeneidad en el trato de los diversos aspectos geológicos, que son preceptivos; excesiva extensión de unas materias en detrimento de otras;

— exceso de literatura interpretativa, especulativa o subjetivas; afirmaciones carentes de rigor, cuando no falsas;

— indicación de potencias estimadas como si fueran medidas, sin que haya mediado intento alguno de las medidas más rudimentarias;

— en, particular, pobre y poco cuidada la parte correspondiente a geología económica;

— falta de una "Introducción", siempre aconsejable, con un feo comienzo por la estratigrafía, a veces con una desagradable sucesión de títulos: Era, Sistema, Serie, Piso...;

— excesivas descripciones petrográficas, que incluso absorben el espacio debido a otros capítulos. A veces, ausencia total de descripciones de campo, que son del mayor interés, con repetición de las de laboratorio; incluso identificación de series con base en estudio microscópico, pese a sus diferencias visuales. El geólogo de campo que utiliza debidamente las que pueden ser sus armas: lupa, ácido clorhídrico, navaja, dientes, etc., puede decir tantas cosas, que me atrevo a afirmar que algunas veces apenas si necesita del microscopio.

(***) Conviene tener presente que no toda superficie de fricción es una falla; una superficie de despegue, por ejemplo, forma parte de una deformación por plegamiento y una falla requiere como condición formar parte de una deformación por fractura.

El equipo humano.

De cuanto llevo dicho, más o menos explícitamente, creo que podemos sacar la consecuencia de que la ejecución de cada unidad de trabajo del MAGNA requiere la colaboración coordinada de un grupo de personas; en ningún caso puede ser de carácter unipersonal. Y la homogeneidad y la consistencia que deben guardar entre sí mapa y memoria indican prácticamente las condiciones que deben reunir los profesionales que intervengan en tal labor, o al menos quienes asuman los papeles de jefe de equipo o directores de proyecto.

Debido a las limitaciones de plantilla y de contratación de personal, frente al ritmo que se ha juzgado conveniente dar a la confección del Proyecto MAGNA, el Instituto Geológico ha sido autorizado a contratar una parte importante de las hojas geológicas con compañías privadas consultoras que, a su vez, contratan personal y trabajos especiales de laboratorio; ellas son responsables del trabajo en general y del de campo en particular; trabajo de campo que es fundamental en una labor de cartografía geológica. Los análisis y estudios de laboratorio asisten o complementan a aquél, pero en ningún caso pueden sustituirlo ni en todo ni en parte, pese a la gran ventaja de la fotogeología. De aquí la necesidad de que el equipo de campo, o al menos su jefe, tenga experiencia práctica de cartografía, y a ser posible en la más variada gama de mapas especiales; personalmente opino que la geología de campo constituye una verdadera especialidad y he podido comprobar que excelentes especialistas de laboratorio, sin experiencia de campo, sólo han podido obtener una cartografía muy deficiente. Un magnífico conjunto de estudios de laboratorio pueden dar un pésimo informe geológico por falta de conjunción entre sí y con el trabajo de campo, debido a inexperiencia en el tema concreto de la cartografía geológica.

Por el contrario, un entrenado geólogo de campo tiene que conocer forzosamente las prestaciones a esperar de los diversos laboratorios; su experiencia redundará en una economía en la ejecución del trabajo, al permitir una reducción en el tiempo necesario para información previa, eliminar titubeos o dudas en la adopción de criterios y evitar duplicidades innecesarias de muestras o estudios auxiliares.

En definitiva, el jefe de equipo, el jefe de proyecto, o el asesor, que en defecto de aquéllos el consultor pueda contratar temporalmente, debe ser persona experimentada en trabajos de campo para formular los criterios particulares más convenientes para la ejecución del mismo; capaz de aunar las técnicas auxiliares en la correcta interpretación de la geología local o regional, con la que a ser posible debe estar familiarizado, y de corregir o rectificar cualquier vicio o defecto que se deslicen por falta de experiencia profesional; de revisar los documentos finales y dar a la memoria una consistencia uniforme, antes de su entrega a la Administración.

La inspección sobre el desarrollo de los trabajos, de acuerdo con el correspondiente cronograma, y el cumplimiento de la normativa establecida para la ejecución del MAGNA se realizan directamente por el IGME, a través de los supervisores, que velan por que se cubran las etapas previstas, dentro naturalmente de unos límites con una cierta flexibilidad lógica a fin de asegurar al máximo el cumplimiento con el plazo establecido para la entrega del trabajo.

Es claro que una de las primeras obligaciones del supervisor es la de conocer a fondo la indicada normativa, así como estar y mantenerse al día, en la medida de lo posible, en cuanto a las publicaciones sobre su correspondiente área de influencia, e incluso de las que, siendo de fuera de ellas, puedan contribuir a la solución de los problemas allí planteados; sólo de esta forma estará en condiciones de valorar la calidad de la tarea realizada por el consultor.

No creo de interés extenderme sobre este extremo de las obligaciones del supervisor, que son fáciles de imaginar, pero sí me permitiré decir que, aparte de los conocimientos profesionales, necesita reunir una serie de condiciones personales—como normalmente ocurre en cualquier puesto de trabajo—que le permitan realizar, sin fatiga, la porción más monótona de su labor, asegurar la conexión y comprensión entre los colaboradores, y custodiar cuidadosamente la información y el material que se va produciendo, hasta su entrada final en los archivos correspondientes.

No quiero cansarles más. En realidad las condiciones profesionales que se requieren para realizar bien cualquier labor tiene siempre una misma raíz; entusiasmo y vocación para tratar de conseguir lo mejor; superlativo que, por humano, es inevitablemente de alcance relativo.

Termino ya, pero antes permítanme un elogio para este tipo de cursos de geología práctica, y para quienes se preocupan de organizarlos; y unas palabras que lo justifiquen.

Su enorme interés estriba en que se dirigen a completar la formación, más o menos, teórica con una componente de aplicación utilitaria que el individuo no consigue, por sí mismo, más que mediante un gran esfuerzo y años de experiencia. Yo diría que estos cursos, y cursillos así como los de hidrogeología, geofísica, geología del ingeniero, y otros, permitirán disponer de unos profesionales que son absolutamente necesarios ante la urgencia de buscar, conservar y aprovechar al máximo toda clase de recursos naturales y de mejorar la calidad de vida; y cuyo título, hoy inexistente, quizá podría ser el de ingeniero-geólogo, geólogo-ingeniero, geólogo u otro más eufónico.

Pero me pregunto si, en definitiva, no deberíamos proceder a una reordenación de las enseñanzas sobre las

Ciencias de la Tierra, que se imparten en diversas Facultades de Ciencias Geológicas y Escuelas Superiores de la Universidad Politécnica. O, por lo menos, admitir que algunos títulos académicos deberían obligar a estudios, más

o menos parciales, en dos o más centros docentes, más bien que estar rígidamente ligados a uno solo de ellos. Yo creo que esta clase de títulos tendría grandes ventajas para la economía y para la cooperación nacionales.

Se celebra en Madrid la IV Reunión de Directores de Servicios Geológicos de Europa Occidental

Durante los días 17, 18 y 19 de octubre ha tenido lugar en Madrid la IV Reunión de Directores de Servicios Geológicos de Europa Occidental. Dicha reunión fue presidida por el Director del Instituto Geológico y Minero de España, don Pedro Fontanilla y asistieron los Directores de los Servicios Geológicos de los siguientes países, acompañados de sus correspondientes asesores:

Inglaterra, Holanda, Bélgica, Noruega, Francia, Dinamarca, Luxemburgo, Finlandia, Suecia, República Federal Alemana, Italia y República de Irlanda.

La primera de estas conversaciones tuvo lugar en Orleans en 1971, la segunda en Hannover en 1972 y la tercera en Londres en 1973.

Estos acontecimientos científicos, oficiosos, consisten en un valioso y muy amistoso cambio de impresiones entre personas de gran experiencia en asuntos geo-

lógicos, pertenecientes a los países más desarrollados del mundo.

Durante las conversaciones se discuten, intercambiando ideas, asuntos fijados previamente y sobre los cuales cada país ha dado su opinión por medio de encuestas. En la reunión de Madrid se trataron los siguientes temas:

- Costos de elaboración e impresión de mapas geológicos. Estudios económicos sobre los beneficios de la cartografía geológica.
- Exploración y desarrollo de la energía geotérmica. Otras fuentes de baja energía.
- Uso de computadores en la cartografía geológica.
- Detección remota de recursos naturales.
- Acciones emprendidas por cada Servicio, para hacer frente a la actual crisis de energía y materias primas.

Se acordó celebrar la próxima conferencia en Bruselas en octubre de 1975.

Noticias

ENERGIA

REGIMEN DE CONCIERTO EN LA MINERIA DEL CARBON

De conformidad con las previsiones efectuadas para la elaboración del Plan Energético Nacional, se han establecido los objetivos prioritarios para la producción de carbón a alcanzar en el año 1979, producción que deberá ser mantenida o superada en el período 1980-1985. ("B. O. E.", 11-9-1974.)

HIDROCARBUROS

CONCESION A HISPANOIL PARA PROSPECCIONES PETROLIFERAS EN BOLIVIA

La empresa española Hispanoil ha obtenido una concesión del Gobierno boliviano para efectuar prospecciones

petrolíferas en una zona de 10.000 kilómetros cuadrados, situada al norte del país.

EN MARRUECOS NACIONALIZACION DE UNA REFINERIA PETROLIFERA

Marruecos ha nacionalizado la refinera italo-marroquí de Mohammedia, tras anunciar la compra del 50 por 100 de las acciones italianas que estaban en poder del Ente Nazionale Idrocarburi (ENI). Constituida por el ENI en 1959, la refinera tiene actualmente una capacidad de 2.225.000 toneladas al año, que pretende ampliar en 1977 a 5.700.000 toneladas.

CRECEN LAS FLOTAS PETROLERAS ARABES

En 1978 los Estados árabes productores de petróleo dispondrán de una flota petrolera para transportar crudo,

MINERALURGIA

ELEVADO NIVEL DE CONSUMO DE PRODUCTOS SIDERURGICOS

Durante el pasado mes de septiembre el consumo de productos siderúrgicos se ha elevado a 1.093.000 toneladas, cifra que constituye una cota máxima mensual en España, según datos elaborados por UNESID (Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas).

El consumo aparente de acero en los nueve primeros meses del año ha ascendido a 9.113.000 toneladas, con lo que quedan superadas en un 6,6 por 100 las previsiones establecidas en el Programa Siderúrgico Nacional.

La producción de acero ha totalizado en septiembre 975.000 toneladas, situándose en 8.451.000 toneladas la producción acumulada en los nueve primeros meses del año.

En cuanto al comercio exterior, a partir del mes de junio ha cambiado la tendencia que se venía registrando en los cinco primeros meses del año. Hasta mayo, las exportaciones fueron superiores a las importaciones, pero desde junio se han ido incrementando éstas y reduciéndose las exportaciones. Al final de septiembre se ha llegado con un saldo importador de 251.000 toneladas en los meses transcurridos del año, mientras hasta mayo el saldo se situaba en 131.000 toneladas a favor de las exportaciones.

Durante el mes de septiembre, los "stocks" de productos siderúrgicos se han incrementado en un 4,4 por 100 respecto al mes de agosto; no obstante, se mantienen todavía a niveles inferiores a los considerados como normales.

En el mes de octubre, la producción estimada de acero totalizó 1.022.000 toneladas, cifra superior en un 13,2 por 100 a las 903.000 toneladas producidas en el mismo mes del pasado año.

PRESENTACION DEL SISTEMA DE REDUCCION DIRECTA FIOR EN ESPAÑA

Dentro de las reuniones de la Comisión Técnica de Acerías del CENIM, tuvo lugar la presentación del sistema FIOR el pasado día 16.

El sistema, probado con éxito durante varios años, parte de finos de mineral y, por lecho fluido, produce briquetas con un 93 por 100 de contenido de hierro, del cual a su vez un 92 por 100 está metalizado.

Estas briquetas son fácilmente almacenables y transportables no sufriendo deterioro, degradación ni oxidación con su manejo. Son, por tanto, adecuadas para ser producidas a grandes distancias de donde han de ser consumidas.

productos refinados y gases licuados, de más de siete millones de toneladas de peso muerto. Esta cifra corresponde a los buques que ya poseen, más los pedidos cursados a los astilleros. La noticia de que Arab Maritime Petroleum Transport Co (AMPTC) proyecta gastar 2.000 millones de dólares durante los cinco próximos años en la compra de buques, al mismo tiempo que otros países árabes pretenden adquirir más tonelaje, da a entender que las flotas árabes tendrán un porcentaje importante de la flota petrolera mundial, a comienzos de la década de los ochenta.

FRACASO EN LAS SUBASTAS DE VENTA DE CRUDO DE PETROLEO

En las recientes subastas de crudo estatal de Kuwait, Irán, Túnez y Ecuador no se han hecho las ofertas que esperaban los Gobiernos interesados, hecho que no ha producido gran sorpresa. Esto indica no sólo una menor demanda debido a los precios altos, sino que los Gobiernos consumidores no están dispuestos a permitir que los precios se determinen a prorrata, lo que ocasiona su inmediata subida. Hay actualmente un excedente en el mercado mundial de productos petrolíferos, mientras la producción se mantiene más o menos normal, lo cual indica que los países importadores han llenado sus reservas, en previsión de una futura escasez.

CREDITO DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO

El Banco Mundial ha obtenido créditos de los países exportadores de petróleo por un valor total de 1.150 millones de dólares, si bien espera que su volumen en años venideros sea de unos 2.500 millones anuales. Merece destacarse el crédito de 500 millones, concedido por Venezuela.

PRODUCCION DE PETROLEO EN INDONESIA

La compañía petrolera Pertamina, del gobierno de Indonesia, con un desembolso de 800 millones de dólares, espera incrementar este año 1974 su producción de petróleo desde 1,3 millones hasta 1,5 millones de barriles diarios. Pertamina anunció que posee la capacidad necesaria para más que duplicar su producción y exportaciones de productos del petróleo, incluso el gas natural licuado, durante los próximos años. En la actualidad el 40 por 100 de su producción de petróleo se vende a ultramar.

Del combustible utilizado, un 60 por 100 se emplea exclusivamente en calentamiento, por lo tanto, puede ser prácticamente de cualquier origen. El otro 40 por 100 se transforma en gas reductor y para ello se puede utilizar gas natural, naftas, fuel-oil, etc.

En la presentación estuvieron presentes la gran mayoría de los aceristas españoles que demostraron gran interés por el tema, especialmente dado sus costos de producción.

En la actualidad existe una planta FIOR de 400.000 toneladas/año en construcción en Venezuela y otras de dos millones de toneladas en período de desarrollo de ingeniería.

El sistema FIOR es propiedad de la EXXON y la firma Arthur G. McKee & Company de Cleveland tiene la licencia exclusiva de su comercialización en todo el mundo.

A. G. McKee & Company tiene una asociada en España, McKee-CTIP Ingenieros, S. A.

PRODUCCION DE ACERO EN EL PERIODO ENERO-AGOSTO DE 1974

Según informa UNESID (Unión de Empresas Siderúrgicas), la producción estimada de acero para los ocho primeros meses del año asciende a algo más de 7,5 millones de toneladas, con una media mensual que supera en un 4,8 por 100 a la de 1973.

PRESTAMO PARA OBRAS DE ACERIA MEXICANA

El Banco Interamericano anunció recientemente la aprobación de un préstamo por valor de 54 millones de dólares para contribuir a una importante ampliación de la capacidad productora de acero en México, y será utilizado para costear la etapa inicial de una acería de ciclo integral en la desembocadura del Río Balsas, costa del Pacífico.

El préstamo, concedido a la Nacional Financiera, S. A., será empleado por Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, S. A. (SICARTSA) para la construcción de una planta que inicialmente producirá 1,1 millones de toneladas anuales de acero en bruto, lo suficiente para producir un millón de toneladas de productos laminados no planos.

Las obras contribuirán a la descentralización de la industria nacional con el establecimiento de un polo en una región situada a más de 300 kilómetros al sudoeste de la capital del país.

El costo total de la empresa se calcula en 648 millones de dólares, de cuya cifra el 8,3 por 100 corresponderá al préstamo del Banco Interamericano, el 10,8 por 100 al préstamo del Banco Mundial, el 27,6 a créditos bilaterales, el 46,3 por 100 a SICARTSA y el 7 por 100 a otros créditos.

COYUNTURA SIDERURGICA: SE SUPERAN LAS PREVISIONES DEL PROGRAMA SIDERURGICO

El consumo aparente de acero en España durante los ocho primeros meses del año, totalizó 8.020.000 toneladas, con un aumento del 10 por 100 sobre la media mensual registrada a lo largo del año anterior, según datos elaborados por UNESID (Unión de Empresas y Entidades Siderúrgicas).

El ritmo anual de evolución del consumo aparente supera en un 5,6 por 100 las previsiones establecidas en un Programa Siderúrgico Nacional.

La producción de acero, durante los ocho primeros meses, superó a la del mismo período del año anterior en un 3,8 por 100; la de laminados en caliente—que es la producción vendible—, con 5,9 millones de toneladas, supera a la del mismo período del año pasado en un 12 por 100.

Las importaciones de productos siderúrgicos en los ocho primeros meses del año totalizaron 850.000 toneladas, en acero equivalente, con un descenso del 24 por 100 sobre el mismo período del año pasado. Este descenso se debe, en gran parte, a una menor oferta internacional de productos siderúrgicos. Las exportaciones ascendieron en el mismo período a 755.000 toneladas, en acero equivalente, con un descenso del 47 por 100, por la necesidad de un mejor abastecimiento del mercado interior.

Por otra parte, los "stocks" en poder de las empresas siderúrgicas a finales del pasado mes de septiembre—según datos provisionales—experimentaron un aumento de 68.000 toneladas durante dicho mes, aunque a lo largo del año han experimentado una importante reducción.

HIDROLOGIA

POZOS DE AGUA DULCE EN EL MAR

Son muchas las regiones de la Tierra en las que todos los años van a parar al mar sin un aprovechamiento previo cantidades enormes de agua dulce subterránea.

En el Mediterráneo suele ocurrir que la cantidad de agua subterránea llegada al mar es superior a la transportada superficialmente por los ríos. En el Egeo, concretamente, son muy numerosas las fuentes submarinas de agua dulce.

En términos generales puede decirse que son muy considerables las cantidades de agua así perdidas y que podrían ser aprovechadas por la agricultura en zonas tradicionalmente áridas.

La primera fuente submarina de la que se obtiene agua dulce se captó hace ya unos años en la bahía de Argolis

(Grecia), donde en cuevas submarinas surgen 14 metros cúbicos de agua dulce por segundo. Desde la costa se construyó un muro de 180 metros de longitud de arco, 8 de anchura y 11 de profundidad en torno al manantial. Diez gigantescos bloques de cemento con juntas elásticas forman el dique propiamente dicho, el cual, al no ser rígido, resiste no sólo la presión del oleaje, sino también temblores de tierra. El embalse así surgido se llena con el agua del manantial del fondo del mar, la cual contiene una mezcla de agua salada de antes de la construcción del dique. Mediante un sencillo truco físico se consigue la desaparición del agua salada: para ello se hace que el agua dentro del embalse ascienda por encima del nivel del agua del mar. De esta manera, la presión estática de la columna de agua dulce que sale del fondo del mar es mayor que la presión del agua salada que la rodea, que se encuentra a un nivel inferior. El agua salada que penetra por vía subterránea es expulsada por el agua dulce, y el embalse se llena sólo de agua dulce.

Construida en la primavera de 1970, esta fuente de agua dulce submarina—hasta ahora la única aprovechada—, va a comenzar a ser debidamente utilizada en la región de Argolis. Actualmente se están instalando los sistemas de bombeo y las redes de distribución. La próxima fuente submarina de agua dulce se explotará en Creta. Pero también Hawai y Arabia Saudí han mostrado ya interés por este sistema de irrigación procedente del mar.

CONTAMINACION

"DOPING" PARA LAS AGUAS EXTENUADAS

Las aguas de los ríos pueden revitalizarse mediante la adición de aire, y a base de una "ducha" de oxígeno. Los ensayos pertinentes se han realizado en la República Federal de Alemania en la cuenca del Ruhr. Utilizando un gasificador móvil en frío se insufló oxígeno con una turbina hidráulica, mezclándose así con el agua del Ruhr, la cual de esta manera pasó a disponer de considerables cantidades de oxígeno a modo de reservas, para su curso inferior, muy contaminado.

ECONOMIA

ASOCIACION DE PRODUCTORES DE BAUXITA

Guinea, Guyana, Jamaica, Sierra Leone, Surinam, Yugoslavia y Australia, todos ellos importantes países productores de bauxita, se han unido en una asociación intergubernamental de productores de bauxita, con oficinas principales en Kingston, Jamaica.

REUNIONES CIENTIFICAS

IV CURSO DE GEOLOGIA APLICADA A LAS OBRAS PUBLICAS

Del 27 de enero al 3 de abril del próximo año 1975 se desarrollará, D. m., el "IV Curso de Geología aplicada a las Obras Públicas", organizado por el Servicio Geológico de Obras Públicas y con la colaboración de la Cátedra de Geodinámica Interna de la Universidad Complutense, para Ingenieros Superiores y Licenciados en Ciencias Geológicas.

CURSO SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS

Organizado por el Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Industria), Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas (Universidad Politécnica de Madrid), y Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras (Instituto Nacional de Industria), se celebrará del 8 de enero próximo al 5 de abril el "VIII Curso de Hidrogeología Aplicada" en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

El curso está coordinado por el Instituto de Hidrología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y está integrado, como los anteriores, en el Decenio Hidrológico Internacional iniciado en 1965 bajo los auspicios de la UNESCO.

La finalidad del Curso, es formar especialistas en el campo de la Hidrogeología capaces de participar en los grandes estudios hidrogeológicos regionales que realiza el Instituto Geológico y Minero de España y de resolver toda clase de problemas relacionados con la investigación y la explotación de las aguas subterráneas.

El Curso tiene una orientación eminentemente práctica tratándose, además de los temas hidrogeológicos clásicos, otros tan actuales como los modelos de simulación, la contaminación y protección de las aguas subterráneas, la recarga artificial de los acuíferos, geotermismo y tecnología de los sondeos de investigación y explotación de aguas subterráneas y de la inyección de aguas residuales en el subsuelo. Como complemento se realizan viajes de prácticas a las zonas de actuación del Instituto Geológico y Minero de España y se organiza un seminario que, con carácter internacional, este año tratará el tema: "Aprovechamiento de la energía hidrogeotérmica".

SIMPOSIUM SOBRE EL CRETACICO DE LA CORDILLERA IBERICA

Del 9 al 12 de septiembre (1974) se ha celebrado en Cuenca el I Simposium sobre el Cretácico de la Cordillera Ibérica, a propuesta hecha del Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid y el Grupo Español del Mesozoico.

Ocuparon la presidencia de honor las primeras autoridades provinciales, actuando como organizadoras las siguientes entidades: Gobierno Civil, Excmo. Diputación Provincial, Excmo. Ayuntamiento, Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid, Caja de Ahorros Provincial y Casa de la Cultura.

La comisión científica estuvo constituida por:

Presidente: D. B. Meléndez, Catedrático de Paleontología.

Secretario: D. F. Meléndez Hevia, Profesor encargado de Geología del Petróleo de la Facultad de Ciencias.

Vocales: D. Jaime Asens (CIEPSA) y D. Alfonso Meléndez (Facultad de Ciencias).

La lectura de las comunicaciones se desarrollaron el día 9 en la Casa de la Cultura de Cuenca. Los días 10 y 11 se dedicaron a las excursiones geológicas y el día 12 al resumen del Simposium.

Tanto las sesiones científicas, como en los recorridos de campo, los sesenta y siete participantes tuvieron ocasión de escuchar y observar datos de gran interés para la comprensión del Cretácico de la Cordillera Ibérica en su rama Castellana; dando los guías don Fernando Meléndez y don José Ramírez numerosas explicaciones a los componentes de la excursión, que aclararon y dejaron los conocimientos de la región en lugar muy avanzado, resultado en gran parte de la realización de las hojas del Plan MAGNA en las que participaron los autores anteriores.

Por último, hay que señalar el acertado desarrollo del Simposium, así como la buena disposición del Ayuntamiento y Diputación de Cuenca, que en todo momento pusieron a disposición de los participantes toda clase de medios para que la estancia en Cuenca resultase sumamente agradable.

De todo el simposium la Diputación de Cuenca va a editar próximamente un libro sobre la Geología de la Seranía de Cuenca, que incluirá, además, las comunicaciones presentadas.

VII CONGRESO DEL GRUPO ESPAÑOL DE SEDIMENTOLOGIA

Durante los días 23 a 28 de septiembre de 1974 se desarrolló en Tremp (Lérida), el VII Congreso del Grupo Español de Sedimentología, cuya organización corrió a cargo del Departamento de Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona.

El número de congresistas ha sido de unos setenta, en representación de las diversas Facultades de Ciencias españolas, así como organismos interesados en el tema de la Sedimentología. Por otra parte, también han participado representaciones de Universidades italianas y de compañías petroleras holandesas y francesas.

La recepción de congresistas, apertura y primera sesión científica del Congreso se realizó en Bellaterra (Barcelona). A continuación se hizo el viaje a Tremp (Lérida), donde se desarrollaron las siguientes sesiones científicas.

En conjunto, se presentaron unas cuarenta comunicaciones, distribuidas en seis grupos, a lo largo de nueve sesiones científicas. También se realizaron dos excursiones de gran interés: a los sedimentos litorales y deltaicos del Paleógeno del Valle de Ager y a las Areniscas de Aren (Cretácico Superior) en su localidad tipo.

Los congresistas recibieron una relación de resúmenes de las comunicaciones presentadas y una explicación de las excursiones realizadas. Hubo sendas recepciones ofrecidas por la Universidad Autónoma de Barcelona y por el Excmo. Ayuntamiento de Tremp.

Como conclusiones generales del Congreso puede señalarse el nombramiento de nuevos cargos del Grupo Español de Sedimentología; la formación de grupos de trabajos especializados en temas comunes; la posibilidad de formar un fondo bibliográfico común y la realización del próximo Congreso a finales de septiembre del año 1976, organizado por el Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Oviedo.

CONGRESO Y EXPOSICION DE MINERIA

Expositores de 29 países participarán en el octavo congreso y feria mundial de minería (Tecnomin '74), celebrada en Lima, Perú, del 3 al 12 de noviembre pasado. Los organizadores de la exposición Tecnomín, que es la mayor de su ramo, han invitado a más de 2.000 fabricantes de maquinaria minera a exhibir en los 30 pabellones permanentes de los terrenos de Lima.

PRIMERA SEMANA DE ESTUDIOS OCEANICOS EN EL PUERTO DE SANTA MARIA

En esta I Semana de Estudios Oceánicos, organizada por la Facultad de Ciencias de Cádiz, del 4 al 9 de noviembre pasados, en Puerto de Santa María (Cádiz), se reunieron por primera vez cuantos organismos y personas tienen al mar como objeto de sus investigaciones y trabajos en el país.

Estuvieron representados, aparte de la Facultad de Ciencias de Cádiz, organizadora de la Semana, el Instituto Oceanográfico, el Instituto Hidrográfico de la Marina, el Instituto de Investigaciones Pesqueras, el Instituto Geológico y Minero de España, la Empresa Nacional ADARO, la Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS), y varias Universidades.

Se presentaron interesantes comunicaciones de biología marina, geología, geofísica, oceanografía y de otras



facetas del ámbito marino, que ponen en evidencia el gran interés que el mar despierta en nuestros centros de investigación y la eficiencia con que este tipo de estudios se desarrolla en nuestro país.

La organización fue excelente y todo el programa de estudios y comunicaciones se desarrolló con perfecta normalidad.

Estuvo representado el Instituto Geológico y Minero de España por don Félix Cañada, doctor Ingeniero de Minas, jefe del departamento de estudios de Fondos Marinos, que presentó ponencias acerca de los trabajos realizados por el Instituto Geológico: Investigación Geoquímica de Hidrocarburos en los fondos marinos, Investigación Minera preliminar de las plataformas continentales correspondientes a las provincias de Málaga, Cádiz y Huelva, con estudios geofísicos de los sedimentos no consolidados, mapas de isopacas, mapas batimétricos, estudios mineralógicos y mineralométricos de unas 3.000 muestras de fondo marino, y los mapas correspondientes a la distribución de sedimentos y minerales, etc. Investigación de las surgencias submarinas de agua dulce en las costas de Valencia-Castellón y Costa NO de Mallorca.

Asimismo, el Ingeniero señor Cañada presentó ponencias de trabajos realizados por él entre 1964 y 1968 en las plataformas continentales de Coruña-Pontevedra, Málaga-Gibraltar e Islas Columbretes, con estudios geofísicos sedimentológicos y mineralógicos.

Se acordó unánimemente repetir periódicamente este tipo de reuniones, indudablemente fructíferas.

COLOQUIO INTERNACIONAL DEL C.N.R.S.

"La cadena varisca de Europa media y occidental. Progresos recientes y problemas de correlación."

Con el expresado lema, durante los días 25 de septiembre a 6 de octubre, y bajo la dirección del Profesor Cogné, Director del Institut de Géologie de la Universidad de Rennes, ha tenido lugar el Coloquio Internacional del Centre National de la Recherche Scientifique, organizado por este Organismo, de acuerdo con el "Grupo de correlación de eventos geológicos en el zócalo antiguo de la zona varisca de Europa" (Programa Internacional de Correlaciones Geológicas, Precambriano de las zonas móviles, 1.ª parte), cuya primera reunión se celebró en Liblice (Checoslovaquia) en 1972, bajo la Presidencia del Dr. V. Zoubek, de la Academia Checoslovaca de Ciencias.

Como continuación y ampliación de los trabajos ya comenzados en Liblice, se han discutido los siguientes temas:

1. El zócalo precámbrico en el orogén varisco.
 - 1.1. Europa media y occidental.
 - 1.2. Península Ibérica.

- 1.3. Precámbrico remobilizado en las cadenas periféricas.
- 1.4. Elementos de síntesis.
2. Las premisas del orogén varisco.
 - 2.1. El esquema paleogeográfico inicial.
 - 2.2. Las influencias caledonianas.
 - 2.3. El período devono-dinantiense.
3. Las grandes regiones estructurales variscas.
 - 3.1. Zonas internas de Europa oriental: Macizo de Bohemia.
 - 3.2. Zonas internas de Europa media y occidental: Zona saxo-turingia; Europa occidental; Macizos alpinos.
 - 3.3. Zonas externas de Europa media y occidental.
 - 3.4. Península Ibérica y regiones próximas.
4. Las cadenas paleozoicas relacionadas con la cadena varisca de Europa.
5. El Macizo Armoricano.

El coloquio propiamente dicho se ha desarrollado durante los días 25 a 28 de septiembre; los días 29 de septiembre a 5 de octubre se han dedicado a excursiones por el Macizo Armoricano con los objetivos de estudio y definición de los principales dominios estructurales que los trabajos en curso sugieren diferenciar actualmente, según la importancia relativa de las regiones precambrianas y paleozoicas de una parte, y la importancia geodinámica de las deformaciones y metamorfismos propiamente hercinianos (variscos), de otra; discusión sobre la posición de este Macizo entre la Meseta Ibérica y los macizos medio-europeos.

En la mañana del día 6 se celebró una reunión del grupo de trabajo del Proyecto de Programa Internacional de Correlación Geológica (P.I.C.G.) "Precambriano de las zonas móviles, 1.ª parte. Correlación de los eventos en el zócalo antiguo de la zona varisca de Europa", durante la que, después del informe del Coordinador señor Zoubek sobre el desarrollo del Programa en las nuevas condiciones de los programas intergubernamentales de la UNESCO y sobre la conexión del mismo con las demás actividades internacionales, se discutieron los estatutos y la organización para la constitución del grupo de trabajo del indicado Proyecto.

Tras una jornada de síntesis y discusión general, finalizó el Coloquio el domingo 6 de octubre, con una espléndida cena ofrecida por el Presidente de la Universidad de Rennes.

En el Coloquio han estado representadas 18 naciones, con una asistencia de unas 85 personas, de las que un tercio aproximadamente eran de nacionalidad francesa. España ha estado representada por los señores Corretgé, Iglesias, Martínez García, Pastor Gómez, Pérez Estaún, San José y Vegas.

Los trabajos españoles presentados han sido: — Observations sur la localisation et la corrélation du Précambrien de la Péninsule Ibérique (Pastor).

... Le Précambrien supérieur au sein de la chaîne varisque de la Péninsule Ibérique (Vegas).

Un tercer trabajo anunciado, titulado "Les granitoïdes hercyniens centro-ibériques" (Corretgé), no fue expuesto aunque se espera que será incluido en la próxima publicación.

Por el interés que pueden tener para quienes cartografían nuestro hercínico, conviene incluir las intervenciones españolas:

"... en relación con los movimientos caledónicos en el Macizo Hespérico, hay que tener en cuenta la existencia de una fase antehercínica en la zona de Sanabria, de edad entre ordovícica inferior y silúrica superior, con un metamorfismo asociado, como muestra la existencia de cantos de rocas metamórficas en conglomerados del Wenlock. Esta deformación ha sido descrita en Galicia, Zamora y Salamanca. Además, existe otra deformación herciniana muy intensa, que casi borra los efectos de la anterior y cuyo metamorfismo es de menor presión que el antehercínico. Esto se corresponde muy bien con el esquema de deformación y metamorfismo que nos ha presentado el señor Autran sobre el Limousin. Esto no quiere decir, sin embargo, que la fase anteherciniana tenga que observarse en todas partes, ya que, en la zona Cantábrica, por ejemplo, se manifiesta en una laguna que abarca desde el Ordovícico inferior hasta el Silúrico inferior.

La existencia de un metamorfismo antehercínico, de mayor presión en las zonas descritas, se podría quizá relacionar con el que hemos visto en la isla de Groix, y pensar en que la tectónica de placas sí se podría aplicar efectivamente al edificio varisco europeo, considerando que esta deformación y metamorfismo estarían íntimamente ligados al ciclo herciniano y que se podría explicar por una zona de subducción situada en o cerca de dichas zonas. No hay que olvidar las semejanzas de algunas facies afectadas en el sur de Bretaña con el Ordovícico-Silúrico de Galicia.

Una de las dificultades, que se pueden presentar respecto a la correlación propuesta (por Capdevila, Cogné y Hameurt) entre la Península Ibérica y Bretaña, sería la brusca desaparición de la facies Ollo de Sapo justamente en el borde atlántico, cuando la misma se conserva en el Macizo Hespérico en un recorrido lineal de más de 600 kilómetros, entre 1.000 y 2.000 metros de espesor y con 30 kilómetros de anchura.

Por último, se puede indicar que quizás no sea conveniente dar demasiada importancia a la forma arqueada del Macizo Hespérico, con respecto a las reconstrucciones del hercínico europeo, ya que puede tratarse de un efecto tardío y que la forma de la cordillera fuese incluso rectilínea en el Silúrico..." (Martínez García).

"...sobre la correlación entre el Macizo Armoricano y la Península Ibérica, aunque la excursión por el primero ha sido demasiado rápida y es necesario poner en orden las ideas para no equivocarse, máxime cuando las observa-

ciones han sido solamente parciales, no hay duda de que hemos visto series que son perfectamente comparables a las de España, como:

- un Devoniano esquistoso, como el de Huelva;
- una pudinga (la de Gurin) e incluso un Brioverienense esquistosoarenoso, comparable al Alcudense y a la serie de Valdelacasa;
- unas leptinitas (las de Arzal), semejantes a las migmatitas de Toledo;

para no hablar más que de ejemplos bien seguros.

No creo que la correlación litoestratigráfica entre el Macizo Armoricano y el Macizo Ibérico sea difícil; sólo que tengo la impresión de que, desde el punto de vista estructural, las series centroarmoricana y galaicoasturiana presentan polaridades sedimentaria y metamórfica contrarias; y que esos dos macizos no están, por tanto, del mismo lado de un ámbito de deposición, o geosinclinal si se prefiere.

Entonces, debe más bien pensarse en la correlación del dominio centroarmoricano, no con el NO de la Península Ibérica (como el esquema de Capdevila, Cogné y Hameurt), sino más bien con la zona central y meridional del "Hercínico" ibérico (como se hace en el trabajo de Zwart) o incluso con una región "oculta" en la zona central del norte de la Península. Después de oír al Sr. Zwart, me pregunto si, al hacer su esquema, ha pensado en esta doble posibilidad y hay razones para rechazar la segunda hipótesis" (Pastor Gómez).

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

LADRILLOS DE CIENO DE DECANTACION

Los ensayos en gran escala llevados a cabo en una fábrica de ladrillos de Munich han puesto de manifiesto que los cienos de decantación mezclados con arcilla pueden servir de materia prima para la fabricación de ladrillos. Van a estudiarse ahora las influencias de las diversas materias primas sobre la calidad de los ladrillos.

INVESTIGACION ESPACIAL

EL LABORATORIO ESPECIAL EUROPEO

Se desarrollará y construirá por un grupo de firmas europeas el laboratorio espacial europeo "Spacelab". Esta ha sido la decisión adoptada en París en junio por la comisión administrativa y financiera de la Organización Espacial Europea (ESRO). El laboratorio espacial es la contribución europea al programa americano de continuación de las investigaciones "Apollo" que prevé para los años

ochenta el lanzamiento de transportes espaciales equipados con laboratorios. El "Spacelab" deberá ponerse en órbita para 1980 a bordo del "space shuttle", un cohete americano recuperable, que es lanzado como los cohetes actuales, pero que puede aterrizar como un avión. El laboratorio, utilizable unas cincuenta veces, podrá con cuatro científicos a bordo trabajar en el espacio hasta cuatro semanas. La parte habitada del laboratorio, con presión normal, consta de un cilindro de 4,27 metros de diámetro y 8 metros de longitud. Un túnel le une con los compartimentos para la tripulación del transporte espacial, donde se alojan los astronautas responsables del vuelo. Con los aparatos de medida y experimentación del "Spacelab" deberán realizarse observaciones sobre la tierra, así como investigaciones biológicas, físicas y astronómicas. En la construcción del laboratorio espacial colaboran nueve países europeos: la República Federal de Alemania, Italia, Francia, Gran Bretaña, Bélgica, España, Holanda, Dinamarca y Suiza. El coste total es de unos mil millones DM (según cálculos de 1973).

PUBLICACIONES

NUEVAS HOJAS DEL PLAN MAGNA

Han sido recientemente publicadas las Hojas y Memorias correspondientes al Plan MAGNA (Mapa Geológico Nacional, E. 1:50.000) que se relacionan:

Calasperra, Alcantarilla, Totana, Cehegín, Mula, Almadén de la Plata, Maya del Baztán y Orihuela.

NUEVA PUBLICACION DEL IGME

De la reciente "Colección - Informes", por la que el Instituto Geológico y Minero de España da a la luz algunos de los proyectos que lleva a cabo, correspondientes al Plan Nacional de la Minería, señalamos como de reciente publicación los siguientes:

- *Estimación de posibilidades mineras en el subsector II. Suroeste, Area 1, Mazagón (Huelva). Fase Previa.*
- *Estudio hidrogeológico y de ordenación del campo de Níjar, tomo I y II.*
- *Prospección a la Batea de minerales y aluviones en la provincia de Cáceres, area del Tietar y la Moraleja.*
- *Fase previa del proyecto de investigación minera en la región turolense de la Cordillera Ibérica.*
- *Investigación de plomo-cinc en la reserva de Loma Charra (Soria).*
- *Investigación de minerales de plomo en el área de Mazarambroz (Toledo). Fase Previa.*

- *Estudio previo para la investigación de bauxita en el Subsector I. Cataluña, Area 3, La Llacuna (Barcelona y Tarragona).*
- *Investigación de minerales de bauxita. Fuentespalda (Teruel-Tarragona). Fase Previa.*
- *Investigación minera submarina en el subsector "Huelva I", Golfo de Cádiz.*
- *Estudio hidrogeológico y de ordenación del Campo de Níjar (Almería).*
- *Estimación de posibilidades mineras en una zona de Mazagón (Huelva).*

"TECNITERRAE"

Con esta denominación, se ha iniciado la publicación de una revista bimestral patrocinada por "Ibergesa".

El número 1 corresponde al bimestre agosto-septiembre de 1974 y en él se anuncia como revista española de geología y minería. Programa la división de sus capítulos de la forma siguiente: geología, minería, geotecnia, hidrogeología, bibliografía, noticiario, legislación.

Siempre es interesante, contando con buenas colaboraciones, la aparición de otra revista en el campo de la geología y minería, a la cual le deseamos muchos éxitos entre los profesionales de estas importantes ramas de la ciencia y la técnica.

VARIOS

SUGERENCIAS UTILES RESPECTO A PRODUCTOS ESCASOS

1. Elimínense ingredientes no necesarios—la mayoría de los fabricantes admiten que el número de los ingredientes de algunos compuestos ha aumentado con los años.
2. Redúzcanse los niveles de algunos ingredientes.
3. Utilícense dispersiones. Una mejor dispersión significa que el compuesto puede realizar el mismo trabajo, con menor cantidad de ingredientes.
4. Dilúyanse los compuestos que obviamente son demasiado buenos con relación a las especificaciones del producto. Después de intercambiar ideas con el usuario puede ser posible utilizar una fórmula más simple y más económica.
5. Racionalícense los componentes. Determínese si un compuesto determinado podría ser adecuado para varias especificaciones o aplicaciones.
6. Agregar equipos que permitan volver a usar los materiales de descarte. En algunos casos, los desechos por cuyo acarreo fuera de la fábrica se pagaba hace un año, son ahora ingredientes con ahorro de los costos de producción.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	239
Bolsa de Engelhard	N	g	280
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	7,54
Bolsa de Nueva York	N	g	7,47
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	378-375
Mercado USA, lotes al por mayor	N	g	351-370 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	320-329

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 septiembre
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	901 FOB-Lago
Old range	N	t	935 FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, %, máx. 8,32 % SiO ₂ , máx. 9,7 %	N	t	893 FOB-Lago
Old range	N	t	907 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	26,72 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	45,35 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	25,51 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores	L	kg	467 D-U.K.
Precio productor	L	kg	476 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	489 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	483 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	476 FOB-NY
Polvo, 300-400 mesh, bidones de 50 kg	N	kg	644 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	840 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	508 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	349-364 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	76,21 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	88,91 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	102 FOB-ON

CROMO

Metal:			
En gránulos, mín 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	kg	196-228
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	264 D
Electrolítico, 99,8 % Cr	N	kg	264 D
Fundido al vacío	N	kg	273 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	2.880-3.456 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.880-3.456 FOB
Turco, cocentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1	L	t	2.304-2.765 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	3.053-3.341 FOB-E
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	3.685 FOB-E
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	2.664-2.948 FOB-E

MANGANESO

Metal:			
Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	52.283-54.965 D-U.K.
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	52,71 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	56,54 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx 0,1 % P	L	t. u. Mn	66,24-69,17 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	62,36-66,88 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	6.301-7.105 CIF-E
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	8.714-10.054 CIF-E
MOLIBDENO			
Metal:			
Polvo	L	kg	643-664
Polvo de reducción hidrógena, 99,95 % Mo	N	kg	— FOB
Menas y concentrados:			
Climax (mineral de la American Metal Climax Inc), mín 85 % MoS ₂ (durante 1972 vendieron mineral de 95 % MoS ₂ cont)	L y N	kg Mo cont	292 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	288-292 CIF
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	269-283 FOB
NIQUEL			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 4 t	L	t	234.789 D-UK
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	242.112 D-UK
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	219.837 D-UK
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	224.685 D-UK
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	235 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	220 p. e.
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	225 p. e.
Refinado, en el mercado libre	L	kg	267-286 CIF
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	n. a FOB-f
Francés refinado	F	kg	246 FOT
Italiano, cátodos y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	313-365 e-w
Japonés	J	kg	270 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	245 CIF
Pentóxido, fundido mín 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	345 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	345 FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportación USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	241 FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 % W	L	kg W cont	1.113 FOB
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.224-1.440 D
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO ₃	L	t. u. WO ₃	6.468-6.737 CIF-E
Volframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	6.287 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.979 CIF-E
Volframita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.858 CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	6.529 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.925 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	— CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.832 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	891-918 D-UK
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.287-1.367 D-UK
Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
ALUMINIO			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	75.610 D
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	N	kg	49,53 D-USA
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	54.475
Australiano, en lingotes, mín 99,5 % Al	A	kg	48,14 e-w
Canadiense: Para USA y UK			
Lingotes vírgenes, mín 99,5 % Al	L y N	t	48.463 D
Lingotes vírgenes, mín 99,8 % Al	L y N	t	50.594 D
Para el resto del mundo, mín 99,5 % Al	L	kg	49,53 CIF
Mercado internacional:			
Mín 99,6 % Al	L	t	52.935-54.961 CIF-E
Mín 99,7 % Al	L	t	53.624-55.635 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	8.881 D-UK
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	16.820

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Bauxita, calidad abrasivos, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel.	L	t	3.167-3.431
Bauxita, calidad refractarios, mín 86 % Al ₂ O ₃ , a granel	L	t	5.278
CINC			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín 98 % Zn	L	t	52.651 e-w
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	48.262 e-w
Lingotes de cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn (con un premio 4,5 £/t)	L	t	53.254 D-UK
Lingotes de cinc fino, mín 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	53.723 D-UK
Calidad "Prime Western", mín 98 % Zn	N	kg	49,91 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	50,93 D-USA
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	51,19 D-USA
Alemán del oeste:			
Cinc vírgen, mín 97,5 % Zn	G	t	51.642-54.475
Cinc refinado, mín 99,95 % Zn	G	t	52.296-55.564
Canadiense, calidad "Prime Western"	C	kg	41.74 FOB-C
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín 97,75 % Zn	F	kg	49.170 FOT
Cinc electrolítico, mín 99,95 % Zn	F	kg	50,13 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín 98,25 % Zn	I	kg	51,88-60,83 e-w
Cinc electrolítico, mín 99,25 % Zn	I	kg	52,14-60,83 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	12.379 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	15.359 CIF-E
COBRE			
Metal:			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	84.474 FOB-f
Cátodos (L.M.E.)	L	t	81.011
Productores USA	N	kg	107
Alemán del oeste:			
electrolítico	G	t	85.417-86.288
Cátodo	G	t	86.070-87.160
Menas y concentrados:			
Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.			
Menas del 15 % Cu	L	t	
Menas del 20 % Cu	L	t	12.970
Menas del 25 % Cu	L	t	16.941

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín 99,75 % Sn (LME).	L	t	529.691 e-w
Calidad A, mín 99,8 % Sn	N	kg	528 D
Procedente de los países del este, mín 99,8 % Sn	L	kg	442 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	80.463 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	135.441 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	195.886 CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	332.152 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	362.122 CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	388.605 CIF-E
PLOMO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín 99,97 % Pb.	L	t	81.146 e-w
Producido en USA	N	kg	31,12 D
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del producto. Estos precios están calculados considerando que esas menas no tienen nada de plata.			
Concentrados de 70 % Pb	L	t	13.982 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	17.516 CIF-E
Metales secundarios			
Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
ANTIMONIO			
Metal:			
Regulos inglés, 99,5 % Sb, lotes 5 t	L	t	196.398 D-UK
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	199.749 D-UK
Importado 99,6 % Sb	L	t	217.847-228.902 CIF
Calidad RMM, mín 99,5 % Sb	N	kg	284 FOB
Calidad Lone Star, mín 99,8 % Sb	N	kg	338 FOB
Importado, mín 99,5/99,6 % Sb, lotes 5 t	N	kg	260 CIF-NY (e)
Francés, mín 99 % Sb	F	kg	263 FOT
Italiano regular, mín 99,6 % Sb	I	kg	304-348 e-w
Japonés	J	t	327-760 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.843-1.958 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.958-2.074 CIF-E
Crudo, mín 70 % Sb, en fragmentos	L	t	199.749 D-UK
Crudo, mín 70 % Sb, en polvo negro	L	t	207.793 D-UK
BERILIO			
Metal:			
Polvo 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	13.463-15.495 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	15.372 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	1.778-1.969 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO (n) ...	N	t. u. BeO	1.905 CIF-USA
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	L	kg	1.143 e-w
Mercado interior USA, mín 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.143 e-w
Francés, mín 99,95 % Bi ...	F	kg	1.175-1.270 FOT
Mercado internacional, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	1.184 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	540-546 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	419.445 CIF
Barras en el mercado libre ...	L	kg	419.445 CIF
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	556 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:			
Esponja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	1.016-1.397 FOB
Calidad comercial ...	N	kg	699-889 FOB
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín 66/67 % ZrO ₂ ...	L	t	21.994-25.253 CIF-E
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂ ...	L	t	22.809-26.067 CIF-E
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín 99,9 % Li, en lotes de 1000 lb ...	N	kg	1.083-1.111 FOB-NY
Menas y concentrados:			
Ambligonita 6/8 % Li ₂ O, en base al 8 % ...	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Lepidolita 3/3,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	— CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.609-2.011 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.609-2.011 CIF-E
MAGNESIO			
Metal:			
Lingotes de calidad electrolítica, mín 99,8 % Mg en lotes mínimos de 10 t ...	L	t	D-UK

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Lingotes mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	117.973 D
Barras fundidas con entalladuras, en lotes de 1/2 a 1 t ...	L	t	104.031 D-UK
Polvo de "Grado 4", mín 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	132.585 D-UK
Limaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	121.324 D-UK
Lingotes mín 99,8 % Mg, en el mercado libre ...	L	t	103.896-110.599 CIF
Lingotes en bruto, mín 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	95,26 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	102 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	15.091-15.379 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb ...	N	f	15.552-15.955 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	3.810-5.715 FOB-USA
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.286-3.175 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	210-229 CIF-E
Pirocloro, mín 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cont	216-229 FOB-C
Columbita 65 % Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ , de ratio Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅ : 10/1 (n) ...	N	kg	203-216 CIF-USA
TANTALIO			
Metal:			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	4.699-5.967 CIF-USA
Láminas dependiendo de la pureza ...	N	kg	7.240-11.812 CIF-USA
Varillas dependiendo de la pureza ...	N	kg	6.350-9.145 CIF-USA
Menas y concentrados:			
Tantalita:			
Mín 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.651-1.905 CIF-E
Mín 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	1.715-1.842 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín 99,3 % Ti, máx 120 Brinell ...	L	kg	155
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	375-523 D
Esponjas USA, mín 99,3 % Ti, máx 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	241 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	22.808-26.067 CIF-E
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO ₂ ...	L	kg	2.335-2.515 CIF-E
Rutilo, mín 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	33.025-34.930 D
Ilmenita, mín 54 % TiO ₂ ...	N	t	3.118 FOB
Escorias canadienses, mín 70 % TiO ₂ ...	N	t	3.401 FOB

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
---------------------------	---------	--------	----------------------

ARSENICO**Metal:**

Fragmentos negros, mín 99 % As, en lotes de tonelada L t 201.090-268.120

Menas y concentrados.

El arsénico es obtenido como subproducto en las metalurgias del cobre, cinc y otras menas.

CESIO

Mín 99,5 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	80,64-207 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	31.752-34.928 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.402-28.577 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	19.051-22.227 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.701 FOB
Mín 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	104-230 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	38.103-41.278 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	31.752-34.928 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	24.132-27.942 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	15.876 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín 24 % Cs₂O ... L t. u. Cs₂O 1.662-1.743 FOB

GALIO**Metal:**

Mín 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	57,60 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	46,08 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	40,32 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	37,44 FOB
Mín 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	66,36 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 septiembre
GERMANIO			
Metal:			
Calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo ...	L	kg	16.221 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	16.877 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	9.526 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	15.241 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	9.920 D
En lingotes, mín 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	10,18

Menas y concentrados.

El Indio metal se recupera generalmente en la fundición de minerales de cinc.

RENIO**Metal:**

Polvo, mín 99,99 % Re ...	L	kg	93.842
Polvo en el mercado USA ...	N	kg	85.732

Menas y concentrados.

La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recobrado a partir de las menas de molibdeno y de los porfidos cupríferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.

RUBIDIO**Metal:**

Mín. 99,5 % : lotes de 1-227 g ...	N	g	80,64-207 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	34.928-38.103 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	25.402-28.577 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	19.051-22.227 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	12.701 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	2.286
De alta pureza, mín 99,9 % Se ...	N	kg	2.267

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Canadiense, mín 99,5 % Se, en lotes 100 lb ...	L	kg	2.286
Otras procedencias ...	L	kg	2.798-2.921 CIF
Metal, Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín 99/99,5 % Te ...	L	kg	1.143
Barras, mín 99,5 % Te ...	L	kg	1.143
Polvo, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.143
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	953 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 septiembre
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	1.270-1.651 FOB-f
Hexafluoruros ...	L	kg O ₂ O ₈ cont.	1.143-1.524
TORIO			
Metal:			
Polvo y pellets (*) ...	N	kg	1.905

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	3.547 D-UK
Lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	2.667
Europio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	281.030
Gadolinio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	25.592
Itrio, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	17.781
Lantano, lingotes, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	4.445
Neodimio, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	12.701
Samario, lingote, mín 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	15.876

Menas y concentrados:**Monacita:**

Mín 60 %, óxido TR torita ...	L	t	12.219-13.848 CIF-E
Mín 55 %, óxido TR ...	L	t	12.428-13.230 CIF



Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Xenotima:			
Mín 25 % Y ₂ O ₃ ...	L	kg	281-635 CIF
Mín 60 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	1.715 CIF
Mín 90 % Y ₂ O ₃ (*) ...	N	kg	4.433 CIF
Basnasita:			
Filtrado, mín 70 %, óxido TR ...	L	kg	50,80-63,51 CIF
Mín 55/60 %, óxido TR (*) ...	N	kg	35,10 FOB
Mín 68/72 %, óxido TR (*) ...	N	kg	45,45 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
------------------------	---------	--------	----------------------

AZUFRE

USA para la exportación, mín 99 % S ...			
Brillante ...	N	t	2.041-2.098 FOB-Golfo
Brillante sólido ...	L	t	2.268-2.438 FOB-Golfo
Brillante líquido ...	L	t	(n) CIF-E
Oscuro ...	N	t	1.984-2.091 FOB-Golfo
Resto del mundo, líquido ...	L	t	1.984-2.268 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	2.041-2.154 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	1.874-2.020 FOB
Magnéticas o de flotación, mín 96 % BaSO ₄ , máx 0,5 % Fe, en lotes de camiones ...	N	t	2.991 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.080-1.334 FOB-Golfo
Importadas en fragmentos, 90/98 % BaSO ₄ , a granel ...	L	t	2.011-2.413 CIF

Molidas:

En húmedo, mín 95 % BaSO ₄ , a 325 mesh, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	3.811-2.985 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	2.549-2.985 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	1.969 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín 99 % a 240 mesh, en lotes de 10 t ...	L	t	5.362-6.703 D-UK
Marroquí, calidad para lodos, mín 4,2, peso específico ...	L	t	3.217-3.754 CIF-pe.
Micronizadas:			
Mín 99 % más fino de 20 M ...	L	t	7.373-7.641 D-UK

BORATOS

Decahidrato, granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	9.652 D-UK
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	12.334 D-UK

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	17.026 D-UK
Acido bórico, técnico granular en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	14.210 D-UK
Técnico, mín 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	3.779 FOB
Deshidrato, mín 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones	N	t	6.954 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B ₂ O ₃	N	t	4.033 FOB
65 % B ₂ O ₃	N	t	5.779 FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín 40 % B ₂ O ₃	L	t	1.670-1.786 FOB
CÉLESTITA			
Reino Unido, en bruto, lavada y clasificada, 95 % SrSO ₄ , a granel, molido 240 mesh	L	t	3.854 e-w
ESPATO FLUOR			
Metalúrgico, mín 70 % CaF ₂			
Reino Unido	L	t	1.979-2.639 D-UK
USA en pellets	N	t CaF ₂ cont	3.773 FOB
Mejicano	N	t CaF ₂ cont	3.175 FOB-barco
Cerámico, mín 85 % CaF ₂ :			
Reino Unido, molido 93/95 %	L	t	3.563-4.090 CIF
USA, 88/90 %	N	t CaF ₂ cont	4.365-4.705 FOB
95/96 %	N	t CaF ₂ cont	4.649-5.102 FOB
97 %	N	t CaF ₂ cont	4.932-5.442 FOB
Acido, material seco, mín 97 % CaF ₂ :			
Reino Unido, embolsado	L	t	4.222-5.014 D-UK
USA, en bruto	N	t CaF ₂ cont	4.450-5.442 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo	N	t CaF ₂ cont	4.337 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF ₂ cont	6.192 FOB-m
importado en Europa	N	t CaF ₂ cont	5.081-5.716 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF ₂ cont	3.811-3.938 FOB
FOSFATOS			
USA, molido, lavado, seco, a granel:			
66/68 % BPL	N	t	1.270 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	1.524 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	1.747 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	1.905 FOB-m
Argelino y Turco, 65/68 % BPL	L	t	2.016-2.074 CIF
Australiano, 83 % BPL	L	t	1.700-1.814 FOB
Marroquí, 73 % BPL	L	t	3.514 CIF
Ruso, apatito concentrado, 39 % P ₂ O ₅	L	t	(n)

NOTA: BPL=Ca₃(PO₄)₂=0,458 % P₂O₅.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
GRAFITO			
Alemán	N	t	12.960-74.880 FOB
Madagascar	N	t	10.080-30.240 FOB
Noruego	N	t	6.912-12.672 FOB
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	11.520-20.160 FOB
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	19.924 FOB-C
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	15.306 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.556 FOB-C
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	19.924 FOB-C
90/92 % C	L	t	10.556 FOB-C
80/83 % C	L	t	7.917 FOB-C
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	10.556 FOB-C
80/83 % C	L	t	7.917 FOB-C
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.482 FOB-C
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	1.728 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	1.382 FOB-m
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín 98 %, en lotes de 8 t	L	t	2.313 D-UK
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	254-318 FOB
Españolas, mín 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	691-864
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	3.299-3.958 CIF
USA, standard	N	t. u. K ₂ O	38.11 FOB-Fla
Coarse	N	t. u. K ₂ O	44.46 FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K ₂ O:			
Canadiense:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	29,21-29,85 FOB-C
Coarse	N	t. u. K ₂ O	32,39 FOB-C
Granular	N	t. u. K ₂ O	33,66 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	37.47 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K ₂ O	33.03 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K ₂ O	38.74 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	40.01 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	35.57 FOB-NM
Granular	N	t. u. K ₂ O	36.66
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K ₂ O	33.03 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K ₂ O	33.03 FOB-NM
Sulfato de potasio, 48/50 % K ₂ O, a granel	N	t. u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
SAL COMUN			
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t	L	t	429 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	662 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.068 e-w
Sal de salina, en lotes, mín de 6 t, a granel, sin secar.	L	t	824 e-w

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de septiembre
VERMICULITA			
USA	N	t	1.588-2.413 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	3.493-4.446 CIF-AT
En crudo, embolsada	L	t	(n) CIF
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P ₁ , 99,7 % menor 325 mesh	L y N	t	5.080 CIF-E
P ₄ , 99,95 % menor 325 mesh	L y N	t	5.542 CIF-E
Para cerámica:			
C ₁ , 96,5 % menor 325 mesh	L y N	t	5.014 CIF-E
C ₆ , 79,2 % menor 325 mesh	L y N	t	4.948 CIF-E
C ₁₀₁ , 2 % menor 200 mesh	L y N	t	4.882 CIF-E
Para mastique:			
F ₁ , 78 % menor 325 mesh	L y N	t	5.344 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
230	19614	25-IX-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la solicitud de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de León.
231	19693	26-IX-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de León.
231	19693	26-IX-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan. Delegación Provincial de León.
231	19694	26-IX-74	Ind.	CADUCIDAD y cancelación de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
232	19766	27-IX-74	Ind.	CORRECCION de errores de la Orden de 28 de junio de 1974 por la que se dispone el levantamiento de la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación para minerales radiactivos en la "Zona 34, Chantada", comprendida en las provincias de Lugo, Orense y Pontevedra.
241	20455	8-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
247	20908	15-X-74	Ind.	CADUCIDAD de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
247	20907	15-X-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Huelva.
247	20907	15-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
249	21097	17-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Almería.
249	21098	17-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
249	21098	17-X-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Baleares.
249	21098	17-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Baleares.
249	21098	17-X-74	Ind.	CANCELACION del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Ciudad Real.
249	21098	17-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
249	21098	17-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Granada.
250	21204	18-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
255	21679	24-X-74	Ind.	CANCELACION de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
260	22154	30-X-74	Ind.	CADUCIDAD de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Sevilla.
260	22155	30-X-74	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Sevilla.
261	22247	31-X-74	Ind.	OTORGAMIENTO de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
261	22247	31-X-74	Ind.	CADUCIDAD de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Granada.
261	22247	31-X-74	Ind.	CANCELACION del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Madrid.
261	22248	31-X-74	Ind.	CADUCIDAD del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Segovia.

HIDROCARBUROS

228	19470	23-IX-74	Ind.	ORDEN por la que se aprueba el Convenio de Colaboración entre "Shell España, N. V." y la "Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S. A.", para la investigación de los permisos de hidrocarburos "Columbretes, C, D, E y F".
229	19536	24-IX-74	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesiones mutuas entre ENNESA y ENPENSA en la titularidad de permisos de investigación de hidrocarburos.
229	19536	24-IX-74	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción de los permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I, "Onzonilla", "Valencia de Don Juan", "Mayorga" y "Villalón de Campos".
229	19536	24-IX-74	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia a los permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península), denominados "Mar Cantábrico I, II, III y IV".
230	19612	25-IX-74	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia a los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Moratalla", "Santiago de la España", "Pontones", "Castrill" y "Cazorla", situados en Zona I (Península).
232	19766	27-IX-74	Ind.	ORDEN por la que se declara la extinción de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos.
235	20007	I-X-74	Ind.	ORDEN por la que se acepta la renuncia a los permisos de investigación de hidrocarburos "Lluch Mayor", "Palma" y "Santa Margarita".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
236	20085	2-X-74	Ind.	ORDEN por la que se admite la renuncia a los permisos "Cabo de La Nao" y "Benidorm", ENPASA, CIEPSA y APEX.
250	21200	18-X-74	Ind.	PERMISOS de investigación.—Orden por la que se acepta la renuncia al permiso "Bilbao", de zona I (Península).
261	22244	31-X-74	Ind.	ORDEN por la que se concede primera prórroga de los permisos de investigación de hidrocarburos sobre las cuadrículas 1-a, 8-a y 15-a, situados en Zona III (Sahara).
RESERVAS				
233	19844	28-IX-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 Gijón", de la provincia de Oviedo.
257	21872	26-X-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la inscripción de la petición presentada por la Junta de Energía Nuclear para la declaración de una zona de reserva provisional a favor del Estado, para minerales radiactivos, en el área que se indica, comprendida en las provincias de Logroño, Burgos, Alava y Navarra.
VARIOS				
222	18028	16-IX-74	J. Est.	DECRETO por el que se resuelve el conflicto de atribuciones entre los Ministerios de Obras Públicas y de la Gobernación sobre conocimiento de recurso de alzada contra acuerdo de suspensión de alumbramiento de aguas, dictado por la Alcaldía de Ogijares (Granada).
237	20154	3-X-74	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la legalización otorgada a doña Enriqueta Mora Fernández de un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía del cauce del río Seco, en término municipal de Santa María de Palautordera, provincia de Barcelona, con destino a usos domésticos y otros.
247	20908	15-X-74	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la determinación de las condiciones mineromedicinales de las aguas del manantial que se cita, Delegación Provincial de Murcia.
248	20992	16-X-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización a la Comunidad de Regantes de la Cimbra de Tices para ejecutar una nueva galería de captación en un aprovechamiento de aguas subálveas de la rambla de Tices, destinada a riegos, en término municipal de Canjáyar (Almería).
249	21086	17-X-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Antonio Menchaca Careaga un aprovechamiento de aguas subálveas del arroyo Valerín, en término municipal de Estepona (Málaga), con destino a riegos y usos domésticos.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
249	21088	17-X-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Enrique Grifé Nogueras y doña María Nogueras Sitjas un aprovechamiento de aguas subálveas del río Ridaura, en término municipal de Santa Cristina de Aro (Gerona), con destino a riego.
251	21288	19-X-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Valls un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Guixeras, en término municipal de Valls (Tarragona), con destino a abastecimiento de aguas del barrio de Picamoixóns, de la citada población.
253	21443	22-X-74	Ind.	DECRETO sobre calificación de la zona que se delimita, en las provincias de Huelva, Sevilla y Badajoz, como de preferente localización industrial minera.
255	21676	24-X-74	Ind.	ORDEN por la que se autoriza la transferencia de "Gas Mansana, Sociedad Anónima" a "Catalana de Gas y Electricidad, S. A.", de la concesión del servicio público de suministro de gas en Manresa.
259	22053	29-X-74	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Luis Feliu Barniol un aprovechamiento de aguas subálveas en zona de policía del torrente de Las Huertas, en término municipal de Montmayor (Barcelona), con destino a usos domésticos, no potables, y atenciones de ganado.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

The geology of the betic of Málaga, the subbetic, and the zone between these two units in the Vélez Rubio area (Southern Spain). Tittle Geel., 1973. U.v A. Amsterdam, 182 págs. y 4 láminas.

Comprende esta tesis los resultados de las investigaciones geológicas, efectuadas en el área de Vélez Rubio, en el sudeste de España. En las Cordilleras Béticas se distinguen tres zonas, cada una de las cuales se caracterizan por una historia geológica específica, de Norte a Sur, son: Prebética, Subbética y Bética. La última es subdividida a su vez en varios complejos tectónicos: el Bético de Málaga, el Complejo Alpujárride, el Complejo Ballabona/Cucharón y el Complejo Nevado-Filábrido. En el área estudiada se presentan rocas, que se atribuyen al Subbético, al Bético de Málaga y a una unidad que pertenece al Complejo Alpujárride.

En el Bético de Málaga se distinguen unidades litoestratigráficas, que no han sido introducidas formalmente. La unidad de rocas más antigua es la "formación Piar", constituida principalmente por grauvacas, conglomerados y pelitas de color verde aceituna, y en menor grado rocas

carbonatadas de color oscuro. A base de conodontos se puede atribuir a esta formación una edad siluriana a carbonífera inferior. La base de la formación Piar está constituida por pelitas multicolores, rocas calizas de color oscuro y claro, sílex negro y areniscas maduras de color marronoso. Sedimentación de grauvacas inmaduras comienza en el intervalo de tiempo entre Femenniense y Viense.

La formación siguiente y más moderna es la "formación Saladilla", constituida por conglomerados, areniscas y pelitas principalmente de color rojo. La edad exacta de la formación Saladilla no es conocida, pero a base de una fuerte semejanza litológica con las rocas permotriásicas en otros sitios de Europa, se le atribuye edad análoga.

La unidad de rocas siguientes es la "formación Castellón", constituida por una sucesión de dolomías de color marrón y gris, calizas de algas y calizas pseudooolíticas de color gris, calcarenitas areniscas de color rojizo y marronoso, calizas oolíticas de color gris y calcilitas de color marrón claro. El contenido de micro-y microfósiles indica una edad jurásica inferior a valanginiense superior. De la parte inferior de la formación se supone que haya sido depositada en un ambiente litoral a supralitoral, de la parte superior en un ambiente un poco más profundo, aunque sublitoral.

La formación Castellón está cubierta por la "formación Vélez Rubio", que está constituida por calizas de color claro con concreciones de sílex negro y margas de edad valanginiense superior.

Le sigue la "formación Xiquena", la cual descansa transgresivamente tanto sobre la formación Castellón como sobre la formación Vélez Rubio, constituida por calizas areniscas de color crema a marrón claro, calcarenitas y margas de color marrón a amarillo, de las cuales el contenido de fósiles indica una edad eocena inferior a eocena media. Los varios miembros de la formación fueron depositados sucesivamente en una facies sublitoral, "fore bank" y paraplágica.

La unidad de rocas más antigua de la Zona Subbética es la "formación Vélez Blanco", constituida principalmente por dolomías laminadas de color crema a marronoso, las cuales han sido depositadas en una plataforma litoral a supralitoral.

La formación Vélez Blanco está cubierta por una sucesión espesa de calizas de algas y de fragmentos de algas de color crema a marrón, calizas oolíticas de color crema a blanco y calcilitas de color crema de edad jurásica inferior a berriasiense inferior. Esta sucesión se denomina "formación Maimón". Su parte más grande fue depositada en agua marina muy somera, el techo en un ambiente sublitoral un poco más profundo.

La siguiente es la "formación Taibena", sucesión espesa de calizas y margas, con fauna principalmente pelágica, lo cual indica una edad jurásica superior a miocena inferior-miocena media inferior. Las rocas cretáceas inferiores son principalmente de color blanco y gris; las rocas cretáceas superiores hasta las rocas eocenas medias inclusivas presentan una alternación de colores rojizos y claros, mientras que la parte restante de la formación es de color amarillento o gris verdoso. En las rocas eocenas medias y más modernas están intercaladas capas calcareníticas, que están constituidas principalmente por macroforminíferos remanejados. Se supone que estas intercalaciones se depositaron en corrientes de turbidez.

La parte jurásica de la columna del Bético de Málaga y la de la Zona Subbética presentan sucesiones litológicas casi iguales. La diferencia principal es la presencia de detrito no calizo en rocas de edad jurásica inferior-media hasta jurásico terminal inclusive en el bético de Málaga, mientras que, en cambio, detrito no calizo no se presenta en las rocas subbéticas al Jurásico terminal. A partir del Valanginiense tardío ambas calumnas difieren notablemente.

Entre la Zona Subbética y el Bético de Málaga se presenta un número de unidades de rocas de edad neógena, de las cuales no es cierto si pertenezcan a una de estas dos grandes unidades. La "formación Ciudad Granada" está constituida sucesivamente por conglomerados, calizas de coral, areniscas y en otros sitios por pelitas de color amarillo claro o marrón. En la región de Chirivel estas pelitas contienen una microfauna plantónica que indica la Zona Globorotalia kugleri oligo-miocena. El detrito com-

prende principalmente fragmentos, procedidos de la formación Saladilla y de la parte basal de la formación Castellón.

La "formación Solana" comprende conglomerados y areniscas de color marrón y pelita de color verde marrón sucio y contiene detrito, precedido de todas las formaciones del Bético de Málaga y foraminíferos planctónicos, remanejados del Subbético. La determinación de la edad de esta formación se hace difícil por el hecho de que aparentemente falta una fauna indígena. Las formas más jóvenes que se han encontrado en ésta indican una edad miocena inferior. El modo de deposición de la parte más grande de las areniscas queda enigmático.

La "formación Espejos" está constituida principalmente por pelitas, conglomerados, areniscas y paquetes eslum-pados de color gris verdoso. El detrito comprende fragmentos procedidos del Subbético, del Bético de Málaga y de la unidad Alpujárride. Los conglomerados y las areniscas se supone fueron depositados en corrientes de turbidez. Las pelitas contienen una rica microfauna planctónica, que indica la Zona Catapsydrax dissimilis, la Zona C. stainforthi y la Zona Globigerinatella más inferior (Miocena inferior a Miocena medioinferior).

Desde el aspecto estructural al área investigada es muy compleja. En el Bético de Málaga se puede reconstruir la sucesión de movimientos siguientes: 1) Desarrollo de sub-unidades de primer orden y metamorfismo regional probablemente de edad terciaria. La Dirección de movimiento durante este movimiento no está conocida. 2) La primera fase, que se puede observar en el área de Vélez Rubio. Esta hizo nacer sub-unidades de segundo orden y tuvo lugar entre el Oligo-Mioceno y el Mioceno inferior al Mioceno medio-inferior. También la dirección de movimiento durante esta fase no está conocida. 3) Imbricación hacia el Sur y distubación de la pila de sub-unidades —la segunda fase que se puede observar en el área de Vélez Rubio—hicieron nacer escamas, inclinadas de un modo abrupto y pliegues sobrecorridos. Esta fase tuvo lugar también entre el Oligo-Mioceno y el Mioceno inferior al Mioceno medio-inferior.

Fracturas que acompañan la segunda fase y fracturas transversales más jóvenes complican la imagen ya caótica. Se supone que el contacto presente entre el Bético de Málaga y la unidad Alpujárride haya sido constituido por un plano de fractura de la segunda fase.

El Subbético ha sido afectado también por dos fases tectónicas. La primera fase resultó en un complejo de pliegues sobrecorridos; en la segunda fase este complejo se deslizó encima y por encima de las formaciones neógenas del Corredor de Vélez Rubio. Ambas fases se encuentran dirigidas hacia el Sur y tuvieron lugar después de la deposición de los sedimentos superiores de la formación subbética Taibena (Mioceno inferior a Mioceno medio-inferior) y después de la deposición de la formación Espejos de edad miocena inferior a miocena medio-inferior. Por lo cual no existe una relación en el tiempo entre la imbricación hacia el Sur del Bético de Málaga y los sobreescurrimientos subbéticos.—L. DE A.

J. SERRA RENENTÓS y H. GOT: *Resultados preliminares de la campaña marina realizada en el precontinente catalán entre los cañones de la Fonera y Blanes*. Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, págs. 73 a 80.

Los autores hacen un estudio preliminar de la estructura y unidades sedimentarias deducidas a partir de los perfiles sísmicos y testigos obtenidos en el sector de la plataforma continental comprendida entre los cañones de la Fonera y Blanes (Costa Brava, Gerona) y establecen una correlación con los ya estudiados del Ampurdán y del Roussillon. Describe una secuencia del Cuaternario reciente a partir de testigos de gravedad estudiados.—L. DE A.

O. F. GEYER y K. HINKELBEIN: *Las oolitas ferruginosas del jurásico de la sierra de Espuña* (provincia de Murcia). Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 102 a 106.

Describen un corte situado en el Morrón de Alhama desde el Liensbachense hasta el Jurásico medio, así como la fauna de Ammonites hallada en el mismo. Encima del Pliensbachense superior sigue el Toarcense inferior, condensado recubierto por oolitas ferruginosas de hasta 5 metros de potencia, que fueron ya dadas a conocer por P. Fallot y otros autores. Encima siguen calizas bioclásticas potentes. Las oolitas ferruginosas contienen en su base un horizonte de condensación con una rica fauna de Ammonites del Toarcense superior. Si fuera una fauna no condensada entonces permitiría la correlación con las sucesiones de zonas tanto la europea noroccidental como la grecoitaliana. Aunque N. y Y. Peyre (1960) describieron un horizonte de oolitas ferruginosas con un horizonte de condensación rico en fósiles que representa correctamente el Pliensmachense superior (=Domerense) que fue hallado sólo a 2,5 kilómetros de distancia, se admite que ambas oolitas ferruginosas corresponden más o menos al mismo nivel guía, concretamente equivalente a las "oolitas inferior del límite" (Toarcense superior-Aalenense), tanto de la Cordillera Ibérica, como de la Costa litoral inferior (Toarcense superior-Bajocense inferior) de la zona Subbética.—L. DE A.

MINERALOGIA

M. SÁNCHEZ CAMAZANO y M. A. VICENTE HERNÁNDEZ: *Estudio mineralógico de arcillas cerámicas de la provincia de Zamora. III. Yacimiento en el basamento paleozoico*. Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 98 a 101.

Realizan el estudio mineralógico de 15 muestras de arcilla, procedentes de 8 yacimientos de la provincia de

Zamora situados en el basamento paleozoico. Las técnicas empleadas fueron: capacidad de cambio de cationes, análisis químico, análisis térmico diferencial, análisis termogravimétrico y difracción de rayos X.

Las arcillas de los yacimientos XX y XXII están compuestas fundamentalmente por ilita (60-80 por 100) y caolín (20-40 por 100). En el resto de las muestras hay ilita (20-60 por 100), caolín (10-40 por 100), montmorillonita (15-50 por 100).—L. DE A.

A. ALVAREZ-PÉREZ, J. A. CAMPRA-VIÑETA y J. MONTORIOL-POUS: *Sobre la presencia de gahnita ferrífera en Besost* (Vall D'Arán, Lérida). Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 111 a 113.

Identificaron la gahnita ferrífera (creitonita) (Al, Fe)₂O₄ (Zn, Fe, Mg), en mina "Victoria" (Vall D'Arán, Lérida).—L. DE A.

MARTÍNEZ STRONG, P. PÉREZ MATEOS, J. y GARCÍA BAYÓN-CAMPOMANES, P.: *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. "Mineralogía descriptiva", en dos tomos. Tomo I Elementos y sulfuros, halogenuros, óxidos e hidróxidos, nitratos carbonatos y boratos; XXII, 370 páginas: C.S.I.C. Reimpresión. Madrid, 1973.

Ha aparecido, recientemente, una reimpresión del tomo I (Elementos y sulfuros, halogenuros, óxidos e hidróxidos, nitratos, carbonatos y boratos) de esta obra, cuya primera edición fue impresa en 1952.

El interés despertado por ella en aquella época fue causa de que rápidamente se agotara la edición que había venido a llenar el vacío que en lengua castellana existía en la materia. Ahora el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con muy buen criterio, financia esta reimpresión que no dudamos será de gran utilidad para las actuales generaciones de estudiantes universitarios, no sólo del campo estricto de la materia sino también en el de la Química inorgánica de la Geología y de la Minería. Esperamos que próximamente se haga lo mismo con el II tomo que completa la obra.—A. y L. DE G.

PALEONTOLOGIA

M. CRUSAFONT PAIRÓ y J. M.^a GOLPE-POSSE: *Nuevos yacimientos del terciario continental del NE de España*. Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 81 a 83.

Dan cuenta de algunos descubrimientos de yacimientos nuevos del Terciario continental de diversas cuencas del NE de España, realizados en el curso de las exploracio-

nes que los componentes del Departamento de Paleontología de la Universidad de Barcelona e Instituto Provincial de Paleontología de Sabadell han llevado a cabo en los últimos años, con aumento en el catálogo de las localidades españolas de esta época y naturaleza.—L. DE A.

M.^a L. CASANOVAS CLADELLAS y J. V. SANTAFÉ LLOPIS: *Dos nuevos yacimientos de ignitas de dinosaurios*. Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 88 a 91.

Señalan dos nuevos yacimientos de Icnitas de reptiles mesozoicos, situados a pocos kilómetros de los dados a conocer (Casanovas y Santafé, 1971) en la región de Arnedo (provincia de Logroño), que denominan yacimientos de Valdecevilla y Guilera. Entre las Icnitas de Valcevillos destacan dos grupos: las primeras (grupo A) atribuibles a un Carnosaurio de tamaño grande, tala Megalosaurios; las del Grupo B, a un Ornítópodo de talla media. En el yacimiento de Guilera señalan la presencia de huellas de tipo Iguanadon.—L. DE A.

S. CALZADA BADÍA: *Almerarhynchia N gen. Virgiliana N SP del Maastrichtiense de Figols, prepirineo catalán*. Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 92 a 97.

Describe un nuevo Rinconélido maastrichtiense de Figols (Hoja 293, Berga, provincia de Barcelona). Tiene las valvas simétricas y biconvexas, con un foramen grande y un número variable de costillas (18-26).

Vivió A. virgiliana n. sp. en un ambiente resguardado de la plataforma continental somera sin corrientes fuertes. L. DE A.

ESTRATIGRAFIA

JAIME DE PORTA y JORGE CIVES: *La estratigrafía y la fauna de la sección de Francas* (Tarragona). Act. Geol. Hisp. Año IX, núm. 3, 1974, págs. 84 a 87.

Dan la estratigrafía y la dispersión de la fauna en la sección de Francas (Tarragona). La edad mínima de la sección es el Tortoniense.—L. DE A.

BIOGRAFIA

Dictionary of Scientific Biography. Vol. IX (Macrobius a Naumann) "American Council of Learned Societies". Editor Charles Scribner's Sons, New York, 1974. 620 páginas

En esta entrega del magnífico diccionario, se incluyen más sabios españoles que en los tomos anteriores como

son el médico cordobés Rabbi Moisés (No Moses) ben Maimon, Maimonide, el astrónomo madrileño abul-Qasim Maslama Ibn Ahmad Al-Faradi, Al-Majriti, el geólogo tarraconense Antonio de Martí Franques (1750-1832), quien valoró el oxígeno contenido en la atmósfera entre el 21 y 22 por 100. El anatomista valenciano Crisóstomo Martínez, el cosmógrafo sevillano Pedro de Medina, el naturalista sevillano Nicolás Bautista Monardes, el cartógrafo madrileño Ernesto Bartolomé (no Ernest Barthelemy) Mouchez. También tienen para nosotros esta consideración el astrónomo francés fallecido en Castellón de la Plana Pierre Francois-Andre Mechain, quien trabajó durante más de quince años en temas geodésicos en Cataluña, Baleares y Valencia y el botánico nacido en Temascaltepec (Nueva España) y fallecido en Barcelona José Mariano Mociño. Fácil es conseguir una quincena de científicos con reputación mundial omitidos como: el geógrafo Pedro Vicente Maldonado, el electrotécnico José María de Madariaga y Casado, el geólogo Lucas Mallada y Pueyo, el endocrinólogo Gregorio Marañón y Posadilla, el microbiólogo Juan Marcilla y Arrazola, el geólogo Agustín Marín y Bertrán de Lis, el ingeniero Eduardo Maristany y Gilbert, el cartógrafo Juan Martines, el matemático y médico Antonio Martínez de Jarava, el arquitecto Juan Martínez Montañés, el polígrafo Marcelino Menéndez y Pelayo, el mundialmente conocido inventor Narciso Monturiol, el matemático y astrónomo Jerónimo Muñoz, el químico José Muñoz del Castillo y el geólogo Felipe Naranjo y Garza. Como decíamos en comentarios anteriores esperamos que a muchos de éstos se les de entrada en los apéndices.

Entre los biografiados relacionados con las ciencias geológicas y conexas figuran:

Maillet, Benoit de (St. Mihiel, 1656-1738), geólogo. Destacó los cambios importantes de los fósiles con el tiempo, expresión primitiva del concepto moderno de sucesión de las faunas.

Mallet, Robert (Dublín, 1810-1881), sismólogo. Estudió la dinámica terrestre y a él se deben los términos "sismología", "foco sísmico", "ángulo de emergencia", "línea isosísmica" y "área meizoseisml".

Mantell, Gideon Algernon (Lewes, 1790-1852), geólogo. Dentro de la paleontología vertebrada destaca por sus descubrimientos en el campo de los dinosaurios.

Marcou, Jules (Salins, 1824-1898), geólogo y paleontólogo. A base de una síntesis de la cartografía geológica conocida, preparó las dos primeras ediciones del mapa del mundo 1862 y 1875.

Margerie, Emmanuel Marie Pierre Martin Jacquin de (París, 1862-1953), geólogo. A él se debe la iniciativa de la Carta Geológica de Africa.

Marion, Antoine Fortuné (Aix-en-Provence, 1846-1900), geólogo y paleontólogo. Descubrió en los yesos de Aix la variedad de fósil denominada hoja de magnolia.

Marsh, Othniel Charles (Lockport, 1831-1899), paleontólogo. Su clasificación y descripción de los vertebrados extinguidos, es considerada por algunos científicos como la mayor contribución al conocimiento de la evolución.

Martonne, Emmanuel-Louis-Eugene de (Chabris, 1873-1955), geomorfólogo. Dentro de la geomorfología estudió principalmente los aspectos de las terrazas, drenaje y aridez.

Mather, William Williams (Brooklyn, 1804-1859), geólogo. Entre sus estudios más importantes figuran los depósitos cuaternarios del Río Hudson.

Matuyama, Motonori (Uyeda, 1884-1958), geólogo-geofísico. Trabajó en gravimetría y en magnetismo, encontrando grandes diferencias y casi oposición entre el permo-carbonífero y el terciario y después entre el mioceno y el cuaternario, dando lugar al término "época Matuyama" a la comprendida por el plioceno superior y el pleistoceno medio.

Mauguin, Charles Victor (Provins, 1878-1958), cristalógrafo. Investigador de las micas, determinó en ellas su composición, densidad y los valores absolutos de su celdilla elemental, así como el número de átomos contenidos en ella.

Mawson, Douglas (Bradford, 1882-1958), geólogo. Trabajó ampliamente en problemas geológicos de Australia del Sur.

Meek, Fielding Bradford (Madison, 1817-1876), paleontólogo y geólogo. Sus estudios sobre los fósiles invertebrados del cámbrico al terciario, permitieron interpretar la geología de la mitad de los Estados Unidos.

Meinzer, Oscar Edward (Davis, 1876-1948), hidrogeólogo. Especialista en el estudio de la cantidad y calidad de las aguas subterráneas, dio entrada al término "phreatophyte" y estableció la diferencia entre "porosidad" y "porosidad efectiva".

Merriam, John Campbell (Hopkinton, 1869-1945), paleontólogo. Estudió los moluscos, equínidos y mamíferos del terciario y el ichthyosaurio del triás.

Mierrill, George Perkins (Auburn, 1854-1929), geólogo. Aplicó las técnicas de láminas delgadas para el estudio de las rocas de construcción, así como a sus fenómenos de meteorización. También trabajó en el campo de los meteoritos.

Meyer, Christian Erich Hermann von (Frankfurt, 1801-1869), paleontólogo. Sus trabajos científicos sobre fósiles vertebrados comprende: peces, aifibios, reptiles, pájaros y mamíferos.

Michel-Levy, Auguste (París, 1844-1911), geólogo. En su trabajo sobre obtención de rocas las logra con composición estructural y química análoga a las naturales volcánicas.

Miers, Henry Alexander (Río de Janeiro, 1858-1942), mineralógogo. Publicó una teoría revolucionaria de crecimiento de los cristales por dislocación.

Miller, Walliam Hallowes (Llandovery, 1801-1880), cristalógrafo y mineralógogo. Aportó interesantes medidas goniométricas al mejor conocimiento de los cristales y el uso de la luz polarizada para la caracterización de los minerales transparentes.

Milne, John (Liverpool, 1850-1913), sismólogo. Promovió el estudio de las rocas con explosiones artificiales. Obtuvo en los registros grupos de ondas análogas a las actuales P. y S.

Mitscherlich, Eilhard (Neuende, 1794-1863), mineralógogo. Obtuvo minerales artificiales, por la fusión de sílice con diversos óxidos metálicos.

Mohorovicic, Andtija (Volosko, 1857-1936), sismólogo. La separación entre la corteza y el manto terrestre se denomina discontinuidad de Mohorovicic.

Mohs, Friedrich (Gernorde, 1773-1839), mineralógogo y geólogo. Autor de la escala de durezas conocida por su nombre.

Monnet, Antoine-Grimoald (Champeix, 1734-1817), Mineralógogo. Fue uno de los principales promotores de la minería e industrias mineralúrgicas de Francia.

Moray, Robert (Scotland, 1608-1673), mineralógogo. Fue primer presidente de la Royal Society.

Moro, Antonio-Lazzaro (Sin Vito del Friuli, 1687-1764), geólogo. Considera la sucesión de períodos volcánicos y de calma y su relación con la extinción de las especies. Hizo de su teoría un amplio resumen concordista con el Génesis.

Mosander, Carl Gustaf (Kalmar, 1797-1858), mineralógogo. Demostró que el cerio era una mezcla de cerio y lantano y después en éste encontró el didimio. También demostró que el ytrio eha un compuesto de ytrio, erbio y terbio.

Munier-Chalmas, Ernest Charles Phillippe Auguste (Tournus, 1843-1903), paleontólogo. Estableció un género nuevo formado por Toucasia, Matheronia y Heterodícera.

Murchison, Roderick Impey (Tarradale, 1792-1871), geólogo. Tiene trabajos interesantes sobre el silurino, defensor de la teoría de los "drift" para los depósitos glaciares y postglaciares, enemigo de toda teoría moderna como la de evolución de Darwin. Una falla del Nilo en Uganda inmortaliza su apellido.

Murray, John (Cobourg, 1841-1914), geólogo. Descubrió una importante formación de fosfatos en la Isla Christmas del Océano Indico.

Mushketov, Ivan Vasilievich (Aleksievskaya, 1850-1902), geólogo. Admite para los procesos tectónicos la hipótesis de la contracción y que la gradual ligereza o contracción de la corteza terrestre, es una consecuencia del decrecimiento en volumen del núcleo, debido al enfriamiento y a la pérdida de material volcánico.

Nathorst, Alfred Gabriel (Vaderbrunn, 1850-1921), paleobotánico y geólogo. Sus principales aportaciones científicas son la flora terciaria del Japón y la paleozoica y mesozoica del Artico.

Naumann, Karl Friedrich (Dresde, 1797-1873), mineralógogo y geólogo. Sostiene que la mayoría de los gneises y esquistos son formados por rocas sedimentarias pero admite que algunos gneises se formaron por la deformación de rocas ígneas.—L. DE A.

INDICE DE MATERIAS

	Página
GEOLOGIA	
El Precámbrico del Occidente Andaluz, por V. PASTOR GÓMEZ	1
L'âge d'Ampullina (ex Natica) leviathen précisé en Espagne du Sud (zona prébetique) grâce à des Calpionelles (Berriasien et Berriasien-Valanginien inférieur), por ALAIN FOUCAULT	4
Litoestratigrafía de la facies Weald (Valanginiense superior-Barremiense), en la provincia de Santander (norte de España), por V. PUJALTE	10
Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo, por M. A. DE SAN JOSÉ LANCHA; J. R. PELÁEZ PRUNEDA; L. VILAS MINONDO y R. P. HERRANZ ARAUJO	21
Sobre la posición tectónica del manto de Cástaras (Sierra Nevada. Cordilleras Béticas), por J. A. GALLEGOS	149
Las fallas de desgarre del SO de la Península Ibérica, por R. VEGAS	153
Repartición de las series anteordovícicas del SO de España, por R. VEGAS	157
Existencia de pizarrosidad alpina en la cordillera ibérica, por M. GUTIÉRREZ ELORZA y J. PEDRAZA GILSANZ	269
Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles, por M. H. PENHA y A. ARRIBAS	271
El método potasio-argón aplicado a la datación de edades absolutas, por J. GARCÍA GARZON	274
Estratigrafía del Cretácico en el Sector de Llanera (Depresión mesoterciaria central de Asturias), por M. GUTIÉRREZ CLAVEROL	387
Las formaciones Anteordovicias del Anticlinal de Valdelacasa, por F. MORENO SERRANO	396
Consideraciones sobre la posición geoestructural de la Península Ibérica, por J. A. MARTÍNEZ ALVAREZ	513
Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica, por E. JIMÉNEZ FUENTES	518
Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al sur de Despeñaperros, provincia de Jaén, por L. RÍOS y S. RÍOS	525
Observaciones sobre la localización y correlación del Precámbrico de la Península Ibérica, por V. PASTOR	653
Sobre la extensión del vindobonense marino en Menorca y los sondeos de la "Dep sea drilling projet" (U. S. A.), por G. COLOM	664
Consideraciones sobre el estudio del comportamiento de los fluidos en el medio geológico (Geofuidología), por J. A. MARTÍNEZ ALVAREZ	678

	Página
MINERIA	
Yacimientos españoles de bauxitas y alunitas, por A. CABALLERO, F. MENÉNDEZ DEL VALLE y J. L. MARTÍN VIVALDI (+)	32
Mercado de minerales y concentrados de plomo y cinc, por IGME, DIVISIÓN DE MINERÍA	43
Ensayo de un análisis de posibilidades en mineralizaciones de la provincia de Cáceres, por E. RAMÍREZ	171
Contribución al estudio de la metalogenia del norte de la provincia de Huelva, España, por F. VÁZQUEZ GUZMÁN	281
Comercialización de la Bauxita, por IGME, DIVISIÓN DE MINERÍA	289
Comercialización del Niobio y Tantalio, por IGME, DIVISIÓN DE MINERÍA	401
Estudio geológico y metalogénico de la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W, por R. CASTROVIEJO	528
Fundamentos básicos de la alteración de yacimientos de hierro y de manganeso en medio kárstico, por J. A. GALVEZ GARCÍA	685
AGUAS SUBTERRANEAS	
Vulnerabilidad a la polución de las aguas subterráneas en el polje de Zafarraya y zonas adyacentes (Granada y Málaga), por J. HIDALGO RUIZ y R. FERNÁNDEZ RUBIO	300
Sobre el caudal de un pozo de bombeo. Metodología práctica para el cálculo de su valor óptimo, por G. J. LÓPEZ ARECHAVALA	549
Evaluación de la hidrodinámica de un pozo de bombeo. Metodología de los ensayos de pozo, por G. LÓPEZ ARECHAVALA	688
ENERGIA	
Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote), por A. ALONSO, R. ORTIZ, E. R. BADIOLA y J. YUGUERO	413
GEOQUIMICA	
Consideraciones geoquímicas sobre las rocas graníticas del área de Villar de Peralonso (Salamanca), por J. SAAVEDRA y A. G. ^a SÁNCHEZ	66
Estudio geoquímico de algunos granitos de la provincia de Salamanca, por J. SAAVEDRA ALONSO y A. GARCÍA SÁNCHEZ	182
El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura. (Estudio comparativo), por L. C. G. DE FIGUEROLA, L. G. CORRETGE y F. BEA.	308
El yacimiento de alunita de Negredo (Segovia). Consideraciones sobre su génesis, por F. CAÑADA GUERRERO	430
Sobre la petrogénesis de algunas litofacies españolas con fases urano-orgánicas, por M. MARTÍN CALVO	561
GEONUCLEONICA	
Trace analysis of noble metals in water by selective ion exchanger and emission spectrography, por R. BUIJLE y F. J. HAFTKA	421

	Página
GEOTECNIA	
Distribución de potenciales en un talud rocoso anisótropo saturado, por J. L. BERZAL	58
Distribución estratigráfica de las "Rocas Industriales" de la zona central de Asturias (Región de Oviedo-Gijón-Avilés), por J. A. MARTÍNEZ ALVAREZ y M. TORRES ALOSO	193
ESTUDIOS DE MINERALES Y ROCAS	
Características del metamorfismo en el área Béjar-Plasencia (Salamanca-Cáceres), por J. M. UGIDOS MEANA	73
Consideraciones sobre unas rocas diabásicas del SE de la provincia de Badajoz, por V. SÁNCHEZ CELA y S. ORDÓÑEZ DELGADO	208
Los granitos biotíticos \pm cordierita de Béjar y áreas adyacentes, por J. M. UGIDOS MEANA	214
Facies conglomeráticas del Paleozoico de la provincia de Salamanca, por S. ORDÓÑEZ y V. SÁNCHEZ CELA	338
Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S) ₂ , por A. LA IGLESIA, M. A. CABALLERO y F. MENÉNDEZ DEL VALLE	436
Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales, por A. LA IGLESIA FERNÁNDEZ, J. L. MARTÍN VIVALDI y A. POZZUOLI	442
Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba, por M. MUÑOZ y R. VEGAS	450
Contribuição para o conhecimento petrográfico dos granitos da serra do Gerês, por T. PALACIOS	582
Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español, por J. M. FUSTER, A. APARICIO, C. CASQUET, GARCÍA CACHO, A. MORA y M. PEINADO	595
Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo, por A. V. PINTO COELHO, F. CONÇALVES y J. R. TORQUIATO	601
Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba. Los gneises milonitas de Higuera de Llerne (provincia de Badajoz), por J. CHACON	700
Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional), por J. CHACON, M. DELGADO QUESADA y A. GARROTE	713
El stock granodiorítico con hiperstena de Garlitos y el problema charnoquítico, por J. L. BARRERA MORATE	718
Contribuição para o conhecimento petroquímico das rochas graníticas da área de Braga, por J. ROCHA DE MACEDO	725

INDICE DE AUTORES

	Página
ALAIN FOUCAULT: L'âge d'Ampullina (ex Natica) levia then précisé en Espagne du Sud (zona prébetique) grâce à des Calpionelles (Berriasien et Berriasien-Valanginien inférieur)	4
ALONSO, A.; ORTIZ, R.; BADIOLA, E. R., y YUGUERO, J.: Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote)	413
APARICIO, A.; FUSTER, J. M.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, A.; MORA, y PEINADO, M.: Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español	595
ARRIBAS, A. y PENHA, M. H.: Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles	271
BADIOLA, E. R.; ALONSO, A.; ORTIZ, R., y YUGUERO, J.: Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote)	413
BARRERA MORATE, J. L.: El stock granodiorítico con hiperstena de Carlitos y el problema charnoquítico	718
BEA, F.; FIGUEROLA, L. C. G., y CORRETGE, L. G.: El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura (Estudio comparativo)	308
BERZAL, J. L.: Distribución de potenciales en un talud rocoso anizótropo saturado	58
BUIJLE, R., y HAFTKA, F. J.: Trace analysis of noble metals in water by selective ion exchanger and amission spectrography	421
CABALLERO, A.; MENÉNDEZ DEL VALLE, F., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Yacimientos españoles de bauxitas y alunitas	32
CABALLERO, M. A.; LA IGLESIA, A., y MENÉNDEZ DEL VALLE, F.: Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S) ₂	436
CAÑADA GUERRERO, F.: El yacimiento de alunita de Negredo (Segovia). Consideraciones sobre su génesis	430
CASQUET, C.; APARICIO, A.; FUSTER, J. M.; GARCÍA CACHO, A.; MORA, y PEINADO, M.: Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español	595
CASTROVIEJO, R.: Estudio geológico y metalogénico de la zona de Beariz (Orense) y de sus yacimientos minerales de Sn-W	528
COLOM, G.: Sobre la extensión del vindobonense marino en Menorca y los sondeos de la "Dep sea drilling proyet" (U. S. A.)	664
CORRETGE, L. G.; DE FIGUEROLA, L. C. G., y BEA, F.: El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura (Estudio comparativo).	308
CHACÓN, J.: Metaforfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba. Los gneises milonitas de Higuera de Llerne (provincia de Badajoz)	700

	Página
CHACÓN, J.; DELGADO QUESADA, M., y GARROTE, A.: Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional)	713
DELGADO QUESADA, M.; CHACÓN, J., y GARROTE, A.: Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional)	713
FERNÁNDEZ RUBIO, R., y HIDALGO RUIZ, J.: Vulnerabilidad a la polución de las aguas subterráneas en el polje de Zafarraya y zonas adyacentes (Granada y Málaga)	300
FIGUEROLA, L. C. G. DE; CORRETGE, L. G., y BEA, F.: El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura (Estudio comparativo).	308
FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, A.; MORA, y PEINADO, M.: Interacciones entre los metamorfismo plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español	595
GALLEGOS, J. A.: Sobre la posición tectónica del manto de Cástaras (Sierra Nevada. Cordilleras Béticas)	149
GALVEZ GARCÍA, J. A.: Fundamentos básicos de la alteración de yacimientos de hierro y de manganeso en medio kárstico	685
GARCÍA CACHO, A.; FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET C.; MORA, y PEINADO, M.: Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español	595
GARCÍA GARZÓN, J.: Es método potasio-argón aplicado a la datación de edades absolutas	274
GARCÍA SÁNCHEZ, A., y SAAVEDRA, J.: Consideraciones geoquímicas sobre las rocas graníticas del área de Villar de Peralonso (Salamanca)	66
GARCÍA SÁNCHEZ, A., y SAAVEDRA ALONSO, J.: Estudio geoquímico de algunos granitos de la provincia de Salamanca	182
GARROTE, A.; CHACÓN, J., y DELGADO QUESADA, M.: Sobre la existencia de dos diferentes dominios de metamorfismo regional en la banda Elvas-Badajoz-Córdoba (Macizo Hespérico Meridional)	713
GONÇALVES, F.; PINTO COELHO, A. V., y TORQUIATO, J. R.: Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo	601
GUTIÉRREZ CLAVEROL, M.: Estratigrafía del Cretácico en el Sector de Llanera (Depresión mesoterciaria central de Asturias)	387
GUTIÉRREZ ELORZA, M., y PEDRAZA GILSANZ, J.: Existencia de pizarrosidad alpina en la cordillera ibérica	269
HAFTKA, F. J., y BUIJLE, R.: Trace analysis of noble metals in water by selective ion exchanger and emission spectrography	421
HERRANZ ARAUJO, R. P.; DE SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; PELÁEZ PRUNEDA, J. R., y VILAS MINONDO, L.: Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo	21
HIDALGO RUIZ, J., y FERNÁNDEZ RUBIO, R.: Vulnerabilidad a la polución de las aguas subterráneas en el polje de Zafarraya y zonas adyacentes (Granada y Málaga)	300
IGME, DIVISIÓN DE MINERÍA: Mercado de minerales y concentrados de plomo y cinc	43
IGME, DIVISIÓN DE MINERÍA: Comercialización de la Bauxita	289
IGME, DIVISIÓN DE MINERÍA: Comercialización del niobio y tantalio	401

	Página
JIMÉNEZ FUENTES, E.: Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la Cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica	518
LA IGLESIA, A.; CABALLERO, M. A., y MENÉNDEZ DEL VALLE, F.: Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S) ₂	436
LA IGLESIA FERNÁNDEZ, A.; MARTÍN VIVALDI, J. L., y POZZUOLI, A.: Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales ...	442
LÓPEZ ARECHAVALA, G. J.: Sobre el caudal de un pozo de bombeo. Metodología práctica para el cálculo de su valor óptimo	549
LÓPEZ ARECHAVALA, G.: Evaluación de la hidrodinámica de un pozo de bombeo. Metodología de los ensayos de pozo	688
MARTÍN CALVO, M.: Sobre la petrogénesis de algunas litofacies españolas con fases urano-orgánicas	561
MARTÍN VIVALDI, J. L.; CABALLERO, A., y MENÉNDEZ DEL VALLE F.: Yacimientos españoles de bauxitas y alunitas	32
MARTÍN VIVALDI, J. L.; LA IGLESIA FERNÁNDEZ, A., y POZZUOLI, A.: Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales ...	442
MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: Consideraciones sobre la posición geoestructural de la Península Ibérica	513
MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: Consideraciones sobre el estudio del comportamiento de los fluidos en el medio geológico (Geofuidología)	678
MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A., y TORRES ALONSO, M.: Distribución estratigráfica de las "Rocas Industriales" de la zona central de Asturias (Región de Oviedo-Gijón-Avilés)	193
MENÉNDEZ DEL VALLE, F.; CABALLERO, A., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Yacimientos españoles de bauxitas y alunitas	32
MENÉNDEZ DEL VALLE, F.; LA IGLESIA, A., y CABALLERO, M. A.: Estudio mineralógico de la Villamaninita (Cu, Ni, Co, Fe) (Se S) ₂	436
MORA, A.; FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, A., y PEINADO, M.: Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español	595
MORENO SERRANO, F.: Las formaciones Anteordovicias del Anticlinal de Valde-lacasa	396
MUÑOZ, M., y VEGAS, R.: Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba	450
ORDÓÑEZ DELGADO, S., y SÁNCHEZ CELA, V.: Consideraciones sobre unas rocas diabásicas del SE de la provincia de Badajoz	208
ORDÓÑEZ, S., y SÁNCHEZ CELA, V.: Facies conglomeráticas del Paleozoico de la provincia de Salamanca	338
ORTIZ, R.; ALONSO, A.; BADIOLA, E. R., y YUGUERO, J.: Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote)	413
PALACIOS, T.: Contribuição para o conhecimento petrográfico dos granitos da Serra do Gerês	582
PASTOR GÓMEZ, V.: El Precámbrico del Occidente Andaluz	1
PASTOR, V.: Observaciones sobre la localización y correlación del Precámbrico de la Península Ibérica	653
PEDRAZA GILSANZ, J., y GUTIÉRREZ ELORZA, M.: Existencia de pizarrosidad alpina en la cordillera ibérica	269
PEINADO, M.; FUSTER, J. M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; GARCÍA CACHO, A., y MORA	595

	Página
PELAEZ PRUNEDA, J. R.; DE SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; VILAS MINONDO, L., y HERRANZ ARAUJO, R. P.: Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo	21
PENHA, M. H., y ARRIBAS, A.: Datación geocronológica de algunos granitos uraníferos españoles	271
PINTO COELHO, A. V.; GONÇALVES, F., y TORQUIATO, J. R.: Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo	601
POZZUOLI, A.; LA IGLESIA FERNÁNDEZ, A., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Formación de zeolita A y faujasita a partir de haloisita en condiciones ambientales ...	442
PUJALTE, V.: Litoestratigrafía de la facies Weald (Valanginiense superior-Barremiense), en la provincia de Santander (norte de España)	10
RAMÍREZ, E.: Ensayo de un análisis de posibilidades en mineralizaciones de la provincia de Cáceres	171
RÍOS, L., y RÍOS, S.: Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al sur de Despeñaperros, provincia de Jaén	525
RÍOS, S. y RÍOS, L.: Nota sobre la estructura tectónica del paleozoico al sur de Despeñaperros, provincia de Jaén	525
ROCHA DE MACEDO, J.: Contribuição para o conhecimento petroquímico das rochas graníticas da área de Braga	725
SAAVEDRA, J., y GARCÍA SÁNCHEZ, A.: Consideraciones geoquímicas sobre las rocas graníticas del área de Villar de Peralonso (Salamanca)	66
SAAVEDRA ALONSO, J., y GARCÍA SÁNCHEZ, A.: Estudio geoquímico de algunos granitos de la provincia de Salamanca	182
SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; PELÁEZ PRUNEDA, J. R.; VILAS MINONDO, L., y HERRANZ ARAUJO, R. P.: Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo	21
SÁNCHEZ CELA, V., y ORDÓÑEZ DELGADO, S.: Consideraciones sobre unas rocas diabásicas del SE de la provincia de Badajoz	208
SÁNCHEZ CELA, V., y ORDÓÑEZ, S.: Facies conglomeráticas del Paleozoico de la provincia de Salamanca	338
TORQUATO, J. R.; PINTO COELHO, A. V. y GONÇALVES, F. Rochas hipersténicas do Alto-Alentejo	601
TORRES ALONSO, M., y MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: Distribución estratigráfica de las "Rocas Industriales" de la zona central de Asturias (Región de Oviedo-Gijón-Avilés)	193
VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: Contribución al estudio de la metalogenia del norte de la provincia de Huelva, España	281
VEGAS, R.: Las fallas de desgarre del SO de la Península Ibérica	153
VEGAS, R.: Repartición de las series anteordovícicas del SO de España	157
VEGAS, R., y MUÑOZ, M.: Paraneises y ortoneises de la banda metamórfica Badajoz-Córdoba	450
VILAS MINONDO, L.; DE SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; PELÁEZ PRUNEDA, J. R., y HERRANZ ARAUJO, R. P.: Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo	21
UGIDOS MEANA, J. M.: Características del metamorfismo en el área Béjar-Plasencia (Salamanca-Cáceres)	73
UGIDOS MEANA, J. M.: Los granitos biotíticos ± cordierita de Béjar y áreas adyacentes	214
YUGUERO, J.; ALONSO, A.; ORTIZ, R., y BADIOLA, E. A.: Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote)	413

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

IBERICA DE SONDEOS, S. A.

SONDEOS PARA:

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

INVESTIGACION MINERA

EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES

López de Hoyos, 13, 3.º dcha.

Teléfono 261 08 07

M A D R I D - 6

**nos
urge
mas
agua**



KRONSA

la captará allí donde
se encuentre

Nuestro Departamento Técnico estudiará sin compromiso su problema y le propondrá la solución más adecuada, ya que nuestros actuales equipos de perforación nos permiten realizar pozos de hasta dos metros de diámetro

KRONSA - Comandante Zorita, 2-4.º - Edificio ATIKA - T. 254 94 00 y 253 19 00 (Ext. 258)

Madrid - 20