

En este número:

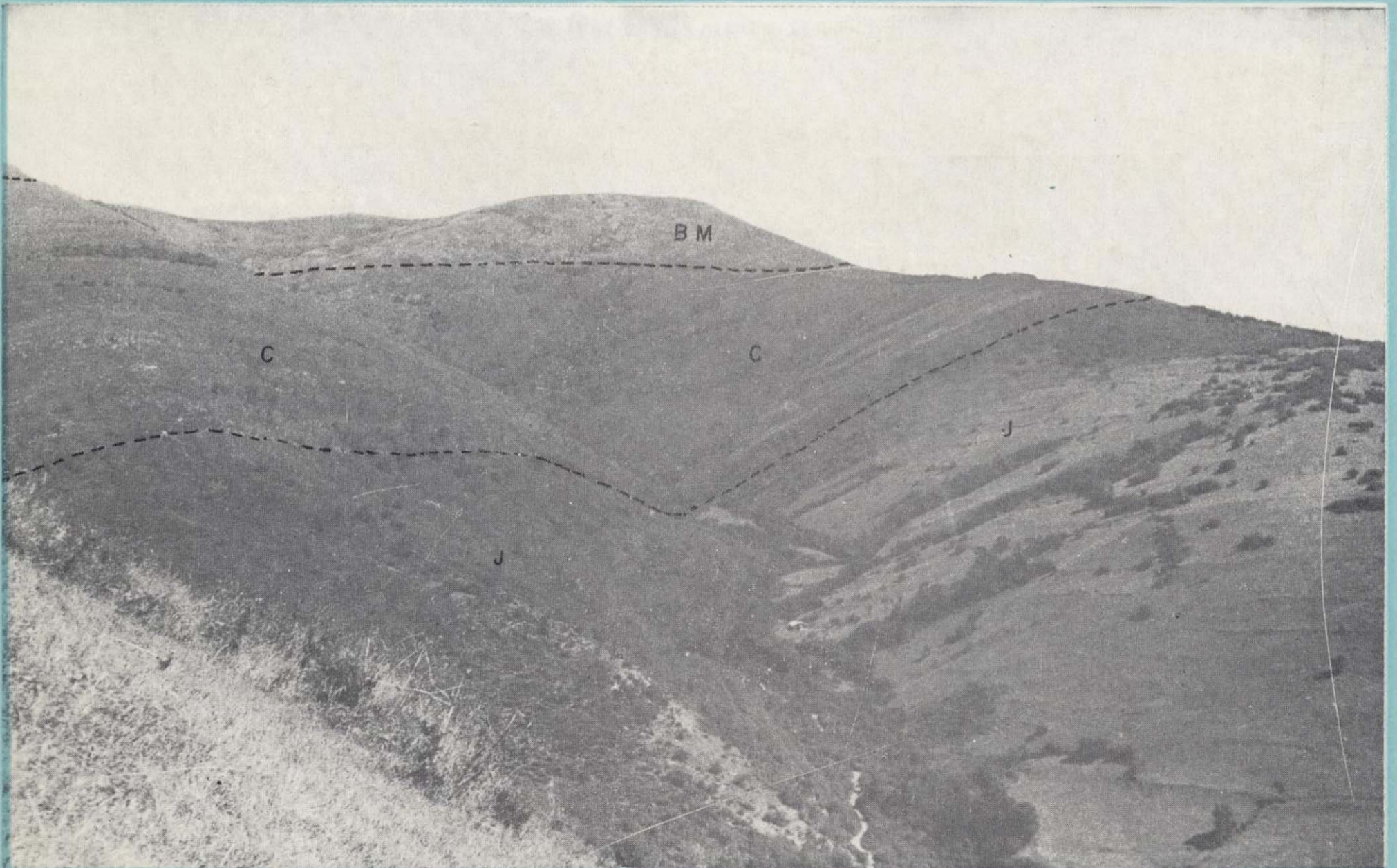
- Posibilidad de una nueva división estratigráfica de los sedimentos no marinos del Jurásico superior y Cretácico inferior, en la provincia de Santander.
- Etude géologique de la région de Barruecopardo et de ses minéralisations de tungstène (province de Salamanca).
- Sobre el cálculo, puntos de aplicación y dificultades interpretativas de las anomalías Bouguer de la pesantez.
- Variación de las resistencias a tracción y compresión de areniscas de la región catalana en función de su porosidad y grado de saturación.
- Características mineralógicas, genéticas y de distribución de los minerales de la fracción fina del Trías de la Cordillera ibérica. II) Ilita y Mica.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVII, Segundo Fascículo. Marzo - Abril 1976

boletín geológico y minero

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





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



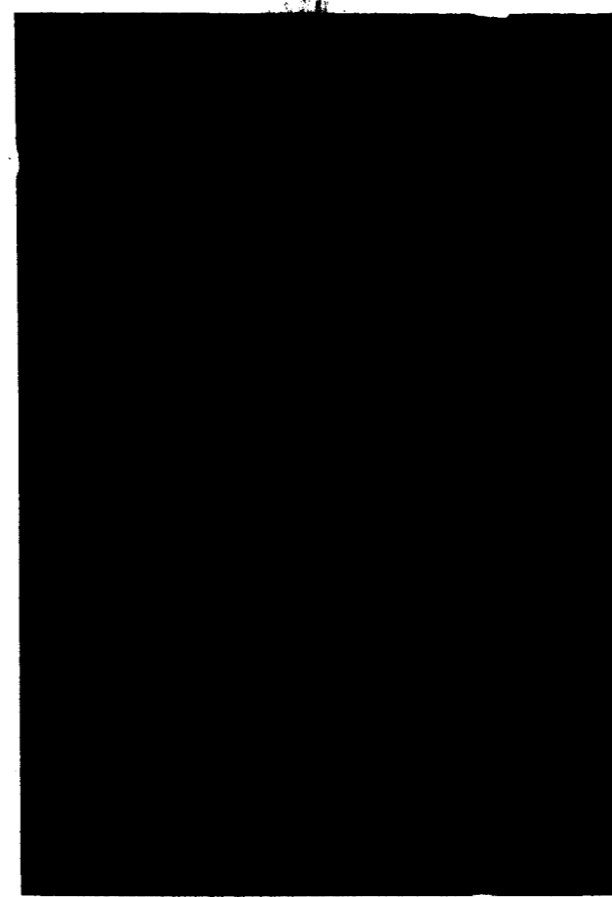
**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

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

**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.

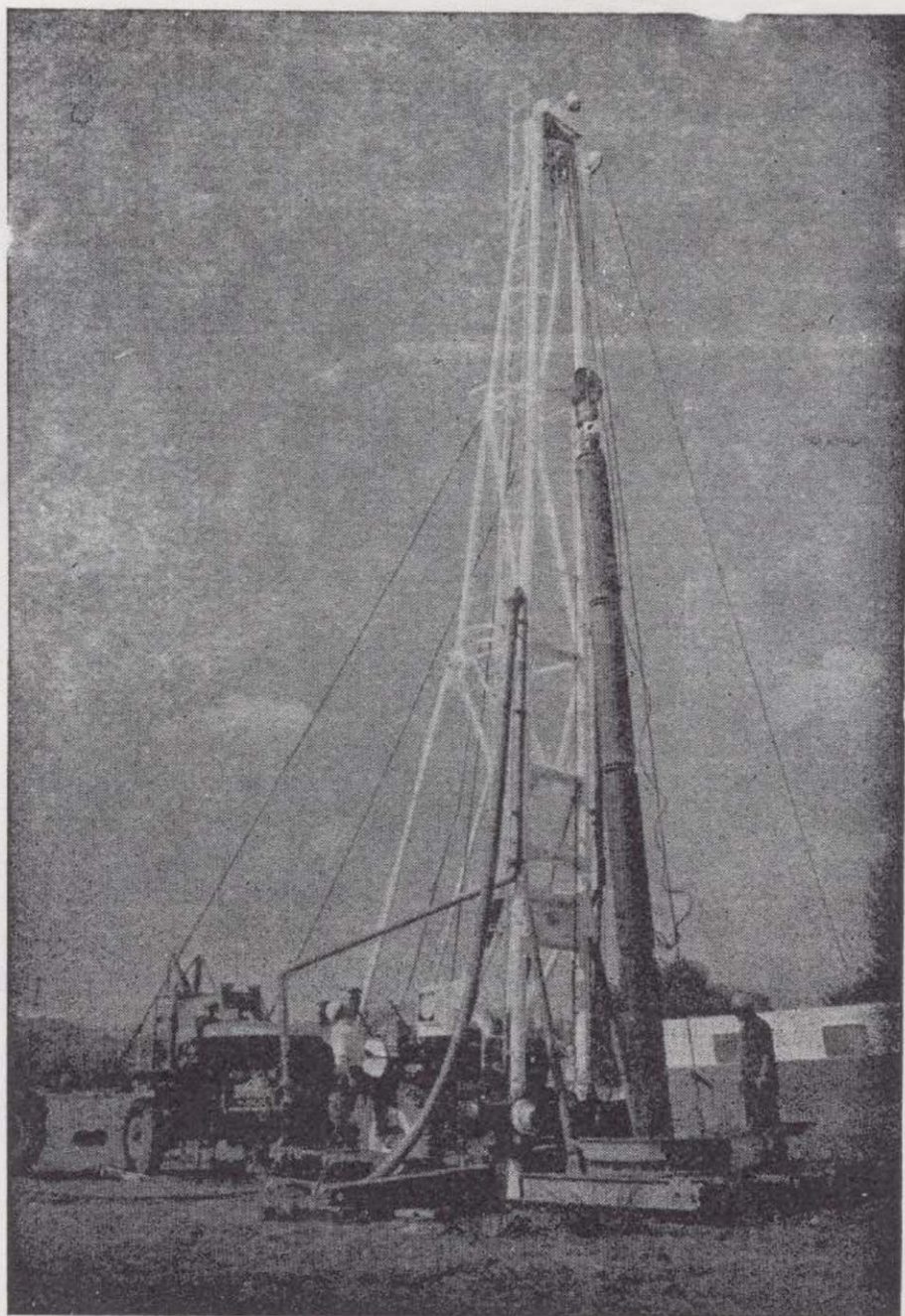
Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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».
- Testigueso continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.
- Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Dr. Fleming, 3 - 5.º piso

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

M A D R I D - 1 6

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

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



FINA IBERICA S.A

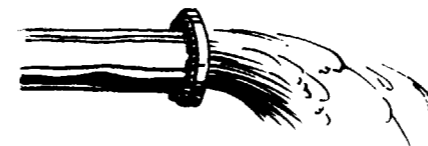
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

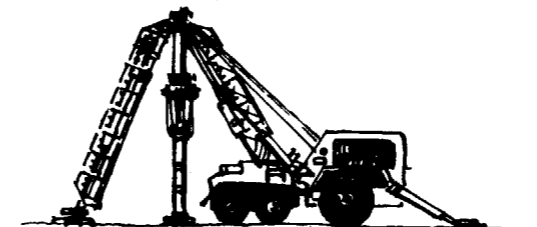
Tno. 2 59 78 04



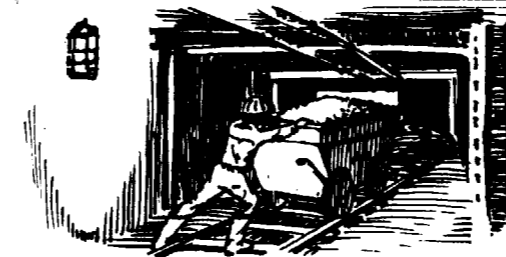
Investigacion
Geologica



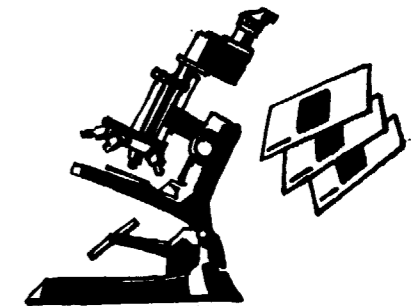
Hydrogeologia



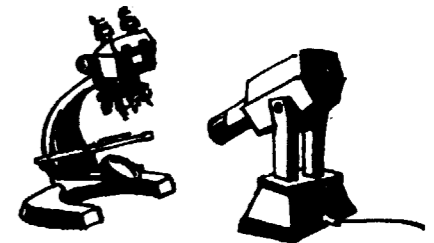
Perforacion



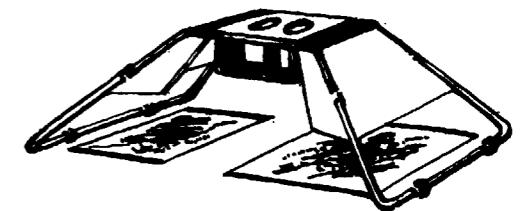
Mineria



Petrografia



Micropaleontologia



Fotogeologia

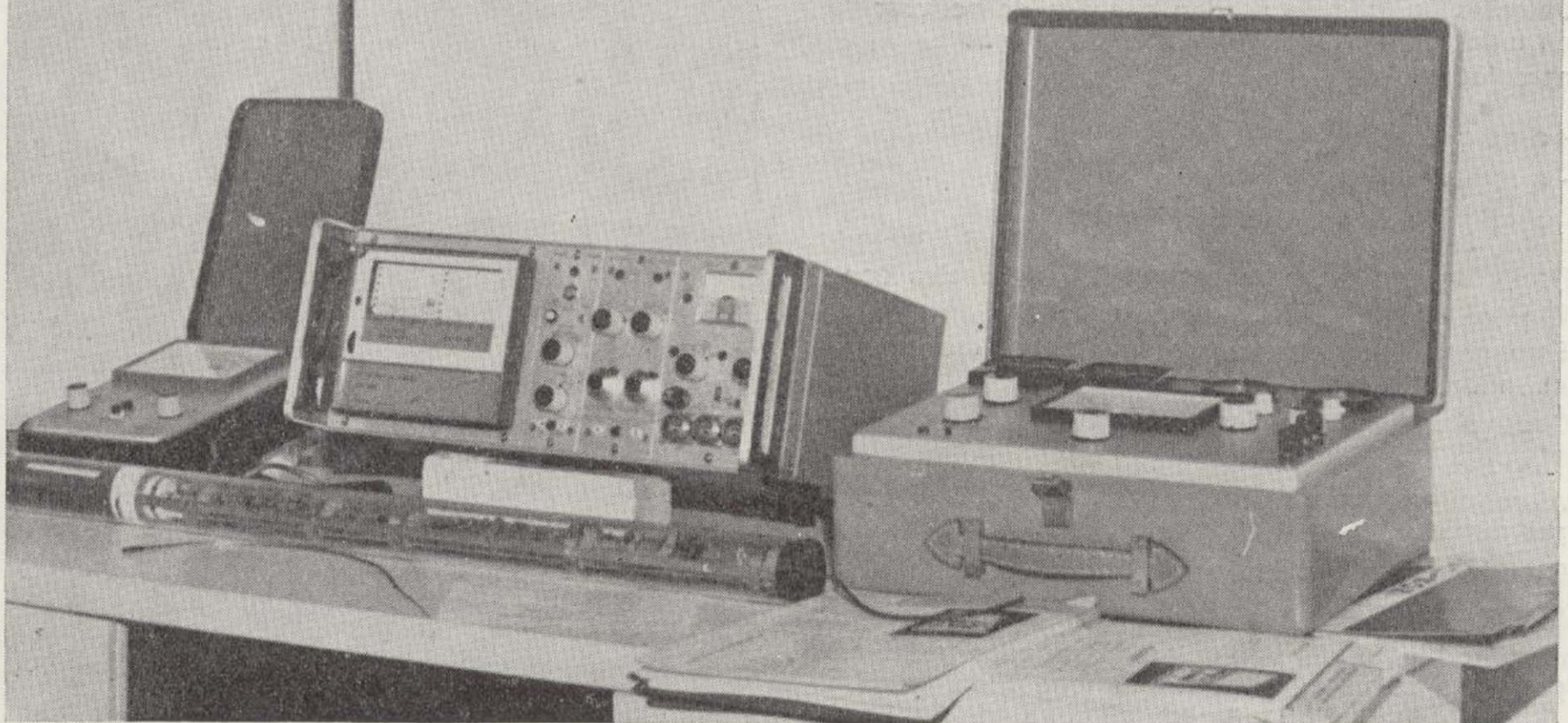
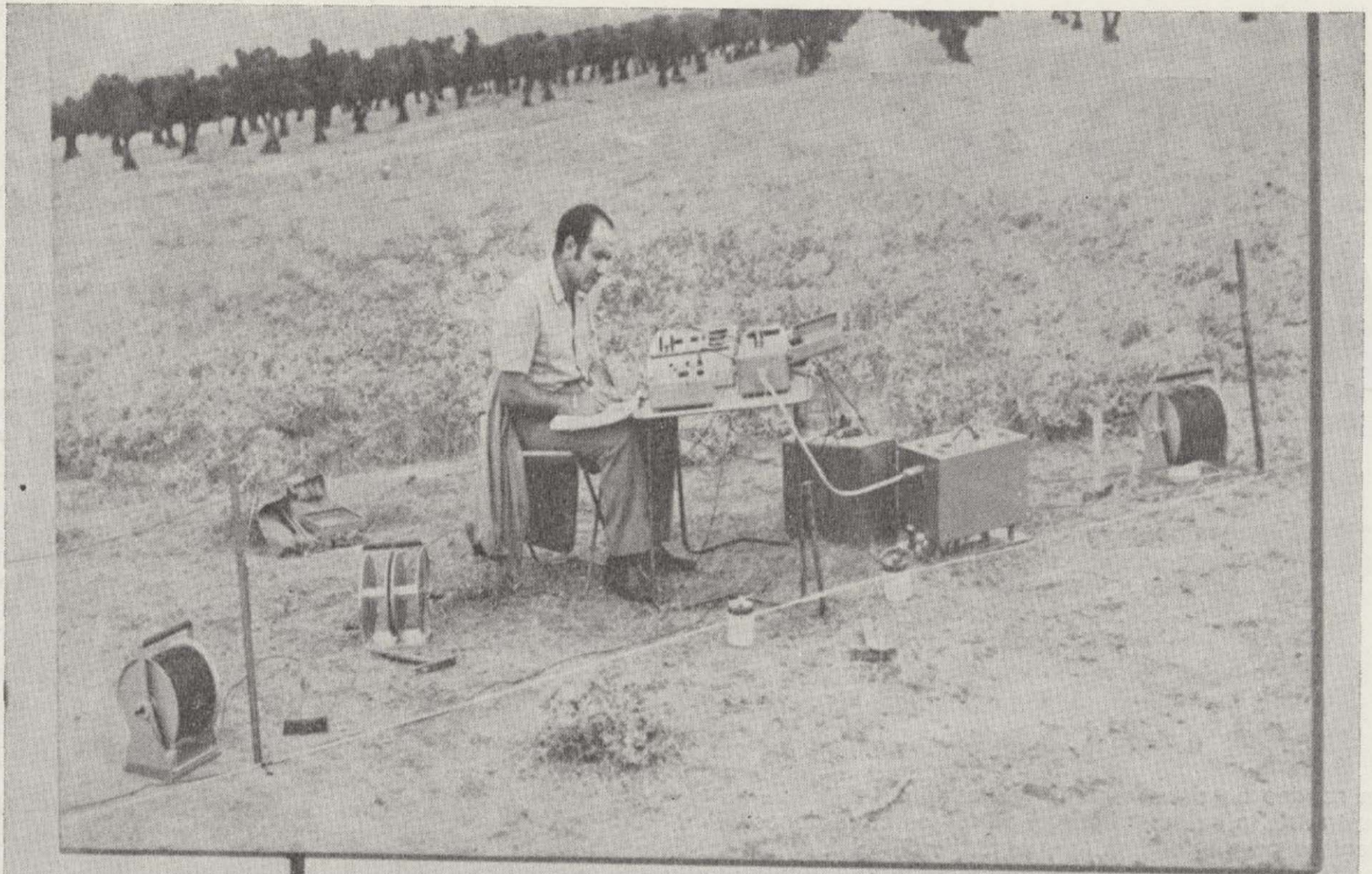


Laboratorio

GEOTRON, S. A.

INSTRUMENTAL DE GEOFISICA

Virgen del Val, 28 - MADRID-27 - Teléfono 404 85 34



EQUIPOS PARA RESISTIVIDAD EN
A.C. Y D.C.

POLARIZACION ESPONTANEA

POLARIZACION INDUCIDA

MEDIDORES DE CONDUCTIVIDAD

HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS

Porque alumbrar aguas es algo
más que hacer "agujeros"...



reyson,s.l.
RECONOCIMIENTOS Y SONDEOS

una empresa de
España
para el desarrollo
español

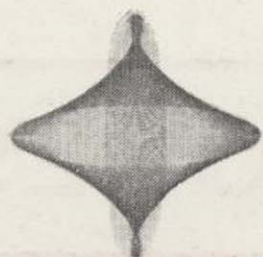
construcción de pozos y
sondeos

- estudios técnicos
- sondeos de reconocimiento
- afaros y desarrollos
- ensayos de bombeo
- consolidación de filtros para
eliminar arenas
- análisis



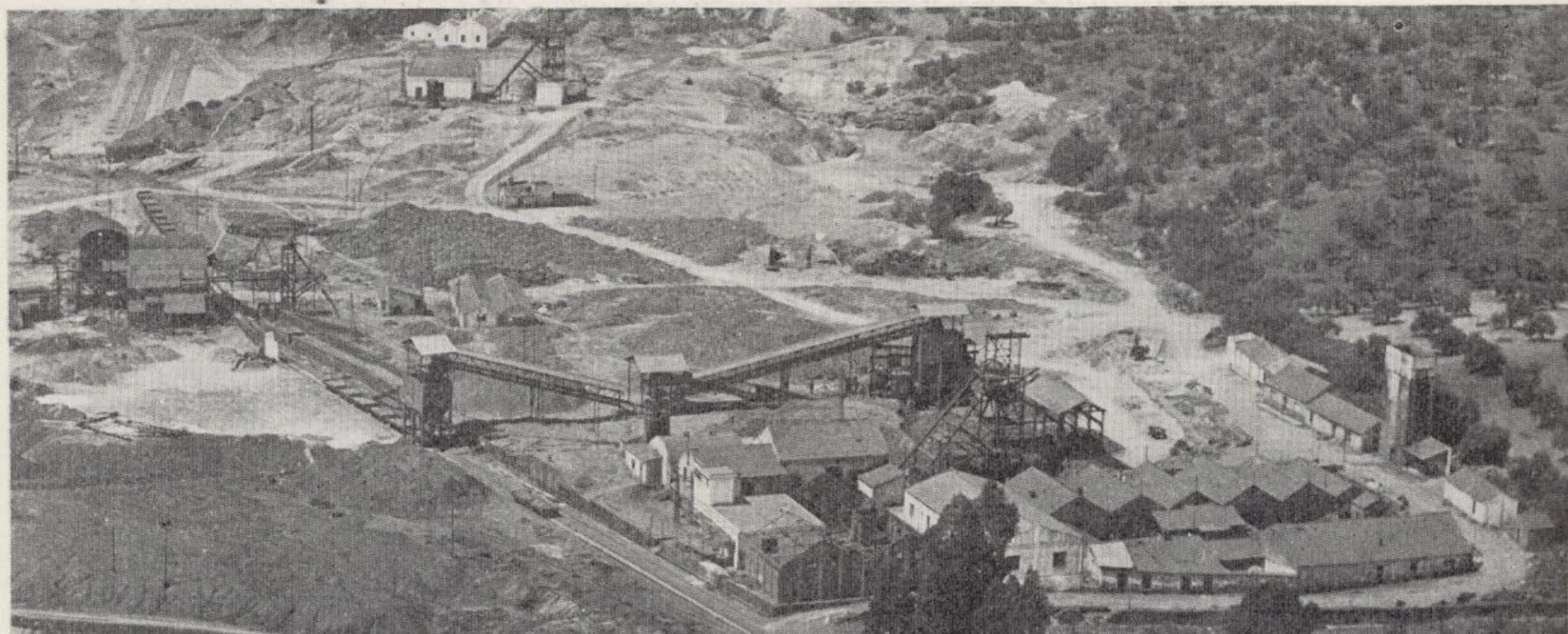
reyson,s.l. RECONOCIMIENTOS Y SONDEOS

Garrigues,3-9º · Teléfono: 3219303 VALENCIA



INTECOSA

INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S. A.



PLANTA PILOTO DE PIRITAS Y PIROCLASTOS. AZNALCOLLAR (SEVILLA)

MINERIA

GEOLOGIA
GEOTECNIA
HIDROGEOLOGIA
EXPLORACIONES
MINERALURGIA

INGENIERIA CIVIL

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

INGENIERIA INDUSTRIAL

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

ESTUDIOS ECONOMICOS

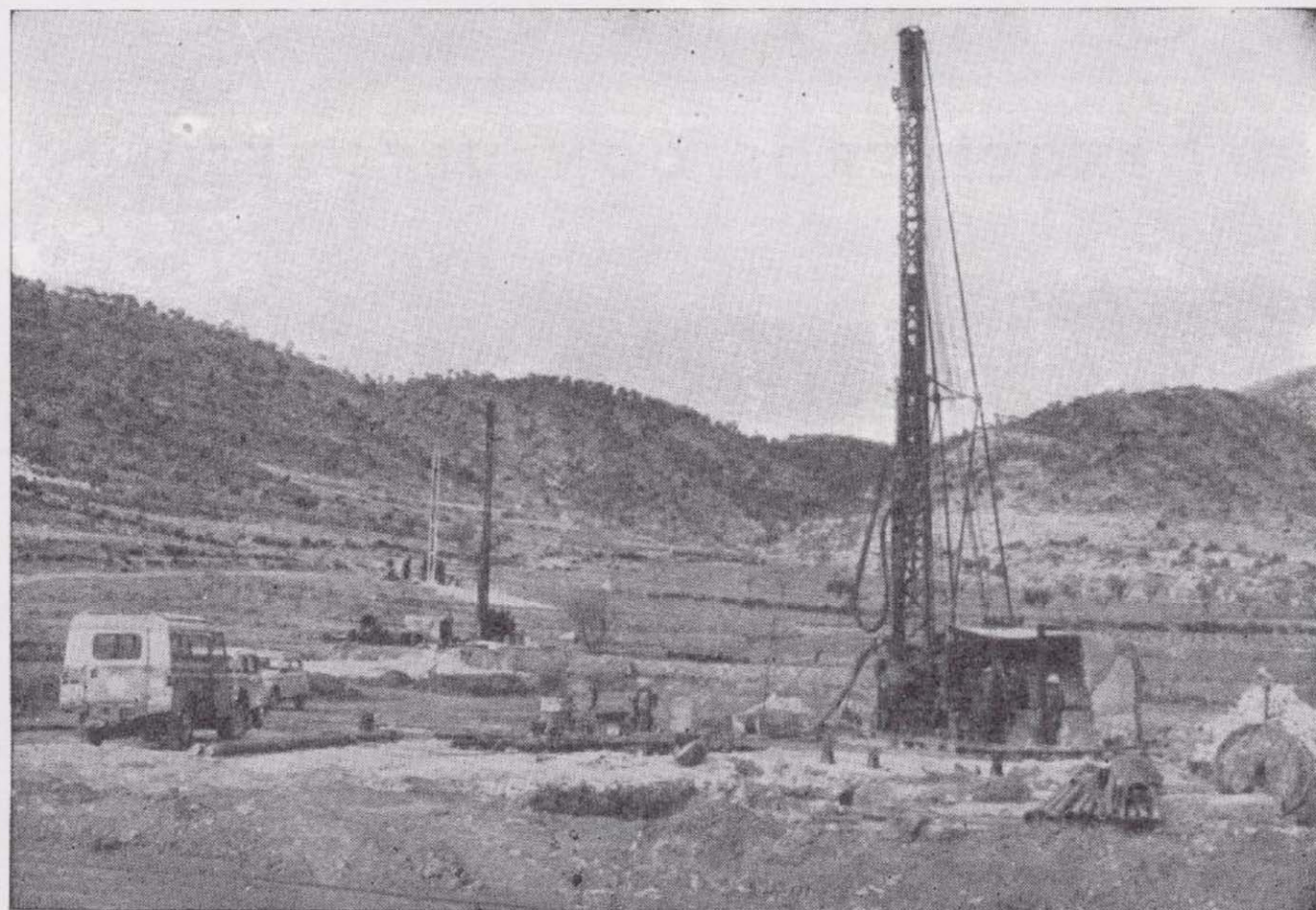
ESTUDIOS DE DESARROLLO REGIONAL
ORDENACION DEL TERRITORIO
DESARROLLO TURISTICO
ESTUDIOS SECTORIALES
ESTUDIOS DE VIABILIDAD
ESTUDIOS DE TRANSPORTES
ESTUDIOS ECONOMICO - FINANCIEROS

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

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

DELEGACIONES EN: PORTUGAL LIBIA ARGELIA. VENEZUELA ECUADOR BRASIL.

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)

Compañía Valenciana SILEX, S. L.

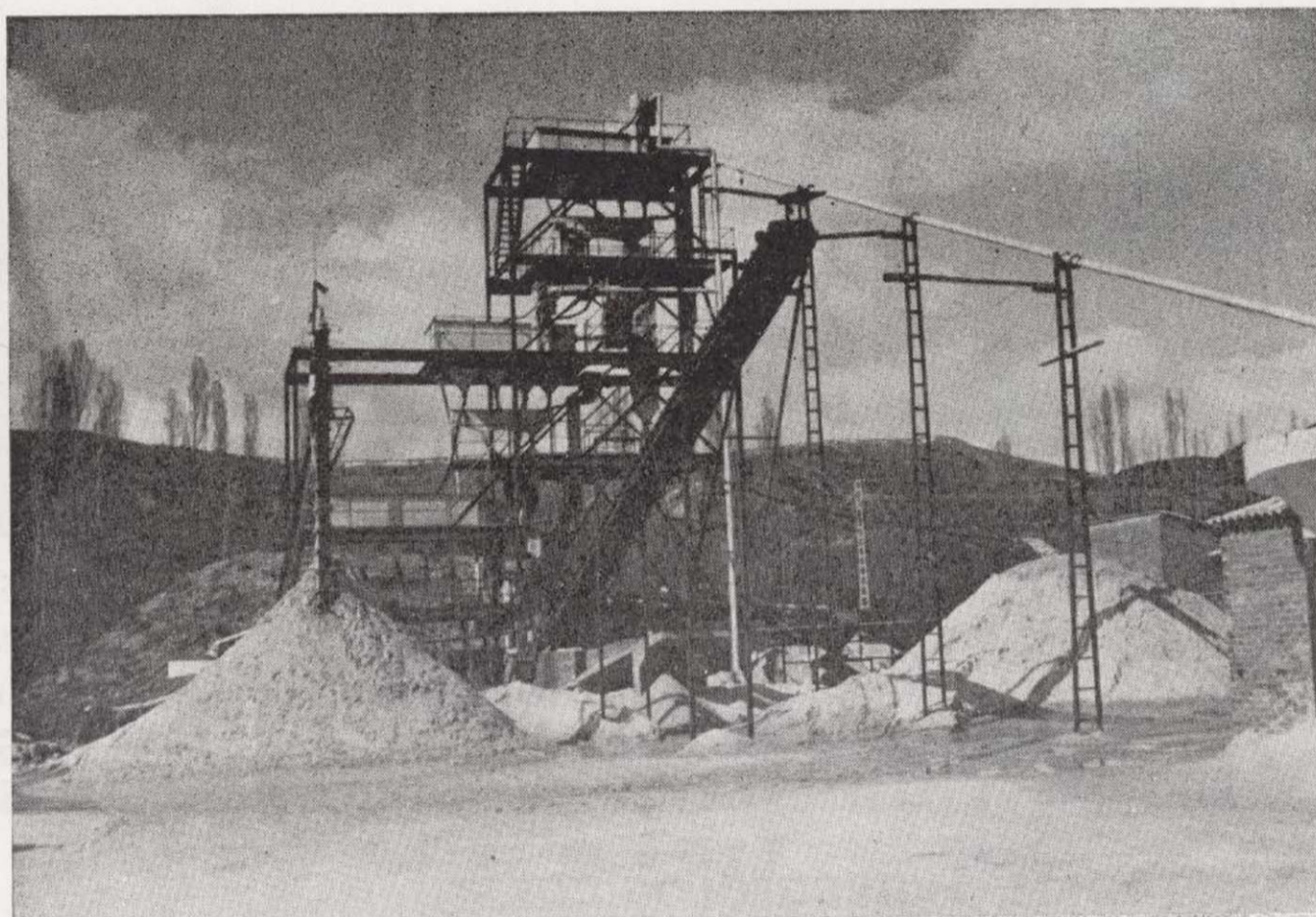
Fabricación de **SILICES** y **CAOLINES**

Gabriel Miró, 47, bajo - Teléfonos 325 41 43 - 325 56 16

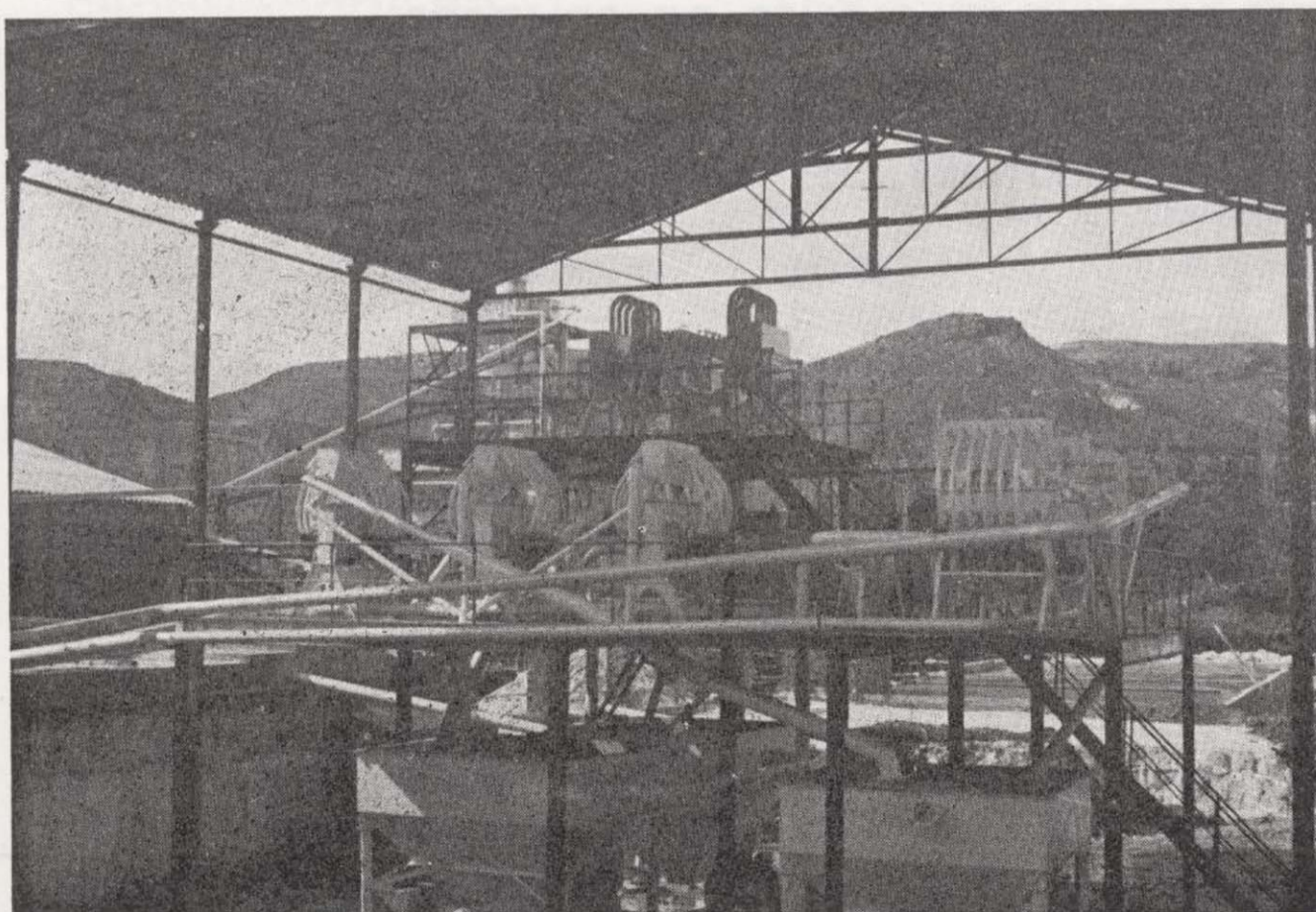
V A L E N C I A (8)

Arenas especiales para la fabricación de **VIDRIO BLANCO**

Caolín para **CERAMICA, CAUCHO** y **PAPEL**



Torre hidráulica para la clasificación de arenas.



Planta de hidrociclones para refinado de Caolín.

**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.

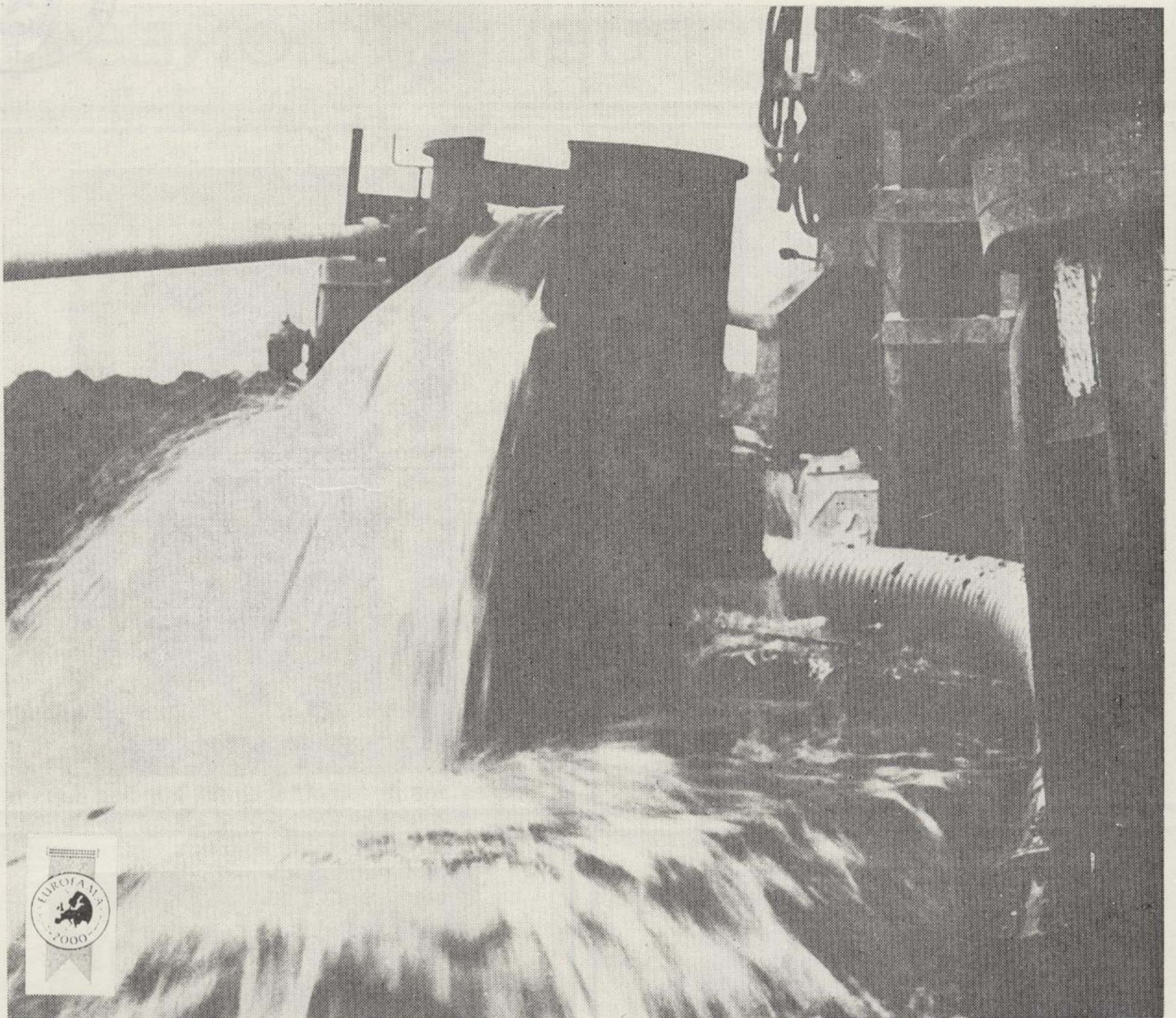
Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

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



El largo camino hacia el agua exige equipos y experiencia: Nosotros sabemos llegar.

Nosotros alumbraremos el agua que espera bajo sus pies.

Disponemos de modernos equipos capaces de trabajar en cualquier tipo de terreno, contamos con personal especializado en las más avanzadas técnicas de sondeo y llevamos más de veinticinco años captando aguas subterráneas.

En definitiva, estamos preparados para proporcionarle el caudal que usted necesita. Pídanos información.

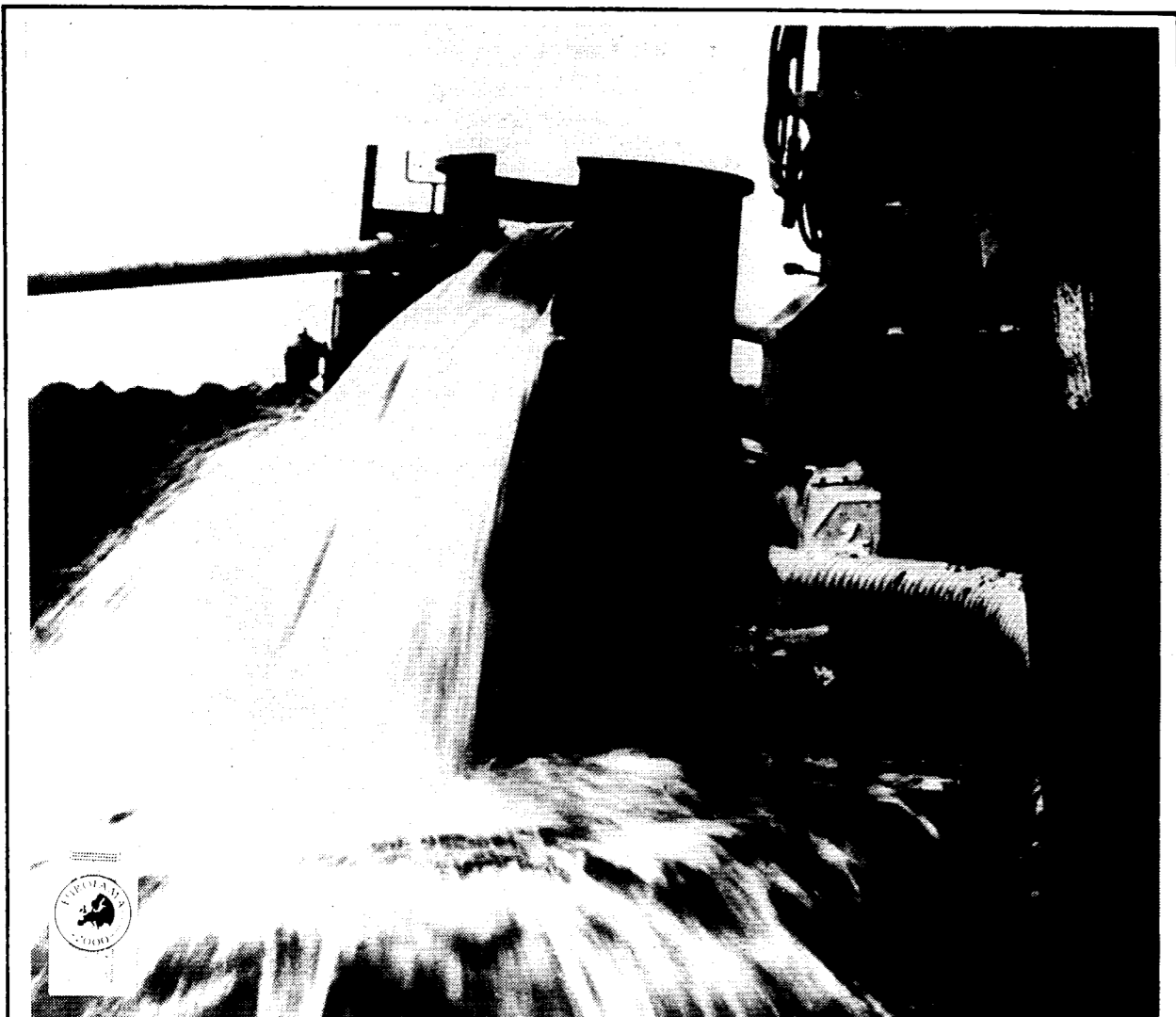


Vegarada
PERFORACIONES

Guzmán el Bueno, 133

Tels. 253 42 00 - 233 71 00 - Madrid-3.

Delegaciones regionales en toda España



**El largo camino hacia
el agua exige
equipos y experiencia:
Nosotros sabemos llegar.**

Nosotros alumbraremos el agua que espera bajo sus pies.
Disponemos de modernos equipos capaces de trabajar en cualquier tipo de terreno, contamos con personal especializado en las más avanzadas técnicas de sondeo y llevamos más de veinticinco años captando aguas subterráneas.
En definitiva, estamos preparados para proporcionarle el caudal que usted necesita. Pídanos información.

Delegaciones regionales en toda España



Guzmán el Bueno. 133
Tels. 253 42 00 - 233 71 00 - Madrid-3.

Tomo 87

Fascículo II

Marzo - Abril 1976

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	V. PUJALTE: Posibilidad de una nueva división estratigráfica de los sedimentos no marinos del Jurásico superior y Cretácico inferior, en la provincia de Santander	1
	P. BUXANT: Etude géologique de la région de Barruecopardo et de ses minéralisations de tungstène (province de Salamanca)	19
Geofísica	C. GAIBAR-PUERTAS: Sobre el cálculo, puntos de aplicación y dificultades interpretativas de las anomalías Bouguer de la pesantez	44
Geotecnia	E. VÁZQUEZ RAMONICH: Variación de las resistencias a tracción y compresión de areniscas de la región catalana en función de su porosidad y grado de saturación	70
Estudio de Minerales y Rocas	M. D. RUIZ CRUZ y M. A. CABALLERO LÓPEZ-LENDÍNEZ: Características mineralógicas, genéticas y de distribución de los minerales de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica. II) Ilita y Mica	77
Información	Estado actual de las Investigaciones que el IGME realiza en la Plataforma Continental Submarina—Reunión de Sociedades Geológicas Europeas.—Noticias.—Mercado de minerales y metales.—Mercado de minerales y rocas industriales.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	85

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

Vista panorámica de la discordancia de Los Llares en Pujayo (Prov. de Santander).

J: Jurásico marino.

C: Formación de Cabuérniga.

BM: Formación de Bárcena Mayor.

Foto: R. VELASCO

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Posibilidad de una nueva división estratigráfica de los sedimentos no marinos del Jurásico superior y Cretácico inferior, en la provincia de Santander (*)

Por V. PUJALTE (**)

RESUMEN

El descubrimiento de una discordancia angular, que se describe, conduce a una separación natural de los materiales (mayoritariamente) no marinos, depositados en la provincia de Santander, en el intervalo Calloviense-Aptiense.

Previas divisiones se han basado en criterios litológicos y/o bioestratigráficos y, examinados críticamente a la luz de los nuevos datos, resultan inadecuadas para describir la sucesión. Asimismo, la nomenclatura utilizada en ensayos anteriores es confusa, sobre todo por el uso de terminología de pisos. No obstante, no existe una escala aceptada internacionalmente para este período, y los intentos de correlación con escalas existentes son poco satisfactorios.

Por ello, proponemos una nueva división en unidades estratigráficas formales (litológicas), con las siguientes denominaciones: *Formación de Cabuérniga* para las capas situadas entre el Calloviense y la discordancia; *Grupo Pas*, para los existentes sobre la discordia hasta los primeros estratos marinos Aptienses (en el área). El Grupo Pas se subdivide a su vez en tres Formaciones.

La Formación de Cabuérniga parece representar al Jurásico terminal y Cretácico basal, y mientras que el Grupo Pas es, sin duda, Cretácico inferior (Pre-Aptiense). Los datos paleontológicos de que se dispone actualmente no permiten una datación más precisa.

ABSTRACT

The discovery of an angular unconformity, described here, leads to a natural separation of the thick sequence of (mainly) non marine beds, deposited in the Santander province (N. Spain) during the Callovian-Aptian interval.

Previous division, made by early workers using lithologic and/or biostratigraphic criteria, when critically examined are inadequate to describe the succession. The earlier nomenclature is confusing mainly because of the frequent use of marine stage names. However there is no agreed standar marine scale, and attempts at correlation with existing scales are unsatisfactory.

Therefore, a new division on objective lithostratigraphical units is proposed, as follows: *Cabuerniga Formation* to name the beds between the Callovian and the unconformity; *Pas Group* for those above the unconformity up to the first marine stratum (in this area). The Pas Group is subdivided into three formations.

The Cabuerniga Formation seems to represent the uppermost Jurassic and lowermost Cretaceous, while the Pas Group is undoubtedly lower Cretaceous (pre-Aptian) in age. At present, available paleontological data do not allow a more precise dating.

INTRODUCCION

Las condiciones de sedimentación marina que reinaron durante el Jurásico en grandes áreas del Norte

de España, sufrieron un importante cambio en un momento no claramente especificado del Malm. Se instaló un régimen de sedimentación generalmente no marino que condicionó la acumulación de sedimentos durante el Jurásico terminal y Cretácico inferior. Así, a las homogéneas y monótonas secuencias calcáreo-arcillosas del Jurásico marino se superponen materiales fundamentalmente clásticos depo-

(*) Trabajo presentado en el VII Congreso del Grupo Español de Sedimentología.

(**) Departamento de Geotectónica. Universidad de Bilbao, Ap. 644.

sitados principalmente en regímenes no marinos, en los que son característicos los cambios laterales y verticales de facies, junto con variaciones importantes y rápidas de las potencias.

Los datos que a continuación exponemos se han obtenido en reconocimientos sobre los mencionados materiales de facies no marinas, realizados fundamentalmente en un área que abarca la parte cen-

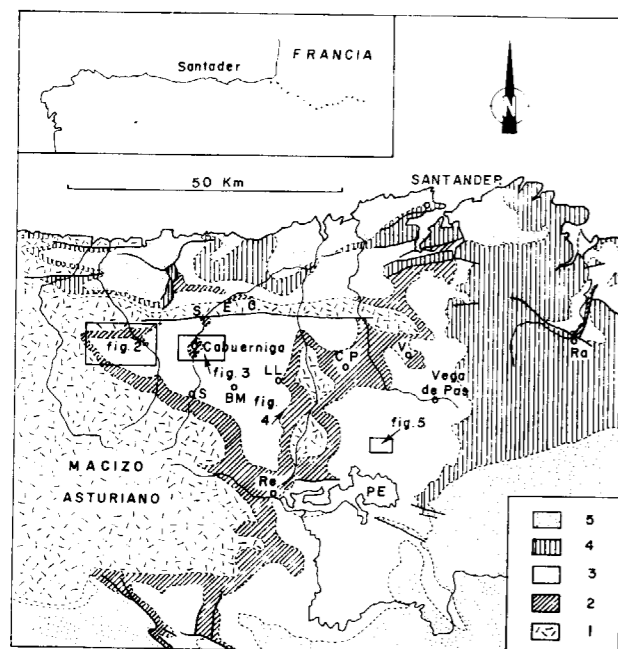


Figura 1

Mapa geológico regional de área estudiada, indicando la situación de subáreas y localidades citadas en el texto. (Modificado de Rat, 1962)

BM. Bárcena Mayor; CP. Castillo Pedroso; LL. Los Llares; Ra. Ramales; Re. Reinososa; S. Saja; V. Villacarriedo; SEC. Sierra del Escudo de Cabuerniga.

1.—Paleozoico y Permotrias. 2.—Jurásico marino (Lías y Dogger). 3.—Jurásico superior-Cretácico inferior, no marino. (Facies Purbeck y facies Weald de otros autores. Complejo infra-Urgoniano o Purbeck-Weald del presente artículo. 4.—Complejo Urgoniano y Complejo Supraurgoniano (Aptiense y Albiense). 5.—Cretácico superior y Terciario.

tral de la provincia de Santander; concretamente, entre la Sierra del Escudo Cabuerniga, como límite Norte, y el pantano del Ebro, al Sur (fig. 1). Se encuentran aquí las más extensas y potentes series de las formaciones que nos ocupan en la Cordillera Cantábrica, con un mínimo de complicación tectónica y una gran cantidad de exposiciones a favor

de la profunda excavación de los ríos Nansa, Saja, Besaya y Pas (1).

En el presente artículo vamos a proponer una nueva subdivisión estratigráfica para los mencionados materiales. Las divisiones seguidas hasta ahora resultan esquemáticas y su utilización ha llevado, creemos, a que pasen desapercibidas relaciones estratigráficas elementales. Discutiremos además las nomenclaturas utilizadas y sugeriremos otra basada en el Código Estratigráfico Americano y en las recomendaciones británicas. Nuestro estudio nos obliga a presentar un nuevo ensayo de correlación interregional. Para este fin se ha procurado armonizar no sólo nuestras propias observaciones, sino los datos regionales previos que estimamos válidos en la actualidad. Junto a ellos hemos tomado en consideración los progresos experimentados en el conocimiento de facies comparables en ciertas localidades ya clásicas de Inglaterra y Alemania.

Uno de los hallazgos que han influido decisivamente en nuestros planteamientos, ha sido el descubrimiento de una discordancia dentro del Cretácico inferior. Por su trascendencia, parece obligado comenzar por documentar el hecho. La denominaremos discordancia de Los Llares, por ser perfectamente visible en las cercanías de esta localidad.

LA DISCORDANCIA DE LOS LLARES

1. ANTECEDENTES.

La existencia de una discordancia desarrollada hacia la parte media inferior del Cretácico inferior fue advertida por R. CIRY (1939) en el Norte de las provincias de Burgos y Palencia. Según este autor los materiales no marinos del Jurásico superior y Cretácico inferior (2) pueden subdividirse en un "groupe inferieur" poco potente, de pudingas, arcillas varioladas y calizas lacustres, y en un potente "groupe superieur", formado fundamentalmente por arenismas. El "groupe superieur" se encuentra a veces directamente sobre el Jurásico marino, faltando por el tanto el "groupe inferieur", lo

(1) Todas esas circunstancias permiten conferir a esta parte de la provincia de Santander el carácter de "área tipo" para estudiar las facies no marinas del Jurásico superior y Cretácico inferior, como ya se hizo constar en otra publicación. (Pujalte, 1974 a).

(2) En el trabajo de R. Ciry se asignan exclusivamente el Cretácico inferior.

cual, afirma R. Ciry, "no resulta de una extensión más reducida de sus depósitos; es consecuencia de una abrasión que se ha ejercido sobre verdaderos pliegues cuya formación se sitúa entre los depósitos de los dos grupos" (CIRY, 1939, pp. 90).

Ya en la provincia de Santander, P. RAT y J. SALOMÓN (1969) notan al E de Villacarriedo que, bajo un "resalte arenoso" con el que comienza el grupo superior, aparecen en determinados cortes unos niveles de calizas marinas (con Trocolinas, Briozoos, Crinoides, etc.) que están ausentes en otros. Para explicar el hecho apuntan la doble posibilidad de erosión o no deposición de las calizas marinas, sin decidirse por ninguna. J. RAMÍREZ DEL POZO (1971, pp. 92) señala que el grupo superior, que llama "facies Wealdense", puede descansar directamente sobre el Jurásico marino, lo que se debe en su opinión a que el grupo inferior, que denomina "facies Purbeckiense", "tiene una extensión más reducida que el grupo superior (...) y no es consecuencia de un ciclo erosivo". En un artículo anterior (PUJALTE, 1974 a) señalábamos que el grupo superior ("facies Weald") se dispone en Santander en *discordancia angular* sobre los materiales infra-yacentes. Conviene ahora ampliar y matizar esta aseveración.

2. LA DISCORDANCIA DE LOS LLARES EN ALGUNAS LOCALIDADES SELECCIONADAS.

En la discusión que sigue denominaremos *Formación de Cabuerniga* a los materiales comprendidos desde el comienzo de la sedimentación no marina, hasta la discordancia de Los Llares. El principio de los materiales no marinos coincide con la aparición de un conglomerado que se ha cartografiado y que anteriormente fue citado en varios puntos aislados (véase, por ejemplo, AGUILAR TOMÁS y RAMÍREZ DEL POZO, 1968).

La discordancia está inmediatamente recubierta por un paquete muy característico y constante, definido como tramo W_1 (PUJALTE, 1974 a); posteriormente se redefinió como *Formación de Bárcena Mayor* (PUJALTE, 1974 b). A los materiales existentes sobre la discordancia hasta el comienzo del Complejo Urgoniano de P. RAT (1959), los llamaremos *Grupo Pas*, cuya base es precisamente la Formación de Bárcena Mayor.

a) Subárea de Puentenansa.

La figura 2 muestra la cartografía del extremo occidental del afloramiento de Cabuerniga. El Grupo Pas, del que se ha preservado allí casi exclusivamente la Formación de Bárcena Mayor, está plegado en una suave estructura sinclinal de dirección NW-SE. En la parte Sur de la zona representada en el esquema, la Formación de Cabuerniga está completamente cepillada por la discordancia a la altura del río Tena. Sobre el terreno se observa con claridad que la Formación de Bárcena Mayor se apoya sobre los bordes de los estratos progresivamente más jóvenes hasta llegar a reposar sobre el Jurásico marino.

En el flanco Norte del sinclinal la laguna erosiva es menos severa, y la Formación de Bárcena Mayor descansa siempre sobre la Formación de Cabuerniga. Sin embargo, en el corredor entre Quintanilla y Pedreo se señalan algunas fallas de importancia, cuyos saltos determinan los fuertes buzamientos de las formaciones Jurásicas y de Cabuerniga, sin que la deformación parezca afectar a los materiales de la Formación de Bárcena Mayor. Todo esto sugiere la existencia de inestabilidades tectónicas anteriores a la sedimentación del Grupo Pas.

b) Subárea del río Saja.

Otro sector interesante para el estudio de la discordancia es el valle del río Saja en los alrededores de Valle de Cabuerniga (fig. 3). Allí, al Sur de Selores, la Formación de Cabuerniga está plegada en un sinclinal y un anticlinal con núcleo en Jurásico marino, ambos de dirección aproximada E-W. Ninguna de estas estructuras afectan al Grupo Pas suprayacente que se presenta subhorizontal.

Al Norte de Selores, el Grupo Pas se apoya en general directamente sobre términos del Jurásico marino, si bien en algunos puntos se intercalan retazos de la Formación de Cabuerniga entre las calizas del Jurásico marino y las areniscas de Bárcena Mayor. Un afloramiento clásico donde puede estudiarse tal disposición es en la cantera situada aproximadamente de un kilómetro al Norte del Valle de Cabuerniga, en las inmediaciones de Sopeña. Fue precisamente en este punto donde P. Rat citó por primera vez en 1962 la presencia en el área del "grupo inferior" de R. Ciry. En esquema, la sucesión estratigráfica de la cantera, descrita también por J. RAMÍREZ DEL POZO (1969, 1971), es la siguiente: Sobre un Jurásico marino (Lías superior o Dogger basal) existen 35 metros de calizas arcillosas y margas con Ostrácodos y Cha-

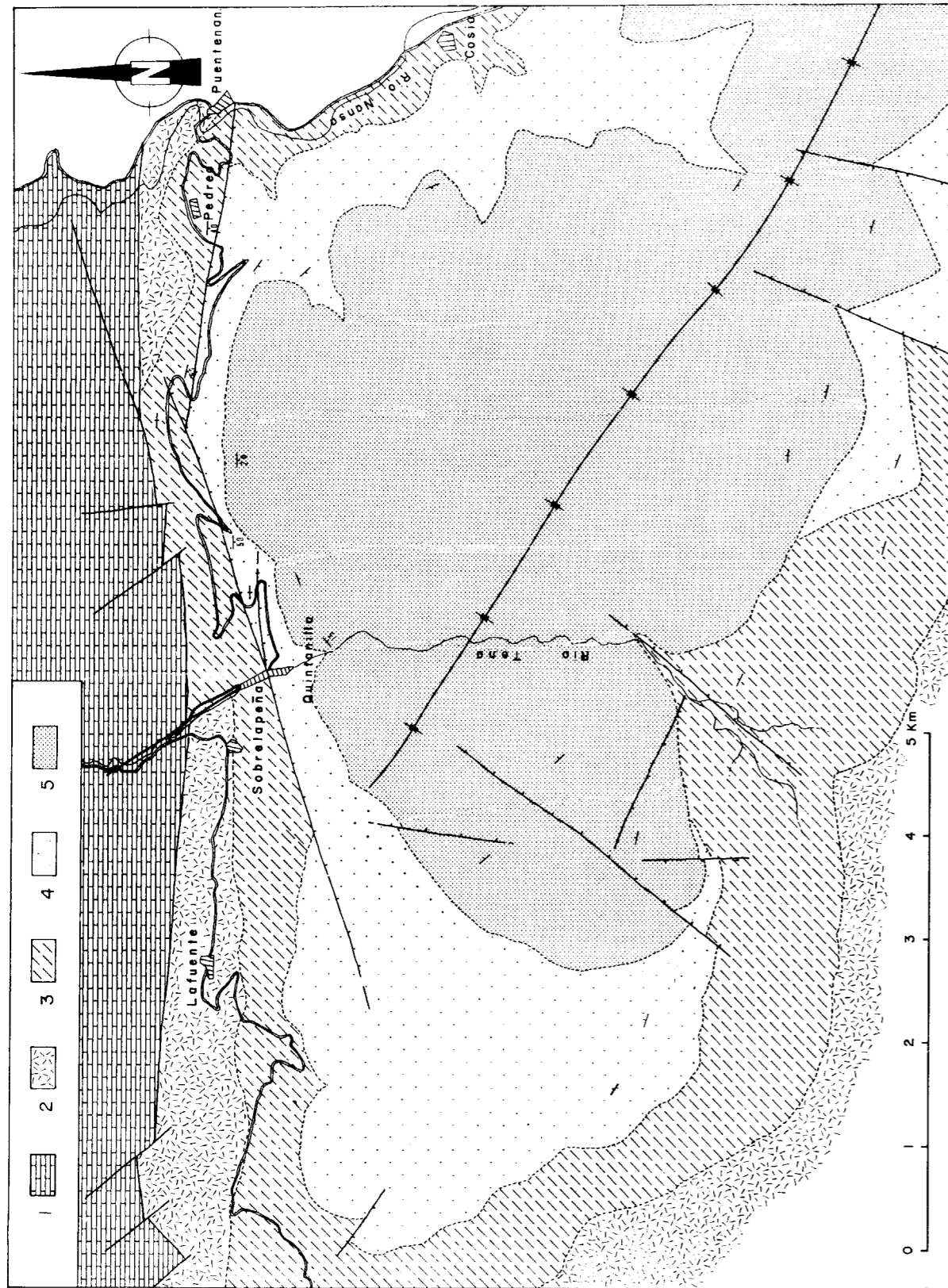


Figura 2
 Mapa geológico de la subárea de Puentenansa. 1.—Caliza de Montaña (Carbonífero). 2.—Permotriásico.
 3.—Jurásico marino. 4.—Formación de Cabuérniga. 5.—Grupo Pas.

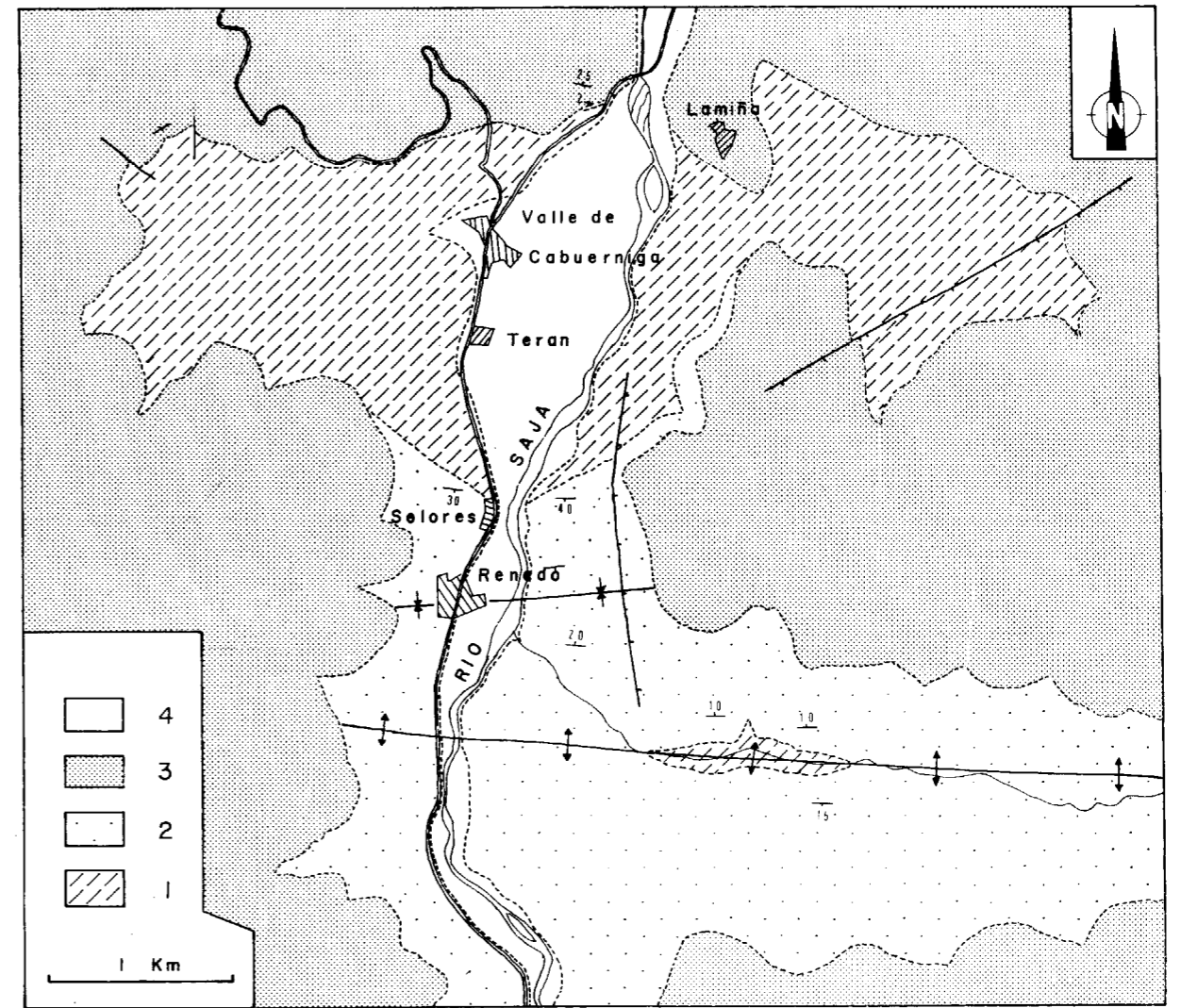


Figura 3
 Mapa geológico de la subárea del río Sajal. 1.—Jurásico marino. 2.—Formación de Cabuérniga.
 3.—Grupo Pas. 4.—Cuaternario

raceas que, estratigráficamente, corresponden a un nivel medio-inferior de la Formación de Cabuérniga. Las areniscas de Bárcena Mayor se superponen a estos horizontes. Por comparación con series estratigráficas próximas se deduce que la sucesión de Sopena presenta dos importantes hiatos; faltan los niveles superiores de Jurásico marino y los basales de la Formación de Cabuérniga de una parte, y los términos medio-superiores de la citada Formación por otra. En total han sido erosionados entre los dos hiatos más de 400 metros de sedimentos.

Se ha sugerido (Ramírez del Pozo, com. pers.) que la casi total ausencia de Formación de Cabuérniga en este sector pudiera deberse a la erosión de un relieve antiguo ocasionado por concentración del Trías salino infrayacente. La hipótesis tiene alguna verosimilitud, puesto que hay asomos de Trías diapírico en Cabezón de la Sal, unas decenas de kilómetros más al Norte, e incluso un asomo triásico en algún punto del valle del Saja (no recogido en nuestro mapa). Los dos hiatos de la cantera de Sopena, testimonio de dos posibles máximos de surrección y erosión, podrían ser efectos de movi-

mientos halocinéticos; efectivamente, en otros cortes sólo se ha detectado un hiato importante con lo que las observaciones de la cantera de Sopena parecen representar el resultado de inestabilidades localizadas.

Lo sorprendente es que no aparezca en afloramientos próximos de la Formación de Cabuérniga, en cortes en que la sucesión parece completa, brecha, o acumulación de clastos cuyo origen se pueda relacionar con la aludida surrección localizada. Es esta circunstancia la que nos predispone a pensar que, con diapirismo o no, la erosión anterior a la geocrona de la base de Bárcena Mayor es generalizada y regional, con evacuación de los detritos fuera del ámbito de la cuenca sedimentaria subsiguiente.

c) *Subárea de Los Llares y S. Miguel de Luena.*

La subárea de Los Llares corresponde al borde oriental del gran afloramiento de la región de Cabuérniga, que tienen el carácter de corte natural de dirección N-S.

En la figura 4 se ha esquematizado la variación de espesor (preservado) de la Formación de Ca-

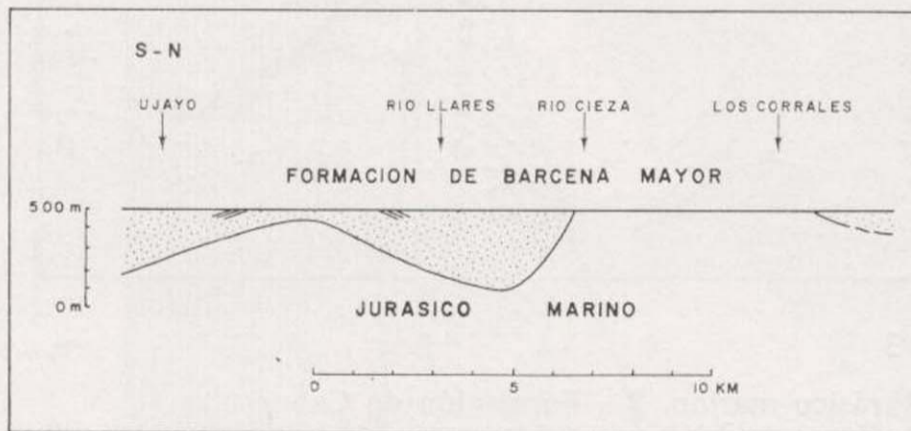


Figura 4

Diagrama de variación de espesor de la Formación de Cabuérniga (punteado), en la subárea de Los Llares, con indicación de los puntos donde es visible la discordancia angular.

buérniga, con especificación de los puntos en que se observa la discordancia angular. La figura 4 bis es una panorámica de la zona de Pujayo.

Por su parte, toda la cartografía de la subárea de S. Miguel de Luena se ubica en el flanco oriental de una suave y amplia forma anticlinal, que puede reconstruirse siguiendo con detalle la traza de la superficie de discordancia. El interés singu-

lar de este sector radica en que a lo largo del valle de Sel Viejo la erosión ha dejado al descubierto otro anticlinal, transverso al anterior, muy perceptible cuando se dibuja el contacto entre el Jurásico marino y la Formación de Cabuérniga. Pare-

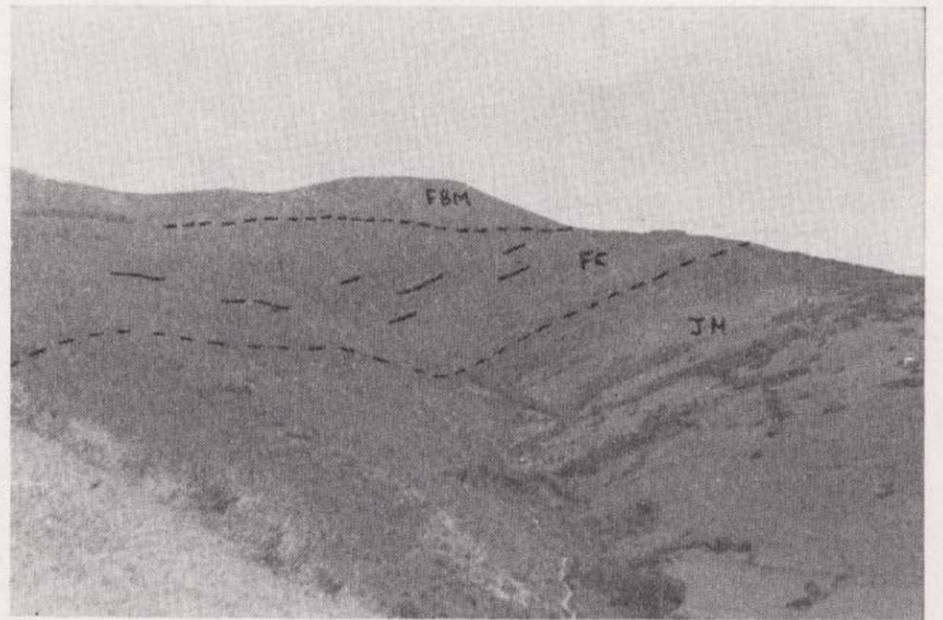
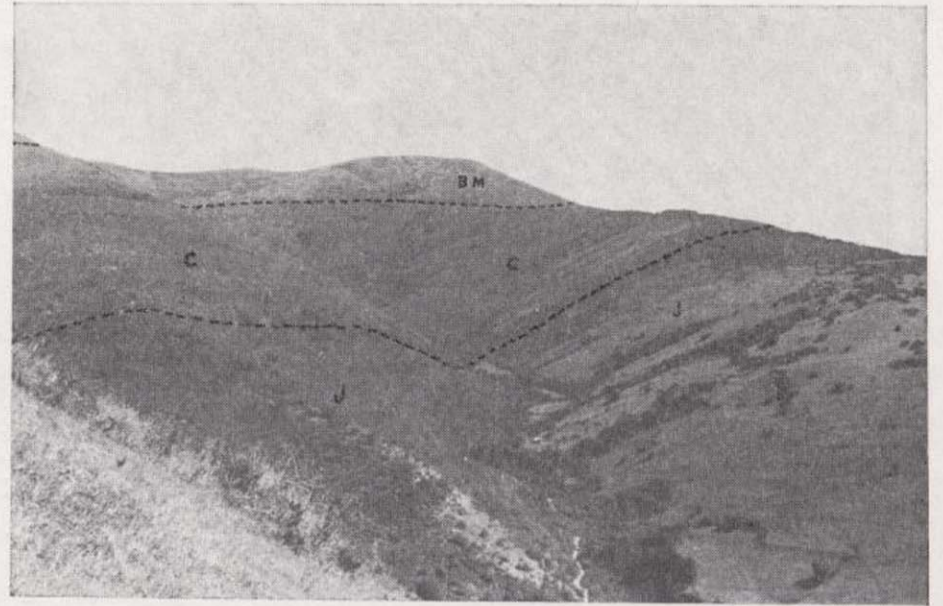


Figura 4 bis

Vista panorámica de la discordancia de Los Llares en Pujayo. J: Jurásico marino. C: Formación de Cabuérniga. BM: Formación de Bárcena Mayor.

ce indiscutible, a la vista del mapa, que el anticlinal del Sel (E-W) es anterior a la sedimentación del Grupo Pas. Más tarde el conjunto va plegado Jurásico marino-Formación de Cabuérniga junto con las formaciones del Grupo Pas ha adoptado una disposición anticlinal de dirección N-S de la cual la figura 5 sólo recoge el vasto homoclinal correspondiente a uno de sus flancos. En consecuencia, creemos que se trata de la superposición de directrices N-S (3) posteriores al Grupo Pas y que pueden conducir a disposiciones anticlinales,

mientos halocinéticos; efectivamente, en otros cortes sólo se ha detectado un hiato importante con lo que las observaciones de la cantera de Sopena parecen representar el resultado de inestabilidades localizadas.

Lo sorprendente es que no aparezca en afloramientos próximos de la Formación de Cabuérniga, en cortes en que la sucesión parece completa, brecha, o acumulación de clastos cuyo origen se pueda relacionar con la aludida surrección localizada. Es esta circunstancia la que nos predispone a pensar que, con diapirismo o no, la erosión anterior a la geocrona de la base de Bárcena Mayor es generalizada y regional, con evacuación de los detritos fuera del ámbito de la cuenca sedimentaria subsiguiente.

c) *Subárea de Los Llares y S. Miguel de Luena.*

La subárea de Los Llares corresponde al borde oriental del gran afloramiento de la región de Cabuérniga, que tienen el carácter de corte natural de dirección N-S.

En la figura 4 se ha esquematizado la variación de espesor (preservado) de la Formación de Ca-

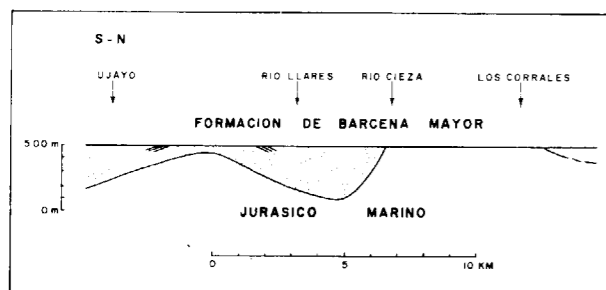


Figura 4

Diagrama de variación de espesor de la Formación de Cabuérniga (punteado), en la subárea de Los Llares, con indicación de los puntos donde es visible la discordancia angular.

buérniga, con especificación de los puntos en que se observa la discordancia angular. La figura 4 bis es una panorámica de la zona de Pujayo.

Por su parte, toda la cartografía de la subárea de S. Miguel de Luena se ubica en el flanco oriental de una suave y amplia forma anticlinal, que puede reconstruirse siguiendo con detalle la traza de la superficie de discordancia. El interés singu-

lar de este sector radica en que a lo largo del valle de Sel Viejo la erosión ha dejado al descubierto otro anticlinal, transverso al anterior, muy perceptible cuando se dibuja el contacto entre el Jurásico marino y la Formación de Cabuérniga. Pare-



Figura 4 bis

Vista panorámica de la discordancia de Los Llares en Pujayo. J: Jurásico marino. C: Formación de Cabuérniga. BM: Formación de Bárcena Mayor.

ce indiscutible, a la vista del mapa, que el anticlinal del Sel (E-W) es anterior a la sedimentación del Grupo Pas. Más tarde el conjunto va plegado Jurásico marino-Formación de Cabuérniga junto con las formaciones del Grupo Pas ha adoptado una disposición anticlinal de dirección N-S de la cual la figura 5 sólo recoge el vasto homoclinal correspondiente a uno de sus flancos. En consecuencia, creemos que se trata de la superposición de directrices N-S (3) posteriores al Grupo Pas y que pueden conducir a disposiciones anticlinales,

tal vez ligadas a acomodaciones a estructuras de niveles estructurales más bajos, a pliegues previos de dirección E-W que fueron erosionados.

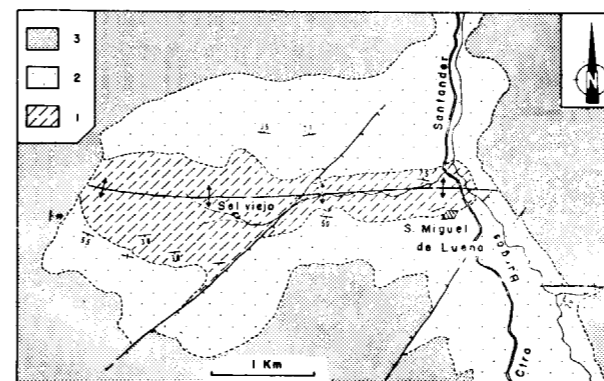


Figura 5

Mapa geológico de la subárea de S. Miguel de Luena. 1.—Jurásico marino. 2.—Formación de Cabuérniga. 3.—Grupo Pas.

3. OBSERVACIONES FINALES.

Además de las subáreas anteriormente descritas son numerosas las localidades en las que se constata la desaparición de la parte alta de la Formación de Cabuérniga (concretamente sus episodios marinos superiores). Por citar un ejemplo, en el afloramiento del Norte de Castillo-Pedroso, las capas marinas han sido eliminadas bajo las areniscas de Bárcena Mayor, de modo casi general; pero no se advierte ningún signo de condensación en los niveles de la Formación Cabuérniga preservados que, antes por el contrario, están muy bien desarrollados, sobre todo el conglomerado basal.

Conviene reseñar que la discordancia de Los Llares no es visible en todos los casos en que aflora la base de la Formación de Bárcena Mayor. Así, en una gran parte del borde meridional del afloramiento de Cabuérniga cuya dirección es ESE-WNW, es patente el paralelismo de los estratos arriba y abajo de la superficie de discordancia, tanto a escala cartográfica como en las escasas exposiciones en que el contacto no está oculto por la vegetación. En nuestra opinión el hecho se debe fundamentalmente a dos motivos. Por un lado, el plegamiento que afectó a la zona anteriormente a los tiempos de Bárcena Mayor fue relativamente

suave; de hecho es poco común encontrar buzamientos superiores a 30 grados. Puede pensarse con fundamento que el plegamiento pre-Bárcena Mayor dejaría parte del área subhorizontal, de modo que el Grupo Pas se depositaría, en estas zonas, en concordancia geométrica. Señalaremos en este sentido que los "movimientos neocinméricos" que se invocan corrientemente como originadores de las facies continentales que nos ocupan (AGUILAR TOMÁS y RAMÍREZ DEL POZO, 1968) no han dado lugar a ningún contacto angular, al menos en la provincia de Santander.

Y por otra parte el reconocimiento positivo de la discordancia, sin duda, depende de que exista una relación afloramiento-estructura favorable. En efecto, los datos del Valle de Cabuérniga y San Miguel de Luena (fig. 3 y 5) sugieren que las directrices del plegamiento pre-Bárcena Mayor fueron aproximadamente de dirección E-W. La cartografía completa de la región refuerza esta interpretación, pues permite comprobar cómo las zonas de máximo y mínimo desmantelamiento de la Formación de Cabuérniga bajo la discordancia de Los Llares se disponen en bandas aproximadamente orientadas con esta dirección. Si nuestra conclusión es correcta, la discordancia será más patente, desde un punto de vista geométrico, en cortes N-S, mientras que puede pasar inadvertida en exposiciones más o menos paralelas a la dirección E-W, previsión que concuerda con los datos de observación.

La dirección E-W es también la de la Sierra del Escudo de Cabuérniga, un complejo antiforme, formado exclusivamente por materiales paleozoicos y Permo-triásicos. La coincidencia de direcciones es tan llamativa que sugiere pudiera existir algún tipo de relación entre las estructuras visibles a la citada Sierra y la génesis de la discordancia de Los Llares. Claramente, el examen de tal posibilidad es un jugoso tema de trabajo para futuras investigaciones.

Para finalizar, un breve apéndice terminológico. De la discusión precedente parece que en un sentido muy estricto, habría que calificar a la discordancia de Los Llares como "angular" o "estratigráfica" (4) según el corte y subárea donde se observe. Pero sabemos que una discordancia raramente puede encasillarse en un modelo único, si se considera en

(3) Las directrices N-S han tenido a su vez un importantísimo significado paleogeográfico en el Cretácico inferior. Ver. J. García-Mondéjar y V. Pujalte, 1975.

(4) Según nomenclatura de C. Dumbar y J. Rodgers, 1963. Siguiendo las recomendaciones de S. Reguant y otros (ined.) hablaríamos de "discordancia" y "concordancia".

una región amplia. Y es claro, que el título de “discordancia angular” que venimos utilizando expresa mejor el hecho de que bajo las areniscas de Bárcena Mayor existe sin duda un país plegado y erosionado.

4. IMPLICACIONES ESTRATIGRÁFICAS.

La discordancia de Los Llares corresponde con seguridad con la citada por R. CIRY (1939) en las provincias de Burgos y Palencia. Su extensión areal mínima es, por tanto, ligeramente superior a 2.000 kilómetros cuadrados. En la parte septentrional de la provincia de Santander, al Norte de la Sierra del Escudo de Cabuérniga, la Formación de Cabuérniga está por lo general ausente. Por ello el Grupo Pas —o su equivalente estratigráfico— se dispone directamente sobre el Jurásico marino. Para J. RAMÍREZ DEL POZO y M. AGUILAR TOMÁS (1973), el hecho se debe a la restricción superficial de los depósitos de la que denominan “facies Purbeck”. Sin embargo, creemos que también en este sector se trata de una discordancia angular, lo que amplía su extensión regional.

La consecuencia inmediata del establecimiento del carácter regional de la discordancia de Los Llares es la de considerar su superficie como jalón fundamental para efectuar cualquier división estratigráfica de las series sedimentarias de la provincia de Santander.

SOBRE LA ESTRATIGRAFIA DEL JURASICO SUPERIOR Y CRETACICO INFERIOR DE SANTANDER

1. REVISIÓN DE DATOS PREVIOS.

Las primeras noticias sobre el Cretácico Inferior Santanderino se debe a G. SCHULZ (1837, 1845), E. DE VERNEUIL (1852) y A. MAESTRE (1864) quienes señalan la existencia de una potente serie detrítica bajo las calizas con facies Urganiana que, si bien confunden a veces con el Triás, atribuyen al Cretácico Inferior (Neocomiense). En 1876 P. SAMPAYO y J. GONZÁLEZ LASALA advierten, por separado, la presencia de lignito y asfalto en las areniscas “Neocomienses”, y en el mismo año A. GONZÁLEZ LINA-

RES da a conocer sus hallazgos en esta misma serie de una fauna de agua dulce (*Unios*, *Paludinas* y *Cipris*), que supone del “Purbeckiense” o “Wealdense” y que estudiada en Inglaterra se identifica como de Wealden. G. PUIG y R. SÁNCHEZ LOZANO (1868) comparan el “Wealdense” de la provincia de Santander con el de la Sierra de Cameros. L. MENGAUD (1920) aporta nuevos datos estratigráficos y describe dos cortes del Cretácico inferior, uno a lo largo del río Saja y otro en la carretera de Vega de Pas al Puerto de Las Estacas. C. SÁEZ GARCÍA (1932), por último, compara los depósitos de “facies Wealdenses” de la provincia de Soria con los de Santander y Burgos, y notifica la existencia en los últimos de *Unios*, *Glaucomias* y *Characeas*.

Las investigaciones de R. CIRY (1939) marcan un hito importante en el estudio estratigráfico del Cretácico inferior cantábrico, por la cantidad y justeza de sus observaciones. Como hemos indicado, en el Norte de las provincias de Burgos y Palencia, este autor subdivide por primera vez las “facies Wealdenses” en dos “grupos” de litologías, y muestra convincentemente la existencia de una discordancia angular entre ambos. Desafortunadamente CIRY incurrió en errores de datación y correlación importantes, pues equiparó el “grupo superior” con el Complejo Urganiano más areniscas supraurgonianas (Aptiense y Albiense) de las regiones septentrionales, mientras supone al “grupo inferior” equivalente lateral de la potente serie arenosa infraurgoniana, que atribuye exclusivamente al Cretácico.

La monumental Tesis de P. RAT (1959), así como sus publicaciones posteriores (1960, 62, 63), amplían y puntualizan la subdivisión de R. CIRY, y le llevan a concluir que “la distinción entre un grupo inferior y un grupo superior, hecha por R. CIRY en el Norte de la provincia de Burgos, parece que puede ser extendida a toda la provincia de Santander (...). El grupo inferior está constituido por calizas, margas, arcillas, más raramente de areniscas (...). El grupo superior por una potente serie de arcillas arenosas rojas y areniscas...” (P. RAT, 1962, pp. 8).

Además de estos dos grupos —añade P. RAT— “en las regiones de Ramales y Vega de Pas una intercalación francamente marina (calizas o areniscas con Briozoos y Espongiarios) se sitúa entre el grupo inferior y el grupo superior”. El autor francés sugiere, con ciertas reservas, que estos niveles marinos pasan lateralmente hacia el suroeste a las areniscas francas del grupo superior, por lo que

pertenecerían estratigráficamente a dicho grupo superior.

J. RAMÍREZ DEL POZO (1969, 1971), trabajando fundamentalmente sobre cortes estratigráficos detallados, utiliza criterios litológicos y faunísticos para separar los distintos tramos de los materiales considerados. La subdivisión estratigráfica a que llega, concuerda sensiblemente con la avanzada por P. RAT, al tiempo que aporta mayores precisiones en la descripción de cortes y estimables datos paleontológicos. Quizá la diferencia más notable entre las opiniones de ambos autores estribe en el tratamiento de los episodios marinos (calizas de Briozoos), incluidos por J. RAMÍREZ DEL POZO, aunque con reparos, en el grupo inferior (facies Purbeck en su terminología).

De este modo J. RAMÍREZ DEL POZO (1971, página 320) concluye que “las facies no marinas (...) quedan divididas (...) en dos grupos de facies salobres o dulces que denominamos facies Purbeckiense y facies Wealdense, con edades perfectamente definidas y correlacionadas con las series clásicas de Europa Occidental”.

La sucesión estratigráfica de las facies Purbeckiense en la provincia de Santander —siempre según J. RAMÍREZ DEL POZO (1971)— constaría de “conglomerados de cantos calizos, areniscas calcáreas o calizas arenosas y arcillas limolíticas...” que se asignan al “Malm”, seguidos por “calizas y margas” con una fauna de Ostrácodos característica, que se atribuyen al “Berriansense”. Por encima se sitúan “calizas oolíticas y/o arenosas (...) siempre con fauna marina (...) y ocasionalmente episodios salobres”; estos mismos niveles, equivalentes a las calizas detríticas con Briozoos y Espongiarios de P. RAT, los atribuye al “Valanginiense inferior” que “presenta características bien definidas en las diferentes zonas que se han estudiado, que las separan claramente de los sedimentos infra y suprayacentes, es decir, significa la separación clara entre las facies Purbeckiense y Wealdense, aunque para efectos de descripción se ha incluido en la primera.

En resumen, en los trabajos de autores anteriores el énfasis se pone en el conocimiento litológico y fosilífero de las series estratigráficas. Con estos criterios, la sucesión comprendida entre el Calloviense marino y el Aptiense (Complejo Urganiano) en la provincia de Santander, se divide en dos “grupos” de litologías contrastadas. El inferior, no marino, calcáreo y margoso (salvo los niveles basales que son conglomeráticos), sería el equivalente del des-

crito por R. CIRY en la provincia de Burgos. El superior lo formarían exclusivamente areniscas y arcillas azoicas. La separación entre los dos “grupos” se establece en las regiones orientales de la provincia de Santander por la intercalación de calizas marinas, mientras que en las Suroccidentales, sin episodio francamente marino, se hace coincidir con un cambio litológico. La evolución lateral de los horizontes marinos hacia el Suroeste permanece problemática (fig. 6).

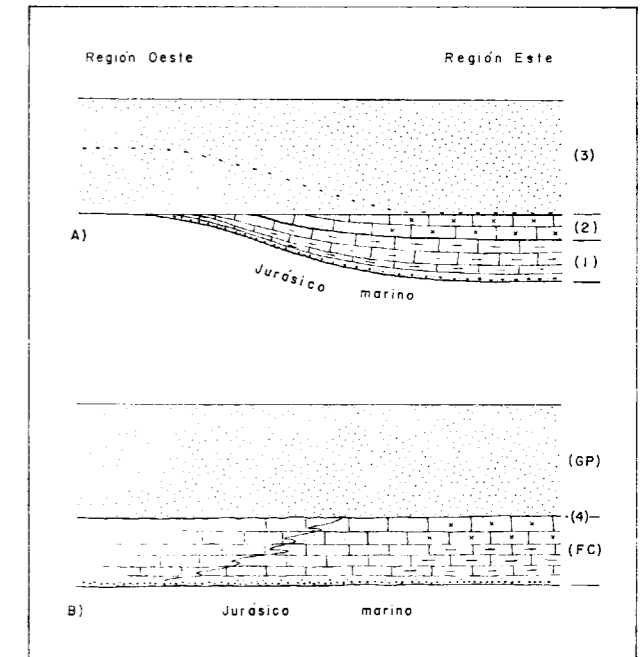


Figura 6

Esquema (simplificado) de divisiones estratigráficas de los sedimentos del tránsito Jurásico-Cretácico en la provincia de Santander.

A) Según descripciones de P. Rat (1962) y J. Ramírez del Pozo (1969-1971). 1.—Grupo inferior o “facies Purbeckiense”. 2.—Calizas de Briozoos (episodio marino). 3.—Grupo superior o “facies Wealdense” (en parte).

B) División que proponemos: 4.—Discordancia de Los Llares (en línea discontinua en A.). FC: Formación de Cabuérniga. GP: Grupo Pas (ver texto).

2. DISCUSIÓN.

Conviene resaltar que el “grupo superior de P. RAT (o “facies Wealdense” de J. RAMÍREZ DEL POZO)” es, por definición, azoico. No se pueden distinguir en sus sedimentos unidades delimitadas por fósiles; y lo que es más grave, no hay evidencia paleontológica alguna que permita afirmar para diferentes verticales o cortes si el comienzo de las

facies arenosas azoicas corresponde o no con un horizonte isocrono.

El descubrimiento de la discordancia de Los Llares permite reexaminar el problema con una nueva perspectiva. En efecto, la superficie de discordancia representa una paleosuperficie geomorfológica que debió estar expuesta a los agentes de erosión en un mismo intervalo de tiempo geológico. Dicho de otro modo, es lo más aproximado a una isocrona de que se dispone.

Reexaminada la sucesión del Jurásico Superior-Cretácico Inferior Santanderino con esta premisa, encontramos siempre sobre la discordancia un paquete con una litología y estructuras sedimentarias muy características y constantes. No hay duda que este paquete se trata de una Formación (F. de Bárcena Mayor) verosímelmente, además, casi isocrona.

Por el contrario, los rasgos sedimentarios de los materiales infra-Bárcena Mayor son diferentes según el área considerada. Así, en las regiones orientales, la sucesión que se encuentra puede identificarse con la publicada por P. RAT y J. RAMÍREZ DEL POZO como representativas del "grupo inferior" o "facies Purbeckiense", más los niveles marinos intermedios. Tal ocurre, por ejemplo, en: el corte clásico de Vega de Pas, descrito entre otros (aunque con inexactitudes), por L. MENGAUD (1920), R. CIRY (1939), P. RAT (1959), M. AGUILAR TOMÁS y J. RAMÍREZ DEL POZO (1968) y J. RAMÍREZ DEL POZO (1969, 1971); en varios itinerarios al Este de Villacarriedo (RAT y SALOMÓN; 1969), en Ramales de la Victoria (RAT, 1959, y RAMÍREZ DEL POZO, 1969); y en la subárea representada en la figura 5 de este trabajo.

Pero hacia el Oeste, en las cercanías del Macizo Asturiano, la sucesión cambia netamente, encontrándose allí una serie en la que los niveles calcáreos, si bien existen, son mucho menos frecuentes que las areniscas. Aparecen intercalados, además, niveles de conglomerados y horizontes de capas rojas, que son desconocidos más al Este.

Nuestra hipótesis consiste en admitir que los materiales inferiores a la discordancia (los de nuestra Formación de Cabuérniga), muestran un cambio lateral de facies de E a W, de manera que en las proximidades del Macizo Asturiano son más detríticos y hacia oriente más arcillosos y calcáreos. Con este planteamiento resulta explicable que parte de nuestra Formación de Cabuérniga, precisamente la más occidental, más rica en areniscas y pobre en fósiles, haya sido incluida dentro del

"grupo superior" o "facies Wealdense" por los autores precedentes. Esto ha sido posible porque hasta ahora no se había cartografiado la discordancia.

La verosimilitud de nuestra hipótesis se ve avallada, además de por la propia existencia de la discordancia, porque en cortes estratigráficos sucesivos, siempre por debajo de la superficie de la discordancia de Los Llares, puede constatarse una transición gradual entre la serie fosilífera y mayoritariamente calcárea del Este hasta la predominantemente areniscosa y pobre en fauna del Oeste. Añadiremos en este sentido, que incluso en regiones más occidentales se encuentran niveles calcáreos intercalados en las areniscas de la Formación de Cabuérniga. La escasez de fósiles en esos sedimentos puede explicarse porque las condiciones de sedimentación de las areniscas serían hostiles a la vida, amén de inadecuadas para la preservación de fauna.

En resumen, sostenemos que los materiales comprendidos entre el Calloviense y la base de las areniscas de Bárcena Mayor, forman una sola unidad estratigráfica que exhibe cambios laterales y verticales de facies. La distribución general de las facies detríticas y calcáreas es fuertemente diacrónica. El límite aproximado entre unas y otras facies delimita cuerpos litológicos pero es inadecuado para efectuar una distinción estratigráfica formal, entre los sedimentos de la Formación.

Si nuestra conclusión es correcta, además las ideas de P. RAT y J. RAMÍREZ DEL POZO sobre el significado estratigráfico de los episodios marinos con Briozoos y Espongiarios de las regiones del Este deben ser revisadas. En efecto, las relaciones esquematizadas en la figura 6 muestran que dichos niveles marinos corresponden lateralmente con materiales continentales, como ya lo advinó P. RAT. Pero no representan un paquete diferenciado, sino un cambio de facies, de extensión local, dentro de una unidad estratigráfica. Su inclusión en tal unidad es natural, y no un motivo de conveniencia descriptiva. Y, finalmente, no representa la separación de unidades estratigráficas formales, sino que constituye la parte alta de la unidad inferior, en una zona restringida de la distribución areal actual de dicha unidad.

Por último, una precisión de índole paleogeográfico. En interpretaciones anteriores se suponía que el borde de la cuenca de sedimentación del "grupo inferior" (o "facies Purbeck") quedaba dentro del

área donde actualmente existen afloramientos cretácicos preservados, por el acuñaamiento observado en sus depósitos hacia el Oeste. (RAMÍREZ DEL POZO, 1971, fig. 32; reproducida en FEUILLE y RAT, 1971, fig. 5).

Los nuevos datos, demuestran que el borde del área de sedimentación de la Formación de Cabuérniga se situó fuera del límite externo de los afloramientos actuales, y que la erosión reciente ha eliminado los depósitos marginales de dicha Formación.

PROBLEMAS DE NOMENCLATURA

Sin pretender hacer una relación exhaustiva, encontramos que la sucesión santanderina se ha descrito con los siguientes apelativos: *Wealdense* (GONZÁLEZ LINARES, 1876; PUIG y SÁNCHEZ, 1888); *Facies Wealden* (KARREBERG, 1934); *Wealdien* (MENGAUD, 1920; CIRY, 1939); *Facies Wealdense* (varios autores, IGME, 1956); *Facies Wealdense cantábrica* (SANZ y SANZ, 1958); *Capas con Iberina (edad Purbeckien)*, *Formación de Briozoarios (Valaginien)* y *Wealdien* (RAT, 1959, 1962); *Serie Purbercko Wealdienne* (RAT y SALOMÓN, 1969); *Facies Purbeckiense*, *Facies Wealdense y Wealdico* (RAMÍREZ DEL POZO, 1969, 1971); *Formaciones Wealdiennes* (SALOMÓN, 1970); *Facies Wealdica* (varios autores, IGME, 1971); *Facies Purbeck y Facies Weald* (RAMÍREZ DEL POZO y AGUILAR TOMÁS, 1973; PUJALTE, 1974 a).

Todos los términos reseñados se inspiran en la sucesión del SE de Inglaterra, donde, no hay que olvidar, *Purbeck* y *Wealden* se aplican a unidades objetivas de roca.

El significado que en el Norte de España (y en otras partes de Europa (5), se ha dado a tales términos varía sin embargo de autor a autor. Para unos son equivalentes de Pisos ("edad" Purbeckiense). Otros les dan una acepción de "Facies" (facies Purbeckiense=facies calcárea no marina, facies Wealdense=facies arenisco-arcillosa, igualmente no marina). Un tercer grupo de autores, en fin, los emplean en un sentido intermedio, al superponer ciertos límites cronoestratigráficos a la noción de facies: "Siguiendo el léxico inglés, designaremos como facies Purbeckiense a los sedimentos del Jurásico Superior y Cretácico más Inferior (Berria-

(5) Ver el excelente resumen de P. Rat (1965) sobre el particular.

sense) salobre y lacustre, y como Wealdense a los del Valanginiense Superior, Hauteriviense y Barremiense en facies salobre, deltaica, etc. El Valanginiense Inferior representa un episodio de facies marina o transicional que incluimos dentro del Purbeckiense por las analogías que presenta con el Berriasense, aunque queremos hacer constar que, de acuerdo con la nomenclatura inglesa, debería incluirse en el Wealdense." (J. RAMÍREZ DEL POZO, 1971, pp. 63).

Una diversidad similar se encuentra al examinar en el campo y mapas geológicos publicados, los niveles que los diversos autores incluyen de hecho bajo estos nombres. Para muchos de ellos "Wealdense" y términos similares designa a todos los materiales no marinos incluidos entre el Jurásico con ammonites y los primeros niveles marinos del Cretácico que, según las áreas, aparecen en la Cuenca Cantábrica en el Aptiense (Urgoniano) o el Cenomaniense. En trabajos recientes existe una tendencia a hablar de "facies Purbeck" (y Purbeckiense) para los niveles calcáreos inferiores y reservar facies "Weald" (y Wealdense) para los arenosos que los recubren. Pero aun aquí hay diferencias, pues los autores franceses incluyen en "Wealdense" todos los sedimentos terrígenos no marinos del Cretácico inferior, mientras que RAMÍREZ DEL POZO (1969, 1971) ha utilizado "facies Weald" restringiendo el término para los sedimentos infrayacentes al Complejo Urgoniano, o "la serie terrígena de Utrillas". Anteriormente nosotros mismos hemos utilizado "facies Weald" como sinónimo de lo que ahora consideramos Grupo Pas.

Resulta imprescindible, por tanto, clarificar y precisar la nomenclatura a utilizar, como primer paso para el establecimiento de una estratigrafía detallada de los materiales en cuestión.

Es claro que una división basada en la escala de tiempo no serviría para el propósito. Pues, aún reconociendo que llegar a la delimitación de unidades de tiempo (pisos) es el último objetivo de todo trabajo estratigráfico, en el caso que nos ocupa las dificultades para llevarlo a cabo son insalvables, al menos con los métodos cronoestratigráficos actualmente a nuestro alcance. Volveremos sobre este importante punto más adelante.

El término "facies" es en sí mismo impreciso, ya que son numerosas las acepciones que tal vocablo tienen en geología. Quizá el sentido en que es más usado por los investigadores de rocas sedimentarias es el expresado en la definición de MOORE

(1949): "Facies sedimentaria se define como cualquier parte de una unidad estratigráfica dada que exhibe caracteres significadamente diferentes de los de otras partes de la unidad". Es decir, esperaríamos que las rocas de una "facies sedimentaria" tuvieran unos atributos de uniformidad o pequeña variabilidad litológica característica. Y, además, la extensión de una facies está restringida tanto estratigráfica como geográficamente.

Cabe preguntarse entonces por el significado estratigráfico del término "facies Purbeck". El Purbeck es una formación rocosa del SE de Inglaterra que incluye un variado número de litologías (o facies) que van desde calizas lacustres a niveles de evaporitas, con varios horizontes "casi" marinos (nunca se ha encontrado en ellos cefalópodos, u otra fauna de mar abierto), y un insignificante contenido en material terrígeno grosero. Pero aunque la "facies Purbeck" se definiera en términos tan vagos como "facies predominantemente calcárea, y nunca claramente marina", ¿sería aplicable a la sucesión Santanderina? Las figuras 6 y 7 y las discusiones precedentes lo desaconsejan totalmente, no sólo porque los niveles en cuestión son predominantemente areniscos en el oeste, sino porque estaría designando como "facies tipo" a unos niveles cuya característica más destacada es precisamente la variabilidad de sus facies.

El mismo razonamiento vale para "facies Weald". Téngase en cuenta que, en la cuenca cantábrica, la "facies Weald" incluye sedimentos tan variados que desde antiguo se han reconocido dos "dominios" o "tipos" diferentes en ella, el rojo y arenoso de Santander, y el Vizcaíno, con un predominio de arcillas negras. Sin contar con los espectaculares conglomerados de Oña, Burgos, en los que, por cierto, se intercalan calizas pisolíticas cuya "facies" es, sin duda, "Purbeck".

Alternativamente, se podría utilizar el término "facies" en un sentido cronoestratigráfico: para designar sedimentos no marinos, de cualquier litología, contemporáneos del Purbeck y Wealden inglés.

El procedimiento requiere de un condicionante incierto, i. e., de una correlación segura, muy difícil, como veremos, en el caso que nos ocupa. Y, por otra parte, está en clara oposición al más generalizado sentido en que se emplea "facies", que acabamos de discutir.

El único camino viable, en nuestra opinión, es el de denominar a la sucesión local siguiendo las

Normas de Nomenclatura Estratigráfica y evitar el término "facies" para denominar unidades estratigráficas, por las implicaciones litológicas o de tiempo geológico que conlleva.

PROPUESTA DE UNA NUEVA SUBDIVISION ESTRATIGRAFICA

1. EN LA PROVINCIA DE SANTANDER.

Se propone la subdivisión basada en unidades estratigráficas estrictamente descriptivas, que está esquematizada en la figura 7. Como no existe un Có-

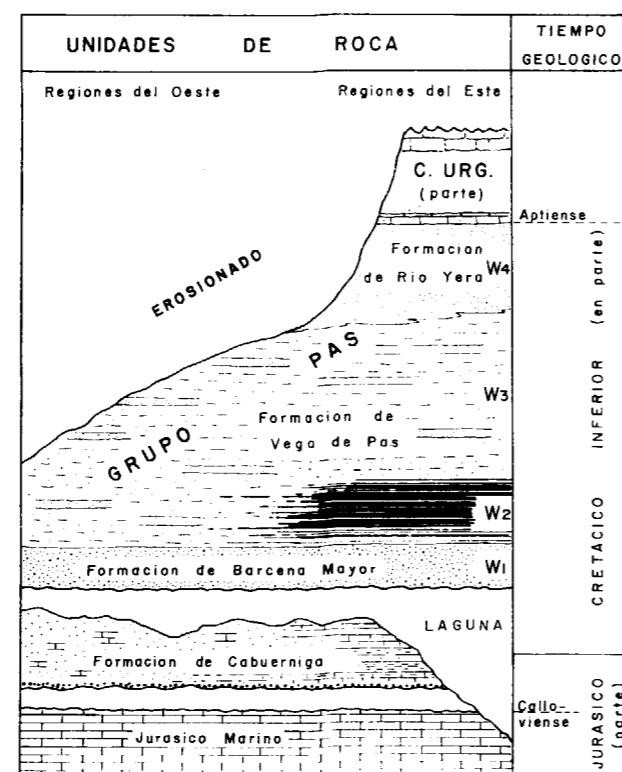


Figura 7

Esquema de la nueva subdivisión de los sedimentos del Jurásico Superior-Cretácico inferior (pre-Urgoniano) de la parte Central de la provincia de Santander.

digo Español de Nomenclatura Estratigráfica, hemos seguido las orientaciones del Código Norteamericano, reflejadas en el manual de W. C. KRUMBEIN y L. L. SLOSS (1963) y comentado por O. RIBA y S. REGUANT, y también las más recientes recomendaciones británicas (HARLAND et al., 1972).

Definimos como *Formación de Cabuerniga* a los materiales comprendidos entre el estrato más moderno del Jurásico marino hasta la discordancia de Los Llares. Como columna tipo proponemos la del corte de Vega de Pas, que es la más conocida. Pero preferimos el nombre de Cabuerniga para denominar la Formación, porque en dicha región está bien representada en gran número de afloramientos y cortes.

La parte inferior de la Formación aflora, en el corte de Vega de Pas, al sur de Alceda, en la carretera de Burgos a Santander. La parte alta se estudia mejor en la carretera al puerto de Las Estacas, entre Entrambasmestas y Barrio de Burnalón.

La formación de Cabuerniga comienza casi siempre con unos niveles de conglomerados de cantos unas veces silíceos y otras calcáreos (hasta 100 m.). Por encima se sitúan 150 metros de calizas arcillosas y margas grises, con abundantes Ostrácodos y Characeas y, localmente, Gasterópodos. Culmina la Formación con unos 200 metros (máximo) de calizas arenosas y areniscas gris oscuras, con algunos niveles de arcillas negras intercalados; los fósiles son abundantes, se encuentran Lamelibranquios, Ostréidos, Briozoos, restos de Erizos y Esponjas, Algas, Foraminíferos y Ostrácodos.

Las transiciones entre los paquetes descritos son gradacionales y no es posible separarlos en mapa geológico. Pero pueden definirse como miembros, con el nombre de Conglomerado basal, Capas de Ostrácodos y Capas de Briozoos, respectivamente. Al conjunto se le asigna el rango de Formación.

Como ya se ha resaltado, la Formación de Cabuerniga tiene cambios de Facies hacia el Oeste, región donde se conserva el Conglomerado basal, pero sin que puedan distinguirse con nitidez los otros miembros diferenciados en el corte de Vega de Pas.

Definimos como Grupo Pas al conjunto de sedimentos situados sobre la discordancia y bajo el Complejo Urgoniano de P. RAT. La base del Complejo Urgoniano la hacemos coincidir (en el área) con el primer estrato con fauna marina de la sucesión del Cretácico inferior (6).

La sucesión tipo del Grupo Pas la hemos descrito en un trabajo previo (PUJALTE, 1974 a). Distinguimos entonces cuatro tramos, W₁ a W₄, de más antiguo a más moderno. El tramo W₁ ha sido des-

(6) Avanzamos que los estudios en curso de J. García Mondejar (com. pers.) sobre el Complejo Urgoniano de la región, quizá lleven a modificar este criterio.

pues redefinido como *Formación o Areniscas de Barcena Mayor* (PUJALTE, 1874 b). Los tramos W₂ y W₃ los agrupamos aquí en una sola unidad estratigráfica, la *Formación de Vega de Pas*, debido a que los tramos W₂ y W₃ sólo son diferenciables en regiones del Este, confundiendo litológicamente hacia el Oeste. W₂ y W₃ quedan como miembros de la Formación de Vega de Pas, con el nombre de Capas de Vivíparus (W₂) y Capas rojas (W₃). El tramo W₄, en fin, lo definimos ahora como *Formación de Río Yera*.

2. EN OTRAS REGIONES DE LA CORDILLERA CANTÁBRICA.

La anterior subdivisión estratigráfica se propone específicamente para las regiones de Cabuerniga y Pas, en la parte central de la provincia de Santander; y ello porque es condición de las unidades litostratigráficas formales que tengan o hayan tenido continuidad física. No obstante, la subdivisión puede extenderse con toda seguridad a la parte más oriental de la provincia de Santander, para abarcar los afloramientos situados entre Ramales y Ampuero (fig. 1). Es muy probable que los materiales del Sur de la provincia de Santander y Norte de las de Burgos y Palencia puedan asimismo ser incluidos, aunque allí el techo del Grupo Pas habrá de situarse con criterios diferentes de los usados en Santander, por desaparecer los sedimentos marinos del Complejo Urgoniano (J. GARCÍA MONDEJAR, com. pers.). Es precipitado aplicar la subdivisión a los materiales existentes en la parte Norte de la provincia de Santander, concretamente en la franja situada entre el mar y la Sierra del Escudo de Cabuerniga. Y, desde luego, no puede utilizarse en el País Vasco ni en Navarra, donde los equivalentes estratigráficos de los materiales descritos están constituidos por series netamente diferentes de las santanderinas, en las que habrá que delimitar en el futuro otras unidades.

En tanto tal cometido no se lleve a cabo, es necesario arbitrar un nombre con que designar al conjunto de los materiales que se han denominado hasta ahora "facies Purbeckiense más facies Wealdense, Wealdico", etc. El término *Complejo* sirve admirablemente para el propósito, ya que, según los procedimientos británicos, "si una masa o región de rocas se compone de diversos tipos de cualquiera de las demás clases de unidades (i. e., formaciones, grupos, etc.) o, más generalmente, cuando su constitución estratigráfica no está resuelta, o está caracte-

terizada por estructura(s) especial(es), el término Complejo puede usarse como parte del nombre formal, en vez del término jerárquico o puramente litológico (HARLAND et al., pp. 298).

El vocablo no es extraño en el léxico estratigráfico cantábrico, pues ha sido utilizado con éxito por P. PAT (1959) para designar sedimentos de la parte alta del Cretácico inferior: *Complejo Urganiano* para los variadísimos y potentes depósitos en los que se incluyen las calizas masivas de facies urgoniana, y *Complejo arenisco Supraurgoniano* para la potente serie de materiales terrígenos groseros intercalada entre los horizontes más altos del Complejo Urganiano y los niveles margosos del Cretácico superior.

Sugerimos el nombre de *Complejo Infraurgoniano* o *Complejo Purbeck-Weald* como unidad litoestratigráfica formal que comprenda los materiales situados entre el Jurásico marino y la base del Complejo Urganiano. El primero de los nombres pone el énfasis en la posición en la columna; en muchos casos, casi lo único que conocemos sobre la estratigrafía de tales sedimentos. La segunda de las denominaciones tiene la ventaja, como ha apuntado P. RAT (1965) que "evoca a la vez un cierto estilo de facies y una posición estratigráfica aproximada"; su inconveniente es los distintos significados en que tales términos y derivados se han usado.

CORRELACION INTERREGIONAL

1. PROBLEMAS PLANTEADOS.

A escala mundial, las dificultades de correlación entre los sedimentos del Jurásico superior y Cretácico inferior son de tal envergadura que, pese a la reciente celebración de dos simposios dedicados al tema (Colloque sur le Cretacé inferieur, 1963; The Boreal Lower Cretaceous, 1973) no se ha alcanzado un consenso internacional para el establecimiento y delimitación de pisos estratigráficos para dicha época.

En efecto, hacia el Jurásico superior los mares se retiraron de gran parte de Centroeuropa, dejando en su lugar cuencas lacustres y pantanosas, en cada una de las cuales reinaron condiciones de sedimentación particulares, diferentes incluso en áreas de sedimentación relativamente próximas. No se conoce ninguna localidad donde sedimentos marinos

y no marinos se encuentren intercalados, por lo que la comparación entre ambos tipos de facies no puede realizarse de una manera directa. Pero, además, durante esa época, los mares quedaron divididos en dos provincias: la Boreal, al Norte, y la Alpino-Mediterránea, al Sur, cada una con una diferente comunidad de ammonites.

En cada una de las zonas así diferenciadas, el límite Jurásico-Cretácico se situó a un nivel de la sucesión local, que pareció significativo. En las facies no marinas del SE de Inglaterra, por ejemplo, se ha hecho coincidir tradicionalmente con el paso del Purbeck al Wealden (ALLEN, 1955). En regiones boreales, como en Moscú, se han establecido los pisos Volgiense (Jurásico) y Ryazaniense (Cretácico), mientras que en la mesogea mediterránea se habla de Titónico y Berriasense. R. CASEY (1963), que ha analizado el problema en un delicio-

FACIES MARINAS		FACIES CONTINENTALES	
P. BOREAL	P. MEDITERRANEA	SE INGLATERRA	NW ALEMANIA
VALANGINIAN (parte)	VALANGINIAN (parte)	Hastings Beds	'Wealden' 6
RYAZANIAN	BERRIASIAN	PURBECK BEDS	'Wealden' 1-5
		Durlston Beds	Upper Serpulit
		Cinder Beds	Lower Serpulit
		Lulworth Beds	Munder Mergel
VOLGIAN (parte)	TITHONIAN (parte)	Portland Stone	

Tabla 1

Correlaciones sugeridas entre las escalas cronoestratigráficas (pisos) Boreal y Mediterránea de sucesiones marinas, y sucesiones continentales de Inglaterra y Alemania. Modificado de R. Casey, 1973.

so ensayo, lo ha expresado muy vivamente: "Es como si un lenguaje, en un tiempo común a una nación, se hubiese roto en una diversidad de dialectos".

La comparación de las diferentes escalas, realizada por varias líneas de razonamiento (CASEY, 1963, 1973; ALLEN, 1965), lleva a la conclusión, previsible, de que se solapan, esto es, que los diferentes límites locales, correspondientes al lindero entre los Sistemas Jurásico y Cretácico, no coinciden en el tiempo geológico (tabla 1).

CASEY (op. cit.) ha sugerido que se adopte como límite Jurásico-Cretácico la base del Ryazaniense

(Zona de *Riasanites rjasanensis*), comienzo de una transgresión, muy probablemente de origen eustático, perceptible en todo el Norte de Europa, desde Rusia hasta Inglaterra. Eventualmente, el mar invadiría la cuenca Purbeck, separada del océano Boreal por un estrecho umbral que quedaría sumergido, depositándose entonces los "Cinder beds", nivel marino muy característico situado hacia la mitad de Purbeck. El límite así escogido coincide con un suceso de la suficiente envergadura para marcar la separación entre los Sistemas, y provee de un horizonte común tiempo-estratigráfico con el que ligar facies continentales y marinas.

Dicho límite queda por encima del tránsito Titónico-Berriasense de la provincia Alpino-Mediterránea, en su actual definición, que hace comenzar el Berriasense en la base de la zona de *Berriasella grandis*. Por ello, R. CASEY (1963, 1973) ha propuesto que se eleve dicha base al comienzo de la zona de

de correlación interregional de la sucesión de Santander de los dos autores que han trabajado con más intensidad en el problema. Puede observarse, por tomar un caso, cómo las calizas con Briozoarios se asignan al "Valaginiense inferior" en ambos esquemas. Pero mientras P. RAT quiere decir que son equivalentes con el "Wealden" alemán, o de la parte media superior del Purbeck, para J. RAMÍREZ DEL POZO pueden correlacionarse con la parte superior del Wealden alemán, o la parte inferior de Wealden inglés (Hastings beds).

Por añadidura existe una fuerte tendencia entre Bioestratigrafía centroeuropea a hacer coincidir la base del Valaginiense con la aparición de *Platylenticeras*, por encima del Wealden alemán (KEMPER, 1973). Esto significa que el término Valaginiense, de perdurar, designaría en la Cuenca Cantábrica a niveles netamente más antiguos que los incluidos en el Valaginiense de otras localidades europeas.

Es ésta una razón adicional para adoptar la subdivisión que proponemos, donde se separan las unidades objetivas y observables, de las unidades de tiempo, inferidas, cuyos límites pueden cambiar cuando nuevas investigaciones aporten nuevos datos a nuestra consideración.

2. NUEVO ENSAYO DE CORRELACIÓN.

Aunque nuestras investigaciones se han centrado hasta el momento en el trabajo de campo, es necesario hacer una revisión de los datos paleontológicos publicados por otros autores, con el fin de armonizar su información con la nueva subdivisión que proponemos. Nuestro ensayo está esquemático en la figura 8. Hemos comparado la sucesión santanderina con la clásica del Purbeck-Wealden inglés, cuya zonación faunística ha sido recientemente sistematizada por F. W. ANDERSON (1973). La correlación entre las escalas no marina y marina (pisos) se debe a P. ALLEN (1965). El Berriasense se toma en sentido reducido, comenzando en la zona de *F. boissieri*.

El conglomerado basal de la Formación de Caubúrniga descansa siempre, en la provincia de Santander, sobre niveles del Calloviense (BEUTHER y otros, 1966). La edad de la Formación es, por tanto, postcalloviense. No existe, que sepamos, ninguna cita de discordancia angular entre los niveles marinos y no marinos, pero el brusco cambio de

P. RAT 1962				J. RAMÍREZ DEL POZO 1969			
SE FRANCIA	SE INGLATERRA	NW ALEMANIA	N ESPAÑA (Santander)	NW ALEMANIA	SE INGLATERRA	PISOS	
Berriense	WEALD CLAY		Areniscas y arcillas con <i>Urtia</i> , <i>Viviparus</i> , etc.		WEALD CLAY	Berriense	
Hastings	HARTINES BEDS	Valandien	Calizas arenosas con <i>Briozoa</i>	Valandien	HASTINGS BEDS	Valaginiense	
Valanginian	PURBECK BEDS	Valandien	Calizas arcillosas con <i>Chone</i> y <i>Stracodonta</i>			Berriasense	
Berriense	PURBECK BEDS	Serpulit					
Portlandien	Portland	Munder Mergel					

Tabla 2

Tabla de correlaciones interregionales de la sucesión santanderina sugeridas por anteriores autores.

Fauriella boissieri (*Thurmanniceras boissieri*), ya que este último ammonites se ha citado coexistiendo en el Cáucaso con *R. rjasanensis* (RENNGARTEN, in CASEY, 1963). La zona de *T. boissieri* ha sido también sugerida por J. WIEDMANN (1965) como base del Cretácico (Berriasense). Pero los autores franceses han desestimado tal proposición, lo que obliga a la utilización de las dos escalas, Boreal y Alpino-Mediterránea.

La aplicación de nombres de pisos para designar sedimentos del Jurásico superior-Cretácico inferior no marinos es, por tanto, aventurado con los conocimientos actuales. Un claro ejemplo de ello está mostrado en la tabla II, donde confrontamos los ensayos

litología y facies sugiere la existencia de un hiato en el contacto

Las Capas de Ostrácodos son el único nivel con fauna de valor cronoestratigráfico de la Formación. De entre los citados por J. RAMÍREZ DEL POZO (1969, 71) destacan *Scabriculocypris trapezoides* ANDERSON; *Cyridea tumescens* ANDERSON; *Macrodentina (Dyctiocythere) mediostriata transfuga* MALZ; y *Cypridea valdensis praecursor* OERTLI. Las dos primeras especies se encuentran en la relación de F. W. ANDERSON (1973) en las capas del Purbeck inferiores a los "Cinder beds", mientras que las dos últimas han sido descritas por H. J. OERTLI (1963) en niveles de la cuenca de París, que pueden co-

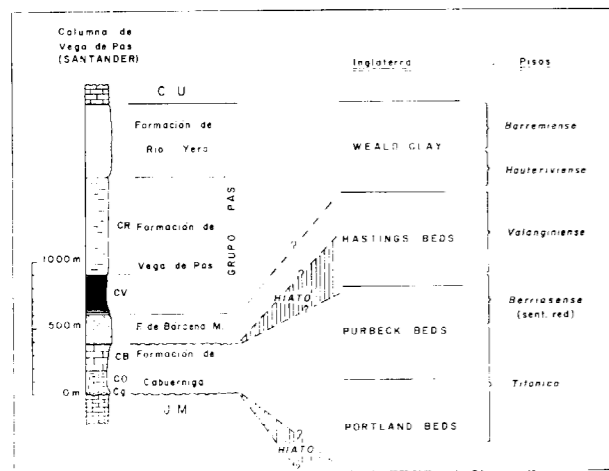


Figura 8

Serie tipo del Jurásico Superior-Cretácico inferior (pre-Urgoniano) de la parte central de la provincia de Santander, y correlaciones interregionales sugeridas

CG: Conglomerado basal. CO: Capas de Ostrácodos.
CB: Capas de Briozoos. CV: Capas de Vivíparus.
CR: Capas Rojas (ver texto).

relacionarse con la parte media inferior del Purbeck inglés. Parece, por tanto, lógico pensar que las Capas de Ostrácodos correspondan con los niveles del Purbeck inferiores a los Cinder-beds, esto es, que pertenezcan al Jurásico.

P. RAT (1959, 1962) y J. RAMÍREZ DEL POZO (1969, 1971) han señalado en determinados cortes la presencia de *Iberina Lusitánica* (EGGER) en lo que aquí denominamos Capas de Ostrácodos. La existencia de este foraminífero es compatible con la correlación efectuada. En efecto, la distribución vertical de *I. Lusitánica*, según W. MAYNC (1959) va desde el Kimmeridgense inferior hasta los primeros nive-

les del Cretácico. Pero, de hecho, la mayor parte de las referencias consultadas (las del propio MAYNC; SIGAL, 1965; WIEDMANN, 1965; GARRIDO MEJÍAS, 1973) citan a *I. Lusitánica* en capas superiores del Jurásico.

Los fósiles de las Capas de Briozoos no tienen valor cronoestratigráfico. Pero el paso de un nivel a otro es gradacional, lo que nos inclina a pensar que no exista un hiato entre ambos. Por posición estratigráficas, las capas de Briozoos deben entonces representar el comienzo del Sistema Cretácico. Si la atribución es correcta, se plantea la excitante posibilidad de que la transgresión Ryazaniense llegará a afectar al Norte de España, quizás por la vía de un incipiente Océano Atlántico.

No es posible precisar la extensión vertical cronoestratigráfica del nivel con los datos del corte de Vega de Pas. Pero ya hemos indicado que las Capas de Briozoos pasan lateralmente a facies más continentales. En Cabuérniga se presentan muy arenosas y desprovistas de fauna. Pero en el norte de la provincia de Burgos están interdigitadas con niveles salobres, en los que se ha encontrado una fauna de ostrácodos que sugiere una buena correlación con la parte media superior del Purbeck (ANDERSON, op. cit.).

El Grupo Pas es, en su mayor parte, azoico, lo que dificulta grandemente la correlación. Las Capas de Vivíparus (W_2) constituyen el único tramo fosilífero. En ellas, J. SALOMÓN (1973) ha citado al Ostrácodo *Theriosynoecum fittoni* (MANTEL). J. SALOMÓN concluye que los niveles con *T. fittoni* pueden paralizarse (en parte) con el Wealden 4 alemán, o lo que es lo mismo, con niveles altos del Purbeck inglés (ver tabla 1). Pero dicha correlación no deja virtualmente espacio donde colocar la Formación de Bárcena Mayor e ignora la discordancia de Los Llares.

Sin embargo, en la sucesión inglesa, *T. fittoni* aparece algo más alto, hacia la mitad de la Weald Clay. Ello sugiere que las Capas de Vivíparus pueden corresponderse con la parte media de la "Weald Clay".

Tal correlación permite acomodar más holgadamente los diversos tramos del Grupo Pas: la Formación de Bárcena Mayor, cuyo contacto con la Formación de Vega de Pas suprayacente es gradacional, puede representar la parte alta de los "Hastings beds", las "Tunbridge Wells sands". Un intervalo de la sucesión inglesa queda entonces sin equivalente en Santander, a saber, la parte alta del Pur-

beck y las más bajas del Wealden ("Ashdown Sands" y "Wadhurst Clay"). El hiato podría significar muy bien el período erosivo marcado por la discordancia.

El miembro superior de la Formación de Vega de Pas, Capas rojas y la Formación de Río Yera tampoco pueden correlacionarse directamente. Por su posición sobre las Capas de Vivíparus (con las limitaciones de la datación que acabamos de realizar) estos niveles podrían equivaler con la parte alta del Wealden. Puesto que los primeros estratos del Complejo Urgoniano suprayacente se han datado como Aptiense basal (MENGAUD, 1920; CIRY, 1939; RAT, 1959; RAMÍREZ DEL POZO, 1971), el grupo Pas es claramente Preaptiense. En el corte de Vega de Pas el paso al Urgoniano es gradual, y no sugiere existencia de anomalía sedimentaria. Pero habrá que esperar los datos de J. GARCÍA MONDÉJAR para decidirse sobre este punto.

En resumen, la Formación de Cabuérniga parece ser sensiblemente contemporánea con el Purbeck inglés. No obstante, su base es presumiblemente algo más antigua, ya que en Inglaterra el carácter marino perduró hasta casi el final del Malm. Las Capas de Ostrácodos del corte tipo de Vega de Pas pueden equipararse con los Lulworth Beds (tabla 1, fig. 8), y pertenecer, en consecuencia, al Jurásico, en tanto que las Capas de Briozoos pueden compararse con la parte media superior del Purbeck, Cinder Beds más Durlston Beds, y representar el comienzo del Cretácico. El Grupo Pas parece ser sensiblemente contemporáneo, algo más joven en sus comienzos, del Wealden inglés.

AGRADECIMIENTOS

Aunque la responsabilidad por los datos y conclusiones de este artículo son enteramente nuestras, sus eventuales aciertos se deben, en proporción elevada, a la ayuda que he recibido de numerosas personas. Por ello quiero dejar constancia de mi reconocimiento al profesor V. GARCÍA-DUEÑAS, por su dirección y acertada crítica del manuscrito original. También al profesor P. ALLEN (Universidad de Reading, Inglaterra), por su orientación, estímulo y por mostrarnos en el campo de los materiales del Wealden (en Sussex y Kent). Al doctor R. GOLDRING (Universidad de Reading), por enseñarnos el Purbeck en su área tipo (Dorset). Asimismo, al doctor R. CASEY, por orientarnos en los

problemas estratigráficos del Jurásico superior y Cretácico inferior y proporcionarnos una valiosa bibliografía. Las frecuentes discusiones con J. GARCÍA-MONDÉJAR y Marcos A. LAMOLDA han servido de acicate a nuestro trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR TOMÁS, M. J., y RAMÍREZ DEL POZO, J.: *Observaciones estratigráficas del paso del Jurásico marino a las facies Purbeckiense en la región de Santander*. "Acta Geol. Hisp.", 3, 35-38 (1968).
- ALLEN, P.: *Age of the Wealden in North-Western Europe*. "Geological Magazine", 92, 265-281 (1955).
- ALLEN, P.: *L'age du Purbecko-Wealdien d'Angleterre*. Colloque sur le Cretace inferieur. "B. R. G. M.", 34, 321-326 (1965).
- ANDERSON, F. W.: *The Jurassic-Cretaceous transition: the non-marine ostracods faunas*. in "The Boreal Lower Cretaceous". "Geological Journal", sp., iss., n. 5, 81-110 (1973).
- BEUTHER, A.; DAHM, H.; KNEUPER-HAACK, F.; MENSINK, H., y TISCHER, G.: *Der Jura und Wealden in Nordost-Spanien*. "Beih. Geol. Jb.", 44, 1-225 (1966).
- CASEY, R.: *The dawn of the Cretaceous period in Britain*. "South-Eastern Union of Scie. Societies. Bull.", 117, 1-15 (1963).
- CASEY, R.: *The ammonite succession at the Jurassic-Cretaceous boundary in Eastern England*. in "The Boreal Lower Cretaceous". "Geol. Jour.", sp., is. 5, 193-266 (1973).
- CIRY, R.: *Etude geologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, Leon et Santander*. "Bull. Soc. Hist. Nat.", Toulouse, 74, 1-520 (1939).
- DUNBAR, C. D., y RODGERS, J.: *Principios de Estratigrafía*, 422 pp. Compañía Editorial Continental, S. A. (1963).
- DE VERNEUIL, E.: *Del terreno cretáceo en España*. "Revista minera", Madrid, t. III, pp. 339-346 (1852).
- FEUILLE, P., y RAT, P.: *Structures et paleogéographies Pyrénéo-Cantabriques*, in "Histoire structurale du Golfe de Gascogne", t. 2, v. 1-1, V. 1-48, Techniq. (1971).
- GARCÍA-MONDÉJAR, J., y PUJALTE, V.: *Contemporaneous tectonics in the Early Cretaceous of central Santander Province, north Spain* (trabajo aceptado en el IX Congreso Internacional de Sedimentología) (1975).
- GARRIDO MEJÍAS, A.: *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional Pirenaica en su zona central*. Tesis Univ. de Granada, dos tomos, 395 pág. (1973).

- GONZÁLEZ LASALA, J.: *Areniscas bituminosas o petrolíferas del Puerto del Escudo en los confines de las provincias de Burgos y Santander*. "Bol. com. Mapa geol. de España", 3, 235-241 (1876).
- GONZÁLEZ LINARES, A.: *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. V. "Actas", pp. 23-28.
- HARLAND, W. B. (Chairman): *A concise guide to stratigraphical procedure*. "Jour. Geol. Soc.", 128. 295-305 (1972).
- KARRENBERG, H.: *Die postvariscische Entwicklung des kantabroasturischen Gebirges (Nordwestspanien)*. Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 3.^a serie, fasc. 1, 104 pp. (1934).
- KEMPER, E.: *Das Berrias (tiefe unter Kreide) in NW-Deutschland*. "Geol. Jb.", A9. 47-67 (1973 a).
- KEMPER, E.: *The Valanginian and Hauterivian stages in northwest Germany*. in "The Boreal Lower Cretaceous". Geol. Jour s/piss. 5. 327-344 (1973 b).
- KRUMBEIN, W. C., y SLOOS, L. L.: *Estratigrafía y sedimentación*. 778 pp. Uteha (1969).
- MAESTRE, A.: *Descripción física y geológica de la provincia de Santander*. Junta general de Estadística, 127 páginas (1864).
- MAYNC, W.: *The foraminiferal genera Spirocyclus and Iberina*. "Micropaleontology", 5, 33-69 (1959).
- MENGAUD, L.: *Recherches géologiques dans la région cantabrique*. "These Fac. Sci". París, 370 pp (1920).
- MOORE, R. C.: *Meaning of facies*. "Geol. Soc. Amer." Mem. 39. 1-34 (1949).
- OERTLI, H. J.: *Ostracodes du "Purbeckien" du Bassin Parisien*. "Rev. Inst. Fr. Du Pétrole", 18. 5-39 (1963).
- OERTLI, H. J., y PEYHERNES, B.: *La série de Passage au Crétacé dans le Bassin Sub-pyreneen (Espagne)*. "C. R. heb. seanc. Acad. Sci." París, 274, 3348-3351 (1972).
- PUIG, G., y SÁNCHEZ, R.: *Datos para la geología de la provincia de Santander*. "Bol. com. Mapa geol. España". 15. 251-329 (1888).
- PUJALTE, V.: *Litoestratigrafía de la facies Weald (Valanginiense superior-Barremiense), en la provincia de Santander (Norte de España)*. "Bol. del IGME", 85: 10-21 (1974 a).
- PUJALTE, V.: *Definición, petrología, estructuras sedimentarias y origen de la Formación de Bárcena Mayor, base del Grupo Pas (prov. de Santander)*. Resúmenes del VII Congreso del Grupo Español de Sedimentología, p. 77 (1974 b).
- RAMÍREZ DEL POZO, J.: *Síntesis estratigráfica y micropaleontológica de las facies Purbeckienses y Wealdense del Norte de España*. Edic. CEPESA. 68 p. (1969).
- RAMÍREZ DEL POZO, J.: *Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica)*. "Mem. IGME", 78 (3 vol.), Madrid [1971].
- RAMÍREZ DEL POZO, J., y AGUILAR TOMÁS, M. J.: *Consideraciones sedimentológicas de las facies Purbeck y Weald de la cubeta de Santander-Burgos*, "Estudios Geológicos", 28, 173-192 (1972).
- RAT, P.: *Les pays Crétacés Basco-Cantabriques (Espagne)*. "These Fac. Sc. Publ. Univ. Dijon", t. 18, 525 p. (1959).
- RAT, P.: *La edad y naturaleza de las capas de base del Wealdense en la provincia de Santander y sus alrededores (España)*. "No. y Com. Inst. Geol. y Min. España". 61, 181-184 (1961).
- RAT, P.: *Contribution a l'étude stratigraphique du Purbeckien-Wealdien de la region de Santander (Espagne)*. "Bull. Soc. Geol. France. Sr." 7 V. 4. 2-12 (1962).
- RAT, P.: *Problemes du Crétacé inferieur dans les Pyrenées et le Nord de l'Espagne*. "Sonderd. Geol. Rudschau". 53, 205-220 (1963).
- RAT, P.: *Rapport sur les formations non marines du Crétacé Inferieur Français*. In "Colloque sur le Crétacé inferieur", Memoires du B.R.G.M., pp. 333-343 (1965).
- RAT, P., y SALOMÓN, J.: *Donnees nouvelles sur la stratigraphie et les variations sedimentaires de la serie Purbecko-Wealdienne au S. de Santander (Espagne)*. "Compt. Rend. S. G. F. 16 Jun. pp. 216-217 (1969).
- REGUANT, S.; RIBA, O., y MALDONADO, A.: *Acerca de los tránsitos verticales y horizontales en las secuencias estratigráficas* (inédito).
- SÁENZ GARCÍA, C.: *Notas para el estudio de las facies Wealdica española*. Asoc. Esp. para el progreso de las ciencias. Lisboa, t. 5, pp. 59-76 (1932).
- SAMPAYO, P.: *Datos geológico-mineros de la provincia de Burgos*. "Bol. Com. del Mapa Geol. de España", t. III, 125-132 (1876).
- SANZ Y SANZ, R.: *Memoria de la hoja 1:50.000, n. 84 (Espinosa de los Monteros)*. 62 pp. IGME.
- SALOMÓN, J.: *Sur la stratigraphie des formations "Wealdiennes" de la bordure Sud-est du massif asturien*. Comp. Rend. S. G. France. 2 Marz. 75-77 (1970).
- SALOMÓN, J.: *Theriosynoecun fittoni, su repartition et sa signification stratigraphique dans de Wealdien du nord de l'Espagne*. "Revue de Micropaleontologie". 16. 132-136 (1973).
- SCHULZ, G.: *Note sur la geologie des Asturies*. "Bull. Soc. "Geol. de France", t. 8, 325-328 (1837).
- SCHULZ, G.: *Vistazo geológico sobre Cantabria*. "Bol Oficial de minas", n. 34 (1845).
- SIGAL, J.: *Etat des connaissances sur les Foraminiferes du Crétacé inferieur*. in, "Colloque sur le Crétacé inferieur". Mem. du B. R. G. M. 34, 489-502 (1965).
- WIEDMANN, J.: *Sur la possibilité d'une Subdivision et des corrélations du Crétacé inferieur Ibérique*. in, "Colloque sur le Crétacé inferieur". Mem. du B.R.G.M. 34, 819-823 (1965).
- Varios Autores: Mapa Geológico de España, 1:400.000, Hojas 4 y 12. IGME (1956).
- Varios Autores: Mapa Geológico de síntesis, 1.200.000 y memoria. Hoja n. 11. Reinosa, IGME (1970).

Recibido: Abril 1975.

Etude géologique de la région de Barruecopardo et de ses minéralisations de tungstène (province de Salamanca)

Por P. BUXANT (*)

RESUMEN

El interés del estudio de la región de Barruecopardo consiste en la presencia de yacimientos de volframio. Esa parte occidental de la provincia de Salamanca, limitada por los Ríos Duero y Huebra, es dividida entre áreas graníticas y áreas de rocas más o menos metamorficadas (fig. 1 fuera de texto).

El "Granito de Barruecopardo" forma un massivo "circoscrito" y presenta tres facies: un granito a grano medio, otra a grano grueso y un granito porfiróides, todos granitos alcalinos de composición química uniforme. Una sienita calco-alcalina puede verse en Valderodrigo, al este de Barruecopardo, otra en La Peña, al noroeste.

Entre las rocas de origen sedimentario hay que distinguir: pizarras, un poco metamorficadas, al oeste de Barruecopardo; micasquitos al este y al sudeste; migmatitas en Fuentes de Masueco. Esas rocas han experimentado un metamorfismo regional, un metamorfismo de contacto y alteraciones pneumatolíticas.

En esta región el volframio se explota bajo dos formas: la wolframita y la scheelita; accesoriamente el "arsénico" y la cassiterita son o fueron extraídos; esos minerales están colocados en una red densa de filones cuarzosos que han invadido tanto las pizarras en Saucelles como el granito en Barruecopardo, a próximo del contacto de esas rocas. Podría tratarse de una mineralización epigenética en un yacimiento pneumatolítico a hidrotermal. La presencia simultánea de la scheelita y de la wolframita en un granito totalmente alcalino presenta un problema de génesis. La contesta parece encontrarse en una aportación de la profundidad del batolito.

RÉSUMÉ

L'intérêt de l'étude de la région de Barruecopardo porte sur la présence de gisements de wolfram. Cette partie occidentale de la province de Salamanca, limitée par les rios Duero et Huebra, se partage entre des aires granitiques et des aires de roches plus ou moins métamorphisées (fig. 1 hors-texte).

Le "Granite de Barruecopardo" forme un massif circonscrit et présente trois faciès: un granite à grain moyen, un autre à gros grain et un granite porphyroïde, tous granites alcalins de composition chimique très uniforme. Une syénite calco-alcaline est observable à Valderodrigo, à l'est de Barruecopardo, et une autre à La Peña, au nord-est.

Parmi les roches d'origine sédimentaire on peut distinguer: des schistes, peu métamorphisés à l'ouest de Barruecopardo; des micaschistes à l'est et au sud-est; des migmatites à Fuentes de Masueco. Ces roches ont subi un métamorphisme régional, un métamorphisme de contact et des altérations pneumatolytiques.

Le wolfram est exploité dans la région sous deux formes: la wolframite et la scheelite; accessoirement le mispickel et la cassitérite sont ou ont été extraits. Ces minerais sont logés dans un réseau dense de veines quartzueuses s'étant infiltrées aussi bien dans les schistes à Saucelle que dans le granite à Barruecopardo, de part et d'autre du contact entre ces roches. Il s'agirait d'une minéralisation épigénétique dans un gisement pneumatolytique à hydrothermal. La présence simultanée de scheelite et de wolframite dans un granite purement alcalin pose un problème de genèse. La réponse semble devoir se trouver dans un apport venant de la profondeur du batholite.

(*) Université Catholique de Louvain (Belgique). Institut Géologique - Laboratoire de Minéralogie et de Géologie Appliquée.

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CADRE GEOLOGIQUE

1. Situation géographique.

La région de Barruecopardo, que nous nous proposons de décrire est une partie de la Meseta; elle est située à l'extrémité nord-ouest de la province de Salamanque. Elle est limitée à l'ouest par le Rio Duero, au Sud par le Rio Huebra, à l'est par le méridien de Valderodrigo, au nord par le parallèle passant entre la Peña et Masueco. Cette zone d'environ 400 km² de superficie couvre pratiquement toute feuille n.° 449 de la carte au 1/50.000 de l'Institut Geográfico y Catastral et déborde légèrement sur les feuilles voisines.

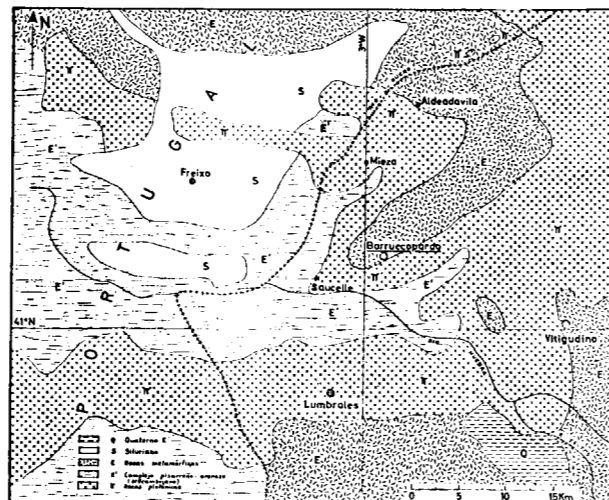


Figura 2

Extrait de la carte géologique officielle.

2. Travaux antérieurs sur la région de Barruecopardo.

Les travaux de Mallada (1895-1907) ont permis de tracer la carte géologique officielle au 1/1.000.000. La figure 2 reproduit, agrandie au 1/250.000 la région de Barruecopardo. Une nouvelle carte de la province de Salamanque (1966), préparée par López de Azcona et ses collaborateurs, présente de grandes modifications.

DELGADO (1907) et surtout TEIXEIRA (1946-1955-1956) nous informent sur la géologie du Portugal touchant notre région. La contribution la plus complète est celle de SCHMIDT-THOME (1950). Néanmoins son étude porte essentiellement sur la région s'étendant au sud de la nôtre, de sorte que les indications qu'il donne sur les environs de Barruecopardo sont sommaires. Finalement la construction de plusieurs barrages sur le Duero a nécessité des études géologiques; mais, à notre connaissance, les résultats n'en ont pas été publiés.

3. Cadre géologique.

Cette région est située au nord de la dépression transversale orientée SW-NE qui est reconnue dans la meseta (LOTZE, 1929). Elle a des traits géologiques communs avec ceux du nord du Portugal, dont elle est un prolongement.

En général toute cette région d'Espagne est partagée entre deux grands types de roches: des roches granitiques et des roches sédimentaires plus ou moins intensément métamorphisées. Ces derniers se subdivisent en deux groupes:

1.° Des roches schisteuses s'étendant surtout au SW et à l'W de Barruecopardo. Elles sont réputées être du Précambrien ou du Silurien (fig. 2), mais faute de fossiles, leur âge réel et leurs limites ne sont pas clairement définis et maints auteurs (TEIXEIRA, Oen Ing Soen, SAMPELAYO) ne tranchent pas la question. Ces roches sont relativement peu métamorphisées. La carte de la Province de Salamanque (1966) les renseigne finalement datant du Silurien.

2.° Les autres roches, intensément métamorphisées au contraire, sont d'âge indéterminé. Elles sont désignées par E sur la fig. 2. Barrois les considéra comme archéennes, de même que Mallada, mais STILLE, DELGADO et LOTZE leur donnèrent un âge cambrien; finalement SCHMIDT-THOMÉ revient aux conceptions de Barrois. LOTZE, en 1966, ne parle plus de cambrien dans la région.

Les granites occupent d'autre part des zones très étendues. Les aires granitiques sont déjà définies en général par Mallada (1895); il dépeint le granite à "grano grueso" gris-bleuté, renseigne une variante à grain fin mais ne parle pas d'autre roche intrusive. TEIXEIRA (1946) démontre pour le nord du Portugal l'existence de deux granitisations, l'une asturienne, l'autre postérieure au stéphanien moyen. Il y a eu d'autres granitisations plus anciennes. D'après cet auteur, dont les conclusions sont généralement confirmées par SCHMIDT-THO-

ME (1950) et, plus récemment, par D. THADEU (1973), les roches granitiques de cette région hispano-portugaise sont classées en trois catégories :

- 1) les granites anciens, anté-hercyniens;
- 2) les granites syntectoniques, asturiens;
- 3) les granites posttectoniques, autuniens.

Dans la province de Salamanque SCHMIDT-THOME désigne le granite ancien par "granito más viejo" et le trouve à proximité (vers le SE) de Barruecopardo, ce qui nous semble inexact; le granite syntectonique par "granito viejo" et le granite posttectonique par "granito joven", qui n'apparaît que dans la Sierra de Béjar, au Sud de Salamanque. La mise en place de ces granites est liée à l'orogène hespérique (TERMIER, p. 632) qui a plissé la Meseta. Le "granito más viejo" est ainsi pré-tectonique (TEIXEIRA) ou contemporain d'une phase précoce des plissements varisques (THOME); le "granito viejo", contemporain de la phase asturienne de ces plissements et le "granito joven" contemporain d'une phase tardive, avec un axe de mise en place suivant la direction "erzgebirguica" (THOME), alors que la phase précédente a été caractérisée par des axes NW-SE de plissement.

La carte de LÓPEZ DE AZCONA distingue un granite porphyroïde calcoalcalin et un gneiss granitique dans les roches plutoniques de la région de Barruecopardo, ce qui ne nous satisfait pas du tout.

Finalement toute la région est couverte par un réseau de diaclases et de failles dont un bon nombre a livré passage à diverses venues filoniennes; nous nous trouvons dans la province métallogénique du nord portugais et de la Galice espagnole.

II. GEOMORPHOLOGIE

1. Le relief.

La région de Barruecopardo offre un relief type de plateau disséqué par le réseau hydrographique. Son altitude moyenne est de 700 m, mais une légère inclinaison s'observe vers l'ouest; celle-ci s'inscrit dans la déclivité générale que présente le nord-ouest de la province de Salamanque, entre les ríos Huebra, Duero et Tormes. Le relief est vigoureusement rajeuni à proximité des grands cours d'eau. Les ríos Duero et Huebra coulent dans des gorges profondes; des affluents torrentiels dévalent des vallons bien incisés, mais les affluents plus

importants ne coulent au fond d'une vallée "jeune" que sur une fraction relativement minime de leur cours. Nous avons affaire à un relief récemment rajeuni. SUIVANT SCHMIDT-THOME (p. 104) la surface du plateau daterait de l'érosion post-pontienne.

La nature des roches n'a pas d'influence primordiale sur le relief général. A Saucelle des sommets schisteux et granitiques ont une même altitude; les aires schisteuses, micaschisteuses et granitiques se trouvent au même niveau; une dépression devrait être clairement marquée sur les micaschistes s'étendant à l'est de Barruecopardo, ce qui n'est pas le cas. A part ces généralités, quelques faits remarquables doivent être mentionnés. De puissantes crêtes, sur grosses veines quartzieuses, s'érigent au sud de Cerezal; le village de la Peña est dominé par un "inselberg" de syénite (photo 1); la zone minière au Sud de Barruecopardo particulièrement riche en veines de quartz, domine les environs.

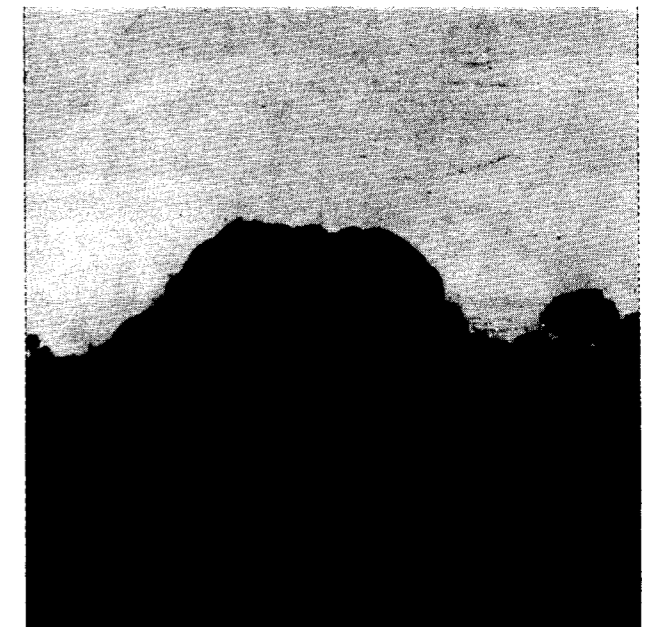


Photo 1
Inselberg de La Peña

2. Le réseau de diaclases.

Il est principalement orienté du sud-ouest au nord-est et accessoirement du sud-est au nord-ouest. Mais pratiquement tous les faits oro-hydrographiques liés aux fractures ont la direction principale.

Les diaclases affectent toute la région et tous les

ME (1950) et, plus récemment, par D. THADEU (1973), les roches granitiques de cette région hispano-portugaise sont classées en trois catégories :

- 1) les granites anciens, anté-hercyniens ;
- 2) les granites syntectoniques, asturiens ;
- 3) les granites posttectoniques, autuniens.

Dans la province de Salamanque SCHMIDT-THOME désigne le granite ancien par "granito más viejo" et le trouve à proximité (vers le SE) de Barruecopardo, ce qui nous semble inexact ; le granite syntectonique par "granito viejo" et le granite posttectonique par "granito joven", qui n'apparaît que dans la Sierra de Béjar, au Sud de Salamanque. La mise en place de ces granites est liée à l'orogène hespérique (TERMIER, p. 632) qui a plissé la Meseta. Le "granito más viejo" est ainsi pré-tectonique (TEIXEIRA) ou contemporain d'une phase précoce des plissements varisques (THOME) ; le "granito viejo", contemporain de la phase asturienne de ces plissements et le "granito joven" contemporain d'une phase tardive, avec un axe de mise en place suivant la direction "erzgebirguica" (THOME), alors que la phase précédente a été caractérisée par des axes NW-SE de plissement.

La carte de LÓPEZ DE AZCONA distingue un granite porphyroïde calcoalcalin et un gneiss granitique dans les roches plutoniques de la région de Barruecopardo, ce qui ne nous satisfait pas du tout.

Finalement toute la région est couverte par un réseau de diaclases et de failles dont un bon nombre a livré passage à diverses venues filoniennes ; nous nous trouvons dans la province métallogénique du nord portugais et de la Galice espagnole.

II. GEOMORPHOLOGIE

1. *Le relief.*

La région de Barruecopardo offre un relief type de plateau disséqué par le réseau hydrographique. Son altitude moyenne est de 700 m, mais une légère inclinaison s'observe vers l'ouest ; celle-ci s'inscrit dans la déclivité générale que présente le nord-ouest de la province de Salamanque, entre les ríos Huebra, Duero et Tormes. Le relief est vigoureusement rajeuni à proximité des grands cours d'eau. Les ríos Duero et Huebra coulent dans des gorges profondes ; des affluents torrentiels dévalent des vallons bien incisés, mais les affluents plus

importants ne coulent au fond d'une vallée "jeune" que sur une fraction relativement minime de leur cours. Nous avons affaire à un relief récemment rajeuni. SUIVANT SCHMIDT-THOME (p. 104) la surface du plateau daterait de l'érosion post-pontienne.

La nature des roches n'a pas d'influence primordiale sur le relief général. A Saucelle des sommets schisteux et granitiques ont une même altitude ; les aires schisteuses, micaschisteuses et granitiques se trouvent au même niveau ; une dépression devrait être clairement marquée sur les micaschistes s'étendant à l'est de Barruecopardo, ce qui n'est pas le cas. A part ces généralités, quelques faits remarquables doivent être mentionnés. De puissantes crêtes, sur grosses veines quartzzeuses, s'érigent au sud de Cerezal ; le village de la Peña est dominé par un "inselberg" de syénite (photo 1) ; la zone minière au Sud de Barruecopardo particulièrement riche en veines de quartz, domine les environs.

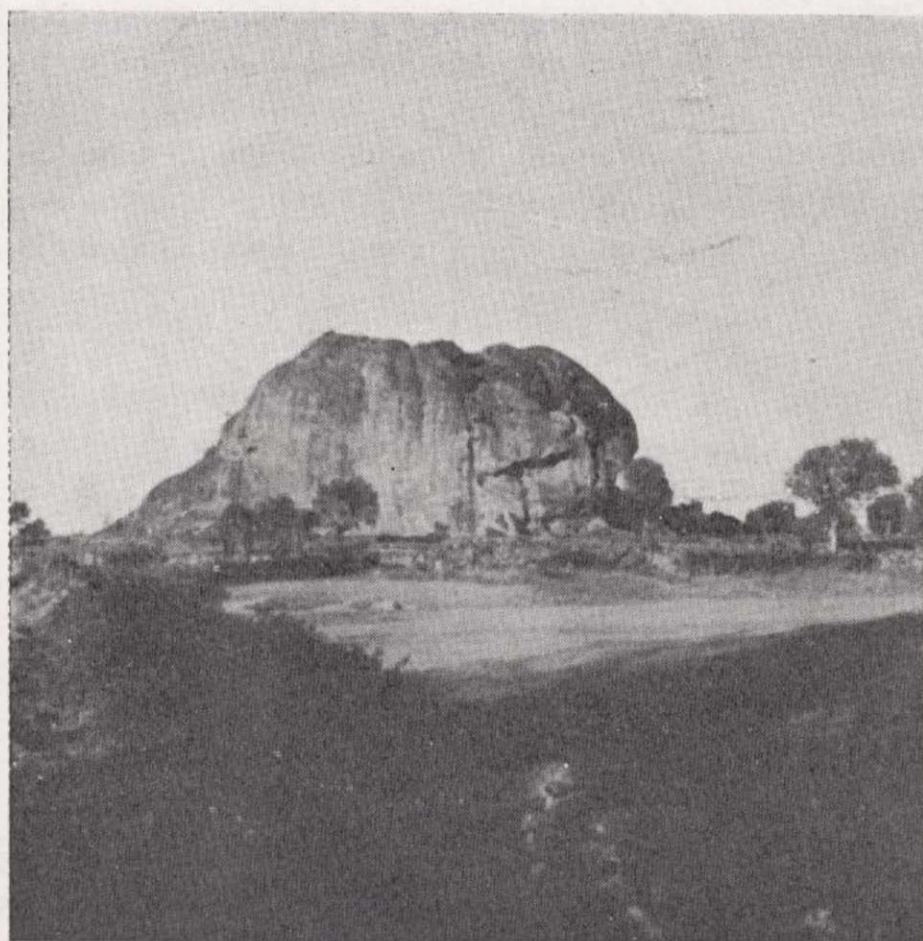


Photo 1
Inselberg de La Peña

2. *Le réseau de diaclases.*

Il est principalement orienté du sud-ouest au nord-est et accessoirement du sud-est au nord-ouest. Mais pratiquement tous les faits oro-hydrographiques liés aux fractures ont la direction principale.

Les diaclases affectent toute la région et tous les

types de roche; elles sont néanmoins sensiblement plus nombreuses dans les granites et il faut noter une variabilité d'un type de granite à l'autre; la fréquence des joints est inversement proportionnelle à la grosseur des grains du granite. Le diagramme des points donnent une idée synthétique de la fréquence des diaclases suivant l'observation sur le terrain (fig. 3). Le résultat le plus remarquable de la fracturation de la région est son influence sur

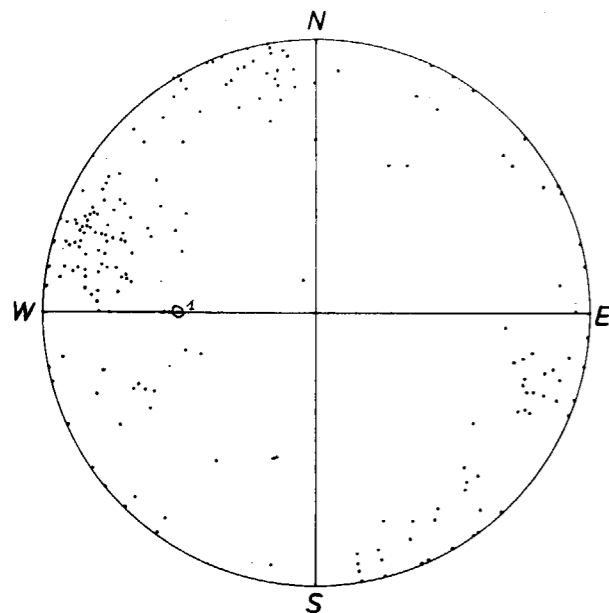


Figure 3

Diagramme des points des diaclases relevées sur le terrain. Billings, 1959, pp. 108-112.

l'érosion fluviale. Les tronçons de vallée soulignés par des diaclases et les coudes brusques dans les cours d'eau sont innombrables.

De puissantes veines de quartz se sont infiltrées dans des fractures, donnant des crêtes plus ou moins saillantes; celles-ci sont nombreuses à l'ouest d'une ligne Saldeana-la Zarza, pratiquement absentes à l'est de cette ligne. Ces veines ont presque toutes la direction SW-NE. Ce réseau de diaclases semble nettement s'inscrire dans le réseau "regmatique" (1) défini par ROSSO DE LUNA (1962) dans la péninsule ibérique.

(1) Du grec rhexma=fracture.

III. LES ROCHES GRANITIQUES

1. Les différents types.

Les roches endogènes de la région comprennent essentiellement du granite, une syénite à amphibole et une autre syénite très localisée.

Appelons "granite de Barruecopardo" le granite de cette région: il est caractérisé par la présence de minéralisation de wolfram dont l'importance n'est pas négligeable et il se distingue des autres granites observés dans les régions voisines.

En parcourant la région on aurait facilement l'impression de rencontrer des granites différents: SCHMIDT-THOME (p. 101) décrit à Barruecopardo un granite "viejo" et un peu plus loin, un granite "más viejo"; la carte récente de LÓPEZ DE AZCONA distingue un granite porphyroïde calcoalcalin et un gneiss granitique. Pour notre part nous pensons avoir affaire à plusieurs faciès d'un seul granite de composition chimique constante et de caractères physiques et minéralogiques uniformes. Nous distinguons trois faciès:

- un granite à grain moyen;
- un granite à grain grossier;
- un granite porphyroïde.

2. Le granite à grain moyen

Ce granite est celui que l'on rencontre dans la zone minière de Barruecopardo. Son extension est donnée par la fig. 1.

Extérieurement la roche se présente comme un granite clair, gris bleuté, d'une grande fraîcheur; ses grains ont de 1 à 2 mm. de diamètre.

C'est un granite alcalin à deux micas dont on trouvera quelques résultats d'analyse dans le tableau récapitulatif: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 13, 14. Le granite est habituellement leucocrate, sa composition minéralogique moyenne est la suivante:

Quartz	25 %
Feldsp. pot.	35 %
Albite	25 %
Muscovite	10 %
Biotite	5 %
Min. access.	

De l'étude des différents échantillons se dégagent les points suivants: la roche est parfois hololeucocrate, suite à la raréfaction de la biotite; le granite est toujours alcalin, les plagioclases étant essentiellement l'albite et accessoirement l'oligoclase, il y a toujours de l'orthose ou du microcline; il est le plus souvent à deux micas, biotite et muscovite, mais ce dernier est normalement le plus abondant; l'apatite est omniprésente (sa formation a probablement accaparé l'essentiel du calcium lors de la consolidation du granite); parmi les autres minéraux accessoires la tourmaline (variété Schorl) est la plus abondante et le zircon est fréquent; les feldspaths sont toujours altérés, kaolinisés et —ou— séricitisés, même dans les roches prélevées en profondeur, dans la mine Maria de los Angeles par exemple. A proximité des mines de wolfram au sud de Barruecopardo le granite est comparable à ce qu'il est ailleurs; l'analyse chimique ne révèle qu'une très faible proportion d'oxydes de fer. Dans les mines mêmes, on observe que le granite est généralement hololeucocrate (disparition de la biotite et abaissement du taux en oxydes de fer), révélant un pourcentage plus élevé en alcalis; la tourmaline est plus abondante et le grain de la roche parfois très variable; finalement des grains de wolfram, de mispickel, de scheelite, ...sont disséminés dans la roche.

La localité de Milano se distingue par la présence, dans un environnement de granite à grain moyen, de deux roches d'aspects très différents; la granite à grain fin et une rhyolite dévitrifiée.

a) *Le granite à grain fin*: ce faciès du granite de Barruecopardo s'observe surtout au centre du village et dans les environs immédiats. La roche est encore plus claire; le grain est très régulier; les grains ont moins d'un millimètre de diamètre. C'est aussi un granite alcalin à deux micas où la muscovite est dominante et dont l'analyse chimique et minéralogique montre l'identité de composition entre cette roche et celle de Barruecopardo.

Ce faciès à grain fin se rencontre encore dans quelques petits pointements à Cabeza del Caballo. Nous pensons nous trouver en présence de variations locales du processus de cristallisation.

b) *Une rhyolite dévitrifiée*: à 100 m au nord de la borne 14 de la route vitigudino- Mieza une carrière a été ouverte dans une roche hololeucocrate d'aspect tantôt vitreux tantôt aplitique, ou encore montrant une texture fluidale caractérisée. Cette

roche se trouve au sein du granite à grain moyen. Ses contacts avec le granite sont nets, sans transition. Elle forme des bancs irréguliers, des amygdales dans la roche encaissante. En lame mince il semble qu'on ait affaire à une pâte phylliteuse mélangée à du quartz; l'analyse chimique confirme l'impression qu'il s'agit d'un magma granitique figé (analyses 1 et 2). De là le nom attribué à cette roche.

3. Le granite à gros grain.

Ce faciès s'étend dans la partie nord-est de notre région, autour du village de La Peña, en se prolongeant au nord de Vitigudino en direction de Trabanca; ensuite au sud de la bande schisteuse s'étendant de Barruecopardo à Encinasola, autour du village de Barreras (fig. 1). Le granite à gros grain diffère des autres par la dimension de son grain. Celui-ci a un diamètre de 1 à 5 mm, le double de celui du grain moyen. On notera aussi que les phénocristaux de feldspath sont fréquents. L'analyse de la roche (9) par contre nous montre que sur ce plan on ne peut pas distinguer de particularité quelconque.

4. La granite porphyroïde.

Son extension est importante (fig. 1). Il est surtout remarquable à Cabeza del Caballo. Il ne se trouve pas dans les régions contigues à la nôtre.

Ce granite se distingue des autres faciès essentiellement par ses nombreux phénocristaux de feldspaths. L'abondance de ceux-ci est très variable: depuis quelque deux ou trois phénocristaux au décimètre carré jusqu'à la roche paraissant n'être constituée que de phénocristaux, telle qu'elle peut être observée dans la partie sud du village de Cabeza del Caballo.

Le granite porphyroïde est un granite alcalin à deux micas où les phénocristaux sont de l'orthose. A côté des minéraux accessoires habituels, la tourmaline noire (schorl) est particulièrement abondante; cette présence est liée aux nombreuses pegmatites à tourmaline que l'on observe à Cabeza, à Valderrodrigo, à Milano. A noter aussi des structures myrmékites au contact des orthoses, dans de nombreuses albites à la Zarza et à Cabeza.

A la fin de la description des granites il est intéressant d'analyser le diagramme de variation de composition des roches (fig. 4) et le tableau des résultats d'analyses chimiques (pages...)

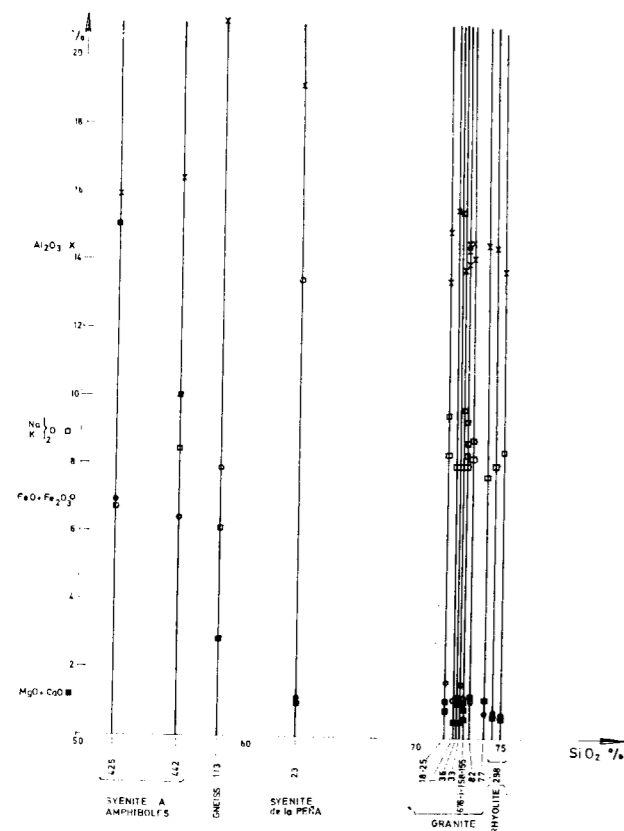


Figure 4

5. Autres roches ignées.

a) une syénite calco-alcaline à amphibole.

A Valderrodrigo on rencontre une roche gris-noir finement grenue qui contraste avec le granite, particulièrement clair, que l'on foule dans la région. Son extension est assez limitée (fig. 1): à côté d'une surface continue autour de Valderrodrigo, la roche pointe en de nombreux endroits à l'ouest de ce village. C'est une roche pauvre ou totalement dépourvue en quartz; la hornblende et la biotite prédominent: leur abondance donne l'aspect sombre à la roche; les feldspaths se partagent assez également entre l'orthose et les plagioclases, mais on peut remarquer la prédominance des feldspaths calco-alcalins (oligoclase et andésine) là où le quartz est

absent, et une plus grande proportion d'orthose quand il y a du quartz; comme minéraux accessoires nous avons trouvé: sphène, apatite, tourmaline, rutile. Les analyses chimiques (17 et 18) montrent en particulier:

- que l'alumine est à peine plus abondante que dans le granite;
- l'abondance des oxydes de fer et de magnésium, exprimée dans la biotite et l'amphibole;
- l'abondance de la chaux exprimée dans la hornblende, les plagioclases et le sphène;
- la présence de TiO_2 exprimée par le sphène et le rutile.

b) la syénite de La Peña.

A 750 m du centre du village de La Peña, vers l'E.N.E., se dresse un grand rocher tout en boule (photo 1), dominant les environs d'une quarantaine de mètres. Cette "peña" est constituée d'une syénite alcaline rose formée d'orthose à concurrence de 69 %, d'albite (30 %) et de quelques minéraux accessoires: biotite, apatite, tourmaline en agrégats de grains minuscules (voir analyse 5) La roche est très altérée, au moins en surface. Constituée de minéraux plus tendres que le quartz, on s'étonnera volontiers de voir cette roche dominer tous les granites qui l'entourent. Il ne semble pas possible de voir une autre action que celle de l'érosion différentielle. C'est peut-être l'homogénéité de la roche qui lui a conféré une plus grande résistance, à la désagrégation mécanique entre autres.

A 2,5 km au Sud de La Peña, sur la route de Vitigudino, un talus montre une roche rougeâtre semblable à la syénite: elle contient les mêmes minéraux, mais renferme 25 % de quartz; elle est enrobée dans une migmatite. Il n'est pas impossible que la syénite alcaline de la Peña, apparemment exceptionnelle dans cette région granitique, s'étende davantage en profondeur.

6. Pegmatites, aplites et filons quartzeux.

a) les pegmatites.

La pegmatite la plus fréquente est celle à tourmaline noire *schorl* — qui abonde surtout dans les zones minéralisées et dans le granite porphyroïde ou à gros grain. Cette pegmatite est constituée

uniformément de quartz, de feldspaths, de muscovite et de schorl. Les veines sont généralement de quelques centimètres d'épaisseur, mais elles peuvent atteindre le mètre de puissance. Elles sont logées habituellement dans des diaclases. Des veines de pegmatite traversent également les roches métamorphiques à quelque distance du granite. Il semble certain que ces dernières veines soient également issues du granite à plus ou moins grande profondeur et que ces pegmatites soient des manifestations de phénomènes périphériques du granite. A Fuentes de Masueco, dans les champs situés de part et d'autre de la route de La Peña aux environs de la borne 2, on trouve des débris d'une pegmatite à *andalousite*. Celle-ci se rencontre parfois en masse importante et présente des cristaux bien individualisés; elle est associée au quartz, à de la muscovite souvent interstitielle, et à de la tourmaline noire; on trouve aussi quelques grenats, de la biotite et de l'apatite. Sur le bord de la route on peut trouver la pegmatite en place, traversant des micaschistes gneissiques. Il est vraisemblable que l'andalousite de cette pegmatite a tiré son alumine de roches encaissantes très alumineuses. De l'autre côté de la vallée, vers le village de Fuentes de Masueco, une tranchée a été ouverte dans une grosse pegmatite à *triplite*, massive et abondante (point 340). Des masses compactes de plusieurs kilos peuvent en être extraites. Ce mineral est associé à de la tourmaline (*schorl*), de la muscovite, des feldspaths et de la biotite. Cette pegmatite est incluse dans un pointement de granite à grain moyen entouré de migmatites.

Finalement à l'est de La Peña on a exploité d'assez grosses veines d'une pegmatite à *béryl* (points 30 et 532). Le béryl se trouve en gros cristaux verdâtres et brun-verdâtre; on rencontre des prismes de toute dimension jusqu'à des cristaux de 20 centimètres de longueur. La pegmatite, formée principalement de quartz, de muscovite et d'orthose, a localement une structure graphique.

b) les aplites.

Comme c'est la règle, de nombreuses aplites ont été rencontrées à la périphérie du massif granitique, soit dans le granite même à peu de distance du contact avec les schistes, comme à Barruecopardo et à Cerezal, soit dans les schistes, en bancs détachés du massif, comme à Cabeza et surtout à Vilvestre où le granite se trouve à plusieurs kilo-

mètres des veines d'aplite. Les aplites sont souvent associés à des pegmatites, à la Zarza (point 253), à Cabeza (point 313) et à Villasbuenas (point 624) notamment.

c) Les filons de quartz.

A part les veines quelconques observables partout nous relevons quelques faits dignes d'intérêt. A Saucelle, sur la route du barrage, une grosse veine constitue une limite entre les schistes et le granite; elle contient de nombreuses enclaves énallogènes de schistes métamorphisés. A Villasbuenas la mine "Santa Margarita" a été ouverte, à quelque 500 mètres au sud du village, dans d'épaisses veines de quartz. De nombreuses géodes sont tapissées de beaux cristaux de quartz, tantôt limpides, tantôt fumés. Il nous fut affirmé que du topaze y était également exploité, mais nous n'avons pas pu en retrouver des traces. Finalement les crêtes de Peñahorcada et d'Homomula, au sud-est de Cerezal sont bâties sur les plus puissantes veines quartzueuses rencontrées dans la région; d'aspect extérieur rosé le quartz y est finement grenu dans des filonnets qui traversent une pâte de quartz et de micas blancs.

7. Les modifications du granite.

a) une mylonite.

Entre Barruecopardo et Saucelle, à la limite du granite et des schistes (point 151), le granite présente localement une texture cataclastique: des grains brisés de quartz et de feldspaths avec quelques apatites baignent dans un feutrage micacé. Une recristallisation est intervenue le long des cassures; mais les cristaux sont incurvés, ce qui témoigne sans doute d'un mouvement le long des failles au cours de la cristallisation. Au sud de cet endroit (point 153), une galerie a été creusée dans un granite partiellement décomposé en pleine masse: il s'agit d'un granite hololeucocrate alcalin, traversé par de grosses veines de roche broyée, qu'on peut qualifier de *mylonite*: des grains de quartz brisés et quelques apatites baignent dans une pâte qu'un diagramme aux R.X. a révélé être de l'orthose. Ces faits montrent qu'une faille passe vraisemblablement par ces deux points.

TABLEAU DES RESULTATS DE

N.º	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>1. Analyse chimique</i>								
SiO ₂	75,05	74,55	74,00	73,20	73,10	72,75	72,75	72,74
TiO ₂	0,02	0,03	0,19	0,12	0,14	0,15	0,15	0,13
Al ₂ O ₃	13,80	14,45	14,50	14,10	14,60	14,60	14,40	14,08
Fe ₂ O ₃	0,52	0,52	0,33	0,83	0,44	0,63	0,25	0,30
FeO	0,12	0,26	0,40	0,27	0,75	0,45	0,97	1,92
MnO	0,03	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
MgO	0,13	0,11	0,35	0,35	0,25	0,23	0,04	0,02
CaO	0,51	0,50	0,79	0,80	0,94	0,96	0,77	0,42
Na ₂ O	3,80	3,95	2,90	4,05	3,25	3,50	2,84	3,70
K ₂ O	4,65	4,10	4,80	4,74	5,00	4,80	5,90	4,35
H ₂ O+	0,77	1,11	1,10	0,95	0,98	1,00	1,07	1,05
H ₂ O-	—	—	—	—	—	—	0,07	0,05
P ₂ O ₅	0,29	0,24	0,58	0,51	0,41	0,54	0,37	0,29
TOTAL	99,69	99,89	99,96	99,94	99,88	99,63	99,60	99,07
<i>2. Paramètres de Niggli</i>								
Si	471,00	463,00	455,00	422,00	426,00	423,00	435,00	434,00
Al	50,30	52,00	52,20	47,60	50,00	50,00	50,50	49,10
fm	4,10	5,10	6,90	7,80	7,60	6,80	6,00	10,80
c	3,30	3,30	5,10	4,70	5,80	5,80	4,90	2,40
alk	41,70	38,50	35,70	39,70	36,60	37,20	38,50	37,50
K	0,44	0,40	0,52	0,43	0,50	0,47	0,57	0,43
mg	0,27	0,20	0,47	0,39	0,27	0,30	0,05	0,00
c/fm	0,80	0,64	0,73	0,60	0,76	0,85	0,80	0,22
qz	204,00	209,00	212,00	163,00	180,00	174,00	181,00	184,00
<i>3. Norme</i>								
Q	36,06	37,00	38,70	31,14	34,26	33,30	32,94	34,10
Or	27,08	27,08	28,35	27,80	29,46	28,35	35,02	26,10
ab	30,91	31,05	24,62	34,58	27,77	29,86	24,10	31,40
an	2,50	2,60	0,55	1,39	2,22	2,22	2,22	0,27
cor	1,53	1,55	4,38	1,83	3,06	2,95	2,65	3,26
hy	0,30	0,30	1,16	0,90	1,26	0,60	1,55	3,16
ap	0,62	0,51	1,24	0,93	0,93	0,93	0,62	0,62
mt	0,46	0,46	0,46	0,69	0,69	0,92	0,23	0,46
il	—	—	0,30	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15
hm	0,16	0,16	—	0,32	—	—	—	—

Légende: N.º 1: Rhyolite dévitrifiée — Milano — affl. n.º 298.
 N.º 2: Rhyolite (finement grenue) — Milano — affl. n.º 298.
 N.º 3: Granite de Barruecopardo (à grain moyen) Barruecopardo — n.º 77.
 N.º 4: Granite de Barruecopardo — Est de Saucelle — n.º 153.
 N.º 5: Granite de Barruecopardo — Vallée de Huebra — n.º 82.
 N.º 6: Granite de Barruecopardo — Route de Saucelle à Lumbrales — n.º 155.
 N.º 7: Granite de Barruecopardo — Route du Saucelle au barrage — n.º 158.
 N.º 8: Granite de Barruecopardo — Mine de María de los Angeles (Barruecopardo) n.º i.

(1) Les analyses ont été effectuées par le laboratoire de Traitement des Minerais du Prof. J. de Cuyper à l'Institut de Métallurgie de l'U.C.L.

L'ANALYSE DES ROCHES (1)

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
72,71	72,50	72,35	72,21	71,74	71,71	62,95	58,30	55,90	52,04
0,17	0,19	0,17	0,19	0,30	0,16	0,57	0,73	0,68	0,34
14,00	13,75	15,00	15,56	14,97	13,49	19,15	21,25	16,90	15,90
0,47	0,13	0,42	0,17	0,42	0,06	0,42	0,95	2,25	2,50
0,84	1,51	0,77	1,00	1,32	1,60	0,72	6,94	4,17	4,45
0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,10	0,10	0,11
0,04	0,01	0,39	tr	0,72	tr	0,04	2,21	5,00	7,48
0,49	0,44	0,75	0,47	0,37	0,74	1,05	0,64	5,03	7,53
2,88	3,16	3,00	2,71	2,79	4,05	4,40	1,20	3,05	2,75
6,46	6,55	5,10	5,32	5,57	5,45	8,96	4,90	5,40	4,00
0,86	1,11	1,20	1,22	1,35	0,90	0,98	2,40	1,22	1,46
0,04	0,05	—	0,08	0,10	0,15	—	—	—	—
0,43	0,44	0,41	0,41	0,32	0,50	0,30	0,21	0,96	1,01
99,41	99,85	99,58	99,35	99,98	98,83	99,56	99,83	100,66	99,57
436,00	423,00	421,00	436,00	356,00	410,00	270,00	214,00	163,00	132,00
49,20	47,00	51,20	55,10	43,50	45,60	48,30	46,10	28,90	23,60
6,70	8,00	8,90	5,60	12,30	7,50	4,30	35,70	36,90	42,60
2,80	3,10	4,40	3,20	1,70	4,50	4,80	2,30	15,60	20,50
41,10	41,80	35,30	35,90	42,30	42,30	42,40	15,70	18,20	13,10
0,59	0,57	0,52	0,56	0,62	0,47	0,57	0,72	0,54	0,48
0,05	0,00	0,38	0,00	0,42	0,00	0,06	0,33	0,59	0,66
0,41	0,38	0,49	0,57	0,13	0,60	1,11	0,06	0,42	0,48
172,00	156,00	180,00	193,00	87,00	141,00	0,40	52,00	— 9,80	— 10,40
31,32	28,80	35,04	36,60	34,20	21,00	2,10	24,24	0,42	—
38,36	38,92	30,02	31,69	32,80	32,24	53,37	29,46	31,69	23,90
24,62	26,72	25,67	23,05	23,58	34,58	37,20	10,48	25,67	23,58
0,55	—	1,11	—	—	1,11	3,61	2,22	16,68	19,46
2,14	1,53	4,28	5,50	4,48	0,61	1,02	13,56	—	—
1,02	2,37	1,66	1,45	3,25	2,64	0,10	16,55	16,05	6,45
0,62	0,93	0,93	0,93	0,62	0,93	0,62	0,31	1,86	2,17
0,69	0,23	0,69	0,23	0,69	—	0,69	1,39	3,24	3,71
0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	0,30	1,06	1,36	1,21	0,60
—	—	—	—	—	—	—	—	di: 2,68	10,21
—	—	—	—	—	—	—	—	—	ol: 9,56

Légende: N.º 9: Granite à gros grain — Saldeana — n.º 676.
 N.º 10: Granite à grain moyen — Carrière de la Bilbaína — n.º 33 (Barruecopardo).
 N.º 11: Granite à grain fin — route Vitigudino — Mieza, K 16 n.º 36.
 N.º 12: Granite à grain moyen — Barruecopardo — n.º 1.
 N.º 13: Granite à grain moyen — Barruecopardo — n.º 25.
 N.º 14: Granite à grain moyen — Villasbuenas — n.º 18.
 N.º 15: Syénite alcaline — La Peña — n.º 29.
 N.º 16: Miscaschistes à andalousite et cordiérite — Sud de Barruecopardo — n.º 113.
 N.º 17: Syénite à amphibole — Valderodrigo — n.º 441.
 N.º 18: Syénite à amphibole — Valderodrigo — n.º 425.

b) *passage d'une roche endogène à une autre.*

A La Peña l'observation continue, faite à l'est du rocher de syénite semble montrer que celle-ci passe progressivement au granite porphyroïde.

Entre le granite à grain moyen et le granite porphyroïde on peut souvent observer un passage progressif, par exemple à la sortie sud du village de La Zarza où les phénocristaux de feldspaths disparaissent progressivement, de même qu'au nord de Mieza et qu'au sud de Valsabarroso. Par contre on passe sans transition d'un faciès à l'autre à Valderrodrigo (point 406) et à Cabeza del Caballo (point 492).

Entre le granite à grain moyen et le faciès à grain fin ou le faciès à gros grain aucune transition n'a pu être observée.

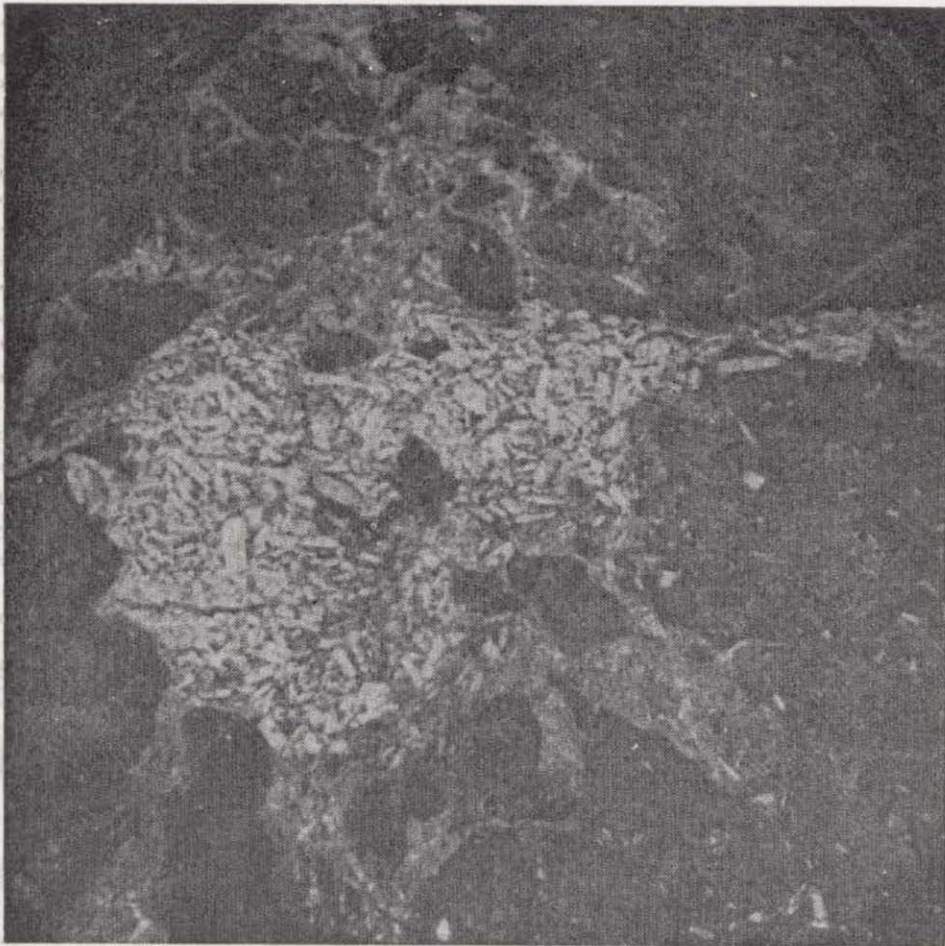


Photo 2

Finalement entre le granite porphyroïde et la syénite de Valderrodrigo il y a une infiltration de l'une des deux roches dans l'autre. On voit nettement le granite s'insinuer par des filonnets et des veines irrégulières dans la masse gris-noir de la syénite (photo 2), derrière le cimetière de Valderrodrigo par exemple (point 412); ailleurs le granite contient des poches de syénite. En lame mince on passe néanmoins d'une roche à l'autre sans transition.

c) *le granite au contact des schistes.*

Le contact du granite avec les roches schisteuses est généralement très net. Il se fait néanmoins de deux manières différentes: ou bien par contact direct, sans zone de transition, cas le plus fréquent, ou bien par l'intermédiaire d'aprites accompagnées ou non de pegmatites. Dans le premier cas le granite n'apparaît pas du tout modifié au contact; une étude plus fine de contacts montre tout au plus un léger enrichissement en muscovite.

8. *Conclusions.*

Le massif granitique de Barruecopardo est nettement un *massif circonscrit*: ses contacts avec les roches encaissantes sont nets. Il ne subit pratiquement pas l'influence de ces roches et n'a exercé sur elles qu'un métamorphisme limité, comme nous le verrons plus loin. Le fait qu'il s'agit d'un massif circonscrit indique que ce massif est posttectonique. Mais cela ne suffit pas. Le granite ne montre aucune linéation, aucune déformation, de grande ou de faible amplitude. Il semble donc s'être mis en place après toute phase orogénique. Mais il a connu une fracturation intense à laquelle ont succédé les venues minéralisatrices (voir plus loin). Si nous nous référons à la classification de Thadeu (voir plus haut) ou de Teixeira (1946) le granite de Barruecopardo date de l'Autunien et serait contemporain de la dernière phase de granitisation qui a affecté le nord du Portugal.

Le granite de notre région présente des aspects divers; nous croyons qu'ils sont le fruit d'une seule granitisation: l'uniformité de la composition minéralogique, les analyses d'échantillons prélevés dans les sites les plus divers et dans tous les faciès de la roche nous en convainquent mais la mise en place du granite a dû connaître des modalités diverses qui expliquent les différents faciès rencontrés.

La *syénite* de Valderrodrigo tient une place à part. Nous y voyons le témoin visible de la première phase de cristallisation rassemblant les éléments basiques du magma originel à laquelle a succédé la mise en place de la roche acide; outre le fait généralement reconnu de la cristallisation des éléments basiques d'abord et des éléments acides ensuite, le contact des deux roches montre nettement l'envahissement de la syénite par le granite et non l'inverse.

b) *passage d'une roche endogène à une autre.*

A La Peña l'observation continue, faite à l'est du rocher de syénite semble montrer que celle-ci passe progressivement au granite porphyroïde.

Entre le granite à grain moyen et le granite porphyroïde on peut souvent observer un passage progressif, par exemple à la sortie sud du village de La Zarza où les phénocristaux de feldspaths disparaissent progressivement, de même qu'au nord de Mieza et qu'au sud de Valsabarroso. Par contre on passe sans transition d'un faciès à l'autre à Valderodrigo (point 406) et à Cabeza del Caballo (point 492).

Entre le granite à grain moyen et le faciès à grain fin ou le faciès à gros grain aucune transition n'a pu être observée.

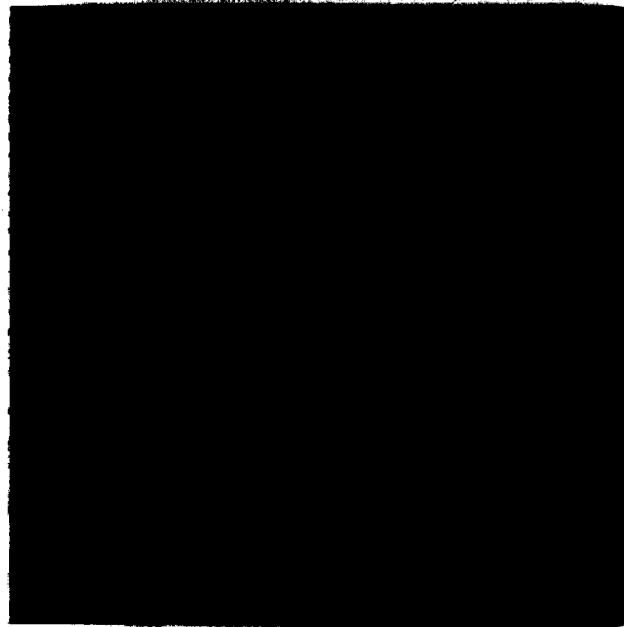


Photo 2

Finalement entre le granite porphyroïde et la syénite de Valderodrigo il y a une infiltration de l'une des deux roches dans l'autre. On voit nettement le granite s'insinuer par des filonnets et des veines irrégulières dans la masse gris-noir de la syénite (photo 2), derrière le cimetière de Valderodrigo par exemple (point 412); ailleurs le granite contient des poches de syénite. En lame mince on passe néanmoins d'une roche à l'autre sans transition.

c) *le granite au contact des schistes.*

Le contact du granite avec les roches schisteuses est généralement très net. Il se fait néanmoins de deux manières différentes: ou bien par contact direct, sans zone de transition, cas le plus fréquent, ou bien par l'intermédiaire d'aprites accompagnées ou non de pegmatites. Dans le premier cas le granite n'apparaît pas du tout modifié au contact; une étude plus fine de contacts montre tout au plus un léger enrichissement en muscovite.

8. Conclusions.

Le massif granitique de Barruecopardo est nettement un *massif circonscrit*: ses contacts avec les roches encaissantes sont nets. Il ne subit pratiquement pas l'influence de ces roches et n'a exercé sur elles qu'un métamorphisme limité, comme nous le verrons plus loin. Le fait qu'il s'agit d'un massif circonscrit indique que ce massif est posttectonique. Mais cela ne suffit pas. Le granite ne montre aucune linéation, aucune déformation, de grande ou de faible amplitude. Il semble donc s'être mis en place après toute phase orogénique. Mais il a connu une fracturation intense à laquelle ont succédé les venues minéralisatrices (voir plus loin). Si nous nous référons à la classification de Thadeu (voir plus haut) ou de Teixeira (1946) le granite de Barruecopardo date de l'Autunien et serait contemporain de la dernière phase de granitisation qui a affecté le nord du Portugal.

Le granite de notre région présente des aspects divers; nous croyons qu'ils sont le fruit d'une seule granitisation: l'uniformité de la composition minéralogique, les analyses d'échantillons prélevés dans les sites les plus divers et dans tous les faciès de la roche nous en convainquent mais la mise en place du granite a dû connaître des modalités diverses qui expliquent les différents faciès rencontrés.

La *syénite* de Valderodrigo tient une place à part. Nous y voyons le témoin visible de la première phase de cristallisation rassemblant les éléments basiques du magma originel à laquelle a succédé la mise en place de la roche acide; outre le fait généralement reconnu de la cristallisation des éléments basiques d'abord et des éléments acides ensuite, le contact des deux roches montre nettement l'envahissement de la syénite par le granite et non l'inverse.

IV. LES ROCHES METAMORPHIQUES

1. Types et localisation.

A côté des roches plutoniques, de nombreuses roches d'origine sédimentaire forment une partie importante de notre région. Elles sont loin d'être homogènes. Deux groupes de roches se distinguent: un premier est formé de schistes peu métamorphisés dans leur ensemble, qui s'étendent à l'ouest du méridien de Barruecopardo, autour des villages de Saucelle et de Vilvestre. Le deuxième groupe comprend des roches assez ou très métamorphisées. Elles sont certainement d'un âge dif-

contrées dans cette zone une belle coupe peut s'étudier depuis le sud du village de Saucelle jusqu'à l'entrée sud de Vilvestre, soit sur près de 9 km suivant un axe SW-NE. Relevons les faits essentiels de cette coupe (fig. 5). Au début de la coupe (point 204) un banc de quartzite surmonté de schistes micacés montre une stratification de: dir. N22°W pend. 10°N. Dans les schistes micacés bleu-noir du point 206 on a extrait un peu de wolfram; un peu plus haut, sur le versant du Mont Jana, de petites excavations ont été ouvertes dans de véritables tourmalinites (60 % de schorl et 40 % de muscovite) bourrées de veines de quartz. La tourmaline est fibreuse. De petits bancs de quartzite alternant avec les

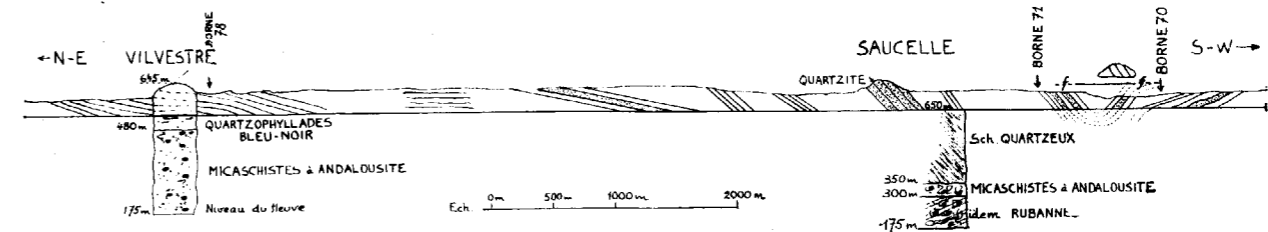


Figure 5

férent. Cette distinction a d'ailleurs été faite depuis longtemps puisque la carte officielle (fig. 2) désigne par *E'* le premier groupe de roches et par *E* le second.

Dans le cadre de cette étude il sera plus commode de considérer cinq zones (fig. 1 hors texte):

- 1) La région Saucelle-Vilvestre (1er groupe),
- 2) entre Barruecopardo et Encinasola (2ème groupe),
- 3) la zone Barruecopardo - Saldeana - Picones - Encinasola (idem),
- 4) la région Fuentes de Masueco-Cazeba del Caballo (idem),
- 5) au nord de Mieza (idem).

2. Les schistes de Saucelle.

Ils s'étendent essentiellement sur les communes de Vilvestre et de Saucelle et on les trouve, en quelques points, à Barruecopardo.

Pour se faire une idée globale des roches ren-

lits de schorl donnent à la roche un aspect de quartzophyllade. Différentes mesures effectuées autour de ces excavations montre qu'une faille a déplacé une zone par rapport à l'autre; elle expliquerait les infiltrations quartzieuses et minéralisées, observées à cet endroit.

Au delà de ces tourmalinites suit une grande séquence de banc schisteux et quartzitiques alternés qui pendent cette fois au sud (dir. N70°W - pend. 60°S). Nous nous trouvons ainsi en face d'un synclinal, que l'on retrouve d'ailleurs sur le versant portugais de la vallée du Duero (photo 3). Vers le nord, les couches gardent le même pendage jusqu'à proximité de Vilvestre; entre les bornes 76 et 77 de la route Saucelle-Vilvestre les bancs sont presque horizontaux, puis redeviennent légèrement inclinés au sud dans le village de Vilvestre. Les bancs rocheux sont essentiellement constitués de schistes quartzieux bleu-noir où s'intercalent des bancs de quartzite gris; ces bancs sont parfois assez puissants pour former des rochers dominant

les environs, par exemple, la montagne "Santa Barbara" qui domine le village de Saucelle. D'autre part les bancs de quartzite et de schistes alternent parfois si finement que l'on peut parler de quartzophyllades. Enfin, ces roches peu métamorphisées révèlent des grains de biotite et de chlorite.



Photo 3

Après cette coupe que l'on a pu suivre de Saucelle à Vilvestre dans des formations assez monotones, il est intéressant de descendre les flancs de la vallée du Duero. Des quartzophyllades bleu-noir on passe à un micaschiste à andalousite vers la cote 480 m à proximité d'un premier affleurement de granite. Ce micaschiste à deux micas, se rencontre jusqu'au fleuve; il contient, accessoirement, du zircon, de l'apatite et surtout de la tourmaline-schorl, qui forme localement de véritables lits. La roche a une texture rubannée caractéristique qui se retrouvera à maints endroits et prend un aspect gneissoïde. Il faut rapprocher de ces faits observés en contrebas du village de Vilvestre, ceux que l'on peut voir en descendant de Saucelle, par le vallon du Rietto de Valdegarcia, jusqu'au fond de la même vallée. En effet, on reste dans des schistes quartzeux jusqu'à la cote de 350 m. Là et plus bas se retrouvent les mêmes micaschistes à andalousite et, à la cote 300, les micaschistes retrouvent leur texture rubannée.

Un autre moyen de connaître les schistes de Saucelle est donné par la descente dans la vallée de l'Arroyo de la Ribera le long de la route de Saucelle à Lumbrales. On rencontre d'abord des schistes micacés bleu-noir, surmontés d'un grès tendre brun verdâtre. Ici les bancs sont très irréguliers, mais on peut retrouver une allure générale d'un pendage vers le nord, soit celui du flanc sud du synclinal observé plus haut. Plus bas, au delà de la borne 69, la roche est plus dure, phylladeuse et elle devient souvent une véritable quartzophyllade. La tectonique de détail est de plus en plus compliquée: on se trouve dans une zone nettement dérangée, d'ailleurs traversée par de nombreuses veines de quartz; se rencontre ainsi un trou d'où ont été extraits scheelite, wolfram, pyrite (point 187). Plus bas encore, à partir de la cote de 420 m, on entre dans une zone de micaschistes tachetés dont les taches ovales de produits micacés ressemblent aux mouchetures d'andalousite de la vallée du Duero; ici ce minéral semble complètement altéré. Finalement le fond de la vallée est occupé par des chloritoschistes quartzeux. Remarquons la similitude de la superposition des différentes roches comparée à celle des flancs de la vallée du Duero, mais ici, on ne descendrait pas suffisamment dans les schistes pour rencontrer des micaschistes à andalousite plus caractéristiques.

Les schistes de Saucelle se rencontrent également, en points isolés, à Barruecopardo. D'une part, dans les exploitations minières, des masses de schistes se trouvent coincées dans le granite. Dans la galerie principale de la mine "María de los Angeles" on trouve, au front de taille, une masse de schistes enfermée dans le filon exploité et le granite (fig. 7), masse de schistes du toit, tombée dans une large fissure béante, avant la mise en place du filon de quartz? Il s'agit de schistes chloriteux passant à un micaschiste à deux micas, avec tourmaline abondante, zircon et apatite; de petits grains de pyrite, de mispickel et de chalcopryrite y sont disséminés. A noter qu'au contact du granite, ou dans la gangue des filonnets de quartz, la biotite disparaît au profit de la muscovite. Dans la carrière de la "Bilbaína", au sud de la mine précédente, on trouve également du schiste apparemment enfermé de toute part. D'autre part, dans le village quelques pointements schisteux sont disséminés dans le granite. Par exemple dans un champ situé au nord-ouest de la borne 6 du chemin de Barrue-

les environs, par exemple, la montagne "Santa Barbara" qui domine le village de Saucelle. D'autre part les bancs de quartzite et de schistes alternent parfois si finement que l'on peut parler de quartzophyllades. Enfin, ces roches peu métamorphisées révèlent des grains de biotite et de chlorite.

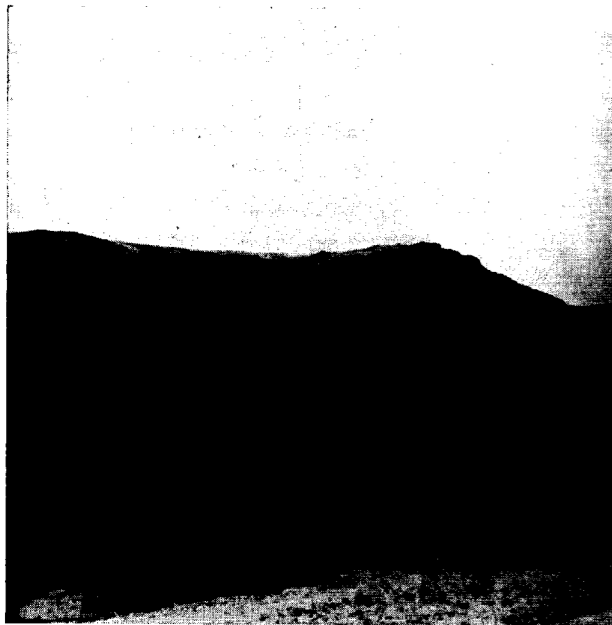


Photo 3

Après cette coupe que l'on a pu suivre de Saucelle à Vilvestre dans des formations assez monotones, il est intéressant de descendre les flancs de la vallée du Duero. Des quartzophyllades bleu-noir on passe à un micaschiste à andalousite vers la cote 480 m à proximité d'un premier affleurement de granite. Ce micaschiste à deux micas, se rencontre jusqu'au fleuve; il contient, accessoirement, du zircon, de l'apatite et surtout de la tourmaline-schorl, qui forme localement de véritables lits. La roche a une texture rubannée caractéristique qui se retrouvera à maints endroits et prend un aspect gneissoïde. Il faut rapprocher de ces faits observés en contrebas du village de Vilvestre, ceux que l'on peut voir en descendant de Saucelle, par le vallon du Rietto de Valdegarcia, jusqu'au fond de la même vallée. En effet, on reste dans des schistes quartzeux jusqu'à la cote de 350 m. Là et plus bas se retrouvent les mêmes micaschistes à andalousite et, à la cote 300, les micaschistes retrouvent leur texture rubannée.

Un autre moyen de connaître les schistes de Saucelle est donné par la descente dans la vallée de l'Arroyo de la Ribera le long de la route de Saucelle à Lumbrales. On rencontre d'abord des schistes micacés bleu-noir, surmontés d'un grès tendre brun verdâtre. Ici les bancs sont très irréguliers, mais on peut retrouver une allure générale d'un pendage vers le nord, soit celui du flanc sud du synclinal observé plus haut. Plus bas, au delà de la borne 69, la roche est plus dure, phylladeuse et elle devient souvent une véritable quartzophyllade. La tectonique de détail est de plus en plus compliquée: on se trouve dans une zone nettement dérangée, d'ailleurs traversée par de nombreuses veines de quartz; se rencontre ainsi un trou d'où ont été extraits scheelite, wolfram, pyrite (point 187). Plus bas encore, à partir de la cote de 420 m, on entre dans une zone de micaschistes tachetés dont les taches ovales de produits micacés ressemblent aux mouchetures d'andalousite de la vallée du Duero; ici ce minéral semble complètement altéré. Finalement le fond de la vallée est occupé par des chloritoschistes quartzeux. Remarquons la similitude de la superposition des différentes roches comparée à celle des flancs de la vallée du Duero, mais ici, on ne descendrait pas suffisamment dans les schistes pour rencontrer des micaschistes à andalousite plus caractéristiques.

Les schistes de Saucelle se rencontrent également, en points isolés, à Barruecopardo. D'une part, dans les exploitations minières, des masses de schistes se trouvent coincées dans le granite. Dans la galerie principale de la mine "María de los Angeles" on trouve, au front de taille, une masse de schistes enfermée dans le filon exploité et le granite (fig. 7), masse de schistes du toit, tombée dans une large fissure béante, avant la mise en place du filon de quartz? Il s'agit de schistes chloriteux passant à un micaschiste à deux micas, avec tourmaline abondante, zircon et apatite; de petits grains de pyrite, de mispickel et de chalcopryrite y sont disséminés. A noter qu'au contact du granite, ou dans la gangue des filonnets de quartz, la biotite disparaît au profit de la muscovite. Dans la carrière de la "Bilbaina", au sud de la mine précédente, on trouve également du schiste apparemment enfermé de toute part. D'autre part, dans le village quelques pointements schisteux sont disséminés dans le granite. Par exemple dans un champ situé au nord-ouest de la borne 6 du chemin de Barrue-

copardo à Milano, on trouve des schistes chloriteux et sériciteux; au pied de "La Cruz", au centre du village, c'est au contraire un schiste noduleux à andalousite qu'on peut trouver.

3. Entre Barruecopardo et Encinasola.

Une bande schisteuse, généralement comprise entre du granite porphyroïde au nord et du granite à gros grain au sud, s'étend telle une vallée entre ces deux villages. Topographiquement il n'y a guère de différence entre cette bande schisteuse et les granites voisins, mais il s'agit d'une zone de schistes résiduels recouvrant le granite, comme cela peut s'observer dans un trou, au point 358 par exemple. Les schistes rencontrés ici ont une allure nettement plus métamorphique que celle de Saucelle: on a généralement affaire à un micaschiste à deux micas, souvent noduleux et tacheté, où l'andalousite est souvent reconnaissable malgré l'altération très poussée; le micaschiste est parfois si quartzeux que l'on donnera plutôt une étiquette de quartzite micacé; la tourmaline est abondante, ce qui n'a rien d'étonnant, vu les nombreuses pegmatites à tourmaline incluses dans les schistes. A l'est de Villasbuenas les micaschistes, d'ordinaire brun verdâtre, peuvent aussi être gris-bleu et tachetés. Les veines d'aplite y sont nombreuses, à un point tel que l'on a des rochers en boule d'aplite pure au point 627, entre les micaschistes et le granite. A Encinasola il semble que les schistes aient subi une transformation plus poussée. Au contact avec la syénite de Valderrodrigo on retrouve une tourmalinite avec apatite et un micaschiste très quartzeux à andalousite. La roche est bleu-noir; elle contient des feldspaths; on peut la qualifier de *micaschiste feldspatique à deux micas et andalousite*. La roche présente des tons très variés, passant du gris au brun ou au gris bleu.

Du point de vue tectonique le fait saillant est le décrochage observé dans la bande schisteuse au sud de Milano et au nord-ouest de Villasbuenas. La figure en "Z" qu'y présentent les schistes ne peut être imputable, à notre avis, qu'à une faille radiale ayant la direction dominante des cassures dans la région, soit suivant l'axe SW-NE, et le long de laquelle un déplacement d'environ 600 m s'est produit. Les schistes, quant à eux, sont redressés à la verticale, suivant une direction oscillant entre N 40° W et N 65° W.

4. La zone Barruecopardo - Saldeana - Picones - Encinasola.

A l'est de l'exploitation de la "Bilbaina", de part et d'autre de la route Barruecopardo - Saldeana, s'étend une zone marquée par de nombreuses plaques résiduelles de schistes métamorphisés de couverture (fig. 6). Leur intérêt porte sur le métamorphisme de ces roches en contact avec le sommet de la coupole granitique. Ce sont des micaschistes à allure franchement gneissique; néanmoins les feldspaths sont absents. Mais le plus souvent il s'agit d'un micaschiste quartzeux à andalousite et sillimanite contenant accessoirement du zircon, de l'apatite et l'inévitable tourmaline; ailleurs la cordiérite est présente alors que la sillimanite est absente ou encore les trois minéraux de métamorphisme se retrouvent dans la même lame. On trouvera les résultats de l'analyse d'un micaschiste à andalousite et à cordiérite page (n.° 16).

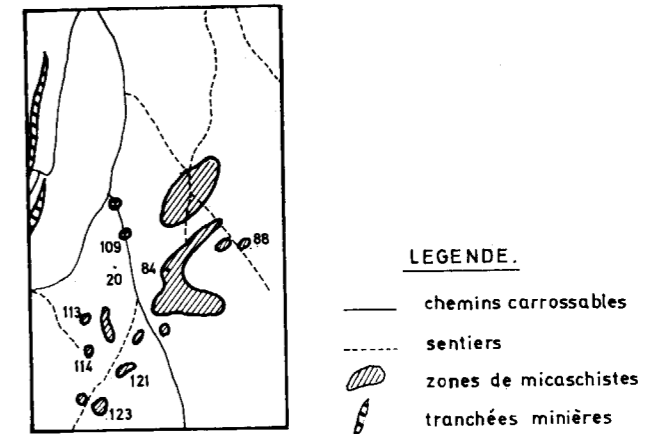


Figure 6

Détail de la fig. 1. Distribution des micaschistes sur le granite au Sud-Est. de Barruecopardo.

Au sud de la bande schisteuse du paragraphe précédent de nombreux micaschistes résiduels maculent de même le granite. On peut très bien s'en rendre compte en suivant la route de Saldeana à Encinasola. Nous avons la plupart du temps affaire à des micaschistes gneissiques gris bleu à andalousite, mais l'apparition de plagioclases témoigne d'un métamorphisme plus poussé; en effet, au point 632, nous trouvons un pointement de micaschistes gneissiques à andalousite, avec quartz

abondant et un plagioclase très alcalin: albite ou oligoclase; la roche prend une teinte violacée, et elle montre souvent une belle texture rubannée. Notons que ça et là des bancs de quartzite peuvent se rencontrer (point 675 à Saldeana par exemple). On peut estimer que les roches décrites dans ces deux derniers paragraphes font partie d'un même ensemble de micaschistes à andalousite.

5. La migmatite de Fuentes de Masueco.

Les roches schistoïdes de ce secteur — Cabeza del Caballo et Fuentes de Masueco — sont tout à fait séparées des autres aires d'extension par de grands domaines granitiques. Les roches de ce secteur présentent d'emblée un aspect beaucoup plus métamorphisé. Un premier exemple en est donné au pont du Rio de las Uces le long de la route de Cabeza: c'est un micaschiste gneissique constitué de 50 % de muscovite, 30 % de biotite, 15 % de quartz et 5 % de feldspaths, plus apatite et tourmaline. Au contact avec le granite la proportion des micas est encore plus élevée; les cristaux du mica blanc sont plus grands que ceux de la biotite. Ici, comme ailleurs pegmatites et aplites sont fréquentes. C'est à Fuentes de Masueco que se rencontre la roche la plus caractéristique. Ce village est implanté au milieu d'une zone de véritables *migmatites*. Au sud du village on voit des roches très mélangées de granite fin interpénétré de micaschistes gneissiques, traversées irrégulièrement de pegmatites, en poches et en veines. Une texture rubannée est souvent caractéristique. La partie gneissique contient, en proportion variable: 40 % de quartz, 30 % de biotite, 30 % d'orthose et oligoclase, muscovite, sillimanite, tourmaline, zircon, apatite. En certains endroits la roche prend un aspect plus homogène: on croit voir un granite *d'anatexie*. Vers le village de la Peña les migmatites laissent la place aux micaschistes gneissiques. Ainsi, à la périphérie de cette zone métamorphique, on retrouve des micaschistes gneissiques qui rappellent ceux de la zone précédente par leur aspect extérieur: gris violacé, très micacé, avec une belle texture finement rubannée. Mais la proportion des feldspaths est ici plus élevée. Ainsi un micaschiste prélevé à Valderrodrigo (point 409) montre qu'on a affaire à un véritable *gneiss* à biotite et sillimanite (biotite, 50 %; muscovite, 5 %; orthose, 30 %, quartz, 15 %; plagioclases, sillimanite, tour-

maline, zircon). Finalement signalons encore la présence de bancs isolés de quartzite, tels ceux qui forment un rocher au point 476 au SSE de Cabeza; ils sont ici assez micacés.

6. Au nord de Mieza.

L'arroyo de Ropinal s'écoule vers le Duero dans l'axe d'une bande étroite (un km de largeur) se prolongeant vers l'ouest, au Portugal, constituée de bancs redressés à la verticale d'un micaschiste à andalousite (biotite, 50 %; muscovite, 20 %; quartz, 20 %; andalousite, 5 %, tourmaline). Ces bancs rocheux ont ici un stratification bien définie de direction N 70° E.

7. Conclusions sur les schistes.

L'observation des roches métamorphiques nous a amené à distinguer trois phases de métamorphisme. Dans l'ordre chronologique: 1) un métamorphisme régional, 2) un métamorphisme thermal de contact, 3) des phénomènes de pneumatolyse.

a) Le métamorphisme régional.

Trois zones se distinguent aisément:

— la région de Saucelle-Vilvestre, présentant des schistes quartzeux peu ou pas métamorphisés, appartient à l'*épizone*. Les schistes sériciteux sont la règle et des schistes chloriteux se rencontrent çà et là. Cette zone s'étend de la frontière portugaise aux mines wolframifères de Barruecopardo. Nous voyons ces schistes peu cristallins passer à des micaschistes sur 500 m. de profondeur, ce qui peut s'observer dans le fond de la vallée de l'Arroyo de la Ribera et surtout dans la vallée du Duero.

— une zone de micaschistes à deux micas mêlés à des gneiss à deux micas, typiques de la *mésosone*, est dispersée parmi plusieurs secteurs. Font partie de cette zone:

- la bande au nord de Mieza.
- la bande entre Barruecopardo et Encinasola.
- le secteur de Cabeza del Caballo.
- le secteur s'étendant du sud-est de Barruecopardo à Encinasola.

— une zone de migmatites de Fuentes de Masueco, où le métamorphisme a été particulièrement intense, représente la *catazone*; ces migmatites sont généralement entourées de micaschistes à deux micas (dans la migmatite il n'y a pas de muscovite). Les migmatites s'expliquent en général par une intense mobilisation. Dans notre région elles cadrent bien avec les importants phénomènes hydrothermaux qui ont mis en place les aplites et les pegmatites.

Si l'on jette un regard synoptique sur toutes ces régions métamorphisées on observe que la zone de faible métamorphisme se trouve sur les flancs du massif granitique de Barruecopardo, tandis que les zones intensément métamorphisées se trouvent sur le sommet du dôme, comme, si la mise en place de ce dernier avait porté en altitude les zones cristallophyliennes les plus profondes.

b) le métamorphisme de contact.

Nous devons distinguer deux types de métamorphisme de contact:

— le premier type, sur le flanc occidental du massif granitique, où l'on ne trouve que l'andalousite: par exemple dans la vallée du Duero et au pied de "La Cruz" à Barruecopardo. Ce métamorphisme n'est présent que dans une auréole relativement peu épaisse, ne dépassant pas quelques dizaines de mètres d'épaisseur.

— le deuxième type, qu'ont subi les micaschistes s'étendant en plaques au sud-est de Barruecopardo. Ce métamorphisme a produit de l'andalousite associée à des feldspaths alcalins et a peut-être transformé les micaschistes du métamorphisme régional en gneiss à deux micas; ceux-ci seraient le produit du seul métamorphisme de contact. Localement, le métamorphisme a produit de la sillimanite et de la cordiérite, tout en n'éliminant pas l'andalousite, les températures n'ayant pas été trop élevées.

c) l'altération pneumatolytique.

Elle est responsable de deux faits importants:

— la tourmalinisation de nombreux schistes, essentiellement à Saucelle, autour de veines ou de poches quartzieuses souvent minéralisées. Enrichissement fréquent en tourmaline au contact des granites et surtout des veines quartzieuses dans les autres secteurs.

— l'enrichissement des roches en muscovite, celle-ci étant le seul mica présent à côté de la tourmaline dans les tourmalinites; cet enrichissement inverse souvent la prédominance d'un mica sur l'autre, au bénéfice de la muscovite, ou tout au moins augmente la proportion de ce mica blanc dans les schistes, à proximité des contacts avec le granite et surtout autour des veines quartzieuses et des pegmatites.

Au sujet de l'âge des formations schisteuses nous ne voyons pas la possibilité d'ajouter de nouveaux éléments à la discussion que nous avons rapportée dans la partie I, 3.

V. GEOLOGIE ECONOMIQUE

A) Description des gisements métallifères.

La région de Barruecopardo est réputée pour ses gisements de *wolfram*. Elle possédait même voici quelques années (en 1967) l'unique siège en exploitation en Espagne. C'est à Barruecopardo que se trouvent les principales zones minéralisées. La fig. 8 et la carte générale renseignent le lecteur sur la localisation et la nature des roches renfermant les minéralisations observées au cours de cette étude.

1. La zone minière de Barruecopardo-sud.

Sur une partie du plateau surélevé s'étendant au sud du village de Barruecopardo, au lieu-dit "Fuente Luenga", se trouvent les exploitations minières qui ont fait la réputation de l'endroit.

La mine "María de los Angeles".

La concession était très modeste, environ 0,3 km² (1); toute sa richesse consistait en un gros filon, le "filon grande" bourré de poches de wolframite. Une multitude d'autres filons de faible épaisseur ont fait l'objet de recherches, et parfois d'exploitation, dans de nombreuses tranchées ouvertes de part et d'autre du filon principal. La presque totalité de cette aire se trouve dans le granite, mais un contact avec les schistes de Sau-

(1) Après avoir appartenu à la société "Petroliera de Transportes" de Madrid, la concession a été acquise en 1966 par la société "Bilbaina".

celle est visible dans la partie sud-ouest de la concession.

La granite est traversé par une multitude de filonnets quartzeux, qui ont une épaisseur variant de 2-3 cm à 50 cm. Nous y avons rencontré: mispickel - pyrite - wolframite - chalcoppyrite - scheelite - hématite, dans une gangue de quartz et de mica blanc. Du quartz automorphe est fréquent dans les nombreuses géodes; le granite est profondément greisenifié: les épontes, de l'ordre de 10 cm d'épaisseur, mais qui peuvent former toute la masse du granite quand les veines sont très rapprochées, sont constituées essentiellement de quartz et de muscovite, avec de l'apatite, de l'orthose, de la tourmaline (schorl), de la topaze et du zircon comme minéraux accessoires. Les veines quartzieuses ont trois directions différentes: 1) N 15° E - pendage 84° E: cette direction groupe le plus grand nombre de veines; 2) N 15° E - pendage 64° W: c'est dans ce groupe que se trouve le "filon grande"; 3) N 44° W - pendage 84° NW.

Le "filon grande" a donc fait l'objet de l'exploitation principale de cette petite mine Il s'agit d'un gros filon de quartz de direction N 20° E et de pendage 80° W qui recoupe des veines de pendage inverse (photo 4). Il est donc plus récent que ces dernières. Son épaisseur varie fortement de 0,20 à 3,50 m. Au front de taille, tel qu'il existait en



Photo 4

1961 avant l'abandon et l'inondation des galeries souterraines, le filon bifurque vers le haut (fig. 7). A noter les schistes coincés entre le filon et le granite. Ce gros filon est essentiellement constitué de quartz; nous avons relevé la paragenèse sui-

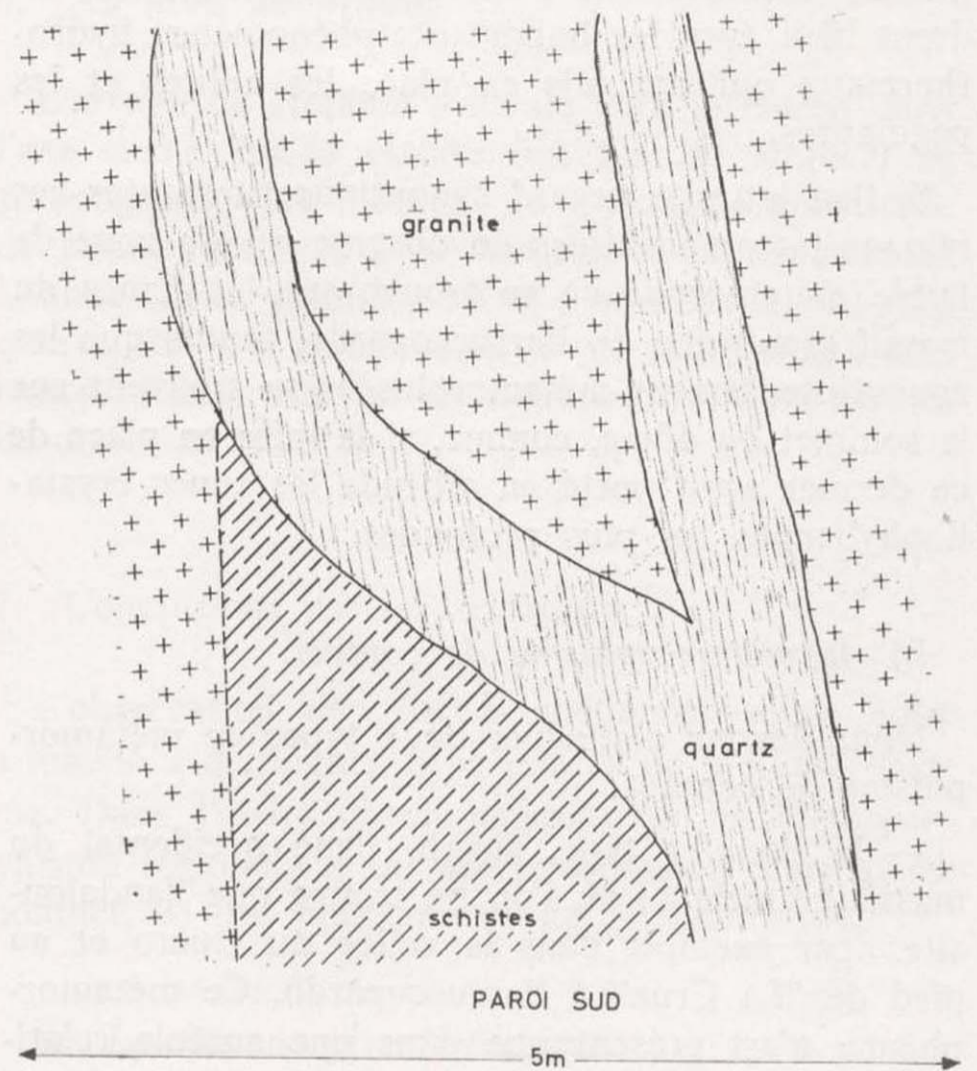


Figure 7

vante: mispickel - wolframite - chalcoppyrite - pyrite - schéelite. L'éponte de granite, greisenifiée, est formée principalement de quartz et de muscovite avec, disséminés dans la masse: mispickel, wolframite et pyrite, apatite, biotite, orthose, tourmaline, zircon et topaze. Les minéraux opaques se trouvent de préférence au voisinage du contact filon-éponte. C'est le mispickel et la wolframite qui sont exploités ici.

Le "Coto Minero Barrueco" de la "Bilbaina".

Cette exploitation se trouve au sud de la précédente et lui est contigue. Une grande carrière est ouverte dans un champ de veines de quartz envahissant le granite suivant une direction N 20° E et un pendage de 80° E, soit suivant les données du groupe principal de veines de l'exploitation "Ma-

ría de los Angeles" (photo 5). Habituellement ces veines sont peu épaisses, de quelques centimètres à une dizaine de centimètres; mais on peut néanmoins trouver un filon de 50 cm de puissance. Dans la partie ouest de la carrière on trouve un



Photo 5

très gros filon, de pendage inverse à celui des autres. Nous pensons qu'il s'agit du "filon grande" de la mine précédente. Comme ailleurs le réseau de diaclases est multiple, mais seules les diaclases de direction générale N 20° E contiennent des veines minéralisées.

Ici c'est la scheelite, au lieu de la wolframite, qui est minerai principal de tungstène; comme dans l'autre mine, le mispickel est également extrait en abondance; la wolframite est également présente, mais en infime quantité; néanmoins elle acquiert plus d'importance dans la partie nord de la carrière. A défaut d'avoir pu faire des observations de détail, on peut constater ceci:

— la schéelite est rare dans les veines de moins de 2 cm d'épaisseur.

— la plus grande masse de minerai se rencontre dans les filons de plus de 2 cm d'épaisseur.

— la schéelite est surtout concentrée au contact des filons et de leurs épontes.

— il y a dispersion de la scheelite dans l'éponte.

2. Points divers autour de Barruecopardo.

Beaucoup d'autres endroits ont fait l'objet de petites exploitations ou d'une recherche de minerai dans le secteur de Barruecopardo. Tous ces travaux étaient abandonnés dans les années '60. Il faut mentionner le lieu-dit "las Cabritas" où de nombreuses tranchées ont été ouvertes parallèlement aux nombreuses veines de quartz qui ont le même caractère que dans les exploitations décrites plus haut. Dans une tranchée d'exploration (point 17) de 50 m. de longueur on voit particulièrement bien la multitude des veines de quartz (photo 6). Ces veines ont généralement un ou deux centimètres d'épaisseur, avec des épontes de 10 à 15 cm. Elles ne sont jamais distantes de plus de 50 cm. Nous avons pu prélever dans ces anciens travaux de la wolframite, du mispickel et de la pyrite. Au sud du cimetière de Barruecopardo (point 62) une tranchée montre des veines minéralisées. Il y a deux réseaux de diaclases: l'un de direction N 72° E et pend. 70° N et l'autre de dir N 30° E et pend. 70° E; comme ailleurs, seul le réseau orienté au NNE contient des veines minéralisées. Non loin de là, à proximité de la route de Saldeana, une petite exploitation a donné du wolfram, de la pyrite, du mispickel, de l'hématite et un peu de schéelite. Au nord et au nord-est du village il y a aussi quelques points minéralisés qui ont fait l'objet de petits

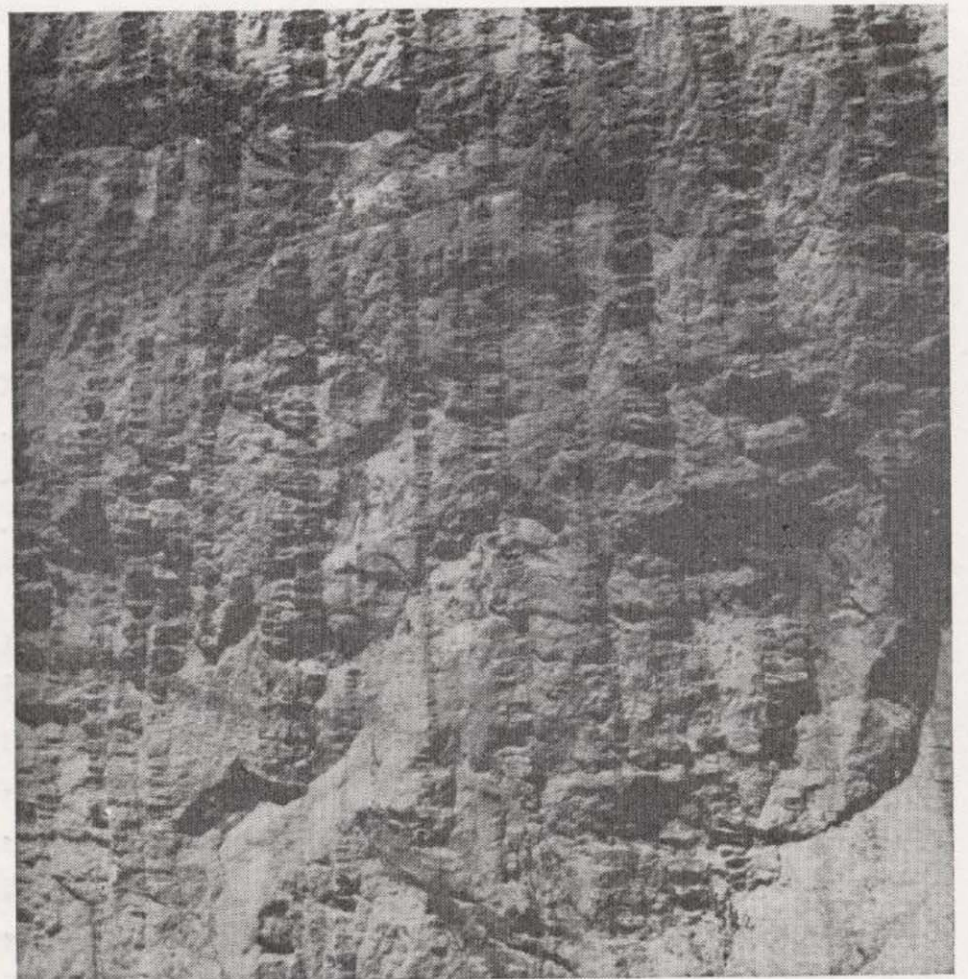


Photo 6

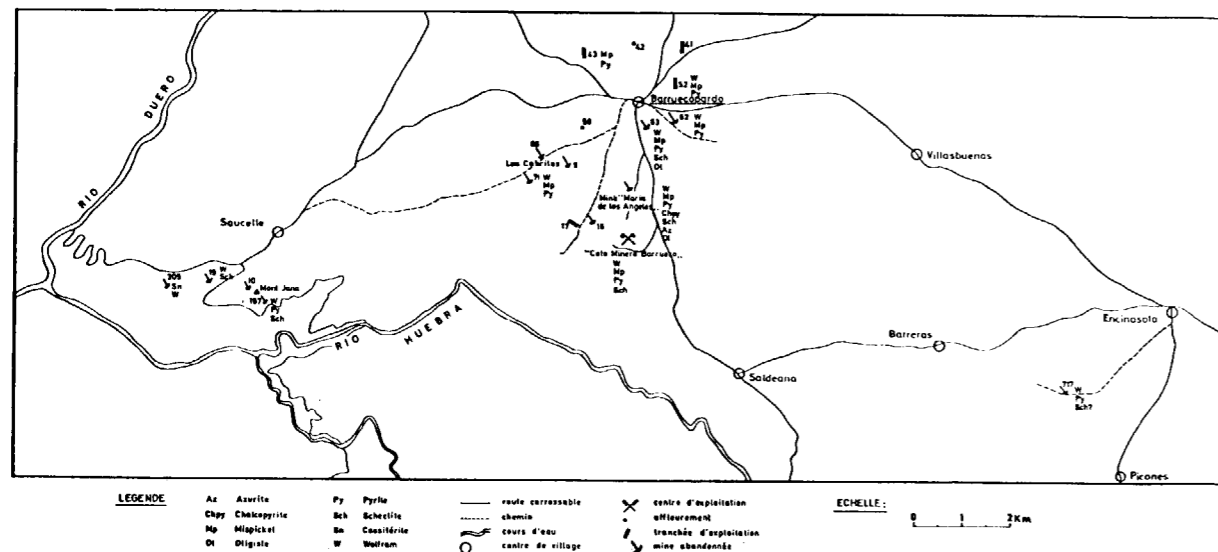


Figure 8

travaux de recherche: aux points 41, 42 et 43 où les veines quartzieuses présentent les mêmes caractères déjà mentionnés. Entre les routes de Milano et de Villasbuenas finalement (point 52) une assez grosse veine de quartz a donné du wolfram accompagné de pyrite et de mispickel, mais ici dans une zone schisteuse où les épontes sont constituées de tourmalinite.

3. A Saucelle.

Comme la description des schistes de Saucelle les a mentionnés, quelques anciens travaux sont disséminés dans la campagne de ce village; ils ont tous été très modestes et n'ont jamais été l'objet que d'une extraction artisanale. Ils sont intéressants pour deux raisons; ils se trouvent entièrement dans des schistes, ensuite c'est le seul endroit où la cassitérite a été signalée.

Un ensemble de trous se signalent d'abord à l'attention sur le flanc nord du mont Jana au sud du village. On y trouve des schistes noirs traversés par des veines de quartz très irrégulières et enchevêtrées, donc d'une allure tout à fait différente de celle des veines qui traversent le granite. Ces schistes, très tourmalinifères, deviennent une véritable tourmalinite aux épontes des filons (voir plus haut, IV, 2). Du wolfram y a été exploité.

De l'autre côté de la montagne, au bord de la route de Fermoselle (point 187), des poches de quartz minéralisé dans des schistes tourmalinisés ont livré, paraît-il, wolframite et scheelite; de la pyrite s'y voit encore aisément.

A l'ouest de la même route (point 19) on trouve également les deux minerais de tungstène associés dans des filons ramifiés et très irréguliers se perdant dans de la tourmalinite intégrale. L'endroit le plus intéressant est l'excavation ouverte au point 209, au sud de la route du Salto de Saucelle. Dans de la tourmalinite et des schistes bleu-noir fortement tourmalinisés de gros filons de quartz, d'environ un mètre d'épaisseur et grossièrement orientés du sud au nord avec un pendage irrégulièrement vertical, ont révélé de la cassitérite accompagnée de wolfram; ce minerai a été exploité pendant quelques années. C'est le seul endroit, dans notre région, où l'étain a été signalé, mais il faut mentionner qu'il y a des mines d'étain sur l'autre versant de la vallée du Huebra, près de son confluent avec le Duero, à environ trois kilomètres à vol d'oiseau.

4. Gisements isolés.

— Au sud de Cabeza del Caballo, au point 468, sur la crête qui domine le Rio de las Uces, on dit

avoir tiré un peu d'uranium (1) et du wolfram d'un puits creusé dans les micaschistes de cet endroit, aux abords d'un gros filon de quartz.

— Au sud-ouest d'Encinasola d'autre part, une grande tranchée été creusée à cheval sur le contact schistes—granite (point 717). C'est la plus importante excavation après les mines de Barruecopardo; elle a dû faire l'objet d'une exploitation assez prolongée. Quelques filons de quartz suivent des diaclases au travers des micaschistes suivant la direction et le pendage les plus fréquents (N 15° E et 85° E respectivement). D'autres diaclases sont visibles mais elles sont sèches. On a exploité ici du wolfram et de scheelite (qu'accompagnait au moins la pyrite), mais les travaux étant abandonnés depuis longtemps nous n'avons pas pu voir de détails. Le milieu de la tranchée est coupé par une avancée du granite, qui s'étend au nord.

— des pegmatites à andalousite ont été exploitées au nord du village de Fuentes de Masueco dans des travaux qui ont disparu; à La Peña, d'autres pegmatites ont fait l'objet de petites excavations où l'on a trouvé du béryl. Finalement rappelons l'exploitation de la topaze et du quartz dans des carrières au sud de Villasbuenas.

B) Observations d'ensemble.

Notes Préliminaires: a) Il faut remarquer qu'il n'y a de veines quartzieuses minéralisées que dans les diaclases d'orientation N 20° E. Dans les schistes de Saucelle il est plus difficile de trancher; les infiltrations quartrenses sont tumultueuses. Mais il y a tout lieu de croire que la règle y est également suivie dans sa généralité.

b) les conclusions que nous tirerons proviennent de l'analyse des gisements exploités au sud de Barruecopardo, les autres sites ne donnant pas de précisions suffisantes.

1. Texture des principaux minerais: nous pouvons grouper ici les observations valables pour l'ensemble des minéraux utiles. Ceux-ci se présentent de trois façons principales:

- en masse: la wolframite, la scheelite et le mispickel forment des masses informes d'importance très variable mais pouvant dépasser le kilogramme,

(1) Nous avons appris que des recherches de minerais radioactifs avaient été faites à Saldeana, mais sans succès. D'autre part, il y aurait une zone de minéralisations radioactives à l'est de La Peña, en dehors de notre région.

au moins pour la wolframite. Ces minerais massifs se rencontrent au sein du quartz des filons, mais de préférence au contact des épontes. Les masses de plus d'un kilogramme ne se rencontrent que dans le "filón grande" de la mine "María de los Angeles", dans les autres filons, c'est dans ceux de puissance moyenne qu'il faut chercher les masses de minerai les plus intéressantes. Quant à la pyrite massive, il s'agit d'agrégats de petits cristaux; on rencontre des croûtes de pyrite modelées sur des cristaux de quartz, nous assurant ainsi d'une succession quartz-pyrite dans la cristallisation. Une autre observation intéressante à propos de ce minéral a encore pu être faite dans une excavation de la mine précitée: la pyrite, finement cristallisée, est agencée en un réseau très irrégulier de parois entrecroisées, laissant des vides entre elles.

- dissémination dans le corps minéralisé: on trouve aussi le mispickel et la scheelite en petits grains disséminés dans le kuartz; la wolframite est également présente en petits grains, mais aussi sous forme de fines aiguilles isolées ou en bouquet. La pyrite présente plutôt d'assez gros cristaux cubiques.

- dissémination dans les épontes: finalement de petits grains de mispickel de scheelite et de wolframite sont disséminés dans les épontes, qu'elles soient de greisen, de granite ou de micaschiste. Nous n'avons pas pu mesurer jusqu'à quelle distance moyenne des filons.

Au sujet des relations interminérales, quelques observations précises sont rapportées dans les "structures". Mais globalement nous avons constaté:

- que la wolframite et la scheelite ne se trouvent pas en grandes quantités simultanément.

- que la pyrite est le plus souvent seule; la wolframite, la scheelite et le mispickel se rencontrent souvent seuls également, mais les associations suivantes sont fréquentes:

- pyrite - mispickel
- pyrite - wolframite
- pyrite - chalcopryrite
- mispickel - wolframite
- mispickel - scheelite
- mispickel - chalcopryrite
- py. - mis. - wolframite
- py. - mis. - chalcopryrite
- py. - mis. - chalcopryrite - wolframite

Ces différents minéraux associés peuvent se trouver juxtaposés ou indépendants.

2. *Structures*: nos observations sont tout à fait fragmentaires. Quelques sections polies révèlent les faits suivants:

- excavation e (mine María de los Angeles): de petites inclusions arrondies de chalcopryrite et de pyrite au sein du mispickel.

- front de taille (idem), point j, inclusion de wolframite dans le mispickel; scheelite massive, mais de la wolframite s'infiltré dans les fissures et envahit certaines zones où ne restent que des "ruines" de scheelite.

- des observations analogues à la précédente sont faites dans la carrière de la "Bilbaina": nous y trouvons de petites inclusions de wolframite dans la scheelite massive; de nombreuses veinules, sinueuses et irrégulières, s'infiltrèrent également dans les craquelures de la scheelite; parfois, les deux minéraux sont intimement mélangés à parts sensiblement égales, mais dans ce cas la scheelite apparaît en "îlots" au sein de la wolframite.

3. Revue des minéraux

a) minerais: "leur distribution peut se voir sur la fig. 8).

- *wolframite* (Fe, Mn) WO_4 : minéral très largement répandu et ayant fait l'objet de l'exploitation principale.

Rappelons ce fait important: minéral principal à la mine "María de los Angeles", il est accessoire dans l'exploitation située au sud de celle-ci. Trois échantillons ont été analysés:

	WO ₃	FeO	MnO	SiO ₂	Total %
Mine María de los Angeles...	73,45	23,85	0,04	0,72	98,06
Bilbaina ...	75,30	22,60	0,08	0,27	98,25
Saucelle (point 209)	72,55	13,85	8,90	1,72	97,02

Il ressort de ces résultants que la wolframite de Barruecopardo est du type *ferbéríte*, tandis que celle de Saucelle est de type commun.

- *scheelite* - $CaWO_4$: minéral tout à fait accessoire dans la partie nord du gisement de Ba-

rruecopardo, il est par contre le principal minéral exploité dans la partie sud. Il apparaît toujours comme minéral accessoire ailleurs.

- *mispickel* - $FeAsS$: très abondant à Barruecopardo, il est exploité au même titre que les minerais de tungstène et constitue une seconde source de revenu non négligeable.

- *cassitérite* - SnO_2 : essentiellement présente à Saucelle (point 209), elle pourrait peut-être se trouver à Barruecopardo, mais ceci devrait être confirmé.

- *pyrite* - FeS_2 : ce minéral se trouve partout, mais essentiellement disséminé et il n'est pas intéressant à exploiter.

- *chalcopryrite* - $CuFeS_2$: n'a été trouvée qu'à la mine María de los Angeles. Elle ne se rencontre que très rarement, par exemple en petites inclusions au sein du mispickel, ou disséminée dans le gresen d'éponte, ou mélangée aux autres minéraux métalliques.

- *hématite* - Fe_2O_3 : trouvée à la mine Maria de los Angeles et dans les anciens travaux du point 63. Elle se présente en masse, soit seule dans le quartz, soit en petites quantités avec d'autres minerais. Il ne nous est pas possible de trancher la question de savoir si cette hématite est un produit accessoire de la minéralisation ou procède d'une autre origine.

- *azurite* - $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$: sa présence (uniquement repérée à la mine Maria de los Angeles) n'est due qu'à l'oxydation de la chalcopryrite. Un grain de celle-ci montre en tout cas des spicules d'altération l'envahissant.

b) minéraux de gangues et épontes:

- *quartz* - SiO_2 : la quartz est habituellement massif, mais de nombreuses géodes sont tapissées intérieurement de beaux cristaux, de même que les fissures. Le quartz des géodes est lui-même souvent recouvert de films d'oxyde de fer et de tapis de pyrite finement cristallisée. Le quartz massif a localement une extinction ondulante. On trouve parfois aussi une texture fluante: zonation de quartz transparent alternant avec du quartz laiteux.

- *orthose*: se rencontre comme minéral accessoire dans les greisens.

- *apatite* - $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$: partout présente dans les épontes comme dans la roche encaissante.

- *muscovite* - $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$: un des deux minéraux principaux des greisens et toujours présent en grande quantité dans les épontes (voir ci-dessous) le mica blanc est habituellement cristallisé en grands cristaux. Il a une structure diastatique caractéristique.

- *biotite* - $K(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$: elle est rare, mais on la trouve dans certains greisens.

- *tourmaline* - $Na(Mg, Fe)_3Al_3BO_3(Si_6O_{18})(OH)_4$: souvent présente dans les épontes de greisen et de granite. Elle est surtout abondante dans les épontes de micaschiste où l'on assiste souvent à une tourmalinisation totale (voir ci-dessous).

- *topaze* - $Al_2SiO_5(OH, F)_2$: quoique rare, sa présence est significative. Nous l'avons trouvée dans du granite d'éponte, dans un filonnet de quartz s'infiltrant dans l'éponte et dans un greisen typique.

- *grenats*: rencontrés dans le granite contenant les minéralisations, mais pas dans le minéral lui-même ni dans la plupart des épontes.

- *zircon* - $ZrSiO_4$: a été vu dans un greisen d'éponte, en tout petits grains, de même que dans les micaschistes encaissants.

- *zoïsite* - $Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$ n'a été que très rarement observée, dans les veines quartzzeuses et dans une éponte de greisen.

4. Les épontes.

Le granite contenant les filons minéralisés est généralement greisenifié de part et d'autre des veines, sur quelques centimètres à un ou deux décimètres de largeur. Ces greisens sont essentiellement constitués de quartz et de mica blanc à gros grain (à plusieurs endroits nous avons pu estimer: 70 % de quartz et 30 % de muscovite), avec accessoirement: de la chlorite (aff. 11 à Saucelle), de la zoïsite, de l'apatite, de l'orthose, de la tourmaline noire, de la topaze et de la biotite; la muscovite a localement une structure diastatique. Les minerais s'y trouvent en petits grains dispersés.

Quand les schistes sont la roche encaissante, les épontes prennent deux allures différentes: tourmalinisation ou muscovitisation.

- La tourmalinisation se remarque surtout à Saucelle où elle a transformé tous les schistes au contact des veines minéralisées. Contrairement au greisen, la tourmalinite n'est pas définie en épaisseur, la roche schisteuse pouvant être transformée en masse jusqu'à une distance appréciable des filons. La limite est indéfinissable entre la tourmalinite et les schistes restés intacts, la tourmalinisation étant tout à fait progressive. A certains endroits, par exemple dans le trou n.° 19, les veines de quartz minéralisé traversent une roche constituée à 100 % de tourmaline. Par contre au point 187, la tourmalinite est réduite au contact seulement des filons, alors que la roche encaissante est un micaschiste ordinaire.

- Ailleurs on assiste à une altération différente des schistes. Ainsi, dans la mine María de los Angeles, au point j, le seul endroit où l'on trouve des schistes au contact du gros filon, on rencontre une auréole de micaschiste à muscovite seule (plus tourmaline accessoire) au contact du quartz. Le fer de la biotite a donc vraisemblablement été concentré dans la tourmaline, de type schorlite ici comme ailleurs. Nous constatons donc ici la même transformation qu'au contact général des veines quartzzeuses.

C) Conclusions sur les minéralisations.

Une esquisse de l'histoire géologique de la région nous semble être la suivante. Après les dépôts marins cambro-siluriens, la région connaît la phase asturienne des plissements hespériques (Termier, p. 632). A la fin ou après cet événement, le "granite de Barruecopardo" se met en place et forme un massif bien circonscrit. Il se fracture et donne un réseau multiple de diaclases. Suivant une direction générale SSW-NNE une importante invasion de silice remplit les fissures s'élargissant plus ou moins fortement, donnant ça et là de puissants filons, ailleurs un réseau serré de filonnets. On peut reconnaître deux temps dans ce remplissage: d'abord celui des fissures de pendage est, suivi du remplissage de fissures de pendage ouest, qui recourent les précédentes.

La plupart du temps ces veines quartzzeuses sont stériles, mais là où on observe une infiltration particulièrement importante, elles sont minéralisées.

Quels sont les caractères globaux de cette minéralisation?

1) D'après ce que nous disons dans notre esquisse historique, cette minéralisation est nettement épigénétique.

2) Le gisement wolframifère de Barrueropardo nous semble d'autre part un exemple classique de gisement de "départ acide" ou gisement pneumatolytique "sensu stricto". Mais nous ne pouvons pas considérer notre gisement comme purement pneumatolytique. La qualification "pneumatolytique à hydrothermale" conviendra mieux.

En groupant toutes les observations nous pouvons en effet conclure :

Les gisements se trouvent dans la zone apicale du batholithe granitique de Barrueropardo. La fig. 9 ci-dessous nous donne en coupe la position des divers gisements vis-à-vis des limites du granite. La fréquence des plaques de schiste nous con-

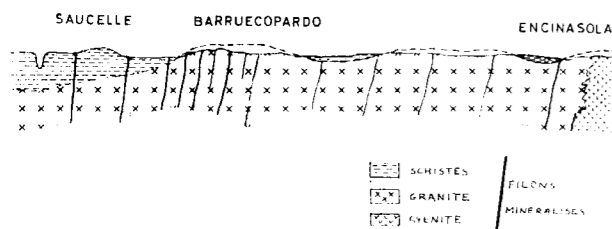


Figure 9

vainc de la présence de la zone sommitale de ce granite. Le wolfram se trouve ainsi dans sa zone classique, mais peut-être un peu en-dessous des cas les plus typiques où l'on trouve ce minéral au-dessus de la limite du granite.

Ou bien nous pouvons considérer ce wolfram dans la partie vraiment inférieure de sa zone, et on se trouverait tout près de l'étain, qui se rencontrerait à peu de profondeur. Il y aurait ainsi intérêt à chercher la cassitérite dans des puits creusés à partir des niveaux d'exploitation actuels, au "Coto Minero Barrueco" de la "Bilbaina" notamment. La présence de la cassitérite à Saucelle nous invite, en tout cas, à le penser, de même d'ailleurs que son exploitation sur le flanc sud de la vallée du Duero à une altitude très inférieure à celle du plateau au pays de Barrueropardo. Il faut remarquer aussi qu'à l'aplomb du flanc du batholithe, les gisements se trouvent à une certaine distance du contact, tandis qu'ils sont présents dans le granite même vers le centre du massif. Ces différentes observa-

tions permettent également de conclure à un stade acrobatholitique.

Les gisements sont installés dans un granite parfaitement acide. Ce qui est la règle aussi. Mais ce qui est moins courant, c'est d'avoir un gisement à la fois de wolframite et de scheelite. Le district minier de Barrueropardo serait à rapprocher de ceux des régions portugaises, Centre Ibérique et Tras-es-Montes où les deux minerais se retrouvent souvent ensemble (Thadeu). Ce fait pose un important problème de genèse. En effet, si la concentration du wolfram sous forme de scheelite devait être tirée de la roche encaissante granitisée, comme certains le pensent, on aurait dû trouver une roche quelque peu calcique; or le granite de Barrueropardo est exclusivement alcalin et les roches sédimentaires qui l'entourent ne révèlent du calcium que dans l'apatite, qui n'est qu'un minéral accessoire et qui se retrouve d'ailleurs dans les épontes des filons; il n'a donc pas été concentré sous une autre forme. Ceci nous amène à exclure tout procédé d'exsudation suivant la théorie de Sullivan. Nous admettons davantage un apport venant de la profondeur, où nous devons reconnaître deux phases distinctes: une première phase calcique, qui a amené la scheelite et qui pourrait tirer son origine du même foyer d'alimentation que la syénite calco-alcaline à amphibole de Valderodrigo, et dont on serait en droit de supposer la présence en profondeur, à la verticale de Barrueropardo; une seconde phase, non calcique, ayant amené la wolframite en d'autres endroits, mais également au milieu de la scheelite (dans les interstices et les fissures des grains notamment), tiré de la même source que le granite ss. cette fois (qui envahit à son tour la syénite à amphibole (photo 2). L'observation de certaines sections polies nous suggère même la possibilité d'un remplacement partiel de la scheelite par la ferberite (photo 7).

Deux témoins importants de la pneumatolyse se manifestent inégalement: la topaze et la tourmaline. La topaze se rencontre, parcimonieusement distribuée, dans les veines quartzueuses de Barrueropardo de même que dans les épontes, mais sa présence n'est pas assez convaincante pour défendre la pneumatolyse. D'autre part si la tourmaline est également visible, elle n'est pas remarquablement plus abondante qu'ailleurs dans le granite, et les schistes du fond de la mine de María



Photo 7

f: ferberite; s: scheelite.

de los Angeles ne sont pas tourmalinisés. Nous nous trouverions ainsi dans un gîte plutôt hydrothermal que pneumatolytique. Mais la situation est tout autre à Saucelle où la tourmalinisation massive des schistes ne s'explique que par une action vigoureuse de gaz minéralisateurs. Et la présence de l'étain est d'un appoint appréciable pour qualifier les gisements de Saucelle de "pneumatolytique". Une autre observation nous amène à la même constatation. D'après F. Leutwein (dans Routhier, p. 531) "le rapport $MnWO_4/FeWO_4$ serait d'autant plus élevé que la température de formation a été plus haute". Or ce rapport est très faible à Barrueropardo, de l'ordre de 0,002; d'où filons hydrothermaux, de basse température, ce qui rencontre les vues des auteurs américains et russes. D'autre part, nous trouvons un rapport de 0,64 à Saucelle, dans des filons de quartz qui seraient de plus haute température, donc où la pneumatolyse s'explique. Finalement, selon Shcherba (1970), qui donne des températures de greisenisation allant d'environ 300° à 500°, la faible épaisseur des greisens à Barrueropardo milite en faveur de la température la moins élevée, ce qui rejoint les observations précédentes.

3) *Paragenèse et succession*: pour établir celles-ci nous ne retiendrons que les observations faites dans les exploitations du sud de Barrueropardo, étant donné que les autres "trous" n'ont pu faire l'objet que d'observations trop fragmentaires.

La paragenèse rassemble donc les minéraux suivants: ferberite - scheelite - mispickel - pyrite - chalcopryrite - hématite - quartz - orthose - apatite - muscovite - biotite - tourmaline - topaze - zoïsite - zircon.

Nous estimons pouvoir établir la succession des minéraux dans l'ordre que voici:

1. tourmaline, qui se forme essentiellement dans les épontes.
- 2-3. scheelite et wolframite que l'on trouve surtout au contact, des épontes et disséminées dans celles-ci; wolframite après scheelite, comme vu plus haut.
4. quartz filonien.

? mispickel, pyrite, chalcopryrite, hématite et azurite, dans un ordre indéfinissable; de la pyrite est en tout cas venue après le quartz, puisqu'elle forme des croûtes sur les cristaux de quartz.

4) Finalement ces minéralisations s'insèrent dans un pluton granitique dont la mise en place date de la fin de l'étape moyenne de l'orogène hespérique. En cela, le gisement se placerait à côté des autres cas classiques, suivant le schéma général rappelé par Routhier (p. 1161).

Remerciements.

Nos sentiments de vive gratitude s'adressent d'abord à Mr. le Professeur J. Moreau, qui nous a guidé pas à pas dans cette étude; à feu I Rosso de Luna, qui ébaucha avec nous l'étude sur le terrain; à Mr. le Professeur P. de Béthune et Mr. D. Laduron pour leur aide apportée dans les problèmes pétrographiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BALK, R.: *Structural Behavior of Igneous rocks*. "Geological Society of America". Memoir 5 (1937).
- BARROIS, CH: *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*. "Mém. Soc. Géol.", du Nord 2. Lille, p. 61 (1882).
- BERRY, L. G. and MASON, B.: *Mineralogy*. W. H. Freeman and Cy, San Francisco, U.S.A. (1959).
- BEUGNIES, A.: *Contribution à l'étude des wolframites*. "Annales de la Soc. Geol. Belge", T. 90, Bull. 2, pp. 173-184 (1967).
- BILLINGS, P.: *Structural Geology*. 2nd Ed. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A. (1954).



Photo 7

f: ferbéríte; s: scheelite.

de los Angeles ne sont pas tourmalinisés. Nous nous trouverions ainsi dans un gîte plutôt hydrothermal que pneumatolytique. Mais la situation est tout autre à Saucelle où la tourmalinisation massive des schistes ne s'explique que par une action vigoureuse de gaz minéralisateurs. Et la présence de l'étain est d'un appoint appréciable pour qualifier les gisements de Saucelle de "pneumatolytique". Une autre observation nous amène à la même constatation. D'après F. Leutwein (dans Routhier, p. 531) "le rapport $MnWO_4/FeWO_4$ serait d'autant plus élevé que la température de formation a été plus haute". Or ce rapport est très faible à Barruecopardo, de l'ordre de 0,002; d'où filons hydrothermaux, de basse température, ce qui rencontre les vues des auteurs américains et russes. D'autre part, nous trouvons un rapport de 0,64 à Saucelle, dans des filons de quartz qui seraient de plus haute température, donc où la pneumatolyse s'explique. Finalement, selon Shcherba (1970), qui donne des températures de greisenisation allant d'environ 300° à 500°, la faible épaisseur des greisens à Barruecopardo milite en faveur de la température la moins élevée, ce qui rejoint les observations précédentes.

3) *Paragenèse et succession*: pour établir celles-ci nous ne retiendrons que les observations faites dans les exploitations du sud de Barruecopardo, étant donné que les autres "trous" n'ont pu faire l'objet que d'observations trop fragmentaires.

La paragenèse rassemble donc les minéraux suivants: ferbéríte - scheelite - mispickel - pyrite - chalcopryrite - hématite - quartz - orthose - apatite - muscovite - biotite - tourmaline - topaze - zoïsite - zircon.

Nous estimons pouvoir établir la succession des minéraux dans l'ordre que voici:

1. tourmaline, qui se forme essentiellement dans les épontes.
- 2-3. scheelite et wolframite que l'on trouve surtout au contact, des épontes et disséminées dans celles-ci; wolframite après scheelite, comme vu plus haut.
4. quartz filonien.
- ? mispickel, pyrite, chalcopryrite, hématite et azurite, dans un ordre indéfinissable; de la pyrite est en tout cas venue après le quartz, puisqu'elle forme des croûtes sur les cristaux de quartz.

4) Finalement ces minéralisations s'insèrent dans un pluton granitique dont la mise en place date de la fin de l'étape moyenne de l'orogène hespérique. En cela, le gisement se placerait à côté des autres cas classiques, suivant le schéma général rappelé par Routhier (p. 1161).

Remerciements.

Nos sentiments de vive gratitude s'adressent d'abord à Mr. le Professeur J. Moreau, qui nous a guidé pas à pas dans cette étude; à feu I Rosso de Luna, qui ébaucha avec nous l'étude sur le terrain; à Mr. le Professeur P. de Béthune et Mr. D. Laduron pour leur aide apportée dans les problèmes pétrographiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BALK, R.: *Structural Behavior of Igneous rocks*. "Geological Society of America". Memoir 5 (1937).
- BARROIS, CH: *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*. "Mém. Soc. Géol.", du Nord 2. Lille, p. 61 (1882).
- BERRY, L. G. and MASON, B.: *Mineralogy*. W. H. Freeman and Co, San Francisco, U.S.A. (1959).
- BEUGNIES, A.: *Contribution à l'étude des wolframites*. "Annales de la Soc. Geol. Belge", T. 90, Bull. 2, pp. 173-184 (1967).
- BILLINGS, P.: *Structural Geology*. 2nd Ed. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A. (1954).

- BIROT, P.: *Les dômes cristallins*. "Mem. Centre Doc. Cartogr. C.N.R.S.", 6, pp. 7-34 (1958).
- CLOOS, H.: *Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen. Das Riesengebirge in Schlesien* Berlin, Berntraeger (1925).
- COGNE, J.: *Métamorphismes et granitisations en liaison avec l'évolution orogénique en Bretagne méridionale*. "Bull. Soc. Geol. France", 7ème série-2., pp. 213-226 (1960).
- DELGADO: *Contribuções para o estudo dos terrenos paleozóicos*. "Comm. Serv. Geol. de Portugal", t. VI, pp. 56-122 (1907).
- DRESH, J.: *Pédiments et glaciaires d'érosion, pédiplains et inselbergs*. "Informations géographiques", pp. 183-196 (1957).
- GANEV, I. G. and SECHINA, N. P.: *The geochemical peculiarities of Wolframites*. "Geochemistry", vol. 6, pp. 617-623 (1960).
- GIL Y MAESTRE: *La Provincia de Salamanca*. "Mem. Com. Mapa Geologica", España, Madrid (1880).
- GREGNANIN, A. et VITERBO, C.: *Metodo di colorazione per identificare la cordierite in sezione sottile*. "Rendiconti della Societa Mineralogica Italiana", vol. XXI, pp. 113-120 (1965).
- HOSKING and FOLKINGHORNE: *The significance of the variable iron content of the wolframites of the west of England* (1957).
- "Inst. Geol. y Min. de España: *Mapa Geológico de la Provincia de Salamanca* (1966).
- JUNG, J.: *Pétrographie*. Masson et Cie, Paris (1958).
- LADURON, D.: *Sur les procédés de coloration sélective des feldspaths en lame mince*. "Ann. Soc. Geol. Belg.", T. 89, n.º 5-10 (1966).
- LAWRENCE, L. J.: *Crystal habit of wolframite as an indication of relative temperature of formation*. "N. Jb. Miner. Mh.", pp. 241-247 (1961).
- LLOPIS LLADO, N.: *Sur la structure hercynienne de l'Espagne et ses rapports avec la chaîne hercynienne en Europe occidentale*. "Comptes Rendus Acad. Sc.", Sér. D. t. 262 Paris, pp. 2581-2584 (1966).
- LOTZE, F.: *Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. "Abh. Ges. Wiss. Gött. Math.-Phys. kl", N. F. XIV (1929).
- LOTZE, F.: *Einige Probleme der Iberischen Meseta*. "Geotektonische Forschungen", nr. 6, pp. 1-12 (1945).
- LOTZE, F.: *Problema des Spanischen Kambrium und neue Forschungsergebnisse*. "Z. deutsch Geol. Gesellschaft", p. 571 (1955).
- LOTZE, F.: *Kambrium Spaniens (neue Forschungsergebnisse 1961-1965)* "Zbl. Geol. Paläontol". Teil I, páginas 1206-1227, Stuttgart (1966).
- MALLADA, L.: *Explicación del Mapa Geológico de España*. "Mem. Com. Mapa Geol. España", T. I., pp. 94-104 (1895).
- "Mem. Com. Mapa Geol. España", T. II., pp. 121-333-369 (1896).
- "Mem. Com. Mapa Geol. España", T. VI., pp. 301-309 (1907).
- NEIVA, J. M. C.: *Granito e porfiro granítico da Fonte dos Asnos (Miranda do Douro)*. "Memorias e noticias". Coimbra, n.º 39 (1955).
- OEN ING SOEN: *The geology, petrology and ore deposits of the Viseu region, Northern Portugal*. "Com. Serv. Geol. de Portugal", t. XLI (1958).
- OEN ING SOEN: *The intrusion mechanism of the late Hercynian, posttectonic granit plutons of northern Portugal* "Geologie", Mijnbouw (Nw, serie) 22º Jaarg., pp. 257-297 (1960).
- OLLIER, C. D.: *The inselberghs of Uganda*. "Zeitschrift für Geomorph". N. S. 4, pp. 43-52 (1960).
- ORLOV, R.: *Relations between scheelite, wolframite and sulfides*. "Dokl. Akad. Nank". 555 R. 147, pp. 207-209 (1962).
- PÉREZ MATEOS, J.: *Las Scheelitas Españolas*. "Notas y Com. del Inst. Geol. y Minero de España", II trim. 1er fasc., p. 333 (1958).
- RAGUIN, E.: *Géologie du granite*. "Masson et Cie", Paris (1957).
- RAGUIN, E.: *Géologie des gîtes minéraux*. "Masson et Cie", Paris (1961).
- RAGUIN, E.: *Pétrographie des roches plutoniques dans leur cadre géologique*. "Masson et Cie", Paris (1970).
- REDINHA, J. S.: *Contribuição para o estudo geoquímico das wolframites portuguesas*. "Memorias y Noticias", Coimbra", n.º 32 (1952).
- ROSSO DE LUNA, I.: *Las alineaciones geoestructurales y las disyunciones regmagénicas*. "Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat", 60, pp. 47-63 (1962).
- ROUTHIER, P.: *Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche*. "Masson et Cie", Paris (1963).

- SAMPELAYO, P. H.: *El Cambriano en España*. "Inst. Geol. y Min. de España", Madrid (1933).
- SAMPELAYO, P. H.: *El sistema Cambriano*. "Explic. del nuevo mapa Geol. de España", Madrid (1934).
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA: *Estudio de las rocas eruptivas de España*. "Mem. Acad. de Ciencias ex. físicas y natur.". T. VI, serie Ciencias natur., pp. 1-666, Madrid (1936).
- SCHMERMERHORN: *Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire Satao Region, Northern Portugal*. Comm. Serv. Geol. de Portugal", T. XXXVII (1956).
- SCHMIDT-THOME, P.: *Basamento paleozoico y cobertura moderna en la parte occidental de España central (Provincias de Salamanca y Cáceres)*. Publ. extranj. sobre Geol. de España, C.S.I.C. Madrid (1950).
- SHCHERBA, G. N.: *Greisens*. "Int. Geol. Review", vol. 12 (1970).
- STAUB, R.: *Gedanken zur Tektonik Spaniens*. "Viert. Naturf. Ges. Zurich", LXXI, p. 202 (1926).
- TEIXEIRA, C.: *Sur la géologie des granites du nord du Portugal*. "Soc. Geol. de France", C. R. Somm. des séances, n.º 2, pp. 35-37 (1946).
- TEIXEIRA, C.: *Notas sobre Geologia de Portugal*. Vol. I: Formações antemesozoicas. Lisboa (1955).
- TEIXEIRA, C.: *Le Cambrien portugais et ses problèmes*. "XX Congresso Geológico Internacional", T. I, páginas 235-242 (1956).
- TERMIER, H. et G.: *L' évolution de la lithospère. Oroge-nèse*. Masson, Paris (1957).
- THADEU, D.: *Les gisements stannowolframitiques du Portugal*. "Ann. Soc. Geol. de Belgique", T. 96, páginas 5-30 (1973).
- VARLAMOFF, N.: *Les phénomènes de greisenification, d'albitisation et de lépidolitisation et leurs relations spatiales avec les granites et les pegmatites d'Afrique*. "Ann. Soc. Geol. de Belgique", T. 86, Bull. 5, pp. 285-322 (1963).
- WESTERWELD, J.: *Roches éruptives, gîtes métallifères et métamorphisme entre Mangualde et le Douro dans le nord du Portugal*. "Geologie en Mijnbouw" (Nw serie) 18º jaar, 105, April 56 (1956).

Recibido: Mayo 1975.

Sobre el cálculo, puntos de aplicación y dificultades interpretativas de las anomalías Bouguer de la pesantez

Por C. GAIBAR-PUERTAS (*)

RESUMEN

En este trabajo se exponen los conceptos fundamentales sobre el campo gravitatorio terrestre y la distribución del campo uniforme o normal de la pesantez que absorbe el 99,95 por 100 de su potencial. Luego de resumir el razonamiento para el cálculo de las anomalías Bouguer (simples y completas) se analizan los factores que pueden responsabilizarse de las sistemáticas desvinculaciones entre la distribución geográfica de estas anomalías y los rasgos geológicos de la superficie terrestre.

SUMMARY

In this work on summarize the basic concepts about the Earth gravitational field and the geographical distribution of the uniform or normal gravity field which absorb the 99,95 % of the total gravitational potential.

Next of sum up the reasoning for the calculation of the Bouguer anomaly values (simples and complete) on analyse the principal factors which may be reponsible of the systematic uncorrelations between the geographical distribution of the Bouguer anomaly values and the Earth surface geological features.

INTRODUCCION

No obstante constituir una de las nociones geofísicas fundamentales y más divulgadas, incluso entre los geólogos, el concepto de la anomalía Bouguer continúa envuelto en notables imprecisiones relativas a su verdadera significación, así como en equívocos sobre los puntos donde, luego de corregidos o reducidos, deben ser aplicados los valores proporcionados por las observaciones gravimétricas.

La literatura más reciente permite advertir que la mayor parte de los geofísicos, incluyendo los especializados, continúan aceptando la clásica interpretación en el sentido de que (luego de hacerlas recíprocamente comparables mediante correcciones que las "reducen" a la superficie de referencia entrañada por el elipsoide terrestre o superficie oceánica) estas anomalías traducen direc-

tamente el influjo de las heterogeneidades endógeas crustales e infracrustales.

El constante y rápido incremento del número de observaciones gravimétricas en tierra firme, de su continua y acelerada expansión sobre la superficie oceánica, así como de la más reciente utilización de los satélites artificiales, vienen coadyuvando a precisar más y más la verdadera forma de la Tierra y, por ende, del elipsoide terrestre. Esto se traduce en un progresivo aumento de la exactitud conferible a los gradientes verticales y, en suma, al campo de pesantez teórico, normal o uniforme (g_0) vinculado al geode.

De otro lado, utilizando los resultados suministrados por las observaciones directas, así como los valores proporcionados indirectamente por los métodos analíticos, han venido elaborándose —esencialmente con fines prospectivos— toda una serie de procesos o artificios de cálculo tendentes a incrementar y perfeccionar la información geológica colegible de las anomalías de Bouguer.

En este sentido, los resultados proporcionados por la prospección sísmica y los sondeos mecáni-

cos han coadyuvado a obtener algunas precisiones sobre las densidades aproximadas imputables al substrato que, de rechazo, han facilitado la revisión y perfeccionamiento de los cálculos gravimétricos en algunas áreas terrestres. Por ejemplo, cuando los campos petrolíferos enmarcan numerosos sondeos mecánicos (que, con relativa precisión, pueden evidenciar la naturaleza, densidad, morfología y profundidad de los anomalógenos) han permitido colegir las correlaciones con los campos de anomalías Bouguer mostradas por la pesantez. De este modo se ha comprobado que los montajes y artificios analíticos a que son sometidas las anomalías de Bouguer suelen conducir a interpretaciones un tanto satisfactorias en las superficies de mesetas (morfoestructurales o peneplanizadas), depresiones y, en general, los sectores caracterizados por un relieve escasamente vigoroso. En regiones más extensas, particularmente cuando la tectónica o la erosión han esculpido relieves más o menos inhietos y complejos, aquellos montajes y artificios analíticos conducen, por el contrario y muy frecuentemente, a interpretaciones sumamente erróneas de los resultados obtenidos en la prospección gravimétrica.

La gran magnitud de estas dificultades no sólo viene sugiriendo importantes reservas acerca de la significación realmente conferible a las anomalías de Bouguer, pues hasta ha llegado a inducir serias vacilaciones (19), (20), etc., sobre si debe continuar estimándose realmente interesante su utilización con miras a la prospección geológica.

Refiriéndonos al ámbito español es bien sabido y lamentable que, desde el punto de vista gravimétrico, viene constituyendo una de las áreas continentales peor conocidas a causa de la enorme laxitud mostrada por nuestra red de estaciones gravimétricas. Efectivamente, integrada en 1972 (11) por tan sólo 155 estaciones fundamentales y 81 estaciones auxiliares resulta que, por término medio, cada una de estas 236 estaciones cubre una superficie de 2.087 km², teniendo en cuenta que aquella red gravimétrica se expande sobre los 492.733 km² de la España peninsular. Por lo demás, es lógico que, tanto el mapa relativo a las anomalías isostáticas en sus diversas concepciones (9), (21), (13), etcétera, como los referentes a las anomalías de Faye ("aire libre") y de Bouguer (5), sea cual fuere el elipsoide de referencia utilizado (22) e incluso el ideado por Lozano (14), (15), (16), utilizando las dis-

crepancias o diferencias (!) entre las anomalías de Faye y las de Bouguer, traduzcan anomalías en modo alguno vinculables a los acusados y complejos rasgos geoestructurales mostrados por la superficie de la Península Ibérica.

Con todo, conviene retener que, no obstante constatar de 896 estaciones, la red gravimétrica de Portugal traduce anomalías francamente vinculadas a las del ámbito español. Este hecho sugiere que la distribución general evidenciada en el conjunto de la Península por las anomalías de Bouguer resulta suficientemente coherente para permitirnos colegir que, por muy notable que fuere, el aumento de densidad en la red fundamental española sólo introduciría ligeros retoques del límite entre la —generalmente angosta— aureola litoral ocupada por las anomalías positivas y el enorme núcleo o cogollo central donde se enseñorean exclusivamente las anomalías negativas; marginalmente aportaría eventuales modificaciones de los valores absolutos mostrados, acá o allá, que se traducirían en retoques de las trazas mostradas por las isoanómalas de uno y otro signos.

Luego de exponer algunas ideas generales sobre el campo gravitatorio terrestre y precisar el concepto de campo uniforme o normal de la pesantez, el presente trabajo se concreta a resumir las correcciones que deben introducirse en los valores observados para obtener las anomalías de Bouguer simples y completas. Finalmente esbozamos los principales factores que, a nuestro juicio, pueden responsabilizarse de las aparentes desvinculaciones sistemáticas entre las anomalías de Bouguer y los rasgos geológicos superficiales.

I

GENERALIDADES SOBRE EL CAMPO GRAVITATORIO TERRESTRE

El campo de pesantez (g) observable en la Tierra puede y debe desvincularse en sus dos componentes fundamentales (fig. 1). Una de ellas es la gravedad terrestre propiamente dicha (g_0) que aporta la mayor parte del potencial de la pesantez y es alimentada por la fuerza de atracción expresada en la ley de Newton. La otra componente se dirige tangencialmente y es alimentada por la fuerza cen-

(*) Profesor de Investigación Científica, Departamento de Geología Económica, C. S. I. C., calle de Serrano, núm. 123. Madrid-6.

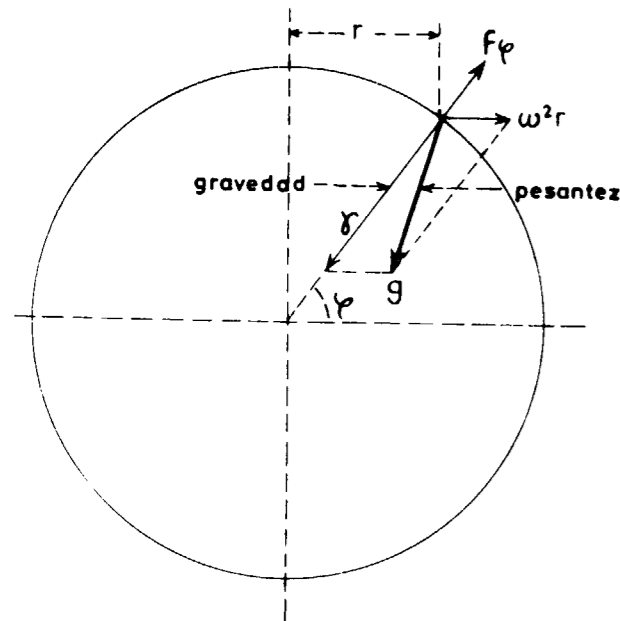


Figura 1

Diferencia entre gravedad y pesantez

trífuga (f) generada por la rotación terrestre; su intensidad resulta expresada por el producto

$$f = \omega^2 r \quad [1];$$

donde ω = velocidad angular de la rotación en el punto considerado y r = radio de giro o longitud perpendicular al eje de rotación terrestre.

Así, pues, en un punto cualquiera de la superficie terrestre ubicado a la latitud φ , el campo de pesantez (g_φ) es la resultante de la gravedad terrestre —inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el centro de la Tierra y dicho punto— y la fuerza centrífuga (f), cuya intensidad decrece progresivamente desde un máximo ecuatorial de 3,39 cm/seg² (en [1] r se identifica con el radio ecuatorial: $f_e = \omega^2 R_e$) hasta los polos, donde queda anulada (en [1]: $r=0$ y $f_p = \omega^2 0 = 0$). Los resultantes campos de pesantez ecuatorial (g_e) y polar (g_p) quedan expresados por las:

$$\left. \begin{aligned} g_e &= \gamma - f_e & \gamma &= g_e + \omega^2 R \\ g_p &= \gamma - f_p & \gamma &= g_p \end{aligned} \right\} g_p - g_e = \omega^2 R \quad [2]$$

El valor del radio de giro (r) correspondiente a una latitud cualquiera (φ) viene expresado por el

producto $R \cos \varphi$, y, en el supuesto de que la Tierra fuese esférica, el valor de la fuerza centrífuga estaría exclusivamente condicionado por la latitud geográfica del punto considerado, pues:

$$f_e \cos \varphi = \omega^2 R \cos \varphi \quad [3]$$

y como la componente de pesantez generada por la fuerza centrífuga se dirige en sentido opuesto al de la gravedad terrestre, a lo largo del radio terrestre R ($f \cos \varphi = f_e \cos \varphi$), en una latitud cualquiera (φ), resulta que

$$g_\varphi = \gamma - f_e \cos \varphi \quad [4]$$

traduciendo un efecto considerable, ya que produce una discrepancia de 5.300 miligales entre los valores de la pesantez polar y ecuatorial.

Recordando que $\text{sen}^2 \varphi = 1 - \text{cos}^2 \varphi$ y reemplazando la [1] en [2] llegamos a establecer las relaciones:

$$g_\varphi = g_e + f_e - f_e \text{cos}^2 \varphi = g_e + f_e (1 - \text{cos}^2 \varphi) = g_e + f_e \text{sen}^2 \varphi \quad [5]$$

y, como $f_e = \gamma - g_e$, dividiendo por g_e se obtiene la

$$\frac{g_\varphi}{g_e} = 1 + \frac{g_p - g_e}{g_e} \text{sen}^2 \varphi \quad [6]$$

de donde

$$g_\varphi = g_e \left[1 + \frac{g_p - g_e}{g_e} \text{sen}^2 \varphi \right] \quad [7]$$

fórmula que, según hemos advertido, no tiene en cuenta la verdadera forma de la Tierra; es decir, su aplastamiento polar determinante de la disminución progresiva de la longitud del radio terrestre (R) desde el Ecuador (R_e) hasta los polos (R_p). El valor del aplastamiento morfológico terrestre resulta definido por la expresión $R_e - R_p / R_e$ y, análogamente el quebrado $g_p - g_e / g_e$ implicado en la [7] representa el valor del "aplantamiento del campo de pesantez" que tanta importancia entraña en las mediciones geodésicas.

Es sabido que el objetivo fundamental de la Geodesia estriba en llegar al exacto conocimiento de la forma real del globo terrestre, que puede ser colegida tanto a partir de mediciones estrictamente geodésicas como de mediciones astronómicas o de las observaciones gravimétricas.

En efecto, terminamos de ver que la forma real del globo terrestre condiciona una variación latitudinal de la intensidad del campo gravitatorio. Consiguientemente, es lógico que el análisis de las variaciones reales mostradas por la intensidad de la pensatez en la totalidad de la superficie terrestre permita, por sí sólo, colegir la verdadera forma de nuestro planeta. La correlación entre la variación latitudinal de la intensidad gravitatoria y la forma de la Tierra queda explícitamente definida en el teorema de Clairaut: *La diferencia entre los radios ecuatorial y polar dividida por el radio ecuatorial es igual a la diferencia entre 5/2 del cociente entre la fuerza centrífuga y la pesantez ecuatoriales y el aplastamiento gravitatorio*; es decir, que el achataamiento terrestre (P) puede expresarse del modo siguiente:

$$P = \frac{R_e - R_p}{R_e} = \frac{5}{2} \times \frac{f_e}{g_e} - \frac{(g_p - g_e)}{g_e} = \frac{5}{2} f - \frac{g_p - g_e}{g_e} \quad [8]$$

Por esta discrepancia respecto a la esfera, a la forma de la Tierra se le asignó la denominación de esferoide, que, hasta cierto punto, puede considerarse equivalente a un elipsoide de revolución (biáxico), razón por la cual también suele denominarse elipsoide terrestre.

Con todo, es preciso consignar que no obstante los enormes avances logrados merced a la utilización de satélites artificiales, todavía distamos bastante de conocer, con toda exactitud, las verdaderas forma y dimensiones de la Tierra. En este sentido, también vienen siendo muy importantes las contribuciones aportadas por el continuo y extraordinario incremento experimentado por la densidad de la red mundial de observaciones gravimétricas y su reciente expansión por la totalidad de la superficie terrestre continental y oceánica.

Los sucesivos análisis de la faz sugerida por la distribución geográfica del campo de pesantez vienen traducándose en modificaciones de la imagen sobre la forma y dimensiones colegidas para el esferoide, que, por supuesto, repercuten en el valor proporcionado por la ecuación de Clairaut [8] para el aplastamiento de los meridianos y, por ende, para la distribución teórica de la pesantez en el supuesto de un campo normal, homogéneo o uniforme.

Con todo, conviene puntualizar que las modificaciones o retoques sucesivamente obtenidos para la forma y las dimensiones del elipsoide terrestre son poco importante, cual puede advertirse en el cuadro I, donde resumimos los valores obtenidos a lo largo del siglo para el aplastamiento polar:

CUADRO I

Calculadores	Epocas	Aplastamiento
Helmert	1901	$\frac{1}{298,2}$
Bowie	1917	$\frac{1}{297,5}$
Heiskanen	1928	$\frac{1}{297,06}$
Cassinis	1930	$\frac{1}{297,0}$
Heiskanen	1938	$\frac{1}{298,2}$
Heiskanen - Uotila	1957	$\frac{1}{297,4}$
Kaula	1958	$\frac{1}{298,15}$
Heiskanen	1961	$\frac{1}{298,1}$

En suma, el esferoide o elipsoide terrestre es una superficie teórica colegida mediante razonamientos fisicomatemáticos. Su más aproximada encarnación real puede vincularse a la forma conferible al nivel medio oceánico prolongada, idealmente, bajo los continentes emergidos.

Sabemos que el potencial gravitatorio depende de la distancia al centro de la Tierra, por lo que, si fuese esférica, las superficies equipotenciales también lo serían. Admitido que la forma resulta más vinculable a la de un elipsoide de revolución, las dimensiones de éste permiten calcular con precisión la longitud del radio terrestre en las diversas latitudes del elipsoide. Ahora bien, los valores sugeridos por las referencias gravimétricas para la longitud del radio terrestre en numerosos puntos de la superficie del elipsoide de referencia, no coinciden con los correspondientes a un elipsoide de revolución: las áreas oceánicas proporcionan longitudes sistemáticamente inferiores (hasta 150 m.) a las que corresponden a un elipsoide vinculado al nivel me-

dio del mar; contrariamente, en los continentes emergidos se obtienen radios terrestres de longitudes sistemáticamente superiores (hasta 50 m.) a las correspondientes al elipsoide teórico.

De estos resultados se sigue que la forma del esferoide o elipsoide de revolución discrepa un tanto de la forma realmente conferible a nuestro planeta, aparentemente más asociable a la de un elipsoide triáxico que ha recibido la denominación de Geoide. Vinculados a una superficie equipotencial, tanto en el caso del elipsoide como del geoide, la fuerza de gravedad se orienta perpendicularmente a sus superficies en todos sus puntos.

Marginalmente a estas contribuciones en torno a la verdadera forma y dimensiones de la Tierra, los valores proporcionados por las determinaciones gravimétricas deben reflejar las heterogeneidades de densidad asociadas a las variaciones laterales de la naturaleza y estructura del interior terrestre (previsibles, cuando menos, en todo el espesor de la corteza y en el manto superior).

En este sentido conviene retener que el gradiente de potencial (G) o de sus componentes —traducidos en el campo de pesantez observado en la superficie terrestre— constituyen la resultante de dos campos teóricos conjugados:

$$G = G_n + G_s \quad [9]$$

Uno de ellos, denominado homogéneo o normal (G_n), absorbe la inmensa mayoría del potencial y pudiera vincularse al primero de los armónicos de la serie en una función desarrollada del potencial, traduciéndose en un campo uniformemente expandido sobre la superficie terrestre, donde, en el supuesto de una forma elipsoidal biáxica, el potencial sería una simple función de la latitud considerada; en el caso de una forma elipsoidal triáxica, el potencial estaría condicionado por la latitud y la longitud de los puntos considerados.

El otro gradiente potencial (G_s) absorbe una parte mucho más reducida, pues correspondería a las heterogeneidades de las masas crustales y del manto superior traducidas en perturbaciones gravimétricas. Obviamente, es el potencial más interesante para la prospección geofísica; pero como las observaciones gravimétricas traducen el potencial global (G), es preciso desmembrar su parte principal, vinculada al campo uniforme o normal (G_n), cuya consideración, siquiera sucinta, no podemos soslayar.

II

ALGUNAS PRECISIONES SOBRE EL CAMPO UNIFORME O NORMAL DE LA PESANTEZ

Ante todo, parece conveniente insistir en que el nexo entre las superficies del elipsoide o geoide y una superficie equipotencial del campo de pesantez no pasa de ser una lucubración fisicomatemática, en modo alguno referible a la Tierra real.

En efecto, los artificios matemáticos utilizados para desmembrar el campo homogéneo presuponen una Tierra formada por la superposición de cascarones o mantos dotados de naturaleza homogénea y espesor constante; la consecuente ausencia total de relieves superficiales en la coraza más externa (la corteza) se traduciría en un espesor uniforme de los océanos, que, por lo tanto, presentarían profundidad constante. Solamente en estas condiciones el campo de pesantez presentaría una distribución uniforme o normal, donde su potencial dependería exclusivamente de la latitud y, consecuentemente, la pesantez normal (g_n) mostraría un valor constante a lo largo de cada paralelo geográfico. En este supuesto, la dirección de la plomada sería perpendicular al elipsoide en todos los puntos de su superficie, que, por lo demás, coincidiría plenamente con una de las superficies equipotenciales.

La simple observación de la superficie terrestre permite advertir la inexistencia de aquellas condiciones. La morfología traduce relieves tan importantes que su extensión vertical resulta superior al 50 por 100 del espesor de la corteza terrestre, determinando el acantonamiento del agua en las depresiones más acentuadas, donde las profundidades oceánicas distan considerablemente de ser constantes. De otro lado, en la superficie emergida se advierte continuamente una variación lateral en la naturaleza y densidad de los materiales crustales, que, obviamente, deben traducirse en sendas perturbaciones o anomalías de la pesantez, determinantes de ondulaciones en las superficies potenciales y, por tanto, de proporcionales desviaciones en la dirección de la plomada.

Y por lo que respecta al seno de la corteza, la observación indirecta facilitada por los diversos métodos geofísicos (sísmico, geomagnético, etc.) evidencian que, muy lejos de constituir patrimonio exclusivo de la superficie terrestre, aquellas heteroge-

neidades subsisten en todo el espesor de la corteza terrestre afectando asimismo, cuando menos, al manto superior. Estas heterogeneidades intracrustales e infracrustales están representadas por: diversidad de compactación o competencia en las rocas sedimentarias, variaciones de su contenido en minerales pesados, compresión y metamorfización diferenciales producidas por las compresiones tectónicas, etcétera, alojamiento de chimeneas, filones metalíferos, bolsas líquidas (agua, petróleo, etc.), gaseosas, sólidas (lacolitos, bolsas metálicas, etc.), así como otras intrusiones más voluminosas de materiales profundos dotados de mayor densidad, etc. Marginalmente a los correspondientes contrastes laterales entre sus densidades y las de las rocas encajantes, debe retenerse que tanto el volumen y forma como la profundidad a que estén ubicadas tales masas, coadyuvan a condicionar o definir la magnitud y el signo de sus repercusiones en la morfología de las superficies equipotenciales o en las desviaciones de la dirección de la plomada y, en suma, la distribución de la intensidad de la pesantez en la superficie terrestre.

Ya hemos anotado que, cuando menos, estas heterogeneidades materiales y subsiguientes repercusiones gravimétricas están alimentadas desde, cuando menos, todo el espesor de la corteza terrestre y su yacente más inmediato (manto superior). Consecuentemente, es obvio que la superficie del geoide debe presentar importantes perturbaciones gravimétricas de intensidad y extensión superficial sumamente dispares cual, de hecho, evidencian los abundantes y prolongadísimos perfiles gravimétricos continuos recientemente registrados en la superficie de todos los océanos, comúnmente identificada con la superficie del elipsoide terrestre que, en consecuencia, no debe imaginarse asociada a una superficie equipotencial caracterizada por una distribución uniforme, homogénea o normal de la intensidad del campo de pesantez.

En este sentido estimamos que acaso sería conveniente el desdoblamiento de la [9] transmutándola en la

$$G = G_n + G_s + G_e \quad [10]$$

donde el gradiente del potencial de la gravedad (o de sus componentes) resulta definido como resultante de los potenciales de tres campos superpuestos alimentados por: la masa principal de la Tierra incluyendo el manto intermedio que se responsabilizaría del campo uniforme, homogéneo o normal

(G_n); el manto superior y la corteza profunda (endogeoidal) cuyas heterogeneidades alimentarían el potencial (G_s) del distorsionado campo endogeoidal; finalmente, el campo exogeoidal alimentado por las heterogéneas masas superficiales (G_e) se vincularía a la película crustal confinada entre el geoide y la superficie topográfica emergida.

En suma, debe retenerse que los valores proporcionados por la ecuación de Clairaut [8] para la gravedad fundamental o normal (g_n) en simple función de la latitud elipsoidal son puramente teóricos pues, según terminamos de ver, la superficie real del geoide o elipsoide terrestre aparecen generalmente afectados por anomalías de ambos signos cuyas intensidades igualan o superan a la de las anomalías observadas en la superficie topográfica emergida.

Sin embargo, es obvio el enorme interés entrañado por el cálculo y la consideración del campo uniforme teóricamente vinculable a las distancias del centro de la Tierra definidas por la superficie del elipsoide de referencia. Efectivamente, el potencial de pesantez entrañado por este campo (G_n) representa cerca del 99,95 por 100 del total adscrito a la superficie equipotencial teóricamente vinculada a la superficie del elipsoide de referencia, donde las discrepancias máximas entre las más intensas anomalías positivas y negativas alcanzan unos 500 miligales, es decir, el 0,05 por 100 de los 980,170 miligales asignables al valor medio mostrado por la pesantez normal en la Península Ibérica.

Las dimensiones y aplastamiento del elipsoide, proporcionados por el análisis de los valores obtenidos en la red mundial de observaciones gravimétricas, permiten calcular los tres parámetros o términos implicados en las ecuaciones que definen los valores teóricos conferibles a la gravedad normal (g_n) en cualquier punto de la superficie terrestre; es decir, el valor teórico de la pesantez ecuatorial (g_e), el coeficiente del término principal de latitud (β), y la constante de la latitud teórica (ϵ). Vinculados a las dimensiones y aplastamiento sugeridos para el elipsoide de referencia por las referencias gravimétricas mundiales disponibles en cada una de las sucesivas épocas a que se refieren los análisis del potencial efectuados, los valores absolutos de aquellos tres parámetros muestran ligeras variaciones en los sucesivos elipsoides según puede apreciarse en el cuadro II, donde resumimos los correspondientes a 11 de los elipsoides calculados para épocas escalonadas entre 1882 y 1967.

por los diversos elipsoides, en el cuadro IV hemos calculado para latitudes de la Península Ibérica escalonadas de 10' en 10', los valores absolutos de la pesantez teórica según el elipsoide de STRUVE-HARKNESS (1882) y las discrepancias —expresadas en miligales y hasta centésimas de miligal— mostradas por los valores que nos han proporcionado ocho de los elipsoides calculados durante el presente siglo.

Actualmente, la red gravimétrica mundial presenta una densidad de observaciones que, además de poder estimarse unas 200 veces superior a la que presentaba en 1930, puede decirse que se extiende sobre la totalidad de la superficie terrestre (continental y oceánica), mientras que en 1930 únicamente cubría el 30 por 100 de la superficie emergida. Consiguientemente, el análisis de los resultados de las observaciones actualmente disponibles conduciría a una superficie de referencia más precisa que la elipsoide internacional de 1930, e incluso que la del adoptado en 1967 (cuadro II), apoyado en el valor fundamental de la gravedad (Potsdam).

Con todo, la nueva superficie de referencia todavía reflejaría las consecuencias de las imprecisiones dimanadas de las grandes heterogeneidades presentadas por la densidad de la red mundial de observaciones gravimétricas entre unas y otras regiones terrestres.

Por otra parte, aun cuando las nivelaciones de alta precisión permiten conocer las altitudes con errores inferiores a los cinco centímetros, debe retenerse que estas altitudes se refieren al nivel medio marino registrado en una determinada estación o mareógrafo. Y, a este respecto, conviene advertir que, muy lejos de constante, el nivel medio del mar varía muy ostensiblemente entre litorales alejados, y de modo apreciable entre puntos relativamente próximos: en Santander queda tres centímetros más alto que en La Coruña donde, a su vez, se ubica 15 centímetros más alto que en Alicante. Consiguientemente deben preverse fluctuaciones mucho más importantes y dispares para el conjunto del Globo.

De esto se deduce que, en los planteamientos fisicomatemáticos vigentes, tales discrepancias entre los niveles medios oceánicos deben repercutir traduciéndose en otras tantas oscilaciones, más o menos regionales, en el nivel adoptado usualmente para la superficie equipotencial teórica vinculada al elipsoide o geoide.

El hecho de que la superficie del geoide discorra constantemente en el ámbito oceánico por debajo de la superficie del elipsoide o nivel marino, llegando a alcanzar profundidades próximas a 150 metros, implica la adopción de profundidades excesivas que repercuten en los valores absolutos cogidos para las anomalías. En efecto, la inadecuada consideración de elipsoide (nivel marino) como superficie de referencia conduce a valores excesivos (de hasta 30 mgls.) en las anomalías positivas y deficitarios (hasta 30 mgls.) en las anomalías negativas; es decir, que anomalías de +50 y -10 mgls. sugeridas por las discrepancias respecto al elipsoide pueden ser, realmente, de +20 y -40 mgls., respectivamente, adoptando el geoide como superficie de referencia.

Otro tanto puede decirse respecto a las áreas emergidas donde las altitudes sobre el elipsoide o nivel marino también resultan excesivas con respecto a las altitudes sobre el geoide; como esta discrepancia es inferior a la oceánica (hasta unos 50 m.) las variaciones del valor absoluto de las anomalías se concretarán a unos 10 mgls. Es decir, que anomalías continentales de +50 y -10 mgls. respecto al elipsoide resultarán ser de +40 y -20 mgls., respectivamente, respecto a la superficie geoidal.

La mayor similitud existente entre el geoide y un elipsoide triáxico ha venido aconsejando a algunos investigadores, tales como HEISKANEN (1938), NISKANEN (1945), etc., asimilar las superficies equipotenciales de la pesantez a las de elipsoides triáxicos, calculando las fórmulas que proporcionan los valores de la gravedad teórica o normal (g_0) en función de la latitud (φ) y la longitud (λ) geográficas, consideradas conjuntamente.

III

CORRECCION DE LOS VALORES OBSERVADOS PARA EVIDENCIAR LAS ANOMALIAS DE LA PESANTEZ

Desde hace unos veinte años vienen efectuándose en las superficies oceánicas determinaciones de la pesantez con precisión creciente; se trata de observaciones continuas mediante el registro de perfiles a lo largo de las derrotas seguidas por los buques geofísicos, naves mercantes, navíos de las armadas, etc. (no se olvide el alto interés militar de

estas observaciones que algunos países realizan clandestinamente en aguas jurisdiccionales de otros sirviéndose de barcos pesqueros, etc., dotados de los equipos adecuados) de un número cada vez mayor de países. Así se comprende que tan pocos años hayan bastado para que, con sólo los datos publicados, hayamos llegado a conocer la distribución de la pesantez en las áreas oceánicas con la misma o mayor precisión que en los continentes emergidos donde las observaciones puntuales fueron iniciadas hace un siglo.

Dado que la superficie oceánica suele vincularse a la del elipsoide de referencia, las variaciones de intensidad registradas en los perfiles se adscriben directamente a anomalías superficiales mostradas por el campo de pesantez.

No acaece otro tanto con los valores puntuales obtenidos en tierra firme pues cada estación ha sido efectuada en la superficie equipotencial correspondiente a la altitud inherente. En consecuencia, estos valores sólo serán recíprocamente comparables luego de homogeneizados mediante pertinentes correcciones individuales que conducen a la reducción de Bouguer. Luego de obtenida e introducida esta corrección en cada uno de los valores, podrán ser implicados en cualquiera de los sistemas que permiten su reducción isostática a profundidades endogeodiales preseleccionadas.

En el presente trabajo nos concretaremos a considerar la corrección y anomalías de Bouguer que, en definitiva, y según veremos, representan el efecto de las heterogeneidades existentes en la distribución de la densidad crustal e infracrustal.

La reducción de Bouguer pretende, en esencia, eliminar el influjo teórico del potencial o campo de pesantez producido por la película crustal —supuesta dotada de una densidad homogénea— comprendida entre el elipsoide y la superficie topográfica (G_s en las [9] y [10]); es decir, la diferencia de potencial existente entre aquellas dos superficies.

El razonamiento que permite el cálculo de esta diferencia de potencial no puede tener una base más elemental pues se apoya en la conocida ecuación

$$g = k \frac{M}{R^2} \quad [17]$$

que proporciona el valor de la pesantez (g) en un punto cualquiera de la superficie terrestre (radio R) en función de la masa de la Tierra (M) y de la constante de gravitación universal (k) cuyo primi-

tivo valor de 6,75 (obtenido en 1798 por Cavendish) ha venido experimentando una serie de revisiones hasta quedar reducido al, actualmente aceptado, de $k = 6,673 \times 10^{-8}$ c.g.s. Recordemos que el valor mínimo de la pesantez corresponde al ecuador terrestre donde, la máxima longitud de R se traduce en un valor mínimo de la gravedad que todavía resulta capitidismuido a causa de que, en aquel círculo, alcanza su intensidad máxima la fuerza centrífuga (fig. 1).

Realmente, la corrección completa de Bouguer consta de tres fases que conviene considerar aisladamente.

1. *Corrección altimétrica: término y anomalías de FAYE ("aire libre")*.—La expresión [17] evidencia que, en cualquier punto de la Tierra, el valor de la pesantez es inversamente proporcional al cuadrado de su distancia hasta el centro del Planeta. Según esto, en una observación efectuada a la altitud h (distancia $R+h$), el valor de la pesantez (g_h) se relaciona con el valor (g_0) que, en la misma vertical, corresponde a la superficie del elipsoide o nivel del mar (radio R) puesto que guardan la relación:

$$g_h (R+h)^2 = g_0 R^2; \quad [18]$$

es decir

$$\frac{g_0}{g_h} = \left(1 + \frac{h}{R}\right)^2$$

y, consiguientemente, la diferencia entre los valores teóricos de la pesantez en uno y otro niveles será:

$$\Delta g = g_0 - g_h = g_0 - \frac{R^2}{(R+h)^2} g_0 = g_0 \left[1 - \frac{R^2}{(R+h)^2}\right] = \frac{2g_0 h R + g_0 h^2}{(R+h)^2} \quad [19]$$

que, despreciando los términos de segundo orden en h/R , puede ser resumida en la:

$$\Delta g \approx \frac{2g_0 h}{R} \quad [20]$$

que suministra el valor del gradiente vertical de la pesantez.

Análogamente, partiendo de las ecuaciones que proporcionan los valores de la energía potencial y del potencial gravitatorio (habida cuenta de que las altitudes de las áreas emergidas pueden con-

siderarse despreciables en relación con la longitud del radio terrestre) podemos establecer:

$$\Delta g_h = g_0 \left[1 - \frac{2h}{R} + \frac{3h^2}{R^2} \dots \right] \quad [21]$$

Despreciando los términos tercero y siguientes (ya que las altitudes raramente rebasan de 2.000 metros), la [21] se simplifica hasta la

$$\Delta g_h \approx g_0 \left(1 - \frac{2h}{R} \right) \approx g_0 - \frac{2g_0 h}{R}; \quad [22]$$

$$\Delta g_h = g_0 - g = \frac{2g_0 h}{R}$$

que, idéntica a la [20], constituye el término o reducción de Faye: g_A .

Reemplazando g_0 por el valor normal proporcionado por el elipsoide de referencia en la vertical de cada estación y R por el valor del radio del elipsoide en el punto de intersección de aquella vertical, las [20] y [22] proporcionan las diferencias entre los valores de la pesantez que, en la misma vertical, corresponden a la superficie equipotencial ubicada a la altitud h (en que fue efectuada cada estación) y la superficie equipotencial teóricamente asimilada al elipsoide de referencia. Es decir que este término de FAYE entraña la variación de pesantez, debida, exclusivamente, a la diferencia entre las distancias $R+r$ y R al centro de la Tierra.

Por lo demás, conviene retener que en esta reducción se considera que el agua de los océanos tiene la misma densidad que la corteza terrestre y que la masa crustal comprendida entre el elipsoide y los puntos de observación tiene una densidad nula; es decir que los puntos correspondientes a las estaciones se imaginan suspendidos en el aire, razón por la cual este término o corrección de FAYE también suele recibir la denominación de "corrección de aire libre".

Si, en lugar de referirla a estaciones individuales, quiere expresarse esta corrección para el conjunto de una determinada región, basta reemplazar en la [22]: g_0 por el valor medio de la pesantez en tal región (g_m) y R por el radio medio de la curvatura terrestre (R_0) en la región, quedando transmutada en la

$$g_A = \frac{2g_m h}{R_0} \quad [23]$$

En los tratados de Geofísica general, e incluso en los concretados al dominio de la Gravimetría, se afirma tradicionalmente que esta corrección (Δg_F) debe aplicarse —y, de hecho, se aplica— a los valores observados en la superficie topográfica (g) con el fin de transportarlos teóricamente, a lo largo de la vertical que pasa por cada estación, hasta la superficie del elipsoide, donde, luego de corregidos, los valores observados se transforman en los $g + \Delta g_F$.

A nuestro modo de ver, muy lejos de presentar dificultad alguna, resulta más correcto y ventajoso adoptar como superficie equipotencial de referencia a la del horizonte inherente a cada estación y aplicar la corrección de FAYE a los valores teóricos de la pesantez atribuidos, en la vertical de cada estación, al elipsoide de referencia; es decir que, en lugar de hacia abajo, se efectuaría un transporte hacia arriba de los valores teóricos del elipsoide (g_0) hasta los puntos de observación, donde quedarían transformados en los correspondientes $g_0 - \Delta g_F$.

Obviamente, las anomalías FAYE o discrepancias entre los valores $g + \Delta g_F$ y g_0 son idénticas a las existentes entre los $g_0 - \Delta g_F$ y g . Por lo demás, el transporte hacia arriba tiene la ventaja de conservar los valores reales (g) proporcionados por las observaciones, mientras que los valores teóricos g_0 y Δg_F resultan agrupados en el otro término; contrariamente, en el transporte hacia abajo, la anomalía resulta definida por la confrontación de dos valores teóricos (g_0 y el $g + \Delta g_F$), perdiéndose o desvirtuándose el valor real observado (g) al adscribirle la corrección Δg_F .

Como la longitud del radio terrestre es función de la latitud, las variaciones del término fundamental de la reducción de FAYE ($2g/R$) pueden ser calculadas en función conjunta de la altitud (h) y la latitud (φ), teniendo en cuenta la longitud presentada por los radios ecuatorial (R_e) o polar (R_p) del elipsoide de referencia.

Si se considera el valor de la longitud del radio medio de la curvatura terrestre (R_0) puede estimarse que, en el cociente $2g/R_0$, el efecto combinado de las variaciones latitudinales presentadas por g_0 y R_0 es prácticamente constante, ya que su valor se reduce al 0,07 por 100. Pero, aun teniendo en cuenta esta variación, las dimensiones del elipsoide permiten establecer que la interdependencia entre la magnitud (Δg) de los gradientes verticales de la pesantez, la altitud (h) y la altitud (φ) resul-

ta expresada —en el caso del elipsoide internacional de 1930— en el ecuador por la

$$\Delta g_F = 0,308551 \times h \text{ mgls.} \quad [24]$$

y en una latitud cualquiera por la

$$\Delta g_F = h(0,308551 + 0,000227 \cos 2\varphi - 0,7 \times 10^{-7}) \text{ mgls.} \quad [25]$$

que permite calcular el gradiente vertical y, por ende, la corrección de FAYE correspondiente a una estación, no importa cual, teniendo en cuenta su latitud geográfica y su altitud expresada en metros.

Considerando la longitud del radio ecuatorial del elipsoide y las altitudes extremas de los bloques emergidos (0 y 10.000 m.), la [24] conduce a los siguientes valores para los gradientes verticales de la pesantez ($2g/R_e$) en las latitudes extremas y en la intermedia:

CUADRO V

Latitudes	$h=10.000$ m	$h=0$ m
90°	0,3088 mgls./m	0,3093 mgls./m
45°	0,3075 "	0,3080 "
0°	0,3062 "	0,3067 "

y, análogamente, para las altitudes predominantes y latitudes extremas de la Península Ibérica hemos obtenido los gradientes de FAYE tabulados en el cuadro VI, dispersión de valores que conduce al promedio de 0,308486 miligales/metro para el conjunto de la Península bérica.

Consiguientemente, el valor del término de FAYE Δg_F —inherente a esta primera fase de la corrección de Bouguer— para cada punto de observación o estación se obtendrá multiplicando su altitud (h), expresada en metros por el gradiente medio obtenido para nuestra Península:

$$\Delta g_F = 0,308486 \times h \text{ miligales} \quad [26]$$

o, si se requiere mayor precisión, multiplicando h por el valor correspondiente a Δg_F de acuerdo con

CUADRO VI

Altitudes (m)	44°	43°	42°	41°	40°	39°	38°	37°	36°
3.000	0,308353	0,308360	0,308367	0,308374	0,308381	0,308388	0,308395	0,308402	0,308409
2.900	60	67	74	81	88	95	402	09	16
2.800	67	74	81	88	95	402	09	16	23
2.700	74	81	88	95	402	09	16	23	30
2.600	81	88	95	402	09	16	23	30	37
2.500	88	95	402	09	16	23	30	37	44
2.400	95	402	09	16	23	30	37	44	51
2.300	402	09	16	23	30	37	44	51	58
2.200	09	16	23	30	37	44	51	58	65
2.100	16	23	30	37	44	51	58	65	72
2.000	23	30	37	44	51	58	65	72	79
1.900	30	37	44	51	58	65	72	79	86
1.800	37	44	51	58	65	72	79	86	93
1.700	44	51	58	65	72	79	86	93	500
1.600	51	58	65	72	79	86	93	500	07
1.500	58	65	72	79	86	93	500	07	14
1.400	65	72	79	86	93	500	07	14	21
1.300	72	79	86	93	500	07	14	21	28
1.200	79	86	93	500	07	14	21	28	35
1.100	86	93	500	07	14	21	28	35	42
1.000	93	500	07	14	21	28	35	42	49
900	500	07	14	21	28	35	42	49	56
800	07	14	21	28	35	42	49	56	63
700	14	21	28	35	42	49	56	63	70
600	21	28	35	42	49	56	63	70	77
500	28	35	42	49	56	63	70	77	84
400	35	42	49	56	63	70	77	84	91
300	42	49	56	63	70	77	84	91	98
200	49	56	63	70	77	84	91	98	605
100	56	63	70	77	84	91	98	605	12
0	63	70	77	84	91	98	605	12	19

la latitud y altitud correspondiente a cada estación —interpolable en nuestro cuadro VI— en la gama de valores comprendidos entre 0,308353 y 0,308619 miligales/metro, que, en cualquier caso, suponen un gradiente o variación de 1 miligal por cada 3,2 metros en las diferencias de altitud.

Por lo que respecta al signo de esta reducción será, evidentemente, positivo caso de que —como es habitual— sea aplicada al valor observado para su transporte teórico, hacia abajo, hasta la superficie del elipsoide o nivel del mar. Pero si, de acuerdo con lo sugerido, se aplica el valor teórico de la pesantez elipsoidal para su transporte, *hacia arriba*, hasta la superficie equipotencial que contenga cada punto de observación o estación, el *signo de esta reducción será negativo*.

En el usual transporte de los valores observados hacia abajo, las anomalías de "aire libre" (A_F) resultan expresadas por la diferencia:

$$A_F = g + \Delta g_F - g_0 \quad [27]$$

mientras que si se efectúa el transporte de los valores teóricos o normales del elipsoide hacia arriba, las anomalías de FAYE vendrán expresadas por la diferencia:

$$A_F = (g_0 - \Delta g_F) - g \quad [28]$$

y, por supuesto, todavía resultará más inadecuada la expresión de "aire libre".

En las áreas oceánicas, estas anomalías sugeridas por el término de FAYE reflejan, aproximadamente, el signo e intensidad de las oscilaciones mostradas por la pesantez en la superficie del elipsoide de referencia; en muchos sectores, estas fluctuaciones, de uno y otro signos, culminan en anomalías más o menos intensas y dilatadas expandidas en el elipsoide de referencia, evidenciando las discrepancias entrañadas respecto a su teórica vinculación a una superficie equipotencial, donde la pesantez presenta una distribución uniforme, homogénea o normal.

Contrariamente, en las áreas continentales emergidas las anomalías de "aire libre" no reflejan exactamente la distribución espacial del potencial de la pesantez al involucrar los efectos anomalógenos dimanados de la porción del caparazón crustal ubicado sobre el geoide, a la que, según hemos anotado, confiere una densidad nula la reducción de FAYE. Obviamente, esta porción externa de la corteza tiene una densidad variable que incide en los valores observados con magnitudes dependientes de

la altitud y del valor real de la densidad correspondiente a aquella masa crustal en la vertical de cada estación. Así, pues, los valores observados para la pesantez (g) traducen el efecto de las masas endogeoidal y exogeoidal, que, por supuesto, continúan conservando luego de su transporte vertical hacia abajo hasta la superficie del elipsoide, donde, consiguientemente, la anomalía de "aire libre" es la diferencia entre el campo teórico (g) y la superposición de los campos reales endogeoidal y exogeoidal. Por supuesto, otro tanto acaece en el caso del transporte vertical del campo teórico (g_0) hacia arriba hasta la altitud de cada estación, donde el valor corregido (g_0') subsiste vinculado a un campo teórico uniforme que es comparado al campo observado (g) producido por las masas endogeoidal y exogeoidal.

2. *Corrección másica: término y anomalías simples de BOUGUER.*—Con el fin de complementar la precedente, esta segunda fase pretende eliminar, en cierta magnitud y con la precisión posible, el influjo ejercido por la corteza perigeoidal sobre los valores observados. Consiguientemente, la magnitud de este término está condicionada por la densidad que se confiera y el espesor mostrado por aquella película crustal, cuya superficie externa se supone plana y de extensión infinita (fig. 2).

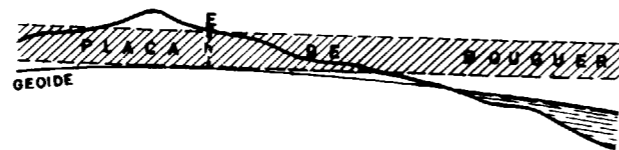


Figura 2
Masa crustal considerada en las anomalías de Bouguer simples.

El cálculo de dicha magnitud se basa en un artificio fisicomatemático que considera el efecto producido por un cilindro vertical y presupone que cada observación o estación ha sido efectuada en el centro de una superficie circular correspondiente a una meseta o placa de extensión infinita y perfectamente horizontal, que, dotada de un espesor idéntico a la altitud de la estación sobre el elipsoide, presenta una densidad uniforme y conocida con la máxima exactitud.

En estas condiciones, una serie de consideraciones matemáticas abocan a sumarizar que el efecto de pesantez producido por una tal placa o meseta resulta expresado por la

$$\Delta g_B = 2\pi k \rho h \quad [29]$$

donde figuran dos parámetros fijos: la constante gravitatoria de NEWTON

$$k = 6,673 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-3} \text{ gr}^{-1} \text{ seg}^{-1}$$

y el valor de $2\pi = 6,2832$, que, involucrados en una sola constante, nos permite escribir:

$$\begin{aligned} \Delta g_B &= 0,0000006673 \times 6,2832 \rho h \text{ gal/cm} = \\ &= 0,00000419277936 \rho h \text{ gal/cm} = \\ &= 0,0000419277936 \rho h \text{ gal/m} = \\ &= 0,0419277936 \rho h \text{ mgls/m} \end{aligned} \quad [30]$$

donde la magnitud de esta corrección o término de BOUGUER únicamente queda condicionada por la altitud (h), expresada en metros, y dentro de una misma altitud, por el valor conferido a la densidad media (ρ) —ya que no uniforme— de la placa o meseta.

El valor real de la densidad media resulta, en verdad, prácticamente indeterminable. En los reconocimientos regionales suelen estimarse valores más o menos aproximados de las densidades mostradas por algunas muestras de las, generalmente alteradas, rocas aflorantes que obviamente arman una película de espesor muy reducido en relación con la magnitud de h . Más aproximadas pueden estimarse las determinaciones efectuadas cuando, en las prospecciones petrolíferas y mineras, se utilizan los testigos proporcionados por profundos sondeos mecánicos y se tienen en cuenta los diversos porcentajes sugeridos por las isópacas para cada una de las formaciones estimables cual supuestamente dotadas de una densidad constante. Pero, en general, estas determinaciones experimentales de la densidad media continúan mereciendo importantes reservas, y ello hasta el punto de haberse generalizado la adopción y utilización de la densidad media (2,67) atribuida a la corteza terrestre; de esta guisa, la [30] se reduce a la

$$\begin{aligned} \Delta g_B &= 0,0419277936 \times 2,67 \times h = \\ &= 0,11194721 \times h \text{ miligales} \end{aligned} \quad [31]$$

donde h debe ser expresada en metros.

En el cuadro VII hemos calculado, para altitudes escalonadas de 100 en 100 metros hasta la de 3.000 metros, los valores absolutos (expresados en miligales y hasta sus milésimas partes) correspondientes a este término de BOUGUER para densidades, escalonadas de décima a décima, comprendidas entre 1,8 y 2,67, estimables cual valores extremos de la gama habitual. Estas series de valores permiten advertir el gran influjo del valor asignado a la densidad media, particularmente cuando se trata de regiones bastante elevadas; efectivamente, en la altitud de 3.000 metros, la fluctuación de la densidad entre 1,8 y 2,67 implica en el término de BOUGUER un incremento de 109,5 miligales, que se reduce a 73 miligales en la altitud de 2.000 metros, y a 36,5 miligales, en la altitud de 1.000 metros.

El signo que debe adscribirse a este término está condicionado por el emplazamiento de la superficie terrestre respecto al nivel del mar asimilado a la superficie del elipsoide de referencia.

Efectivamente, en las áreas emergidas, este término pretende eliminar el influjo de la película crustal emergida y, en consecuencia, la corrección tendrá siempre signo negativo. Es decir que

$$\Delta g_B = -0,11194721 \times h \text{ miligales} \quad [32]$$

Por el contrario, en las áreas submarinas este término comporta la suposición de una teórica y perfecta colmatación de tales depresiones con materiales crustales dotados de una densidad homogénea, lo que implica una corrección aditiva, es decir que tendrá siempre signo positivo. Por lo demás, en estas áreas debe adoptarse como densidad la diferencia entre el valor conferido a la corteza terrestre (2,67) y el valor medio que, en función de la salinidad, temperatura, presión y compresibilidad, deba asignarse en cada sector oceánico a la densidad (ρ_{H_2O}) de la columna de agua extendida desde el fondo hasta la superficie oceánica. Es decir, que

$$\Delta g_B = +0,0419277936 \times (2,67 - \rho_{H_2O}) \times h \text{ mgls.} \quad [33]$$

donde h representa la profundidad oceánica expresada en metros.

Finalmente debe retenerse la diversa repercusión, en unas y otras áreas, de la fiabilidad conferible al valor absoluto de este término a causa del valor usualmente conferido a la densidad, equiparándola al promedio teórico de 2,67 atribuido al conjunto de la corteza terrestre.

CUADRO VII

Altitud (metros)	$\rho=1,8$	$\rho=1,9$	$\rho=2,0$	$\rho=2,1$	$\rho=2,2$	$\rho=2,3$	$\rho=2,4$	$\rho=2,5$	$\rho=2,6$	$\rho=2,67$
3.000	-226,410	-238,988	-251,567	-264,145	-276,723	-289,302	-301,880	-314,458	-327,037	-335,842
2.900	-218,863	-231,022	-243,181	-255,340	-267,499	-279,658	-291,817	-303,977	-316,136	-324,647
2.800	-211,317	-223,056	-234,796	-246,535	-258,275	-270,015	-281,755	-293,495	-305,234	-313,452
2.700	-203,769	-215,090	-226,410	-237,731	-249,051	-260,372	-271,692	-283,013	-294,333	-302,257
2.600	-196,222	-207,123	-218,025	-228,926	-239,827	-250,728	-261,629	-272,531	-283,432	-291,063
2.500	-188,675	-199,157	-209,639	-220,121	-230,603	-241,085	-251,567	-262,049	-272,531	-279,868
2.400	-181,128	-191,191	-201,253	-211,316	-221,379	-231,441	-241,504	-251,567	-261,629	-268,673
2.300	-173,581	-183,224	-192,868	-202,511	-212,155	-221,798	-231,441	-241,085	-250,728	-257,479
2.200	-166,034	-175,258	-184,482	-193,706	-202,931	-212,155	-221,379	-230,603	-239,827	-246,284
2.100	-158,487	-167,292	-176,097	-184,902	-193,706	-202,511	-211,316	-220,121	-228,926	-235,089
2.000	-150,940	-159,326	-167,711	-176,097	-184,482	-192,868	-201,253	-209,639	-218,025	-223,894
1.900	-143,393	-151,359	-159,326	-167,292	-175,258	-183,224	-191,191	-199,157	-207,123	-212,700
1.800	-135,846	-143,393	-150,940	-158,487	-166,034	-173,581	-181,128	-188,675	-196,222	-201,505
1.700	-128,299	-135,427	-142,554	-149,682	-156,810	-163,938	-171,065	-178,193	-185,321	-190,310
1.600	-120,752	-127,460	-134,169	-140,877	-147,586	-154,294	-161,003	-167,711	-174,420	-179,116
1.500	-113,205	-119,494	-125,783	-132,073	-138,362	-144,651	-150,940	-157,229	-163,518	-167,921
1.400	-105,658	-111,528	-117,398	-123,268	-129,138	-135,007	-140,877	-146,747	-152,617	-156,726
1.300	-98,111	-103,562	-109,012	-114,463	-119,913	-125,364	-130,815	-136,265	-141,716	-145,531
1,200	-90,564	-95,595	-100,627	-105,658	-110,689	-115,721	-120,752	-125,783	-130,815	-134,337
1.100	-83,017	-87,629	-92,241	-96,853	-101,465	-106,077	-110,689	-115,301	-119,913	-123,142
1.000	-75,470	-79,663	-83,856	-88,048	-92,241	-96,434	-100,627	-104,819	-109,012	-111,947
900	-67,923	-71,697	-75,470	-79,244	-83,017	-86,791	-90,564	-94,338	-98,111	-100,752
800	-60,376	-63,730	-67,084	-70,439	-73,793	-77,147	-80,501	-83,856	-87,210	-89,558
700	-52,829	-55,764	-58,699	-61,634	-64,569	-67,504	-70,439	-73,374	-76,309	-78,363
600	-45,282	-47,798	-50,313	-52,829	-55,345	-57,860	-60,376	-62,892	-65,407	-67,168
500	-37,735	-39,831	-41,928	-44,024	-46,121	-48,217	-50,313	-52,410	-54,506	-55,974
400	-30,188	-31,865	-33,542	-35,219	-36,896	-38,574	-40,251	-41,928	-43,605	-44,779
300	-22,641	-23,899	-25,157	-26,415	-27,672	-28,930	-30,188	-31,446	-32,704	-33,584
200	-15,094	-15,933	-16,771	-17,610	-18,448	-19,287	-20,125	-20,964	-21,802	-22,389
100	-7,547	-7,966	-8,386	-8,805	-9,224	-9,643	-10,063	-10,482	-10,901	-11,195
1	-0,755	-0,797	-0,839	-0,880	-0,922	-0,964	-1,006	-1,048	-1,090	-1,119

En efecto, parece muy probable que compediando las secuencias sedimentarias y las bóvedas (siempre tectonizadas y bastante meteorizadas) de intrusiones generalmente formadas por las rocas siálicas más livianas, la película crustal emergida —que es la implicada en el cálculo del término de BOUGUER— realmente debe presentar una densidad media netamente inferior a 2,67. En otro sentido, muy lejos de uniforme o constante, la densidad real debe presentar sendas variaciones laterales condicionadas por la naturaleza, volumen, forma, estructura y profundidad de masas rocosas (más o menos vinculables a conjuntos densimétricamente homogéneos), que, yuxtapuestas a otros conjuntos litológicos de naturaleza y densidad diferentes, producirán sendos contrastes de densidad que se traducirán en variaciones de la intensidad o anomalías de la pesantez. Por lo demás, ubicadas generalmente a muy diversas profundidades, la presencia de tales masas es prácticamente imprevisible y viene a incrementar la imprecisión de aquella densidad adoptada.

Marginalmente a esta inevitable incertidumbre implicada en la discrepancia entre la teórica densidad uniforme (abogada por el artificio fisicomatemático) y la, no menos teórica, densidad media crustal (adoptada como mal menor), debemos señalar que la utilización sistemática de esta última repercute con magnitud y signo diversos según se trate de áreas emergidas o sumergidas.

En las áreas emergidas, la utilización de aquel valor excesivo para la densidad local se traducirá en un incremento (magnitud proporcional a la altitud) del valor absoluto del negativo término de Bouguer que repercutirá:

- Disminuyendo el valor absoluto de las anomalías positivas.
- Aumentando el valor absoluto de las anomalías negativas.

Contrariamente, en las áreas oceánicas, aquel exceso de densidad repercutirá incrementando el va-

lor absoluto del positivo término de Bouguer que se traducirá en un:

- Aumento del valor absoluto de las anomalías positivas.
- Disminución del valor absoluto de las anomalías negativas.

Representado por la altitud (h) de cada estación sobre el nivel del mar, el espesor de aquella película crustal entraña la masa extrageoidal implicada en el término de Bouguer que facilita el cálculo inmediato de las anomalías simples. En efecto, como tanto el término de FAYE [26] como el de BOUGUER [31] han quedado establecidos en simple función de la altitud (h) expresada en metros, pueden reagruparse en una corrección o término conjunto cuyo valor absoluto vendrá dado por la

$$\Delta g_B (\text{simple}) = (0,308486 - 0,11194721) h = 0,19652879 h \text{ mgls} \quad [34]$$

En la clásica concepción de que los valores observados son *transportados hacia abajo hasta el elipsoide*, como esta traslación implica una corrección altimétrica positiva cuyo valor absoluto es siempre superior al de la corrección másica, la [34] conduce siempre a una *corrección de signo positivo*:

$$+0,19653879 h \text{ mgls/m}$$

Por el contrario, en la sugerencia de reagrupar los valores teóricos mediante el *transporte hacia arriba de los valores normales del elipsoide*, la corrección altimétrica será negativa y de valor absoluto siempre superior al de la corrección másica que, en este caso, será aditiva. Consiguientemente, la [34] conduce a una *corrección de signo negativo*:

$$-0,19654146 h \text{ mgls/m}$$

Así, pues, en el clásico y habitual proceder, la anomalía de Bouguer (simple) vendrá expresada por la

$$A_B(\text{simple}) = (g + 0,19653879 h) - g_0 \text{ miligales} \quad [35]$$

mientras que, en el otro supuesto, resulta definida por la

$$A_B(\text{simple}) = g - (g_0 - 0,19653879 h) \text{ miligales} \quad [36]$$

En las áreas oceánicas, las observaciones son efectuadas en la superficie marina y como, hasta cierto punto, este nivel es homologable a la superficie del elipsoide de referencia, los valores observados no requieren el transporte de Faye puesto que $g \approx g_0$. Consiguientemente, los valores de las anomalías de Bouguer (simples) en el ámbito oceánico serán proporcionados por la

$$A_A (\text{simple}) = g + 0,0419277936 \times (2,67 - \rho_{H_2O}) h \text{ miligales} \quad [37]$$

es decir condicionadas por la densidad del agua (H_2O) y la profundidad (h) oceánicas.

Por lo demás, ya hemos indicado que el probablemente excesivo valor conferido a la densidad media de la corteza (2,67) incide diversamente, en estas anomalías de Bouguer, según su signo y el sector —emergido o sumergido— a que se refieran.

3. *Corrección topográfica: anomalías completas de BOUGUER.*—Constituyendo la tercera fase, implica una corrección másica complementaria de la precedente donde se presumía una placa o meseta extendida hasta el infinito y presentando una superficie externa perfectamente horizontal.

Realmente, en torno a cada punto de observación, la superficie terrestre presenta relieves más o menos vigorosos que obviamente ejercen un influjo incidente en el valor observado para la pesantez.

En efecto, cualquier elevación o relieve positivo de la superficie topográfica ubicado por encima del horizonte de la estación producirá una atracción o componente ascendente que se traducirá en una disminución de la pesantez observada en la estación (fig. 3). Análogamente, cualquier depresión o relieve negativo esculpido por debajo del horizonte de cada estación implica un déficit de masa; es decir, una disminución de la atracción hacia abajo, asimismo equivalente a una componente ascendente que también repercutirá produciendo valores deficitarios en la pesantez observada. Consiguientemente, *esta corrección tendrá siempre signo aditivo*.

Queda claro que cualquier relieve, positivo o negativo, atenúa el valor de la pesantez en magnitudes directamente proporcionales al volumen de los relieves e inversamente proporcionales a las distancias que medien entre los relieves y el punto de observación.

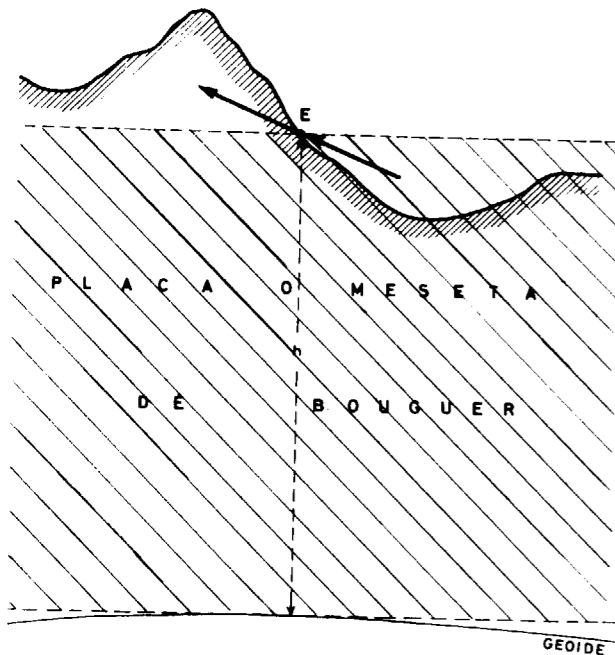


Figura 3

Efectos de la topografía superficial adicionalmente considerados en las anomalías de Bouguer completas.

En suma, la corrección topográfica (C_t) pretende subsanar los defectos implicados en la simplista hipótesis de la placa o meseta con extensión infinita, espesor constante y superficie horizontal ubicada a la altitud de cada estación. Es decir, viene a retocar el término simple de Bouguer (teórico arrasamiento superficial) adscribiéndole los efectos teóricos que se producirían:

- Colmatando, con materiales de densidad homogénea todas las depresiones (oceánicas y emergidas) desde sus fondos hasta la altitud de cada estación.
- Suprimiendo todos los relieves ubicados sobre la altitud de cada estación, supuestos dotados de densidad uniforme e idéntica a la de los materiales que teóricamente colmatarían las depresiones.

Para ello se precisa calcular, con la mayor precisión posible, el volumen presentado por los relieves positivos (elevaciones) y negativos (depresiones). Seguidamente, adoptando una densidad adecuada, se calculan los valores de las componentes

ascendentes alimentadas por aquellas elevaciones y depresiones.

Con el fin de dar una idea sobre la intensidad o valores absolutos (miligales) implicados en esta corrección, aprovechando la notable densidad de la red gravimétrica portuguesa (10), en el cuadro VIII hemos calculado los promedios y valores extremos obtenidos para la corrección topográfica en cada uno de los cupos de estaciones que hemos establecido catalogándolas por sus altitudes escalonadas de 50 en 50 m.

CUADRO VIII

Altitudes (límites)	Número de estaciones	CORRECCION TOPOGRAFICA		
		Promedios	Extremos	
1.350-1.300 m	1	+7,78	+ 7,78	+7,78
1.300-1.250 m	1	+8,38	+ 8,38	+8,38
1.250-1.200 m	1	+9,50	+ 9,50	+9,50
1.200-1.150 m	0	—	—	—
1.150-1.100 m	0	—	—	—
1.100-1.050 m	0	—	—	—
1.050-1.000 m	3	+4,36	+ 6,59	+2,98
1.000- 950 m	3	+5,00	+ 7,25	+2,71
950- 900 m	1	+1,49	+ 1,49	+1,49
900- 850 m	7	+3,40	+11,12	+0,78
850- 800 m	14	+2,11	+ 6,57	+0,64
800- 750 m	24	+1,69	+ 8,38	+0,04
750- 700 m	35	+1,90	+11,36	+0,07
700- 650 m	18	+1,79	+ 7,13	+0,02
650- 600 m	27	+1,58	+ 6,60	+0,08
600- 550 m	30	+1,83	+ 6,14	+0,18
550- 500 m	26	+1,49	+ 4,70	+0,12
500- 450 m	30	+2,01	+ 8,41	+0,10
450- 400 m	41	+1,30	+ 4,83	+0,10
400- 350 m	46	+1,56	+ 5,78	0,00
350- 300 m	37	+0,97	+ 3,24	+0,05
300- 250 m	54	+0,86	+ 5,36	+0,04
250- 200 m	76	+0,73	+ 3,70	+0,12
200- 150 m	91	+1,05	+ 6,26	+0,12
150- 100 m	65	+1,05	+ 5,00	+0,02
100- 50 m	105	+1,31	+ 7,46	0,00
50- 0 m	160	+1,13	+ 3,89	0,00

El valor medio de la corrección parece aumentar con la altitud, cosa lógica habida cuenta de que la complejidad de los relieves suele, asimismo, aumentar con la altitud particularmente en las cordilleras o relieves juveniles.

En el cuadro IX hemos reagrupado las mismas estaciones por sus altitudes escalonadas de 100 en 100 m., con el fin de evidenciar más claramente aquella correlación.

CUADRO IX

Altitudes (límites)	Número de estaciones	CORRECCION TOPOGRAFICA		
		Promedios	Extremos	
1.400-1.300 m	1	+7,78	+ 7,78	+7,78
1.300-1.200 m	2	+8,94	+ 9,50	+8,38
1.200-1.100 m	0	—	—	—
1.100-1.000 m	3	+4,36	+ 6,59	+2,98
1.000- 900 m	4	+4,12	+ 7,25	+1,49
900- 800 m	21	+2,54	+11,12	+0,64
800- 700 m	59	+1,81	+11,36	+0,04
700- 600 m	45	+1,66	+ 7,13	+0,02
600- 500 m	56	+1,67	+ 6,14	+0,12
500- 400 m	71	+1,60	+ 8,41	+0,10
400- 300 m	83	+1,29	+ 5,78	+0,00
300- 200 m	130	+0,78	+ 5,36	+0,04
200- 100 m	156	+1,04	+ 6,26	+0,02
100- 0 m	265	+1,19	+ 7,46	+0,00

La correlación todavía se patentiza mejor en el cuadro X donde las estaciones han sido reagrupadas para altitudes escalonadas de 200 en 200 m., con lo que se incrementa el número de las compendiadas en cada nivel y, por ende, la garantía estadística de los resultados.

CUADRO X

Altitudes (límites)	Número de estaciones	CORRECCION TOPOGRAFICA		
		Promedios	Extremos	
1.400-1.200 m	3	+8,55	+ 9,50	+7,78
1.200-1.000 m	3	+4,36	+ 6,59	+2,98
1.000- 800 m	25	+2,79	+11,12	+0,64
800- 600 m	104	+1,75	+11,36	+0,02
600- 400 m	127	+1,63	+ 8,41	+0,10
400- 200 m	213	+0,98	+ 5,78	+0,00
200- 0 m	421	+1,14	+ 7,46	+0,00

Para el conjunto de las 896 estaciones portuguesas, los valores de las correcciones topográficas oscilan entre 0,00 y +11,36 miligales, conduciendo al promedio general de +1,33 miligales.

Según hemos indicado, el teórico arrasamiento superficial de las placas o mesetas, a que se refiere el término simple de Bouguer, debería extenderse por toda la superficie del Globo. Sin embargo, en las investigaciones a escala regional —y, por supuesto, en prospección geofísica— suele concretarse a las áreas definidas por un radio de 167 kilómetros (el exterior a la zona literal última —O— de Hayford), ya que las componentes verticales alimentadas por los relieves situados a mayores distancias ejercen influjos despreciables sobre los va-

lores de pesantez observados en las estaciones o puntos centrales de estas zonas o áreas circulares. Por supuesto que, en investigaciones a escala continental o global, también deben ser consideradas las zonas numéricas (18 a 1) de Hayford así como tenerse en cuenta el influjo de la curvatura terrestre (término de Bullard).

Por lo demás, es evidente que la precisión cuantitativa de esta corrección positiva depende de la exactitud con que sean determinados los volúmenes de las elevaciones y hondonadas topográficas, así como por la idoneidad de la densidad conferida a tales volúmenes.

La garantía de estos últimos está condicionada por la exactitud y el detalle de los mapas topográficos disponibles; precisión de las nivelaciones y de la traza de las curvas de nivel para intervalos de la menor magnitud posible. Y en lo concerniente a la densidad conferida a aquellos volúmenes continuará mereciendo reservas máxime si, como es habitual, se le asigna el valor medio crustal (2,67) pues, en esta corrección, todavía debe resultar más excesivo que en la corrección por placa o meseta.

Resumiendo, se trata de una corrección positiva que, probablemente, conduce a valores excesivos y cuya precisión (condicionada por la exactitud de los mapas topográficos) presenta, probablemente, sendas disparidades entre los diversos países y, aún dentro de un mismo país, entre unas y otras regiones.

Al introducir la corrección topográfica (c_t) en el término de Bouguer simple [34] se obtiene el efecto teórico total ejercido en la pesantez por las masas ubicadas entre el elipsoide de referencia y una superficie topográfica teórica perfectamente horizontal y emplazada a la altitud (h) de cada estación, en el supuesto de que tales masas presentasen una densidad (ρ) homogénea e igual al valor medio (2,67) teóricamente conferido a la densidad de la corteza terrestre.

Así, pues, al introducir la corrección entrañada por esta tercera fase complementaria de la precedente, la expresión [35] se transforma en la

$$A_B (\text{completa}) = (g + 0,19654146 h + c_t) - g_0 \quad [38]$$

y, análogamente, en el otro supuesto, la [36] se transforma en la

$$A_B (\text{completa}) = g - (g_0 - 0,19654146 h - c_t) \quad [39]$$

que proporcionan las anomalías de Bouguer completas.

Según la definición clásica, estas anomalías son las diferencias existentes entre los valores de la pesantez observada (luego de reemplazar los puntos de observación por sus proyecciones verticales al nivel del mar y de haber eliminado el influjo de la masa ubicada entre el nivel del mar y la superficie topográfica) y los valores teóricos de la pesantez proporcionados por la fórmula de Clairaut para los puntos de proyección sobre la superficie del elipsoide de referencia. De hecho, la [38] se ajusta perfectamente a esta definición, pues, su primer término expresa que el valor observado (g) comienza por ser "reducido al elipsoide" para, seguidamente, ser comparado con el valor teórico o normal (g_0) conferible al punto correspondiente en este nivel de referencia.

Debemos advertir que la explicación o justificación de las reducciones conducentes a la evidenciación de estas anomalías no ha sido objeto del menor reparo por parte de los especialistas en este dominio geofísico. Pero, sorprendentemente, estos investigadores acostumbra a soslayar la importante cuestión de cuál es la interpretación física que, realmente, debe conferirse a estas anomalías; incluso, con excesiva frecuencia, dan a entender la incorrecta interpretación de que la corrección de Bouguer tiene por objeto "reducir el nivel del mar" los valores observados.

Por nuestra parte insistimos en que se nos antoja mucho más lógico el planteamiento según el cual los valores observados (por supuesto, luego de sometidos a las correcciones instrumentales y a las derivadas de las mareas crustales) deben subsistir tajantemente aislados de los valores teóricos resultantes de los parciales sucesivamente proporcionados por razonamientos fisicomatemáticos más o menos especulativos. En este sentido, las anomalías de Bouguer resultan perfectamente definidas en la [39] como diferencias entre los valores observados (g) y los valores teóricos que, compendiados en el paréntesis, resumen los resultados más o menos precisos proporcionados por las tres fases del cálculo. Dentro del paréntesis, comienza estableciéndose el valor teórico (g_0) adscrito a la superficie del elipsoide en un punto de coordenadas idénticas a las de la estación efectuada en la superficie terrestre; seguidamente, este valor teórico es transportado hacia arriba hasta el horizonte definido por la altitud de cada estación donde, finalmente, termina de modelarse adscribiendo el influjo teórico conferido a la masa topográfica real supuesta dotada de una densidad uniforme.

En suma, el término $(g_0 - 0,19654146 h - c_1)$ representa la atracción que, en un punto ubicado a la altitud h , ejercería una Tierra teórica (se la supone dotada de una densidad homogénea) que tuviese la forma de la Tierra real. Así, pues, la anomalía de Bouguer representa el influjo ejercido en la pesantez por las diferencias existentes entre la Tierra real y una Tierra teórica supuestamente dotada de una densidad uniforme. Dicho con otras palabras, las anomalías de Bouguer deben representar, con exactitud, el efecto de pesantez producido por el conjunto de heterogeneidades realmente mostradas por la masa confinada en el interior de la Tierra. Queda claro que basta modificar la agrupación de los términos implicados en la ecuación clásica [38] para transformarla en otra [39] que, numéricamente equivalente, sugiere y se adapta perfectamente a una nueva definición que parece más precisa, correcta y adecuada.

En otro sentido, se aviene mejor con la obvia consideración de que los puntos de aplicación de las anomalías deben ser siempre las estaciones superficiales donde fueron efectuadas las observaciones y no los puntos representativos de sus proyecciones verticales en la superficie del elipsoide de referencia.

Por último, según terminamos de ver, las correcciones efectuadas no reducen nada a ningún nivel elegido. Consecuentemente resulta inadecuada la clásica y habitual expresión de "reducir los valores observados a una superficie o nivel de referencia" que, para evitar confusionismo, debiera ser radicalmente extirpada en el léxico de la Gravimetría.

IV

DIFICULTADES INTERPRETATIVAS DE LAS ANOMALIAS DE BOUGUER: APARENTES DESVINCULACIONES DE LA GEOESTRUCTURA SUPERFICIAL Y FACTORES CONDICIONANTES

Muy lejos de traducir el influjo que lógicamente deben ejercer los importantes accidentes estructurales y los fuertes contrastes litológicos observables en la superficie de la Península Ibérica, el cuadro de sus anomalías de Bouguer no sugiere correlaciones patentes ni aun con los grandes compartimentos geoestructurales cualquiera que sea su naturaleza litológica, edad, grado de peneplanización, etc.

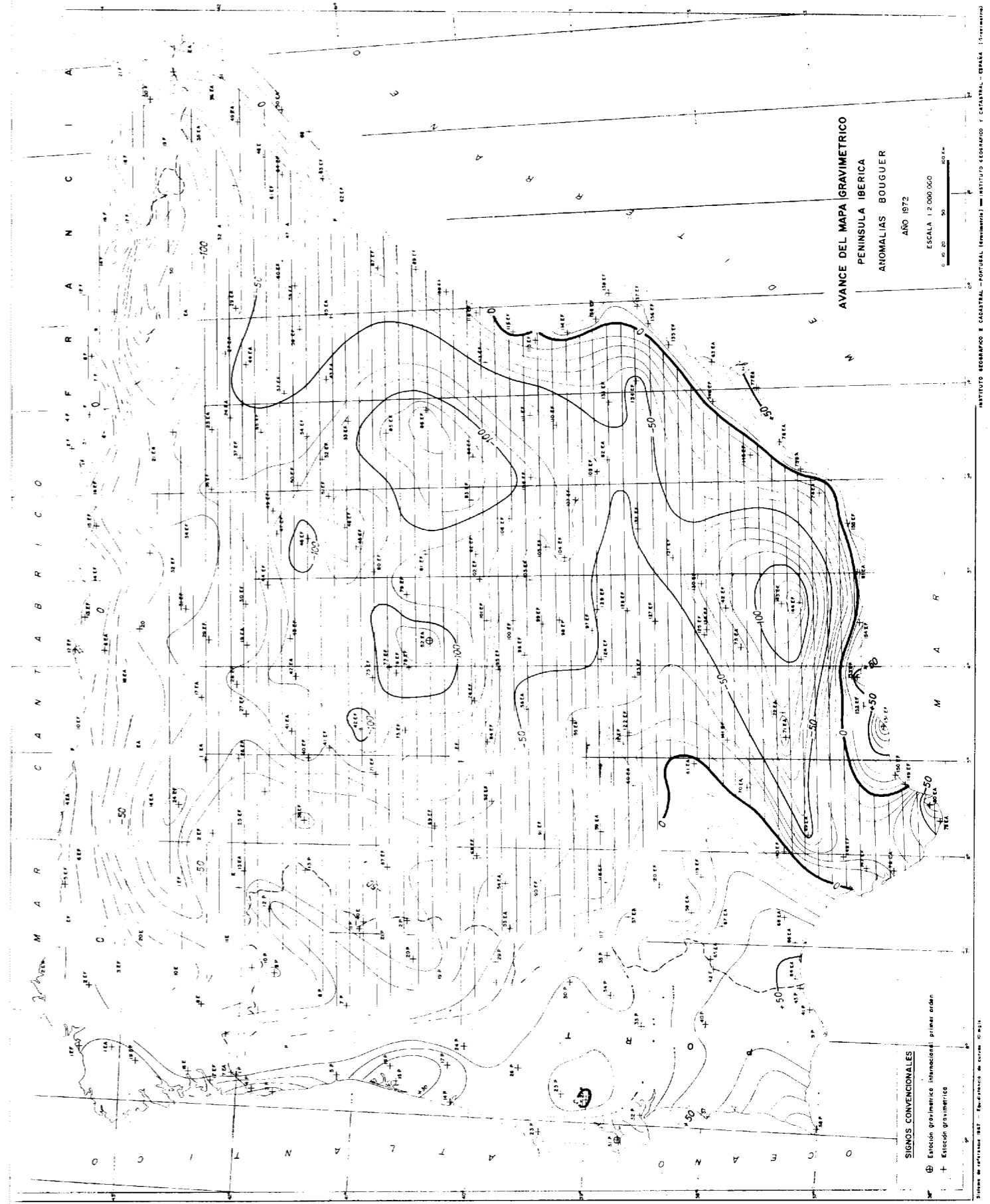


Figura 4

Anomalías de Bouguer completas evidenciadas en la Península Ibérica. Las anomalías de signo negativo se expanden por la totalidad del área rayada horizontalmente.

Efectivamente, nada parecen traducir las anomalías extendidas sobre las cordilleras seniles del núcleo herciniano tanto donde aflora (cuadrante NW de la Península) como dónde está hundido y tapizado por la cobertera mesocenoica (ambas mesetas y grandes depresiones del Ebro y Guadalquivir).

Y, prácticamente, otro tanto sucede en los sectores por donde discurre la extensa e importante alineación de enhiestas cordilleras alpínicas, entre las que acaso pudieran exceptuarse la cordillera prepirenaica y el segmento oriental de la cadena subbética al que, según el último mapa peninsular de anomalías de Bouguer —calculado en 1972 (11)— se anexiona un ancho óvalo de anomalías negativas (fig. 4). Extendido sobre la transversal Jaén-Granada (Sierra Lucena, etc.), este óvalo se expande hacia el S hasta englobar la Sierra de Baza; sin embargo, resulta algo paradójico el hecho de que el ombligo o máximo deficitario de esta anomalía: —132,2 mgls. (que, a su vez, es la más vigorosa de toda la Península) corresponda a la estación de Guadix donde la altitud se reduce a 932,7 m por estar ubicada en una depresión interior circundada por elevados macizos en los que parece disminuir la intensidad de la anomalía negativa, pues, unos 20 kilómetros al NNW, en la estación de Moreda —altitud de 1.025,8 m— queda reducida a —111,1 miligales.

Por lo que respecta a las anomalías positivas, salvando la notable excepción del Estrecho de Gibraltar y sus inmediatos alrededores submarinos (6), se extiende por todo el ámbito submarino mordiendo el borde peninsular emergido donde forman una angosta orla litoral a lo largo de nuestras costas mediterránea y cantábrica donde se dilata hacia el W (hasta duplicar su anchura en el sector septentrional de Galicia) para recuperar aquella angostura a lo largo de los litorales meridional de Galicia y septentrional de Portugal. Desde el N hacia el S del tercio central del litoral portugués, la orla se expande progresivamente hacia el E de tal modo que, tanto el sector portugués situado al S de Lisboa como parte de la provincia de Badajoz y la totalidad de la provincia de Huelva, resultan enmercados en el área de anomalías positivas.

Tamaño desvinculación entre rasgos litoestructurales y anomalías de Bouguer no parece atribuible al excesivamente reducido número de estaciones integrantes de la red gravimétrica fundamental española. Efectivamente, no obstante su extensión

superficial mucho más reducida y estar integrada por 895 estaciones, la red gravimétrica portuguesa se entronca traduciendo uniformemente el cuadro de anomalías Bouguer que terminamos de describir careciendo, asimismo, de aparentes vinculaciones con los principales rasgos geoestructurales de Portugal.

Por lo demás, otro tanto se advierte en todo el ámbito europeo (1), (2), (3), (5), (17), etc., no obstante encuadrar naciones cuyas redes de observaciones gravimétricas son extraordinariamente densas y precisas.

En efecto, al igual que la ibérica, la península escandinava y Francia presentan una angosta orla litoral de anomalías positivas que, por el contrario y análogamente al S de Portugal y SW de España, se expanden sobre casi la totalidad de Dinamarca e Islas Británicas, desde donde se extienden hacia el E formando una alargada banda que atraviesa los Países Bajos, Alemania septentrional, etc.; entre esta banda y el área positiva danesa se interpone otra alargada banda de anomalías negativas. Como en nuestras cordilleras prepirenaica y subbética, las anomalías negativas se vigorizan en los Alpes (4), (8), (12), (18) prolongándose a lo largo de los Apeninos por los sectores septentrional y nordoriental de Italia; hacia el SE se angosta rápidamente formando una banda acuñada que desaparece estrangulada por la expansión de las anomalías positivas que forman una ancha banda a todo lo largo de la mitad occidental y suroriental de la península italiana. Tanto las islas de Córcega y Cerdeña como la de Sicilia aparecen enmarcadas en el área mediterránea de anomalías positivas, hecha salvedad de muy escasos y reducidos ísleos ocupados por anomalías negativas, presentando extensión e intensidad máximas el ubicado en la parte central de la mitad meridional de Sicilia (su ombligo queda emplazado unos 100 kilómetros al WSW del Etna) donde alcanza la línea de costa adentrándose discretamente en el substrato marino (1), (5), (17).

Otro tanto podríamos decir respecto a los mucho más detallados levantamientos gravimétricos efectuados con miras a la prospección minera y petrolífera pues, muy frecuentemente, evidencian anomalías de Bouguer con signos y valores cuya representación cartográfica, desvinculada de los rasgos geoestructurales superficiales, tampoco corresponde al cuadro litoestructural del substrato sugerido por las isopacas colegidas de los sondeos mecánicos. Precisamente, con miras a mejorar las correlaciones

y facilitar la interpretación, ha venido ideándose toda una serie de artificios matemáticos (interpolación de retículas geométricas, cálculo de segundas derivadas, etc.) mediante los que manipulan los valores absolutos y signos de las anomalías. Sin embargo, como muy bien afirman NAUDY y NEUMANN (19), etc., las falsas ideas sobre el propio concepto de la anomalía Bouguer pueden conducir a interpretaciones erróneas cuando se utilizan fórmulas de derivadas y de transporte pues, ordinariamente, están concebidas para ser aplicadas a mediciones efectuadas en un plano horizontal.

Tales desvinculaciones entre rasgos geológicos superficiales y anomalías de la pesantez únicamente pueden ser explicadas teniendo en cuenta que traducen el conjunto de heterogeneidades densimétricas endógeas y nuestro imperfecto conocimiento de la corteza terrestre y, por supuesto, del yacente infracrystal. A este respecto conviene recordar que, reagrupando los valores teóricos (supuesto de un "transporte" hacia arriba), la anomalía de Bouguer completa resulta definida por la expresión:

$$A_B = g - \overbrace{(g_0 - c_F \times h)}^a + \overbrace{2\pi k \rho_c h - c_t}^b \quad [40]$$

donde, conservando el algoritmo:

A_B = anomalía de Bouguer completa.

g = valor observado para la pesantez.

g_0 = valor de la pesantez teórica ejercida en la superficie del geoide por las masas endogeoidales supuestas dotadas de una densidad homogénea. Es decir, pesantez del campo uniforme o normal.

C_F = gradiente vertical del campo teórico o uniforme (= constante del término de Faye).

h = altitud de la estación sobre la superficie del geoide (en metros).

k = constante gravitatoria de Newton.

ρ_c = densidad teórica, supuesta constante, atribuida a la masa terrestre confinada entre la superficie topográfica real y la superficie del geoide.

c_t = corrección topográfica.

Según esto, el término compendiado en a: ($g_0 - c_F \times h$) representa el valor de la pesantez teórica

(campo uniforme) a la altitud h sobre el geoide; y el término compendiado en b: ($2\pi k \rho_c h - c_t$) representa el efecto teóricamente conferible a la pesantez que, a la altitud h , produce la masa terrestre (supuestamente dotada de una densidad constante: ρ_c) compendiada entre la superficie topográfica real y la superficie del elipsoide de referencia. En fin, la suma de los términos $a + b$: ($g_0 - c_F \times h + 2\pi k \rho_c h - c_t$) representa la atracción que, sobre un punto ubicado a la altitud h , ejercería una Tierra teórica de forma idéntica a la de la Tierra real pero constituida por materia de densidad homogénea.

Es decir que, según hemos anotado precedentemente, la anomalía de Bouguer completa (A_B) representa la diferencia entre la pesantez de la Tierra real y la de la Tierra teórica o, dicho con otras palabras, las discrepancias de pesantez alimentadas por las heterogeneidades presentadas por la distribución de la densidad en el interior de la Tierra real.

Es bien sabido que tanto la prospección sísmica como los sondeos mecánicos revelan muy frecuentemente que, tanto por encima como por debajo de la superficie geoidal, la corteza terrestre alberga numerosos enclaves y apófisis metalíferos o de rocas (chimenes, filones, rocas competentes plegadas, horts del basamento metamorfozido, lacolitos y batolitos, bolsas petrolíferas, etc.), cuya densidad contrasta con la de las rocas encajantes traducéndose en anomalías del campo de pesantez.

La densidad, volumen, profundidad y forma de estas masas anomalógenas condicionan la longitud de onda y amplitud de las anomalías generadas. En igualdad de los restantes factores condicionantes, un anomalógeno emplazado a escasa profundidad producirá en la superficie una anomalía intensa y de pequeña longitud de onda, mientras que si se le imagina transportado a gran profundidad producirá una anomalía de escasa amplitud y gran extensión superficial. Consiguientemente, los anomalógenos ubicados a profundidades ligeramente superiores a la altitud de un macizo montañoso producirá en la superficie del elipsoide intensas perturbaciones de reducida extensión superficial, mientras que en la superficie topográfica se traducirá en una débil anomalía afectante a una gran extensión superficial (figura 5).

Según esto si, partiendo de las anomalías observadas en la superficie, calculamos los valores teóricamente conferibles a dichas anomalías en diversas profundidades, se obtendrán valores que pre-

sentarán discrepancias de magnitudes crecientes a medida que aumente la profundidad considerada.

De hecho, tal previsión teórica ha sido confirmada en numerosas ocasiones utilizando túneles y galerías de mina que permiten efectuar observaciones subterráneas directas, cuyos resultados han sido sometidos a las correcciones oportunas para eliminar el influjo teórico conferible a los materiales situados entre las bóvedas de los túneles o galerías y la superficie topográfica exterior. Sobre esta última y en la vertical de aquellas estaciones subterráneas se efectuaron observaciones cuyos resultados fueron sometidos a las rutinarias correcciones para su transporte teórico hasta la profundidad de las respectivas estaciones subterráneas. Los resultados de estas experiencias han evidenciado ordinariamente importantes discrepancias entre los valores transportados y los realmente observados, confirmando plenamente las previsiones teóricas en el sentido de que los anomalógenos endogeoidales producen anomalías Bouguer mucho más intensas y concretas en la superficie del elipsoide que en la superficie topográfica (fig. 5).

En otro sentido estas experiencias también han demostrado claramente que la corrección para el transporte teórico vertical hacia arriba no debe, en modo alguno, identificarse o parangonarse con la corrección para el transporte teórico vertical hacia abajo. Efectivamente, el valor de los gradientes verticales se incrementa progresivamente hacia abajo mientras que disminuye paulatinamente hacia arriba, repercutiendo sobre el valor absoluto del término de Faye con proporciones diversas y traduciendo en un incremento de magnitud para las anomalías positivas y una disminución de intensidad para las anomalías negativas.

Sentada la conveniencia del transporte teórico vertical hacia arriba de los valores elipsoidales hasta los correspondientes puntos de observación en la superficie, y reconocida la necesidad de aplicar a estos últimos los valores de las anomalías, la correcta interpretación de estas últimas todavía requiere un transporte adicional —sugerido por IANAS y SAVA (7) hasta que todos aquellos puntos de aplicación resulten ubicados en una superficie horizontal extendida sobre el área estudiada.

Cierto que la superficie topográfica puede estimarse aproximadamente plana y horizontal en algunos sectores (superficies de mesetas morfoestructurales, llanuras extendidas por los fondos de amplias depresiones o a lo largo de algunos segmen-

tos litorales, etc.). Pero, mucho más frecuentemente, la superficie terrestre aparece sarpuñada de accidentes topográficos más o menos vigorosos por lo que el transporte de los resultados observados

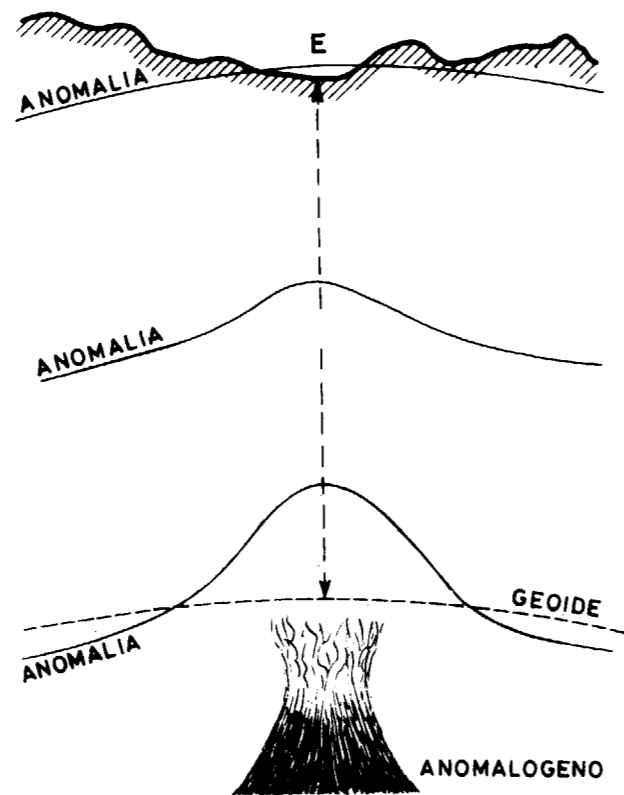


Figura 5

Variación vertical experimentada por la amplitud (intensidad) y longitud de onda (extensión superficial) de la perturbación producida en la pesantez por un anomalógeno supuestamente ubicado por debajo de la superficie geoidal vinculada al nivel oceánico.

a una cartografía plana determinará, inevitablemente, que la interpolación conduzca a curvas isoanómalas irreales por distorsionadas. La magnitud de estas imprecisiones se acentuará cuando los anomalógenos estén emplazados a escasas profundidades, pues, por muy correctas que sean las interpolaciones, tanto la extensión y forma como la intensidad de las anomalías pueden resultar sumamente irreales, pudiendo hasta, incluso, llegar a evidenciarse falsas anomalías (anomalías "fantasmas"). En el mejor de los casos, lejos de emplazarse en la vertical del centro de la masa anomalógena, los vértices y ombligos de las anomalías aparecerán desplazados en el sentido de las máximas pendientes;

la magnitud de estos desplazamientos será directamente proporcional a la desnivelación vertical entrañada por los taludes.

Para colegir la verdadera situación del punto de intersección de aquella vertical con la superficie topográfica, es inevitable efectuar un transporte analítico de las estaciones y sus anomalías hasta que todos los puntos queden contenidos en un solo plano horizontal, según IANAS y SAVA (7). El transporte hacia abajo —hasta el nivel de la estación menos elevada tiene el inconveniente de incrementar los posibles errores o imprecisiones de las mediciones, así como los alimentados por el contraste de densidad existente entre el núcleo anomalógeno y la masa rocosa encajante, cuyo influjo será directamente proporcional a la profundidad del anomalógeno. Consiguientemente, también en este sentido parece más recomendable afrontar el problema mediante un transporte vertical hacia arriba de todos los puntos, hasta que resulten contenidos en el plano horizontal correspondiente a la estación ubicada a la altitud máxima.

Marginalmente a lo precedente, en cualquier caso, las anomalías deben conservar implicada la correspondiente corrección topográfica (c_t), de acuerdo con la morfología del terreno circundante hasta el borde externo de la zona 0 de Hayford.

Por lo demás, la teoría del potencial demuestra que la solución de este problema únicamente puede ser alcanzada por aproximaciones sucesivas, resultando muy idónea la utilización de un ordenador IBM.

Con el fin de soslayar este tratamiento analítico un tanto engorroso, muchos geofísicos vienen concretándose a la consideración de perfiles que, jalonados por el mayor número de estaciones, son corregidos mediante retoques del valor conferido a la densidad local (en el término de BOUGUER y en la corrección topográfica) hasta hacer desaparecer las posibles correcciones entre perfiles gravimétricos y secciones topográficas. Pero debe retenerse que este método entraña reservas dimanadas del hecho de que, muy frecuentemente, los ábacos o perfiles-standard utilizados conducen a valores erróneos.

Por todo ello parece más recomendable utilizar una combinación de estos perfiles-standard para las densidades y métodos estadísticos que permitan colegir las densidades más verosíblemente imputables a cada uno de los puntos o estaciones efectuadas.

CONCLUSIONES

I. Las anomalías de BOUGUER son las discrepancias entre la pesantez observada y la pesantez teórica vinculada a la misma superficie equipotencial. Hasta el presente ha venido adoptándose como superficie de referencia a la del geode entrañado por el nivel oceánico, requiriendo el transporte teórico *hacia abajo* de los valores observados en las áreas emergidas que, reemplazados por los valores "corregidos" o "reducidos", son frecuentemente omitidos en las publicaciones perdiéndose para la posteridad. De esta guisa, las anomalías BOUGUER resultan definidas cual discrepancias entre dos valores teóricos: el inherente al campo uniforme o "normal", vinculado a la superficie geoidal de referencia (nivel oceánico) y el supuesto cual observado en los mismos puntos mediante manipulaciones, más o menos imprecisas, de los valores obtenidos en las estaciones.

II. No se advierte el menor reparo fisicomatemático para otro proceder que, mucho más lógico y natural, consiste en adoptar cual niveles de referencia geoidales las superficies equipotenciales que contengan cada uno de los puntos en que hayan sido efectuadas las observaciones; ello requiere en el transporte teórico *hacia arriba* de los valores puntuales inherentes al geode vinculado a la superficie oceánica en las verticales de cada estación. De esta guisa, las anomalías resultan definidas cual discrepancias entre los valores reales (observados) de la pesantez y los valores teóricos resultantes de los transportes de los valores teóricos del campo uniforme desde el geode o superficie equipotencial adscrita al nivel oceánico hasta la superficie equipotencial ubicada a la altitud de cada estación. Además de conservarse para el futuro los auténticos valores observados, con este nuevo proceder las anomalías quedan adscritas a los precisos puntos donde fueron efectuadas las observaciones, lo que, sin duda, facilitará la precisión de su interpretación geológica, particularmente en el caso de que, ulteriormente, todos los puntos de observación sean transportados hasta un mismo plano; por ejemplo, las superficies equipotenciales que contengan las estaciones efectuadas a las altitudes máxima o mínima en cada levantamiento.

III. Obviamente, en las áreas emergidas, la corrección teórica parcial implicada en la reducción de FAYE ("aire libre") carece totalmente, por sí sola, de entidad propia, pues meramente constituye una de las tres fases del cálculo conducente a la evi-

denciación de las anomalías de BOUGUER. En el vigente proceder del transporte teórico hacia abajo, las denominadas "anomalías de FAYE" únicamente pueden estimarse representativas de las perturbaciones que presentaría el campo de pesantez en el utópico supuesto de que las masas continentales emergidas fuesen comprimidas, hacia abajo, hasta quedar empotradas bajo la superficie geoidal vinculada al nivel oceánico.

IV. Por su parte, las anomalías de BOUGUER traducen las variaciones del espesor crustal superpuestas a las fluctuaciones de densidad mostradas por el conjunto de la corteza terrestre y su yacente inmediato (manto superior). En la fidelidad de esta interpretación, la mayor incertidumbre dimana de la necesidad de presuponer que las masas emergidas son homogéneas, mostrando una densidad uniforme que suele vincularse al promedio teórico de 2,67 gr./cc, atribuido al conjunto de la corteza terrestre. En cualquier caso no tiene por qué esperarse que las anomalías de BOUGUER resulten directamente expresivas o vinculables a los rasgos geoestructurales observables en la superficie terrestre emergida.

V. En los ámbitos oceánicos, las perturbaciones de la pesantez evidenciadas por las observaciones continuas efectuadas a lo largo de las derrotas de los navíos de superficie (militares, geofísicos, mercantes, pesqueros, etc.), aproximadamente, traducen el término o "anomalía" de FAYE, asimismo carente de vinculaciones geoestructurales en la parte superior del substrato oceánico, habida cuenta de las importantes variaciones mostradas por la profundidad oceánica.

VI. Si, a lo largo de cada perfil oceánico, es reemplazada teóricamente la masa de agua por una masa rocosa supuesta homogénea y dotada de la densidad media crustal, se obtienen anomalías de BOUGUER más precisas que en las áreas emergidas. Por otra parte, como la corteza terrestre presenta sus espesores mínimos en el substrato oceánico, pudiera esperarse que estas anomalías resulten algo más vinculables a la naturaleza y estructura de la parte más externa de la corteza sumergida. Sin embargo, las enormes variaciones mostradas por la naturaleza y el espesor de la cobertera sedimentaria más reciente, así como las grandes discrepancias entre los grados de competencia o compactación alcanzados por los sedimentos recientes, dificultan muy frecuentemente y sustancialmente, la interpretación geológica de aquellas anomalías.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BALLARIN, S.: *Il campo della gravità in Italia: carta delle anomalie topografico-isostatiche*, "Mem. Comm. Geod. Ital.", III serie, n.º 17 con 26 pp. y 3 mapas, a escala 1:2.000.000, de anomalías (densidades variables) Bouguer, Topoisostáticas Airy-Heiskanen para $h=30$ Km., y Topoisostáticas Airy-Vening Meinesz para $h=30$ Km. y regionalidad con radio de 174,3 Km., Firenze, 1963.
- (2) BOUVET, J.: *Anomalies de Bouguer Europe-Afrique*. "Bureau Gravimétrique International", con 18 pp. y 1 mapa, a escala 1:10.000.000, París (1971).
- (3) BRUYN, J. W.: *Isogam Maps of Europe and North Africa*, "Geoph. Prosp.", III, n. 1, pp. 1-14, con dos mapas de anomalías (Bouguer e Isostáticas), a escala 1:5.000.000, La Haya (1955).
- (4) CUNIETTI, M., ed INGHILLERI, G.: *La rete gravimetrica fondamentale italiana*, "Publ. Commiss. Geod. Ital.", 3.ª s., Mem. 8 (1955).
- (5) FABIANI, R.: *Sulle interpretazioni geologiche delle anomalie negative della gravità regionale in Sicilia*. "La Ricerca Scient.", anno 23, n. 5, pp. 767-788, con 1 fig., Roma (1953).
- (6) GAIBAR-PUERTAS, C.: *El campo de pesantez y la estructura geológica del Estrecho de Gibraltar*, Mem. Inst. Geogr. y Cat., 1 vol., con 85 pp., 6 tablas y 10 figs, Madrid (1973).
- (7) IANAS, M., and SAVA, C. S.: *A preliminary processing of the Bouguer Anomaly in areas of very complicated relief*, "Geoph. Prosp", vol. 23, n. 1, pp. 93-103, con 5 figs., La Haya (1975).
- (8) INGHILLERI, G.: *Completamento del rilievo gravimetrico nell'Italia nord-occidentale*, "Boll. di Geodesia, I. G. M.", vol. XVIII, n. 3, Firenze (1959).
- (9) INGLADA ORS, V.: *Nota acerca de las isoanómalas de la gravedad en las regiones central y meridional de España*, "Int. Geogr. y Catastr", 1 fas., con 15 pp. y 1 mapa de anomalías isostáticas Hayford-Bowie para $h=113,7$ Km. (elipsoide de Helmert-1901), Madrid (1927).
- (10) INSTITUTO GEOGRÁFICO E CADASTRAL: *Catálogo das principais estações gravimétricas de Portugal continental*, con 44 págs. y 5 mapas, a escala 1:400.000, Lisboa (1958).
- (11) INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CADASTRAL: *Avance del Mapa Gravimétrico de la Península Ibérica*, escala 1:2.000.000, 1 fasc., con 30 pp. y 2 mapas de anomalías (Faye y Bouguer), Madrid (1972).
- (12) KOBOLD, F.: *Schweizerischen gravimetermessungen in der Jahren 1953 bis 1957*, 1 vol., con 420 pp., 138 figs. y 1 mapa, Wabern/Bern (1959).
- (13) LOZANO CALVO, L.: *Las anomalías isostáticas en España según la teoría de Airy*, "Rev. Geof.", VII, n. 27, pp. 254-273, con 1 mapa de anomalías isostáticas del Centro y Sur de España para $h=40$ Km. (elipsoide de Cassinis, 1930), Madrid (1948).
- (14) LOZANO CALVO, L.: *Determinación de una fórmula para la gravedad normal a partir del elipsoide terrestre de Struve, adecuada especialmente para España*, "Rev. Geofís.", vol. IX, n. 33, pp. 1-41, con 3 mapas de anomalías: Faye, Bouguery diferencias Faye-Bouguer, Madrid (1951).
- (15) LOZANO CALVO, L.: *Fórmula de la gravedad normal en España*, "Inst. Geográf. y Catastr.", 1 fasc., con 53 pp. y 4 mapas de anomalías (elipsoide de Struve-Harkness, 1882) Faye, Bouguer y diferencias Faye-Bouguer, Madrid (1951).
- (16) LOZANO CALVO, L.: *Formule de la gravité normale en Espagne*, "Int. Geográf. y Catastr.", 1 fasc., con 54 pp. y 4 mapas de anomalías (elipsoide de Struve-Harkness, 1882) Faye, Bouguer y diferencias Faye-Bouguer, Madrid (1951).
- (17) MEDI, E., ed. MORELLI, C.: *Rilevo gravimetrico della Sicilia*, "Annali di Geofísica", vol. 2 (1952).
- (18) MORELLI, C.: *Gravità e tettonica nelle Marche e negli Abruzzi settentrionali*, Pub. "Inst. Naz. di Geof.", n. 311, con 41 págs. y 9 figs. Roma (1954).
- (19) NAUDY, H. et NEUMANN, R.: *Sur la définition de l'anomalie de Bouguer et ses conséquences pratiques*, "Geoph. Prosp", vol. 13, n. 1, pp. 1-11, con 7 figs. La Haya (1965).
- (20) RUSIANOV, IU. G.: *La reducción de las observaciones gravimétricas de alta precisión mediante computadoras numéricas electrónicas, utilizando la solución numérica suministrada por la ecuación integral de MOLODENSKI*. Tesis doctoral (en ruso), "Instituto de Física Terrestre". Moscú (1970).
- (21) SANS HUELIN, G.: *Determinaciones relativas de la intensidad de la gravedad*, "Inst. Geogr. y Catastr", 1 fasc. con 31 págs. y un mapa (Centro y Sur de España) de anomalías isostáticas Hayford-Bowie para $h=113,7$ km. (elipsoide de Helmert, 1901), Madrid (1944).
- (22) SANS HUELIN, G., y LOZANO CALVO, L.: *Las determinaciones de la gravedad en España y el elipsoide terrestre más aproximado al geode que se deduce de aquellas*, "Inst. Geogr. y Catastr.", 1 fasc. con 27 páginas y cinco mapas de anomalías Bouguer (elipsoides de Helmert: 1901 y 1915, Bowie: 1917, Cassinis: 1930, y Heiskanen: 1938), Madrid (1948).

Recibido: Noviembre 1975.

Variación de las resistencias a tracción y compresión de areniscas de la región catalana en función de su porosidad y grado de saturación

Por E. VAZQUEZ RAMONICH (*)

RESUMEN

Con objeto de estudiar el efecto de la porosidad y el grado de saturación sobre las propiedades mecánicas se han elegido escrupulosamente bloques de 2 areniscas de la región catalana de porosidades muy diferentes y distinto tipo de cemento (Vidrá y Cervelló) y 2 del mismo cemento, pero de distinta porosidad y textura granular (Montjuich).

Las propiedades mecánicas elegidas son las resistencias a compresión uniaxial y tracción, por el ensayo brasileño. El método de saturar la muestra ha demostrado ser decisivo respecto al grado de saturación alcanzado y la regularidad en la distribución de valores. El método de saturación a vacío ha permitido alcanzar valores más altos y a la vez repetidos.

Se ha comprobado que las resistencias a compresión y tracción disminuyen con la porosidad para cada tipo de arenisca de una forma regular, y también con el grado de saturación. La presencia de agua en los poros acentúa el carácter anelástico de la respuesta, siendo esto más evidente en las muestras más porosas. La resistencia a tracción más sensiblemente, pues ésta es una buena medida de la cohesión, que es debilitada por la presencia de agua en los poros.

SUMMARY

In order to assess the effect of porosity and saturation degree on the mechanical properties of sandstones, two blocks of very different porosity and matrix (Vidrá and Cervelló) and two of equal matrix but different porosity and texture have been tested. All blocks being from the Catalan region.

The mechanical properties assessed have been the compressive and tensile strength respectively (Brazilian test). Saturation method of samples has proved decisive on the saturation degree attained, as well as on the distribution evenness of values, the vacuum saturation method permitting to obtain higher and repeated figures.

Both compressive and tensile strength have been shown to regularly decrease with growing porosity as with increasing saturation degree for every kind of sandstone tested. The presence of water tends to increase the anelastic response, as shown by the more porous samples. Tensile strength being a better cohesion index, its reaction is more sensitive since cohesion varies the most by increasing water content.

1. INTRODUCCION.

Las rocas, en su estado natural, tienen poros, y éstos pueden contener agua. Es evidente que la sustitución del aire de los poros por el agua afectará las propiedades resistentes de las rocas. La presencia de un fluido mucho menos comprensible que el aire en los poros deberá influir en las

propiedades elásticas de la roca sometida a esfuerzo, reduciendo no sólo su resistencia, sino también el carácter elástico de la respuesta.

La porosidad de una roca sedimentaria depende de la forma, distribución de tamaños y orientación de sus granos, así como de la compactación y cementación. Por ejemplo, una distribución de tamaños desigual tiende a producir porosidades menores que una distribución continua, que permitirá un mejor empaquetamiento. A estos facto-

res deberá añadirse la presencia de microfracturas y microfallas.

La porosidad de una roca la podemos medir como su capacidad de absorción de agua, haciendo previamente el vacío. De este forma determinaremos una porosidad que incluye únicamente los poros accesibles desde el exterior por el agua, y que llamaremos "abierta", para distinguirla de la porosidad total o absoluta, que comprende todos los huecos accesibles o no. La magnitud de la porosidad diferencial dependerá del grado de intercomunicación de los poros y huecos. En un caso límite, la estructura podría ser tal que los espacios intergranulares vacíos en la matriz de la roca podrían estar aislados, y en consecuencia, al determinar la porosidad abierta únicamente abarcaríamos los poros intergranulares exteriores, pero hay que pensar que, incluso en este caso, lo más lógico es que existan, además, fisuras capilares en el sistema, que establezcan conexión entre estos espacios.

En las areniscas, el campo de variación de la porosidad es muy amplio, desde cantidades cercanas al 0,1 por 100, en las que parece prácticamente imposible alcanzar la saturación desde un punto de vista experimental, hasta el 20 por 100.

Por tal motivo, para este estudio se han elegido dos areniscas de la región catalana, de porosidades muy diferentes y distintos cementos y 2 del mismo tipo de cemento, pero de distinta porosidad y textura. Cuando el agua penetra en la roca por simple capilaridad a la presión atmosférica, el grado de relleno de los poros alcanzado será menor, pues siempre queda aire encerrado en ellos. Si en cambio forzamos, primero, la salida del aire, y después, la entrada del agua, alcanzaremos el relleno casi total de los poros.

El agua en los poros provocará una disminución de la resistencia, debida a la aparición de una presión hidráulica que debería depender, en teoría (para el caso de no existir confinamiento de testigo), de la cantidad de agua presente, la porosidad y del esfuerzo a que sometemos la roca; sin entrar en la posible influencia de la permeabilidad (1).

La influencia de esta presión está fuertemente condicionada por la velocidad de carga, sólo en el caso de que la velocidad de carga sea tan lenta que permita a las presiones hidráulicas intersticiales distribuirse uniformemente en todo el testigo podrá desprejarse el efecto de la velocidad.

Nos ha parecido de interés estudiar en las ro-

cas elegidas no sólo la disminución de las resistencias a compresión y tracción, en los grados de saturación correspondientes a la saturación libre y total a vacío, para una porosidad determinada, sino también para grados intermedios de saturación. Lo que nos permitirá obtener curvas saturación/resistencia más completas.

Por otra parte, durante la determinación experimental de la porosidad han surgido diferencias para distintas posiciones en los yacimientos, sin que aparezcan, en cambio, diferencias estructurales grandes. Estas variaciones de porosidad se han seleccionado y agrupado en 4 conjuntos para cada roca, así se ha podido estudiar, además, el efecto de la variación de la porosidad, para un grado de saturación 0 por 100, sobre las resistencias a compresión y tracción.

En cuanto a los tipos de ensayos mecánicos seleccionados, se han elegido el de compresión uniaxial y la tracción indirecta por el método brasileño.

El ensayo de compresión uniaxial es el método más común y sencillo de determinar una relación casi elástica, en las rocas, y registrando las curvas carga/deformación, tendremos una idea del comportamiento más o menos lineal de los testigos en diferentes condiciones. Por otra parte, es una de las propiedades mecánicas cuyo conocimiento es indispensable en la ingeniería geológica.

Para determinar las resistencias a tracción se ha elegido el llamado ensayo brasileño. Es una medida de las fuerzas de enlace de la estructura (cohesión), que es la que resulta más fuertemente afectada por la presencia de agua en los poros y el estudio de su variación puede ser de gran utilidad.

Su conocimiento es de importancia para cualquier proceso de extracción, elaboración y aptitud para el machaqueo.

2. BREVE DESCRIPCION DE LAS ROCAS ESTUDIADAS.

Arenisca de Cervelló.

Arenisca roja del Bunt de Cervelló (triásica). De grano medio y cemento arcilloso-ferruginoso y mica. De cuarzos angulosos en un solo tamaño. La mica es moscovita o flogopita, en pequeñas láminas, a veces concentradas las láminas en planos paralelos a la estratificación.

(*) Director del Laboratorio Regional de Materiales de la V Jefatura Regional de Carreteras M. O. P.

Todas las probetas se han tomado perpendicularmente a la estratificación.

Se ha seleccionado una zona homogénea y que permiten obtener probetas representativas de la matriz de la roca.

Areniscas de Vidrá.

Arenisca gris azulada del Eoceno. De grano fino y homogéneo y cemento calcáreo abundante. Todos los granos son de cuarzo y no hay micas.

La zona no está muy diaclasada, lo que ha permitido obtener probetas de excelente calidad y muy homogéneas.

Arenisca de Montjuich.

Arenisca gris del Mioceno. Procede de la cara E del cerro de Montjuich, "Cantera Rivière", en la que existe una serie considerada tipo. Se han seleccionado 2 tipos: uno, de grano medio homogéneo, de cemento silíceo con algo de minerales arcillosos, y otro, de cemento análogo, pero de grano más grueso, que casi alcanza el tamaño de microconglomerados y en la que se aprecian cuarcos bien rodados.

3 PREPARACION DE TESTIGOS Y METODOS EXPERIMENTALES.

Se han seleccionado bloques representativos de la matriz de la roca, en función de la homogeneidad, y en algunos casos buscando diferencias específicas de porosidad. Sobre estos bloques, se han tomado testigos cilíndricos en cualquier caso perpendiculares a la dirección de estratificación, con una sonda Longyear 330-LE con motor reductor eléctrico 4CV, y una velocidad de salida de 500 rpm, montada sobre columnas y equipada con corona de diamantes. El diámetro medio de los testigos ha sido de 51,5 mm.

Los testigos a ensayar a comprensión se han tallado con una altura media de 10,3 mm, y los destinados al ensayo de tracción brasileño, de 51,5 milímetros.

Las caras se han cortado con sierra de diamantes y corregido puliendo con abrasivo.

Se han excluido los testigos heterogéneos con fisuras, irregularidades y con efectos de orientación.

Los límites impuestos han sido para la desviación del paralelismo, 0,05 mm sobre el diámetro y también 0,05 mm para las desviaciones de perpendicularidad de la generatriz del cilindro. La convexidad de las caras no excede 0,03 mm.

La saturación libre (2) se ha determinado suministrando el agua en seis horas y manteniendo después el testigo sumergido durante cinco días.

La saturación completa (2) se ha efectuado tras hacer un vacío con una presión residual de 0,1 milímetros de Hg, manteniendo después los testigos veinticuatro horas sumergidos.

En cada caso se ha calculado la porosidad abierta y el grado de saturación.

La resistencia a comprensión se ha determinado en una prensa de 200 Tm, a una velocidad comprendida entre 0,7 y 1,5 Kg/cm² por segundo. Las curvas cargas/deformación axial se han obtenido por medio de una célula de presión, bandas extensométricas de 600 Ω de resistencia nominal y un puente de gran reproducibilidad y sensibilidad. Se ha acoplado a este equipo un registro gráfico XY y otro X/tiempo.

La resistencia a tracción indirecta (brasileño) se ha determinado en una prensa de 25 Tm, y con el mismo equipo de registro descrito. Se ha interpuesto un cartón de 2 mm de espesor (cartón cuero de 2.000 g/m²) entre plato y prensa, que reparte la carga. La carga se ha aplicado a una velocidad entre 0,5 y 1 Kg/cm² por segundo (3), y en cualquier caso, perpendicularmente a los planos de estratificación. La velocidad es lo suficientemente lenta para evitar la clásica aparición de fisuras secundarias que falsean el resultado, pero se han observado cuidadosamente las lecturas del registro y el testigo, para evitar que este efecto, que se presenta tras la verdadera rotura, pudiera falsear el resultado.

En los ensayos de comprensión y tracción se han estudiado las distribuciones de valores obtenidos para la resistencia, en cuanto a su regularidad y asimetría por medio del sistema de Pearson, utilizando los nomogramas de Dolinski y Muller (construidos para suelos y rocas) para niveles de confianza de 0,99/0,97 y 0,95 (4). En ellos se obtiene el valor de K, coeficiente de homogeneidad de Pearson. Si el valor de éste es mayor de 0,7 para un determinado nivel de confianza, puede decirse que la distribución de los valores es muy significativa.

TABLA 1

Por ciento pérdidas de resistencia a comprensión y tracción (brasileño) tras saturación libre y total a vacío

Tipo de roca	Resistencia a comprensión media en seco Kg/cm ²	Resistencia tracción indirecta (Brasileño) en seco Kg/cm ²	% pérdida a saturación libre		% pérdida a saturación vacío		Tipo de cemento %	Porosidad
			Compr.	Tracc.	Compr.	Tracc.		
Arenisca Vidrá	1.010	121	24,4	24,8	26,2	33,3	Calcáreo.	2,1
Arenisca Montjuich (grano grueso)	723	119	14,2	35,2	19,3	36,9	Silíceo con algo de arcilla.	3,6
Arenisca Montjuich (grano medio)	751	100	36,8	30	46,8	42,3	Silíceo con algo de arcilla.	17,6
Arenisca Cervelló... ..	545	36,8	42,2	39,1	53,3	53,7	Arcilloso ferruginoso con abundante mica	12,8

4. RESULTADOS.

(Ver tabla 1 y gráficos.)

Resistencia a comprensión en seco.

Se han deformado experimentalmente hasta alcanzar la rotura a comprensión simple 25 testigos de cada tipo de roca.

En general, las distribuciones de valores obtenidos han resultado muy simétricas, a excepción de la de la arenisca de Montjuich, de grano grueso, lo que nos confirma la bondad del método de selección de los testigos y la representatividad de los valores de la resistencia media de la matriz de la roca.

Para un nivel de confianza=0,95 se obtiene una K=0,8 para la arenisca de Cervelló y la de Vidrá, una K cercana 0,7, para la de Montjuich, grano medio, y una K por debajo para la de grano grueso, que ha resultado algo desviada.

Incluimos el histograma correspondiente a la arenisca de Cervelló (gráfico núm. 1).

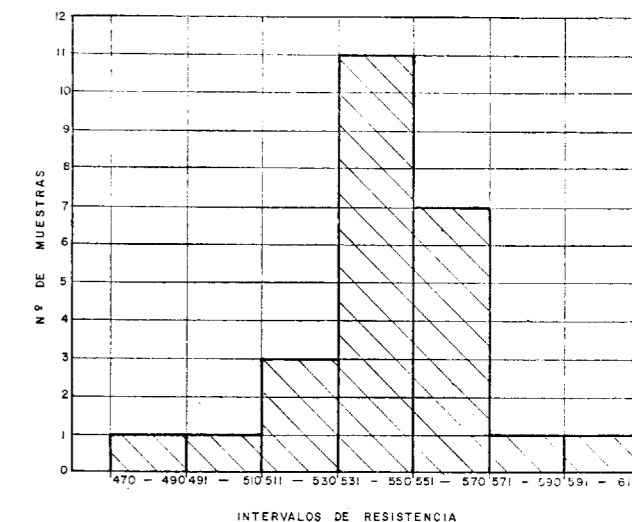
La resistencia mayor corresponde a la arenisca de Vidrá, que es la más compacta y menos porosa, y la menor, a la arenisca de Cervelló.

Al obtener las curvas carga/deformación puede verse una primera desviación del comportamiento elástico ideal, en su no-linealidad. Los testigos de la arenisca de Vidrá presentan una curva prácticamente elástica y con pocas desviaciones de la linealidad. Las de Montjuich tienen una curva del tipo Plastoelástico clásico, que se caracteriza por

una parte inicial con ligera concavidad hacia arriba, que se hace más recta, que va mostrando fluencia anelástica a medida que se acerca al punto de rotura, aunque esta parte no está muy acentuada y que la rotura puede considerarse frágil. La arenisca de Cervelló es la que presenta compresibilidad notable y fuerte desviación de la linealidad, arroja una curva del tipo Plastoelástico-plástico, en S, con una parte central muy escapada, y en ella aparece una parte inicial cóncava

GRAFICO 1

Histograma de los datos correspondientes a las resistencias a comprensión en kg/cm² para la arenisca de Cervelló.



hacia arriba muy acusada, al acercarse a la rotura aparece fluencia no elástica más acusada que el caso anterior, aunque en pequeño grado.

Resistencia a tracción en seco.

Se han roto 15 testigos de cada roca, según el método señalado. Respecto a los valores de resistencia obtenidos tenemos para un nivel de confianza=0,95 una $K=0,8$ para la arenisca de Cervelló y de 0,7 en todas las demás rocas. Por tanto, las distribuciones pueden considerarse muy simétricas, y los valores, representativos de la resistencia a tracción de la matriz de las rocas ensayadas.

La resistencia mayor corresponde a la arenisca de Vidrá, y la menor, a la de Cervelló.

Variación de la resistencia a compresión y tracción con la porosidad.

Dentro de cada tipo de roca se han seleccionado 4 grupos de porosidades diferentes, sin que esta variación entrañara cambio estructural alguno. Cada grupo está compuesto por un mínimo de 3 y un máximo de 5 testigos, que se rompieron a compresión y brasileño, respectivamente.

El estudio estadístico quedaba fuera de lugar por el pequeño número de muestras ensayado.

Como ley general se observa que la resistencia a la tracción (brasileño) y a la compresión son inversamente proporcionales a la porosidad. Estas relaciones son casi lineales únicamente para la arenisca de Vidrá. Las demás muestran, con la excepción de algún punto disperso, una correlación aceptable, siguiendo la ley general indicada.

(Ver gráficos 5 y 6.)

No se observan variaciones substanciales en la forma de las curvas carga/deformación, para las distintas porosidades de cada tipo de roca.

Variación de la resistencia a compresión con el grado de saturación.

En la arenisca de Vidrá y la de Montjuich, grano grueso, se han estudiado únicamente las resistencias de los grados de saturación obtenidos por saturación libre y a vacío, pues resulta experimentalmente imposible obtener grados de saturación menores, dada la poca porosidad de ambas rocas. En las areniscas de Montjuich, grano medio, y de Cervelló, dada su elevada porosidad,

GRAFICO 2
Histograma de los datos correspondientes a las resistencias a compresión en kg/cm^2 para la arenisca de Cervelló (probetas saturadas a vacío)

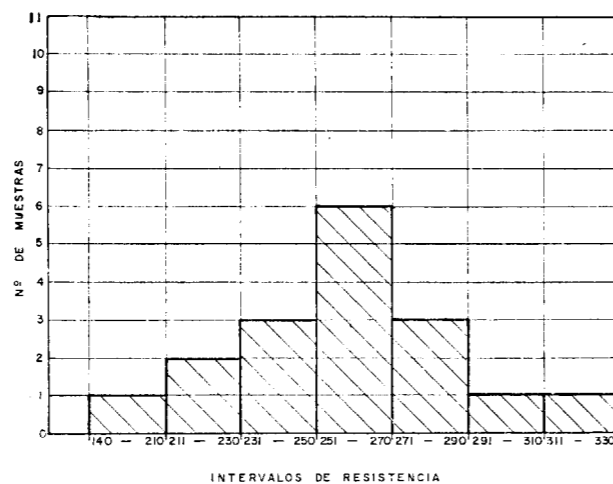
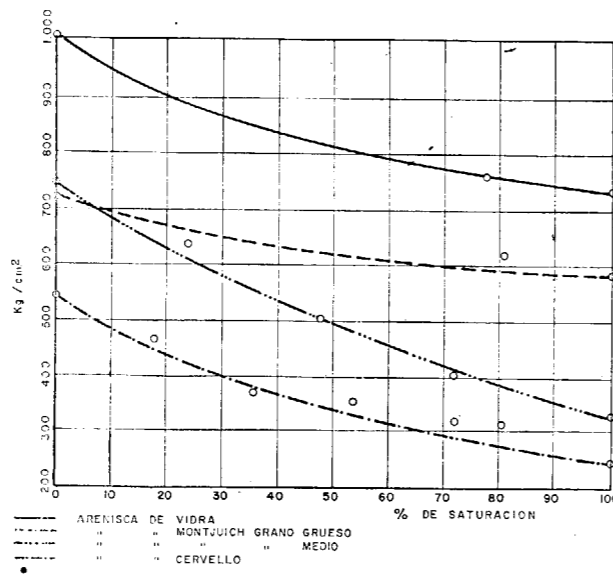


GRAFICO 3
Variación de la resistencia a compresión con el grado de saturación para una misma porosidad y en cada tipo de arenisca.



ha sido posible obtener grados menores de saturación suministrando el agua escalonadamente y cuidando los tiempos de absorción de la misma. Se han tomado para los grados de saturación menores medias de 5 probetas. Todas ellas han sido seleccionadas teniendo en cuenta su porosidad.

Los resultados para la saturación total a vacío y la libre son medias de 15 a 17 testigos. Estos

últimos se han sometido al estudio estadístico, tanto en lo que respecta al grado de saturación como a la resistencia (gráfico núm. 2).

Los cálculos de los grados de saturación presuponen que la porosidad "abierta" corresponde al 100 por 100 de saturación.

Para la saturación libre se alcanzan valores entre el 72 y el 80,6 por 100 de la saturación a vacío.

La distribución de valores es sensiblemente más simétrica y significativa en el caso de la porosidad por saturación a vacío, que en el grado de saturación libre. En esta última se alcanza el $K=0,7$, en las areniscas de Cervelló y Vidrá.

El mismo comentario puede hacerse de la valoración estadística de los resultados de las resistencias a compresión tras saturación. El mejor resultado ha sido el obtenido para la arenisca de Cervelló (coeficientes siempre superiores a 0,7 ó 0,8).

El estudio de la variación de la resistencia a compresión con el grado de saturación revela un descenso regular de la misma hasta un valor mínimo que alcanza prácticamente el 50 por 100 de la resistencia en seco en las areniscas de elevada porosidad (Montjuich, grano medio, y Cervelló) y pérdidas mucho menores en las de poca porosidad

(Montjuich, grano grueso, 19,3 por 100; Vidrá, 26,2 por 100).

Las curvas de variación siguen leyes análogas, con pendientes más acusadas en los tipos más porosos (ver gráfico 3).

En las curvas carga/deformación para la arenis-

GRAFICO 5
Variación de la resistencia a compresión en seco con la porosidad para cada tipo de arenisca.

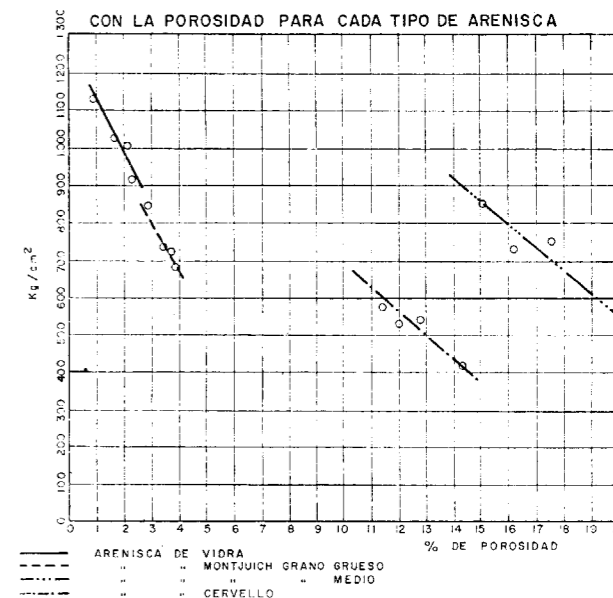


GRAFICO 4
Variación de la resistencia a tracción indirecta (brasileño) con el grado de saturación para una misma porosidad y en cada tipo de arenisca.

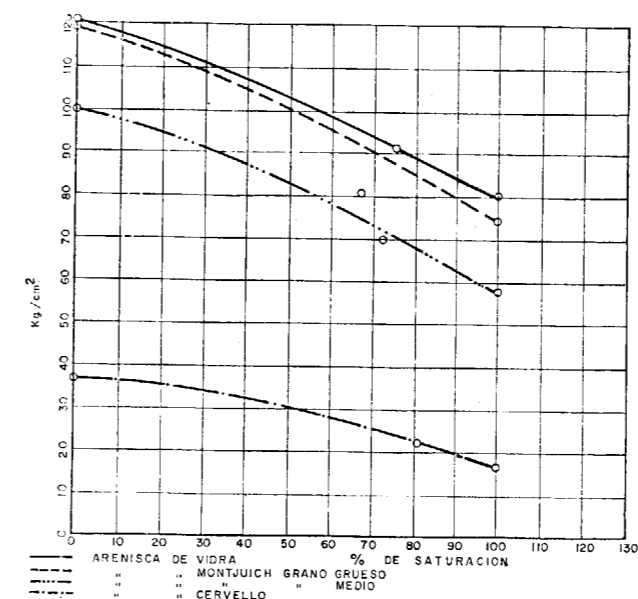
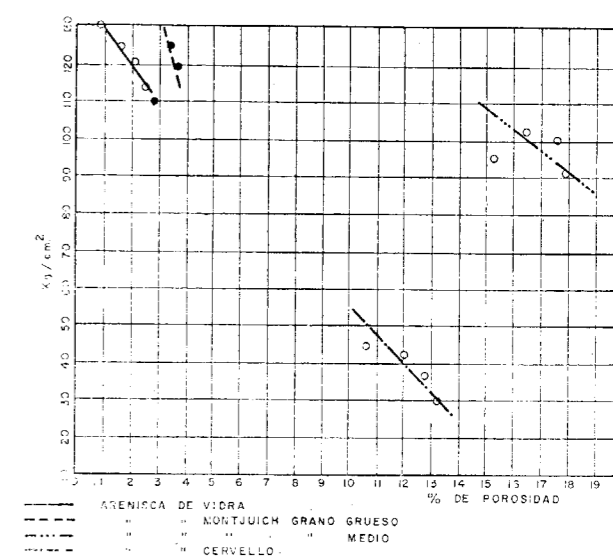


GRAFICO 6
Variación de la resistencia a tracción indirecta (brasileño) en seco, con la porosidad para cada tipo de arenisca.



ca de Cervelló, tras saturación estudiadas, se acentúa su no linealidad y el carácter anelástico, acentuándose la aparición de una zona de deformación plástica cerca de la rotura.

En las demás rocas se acusan desviaciones menores.

Cinco testigos de la arenisca de Cervelló saturados a vacío se han cargado hasta el 50 por 100 de su carga de rotura y descargado posteriormente. Este proceso se ha repetido tres veces. Se observa que el recorrido de la curva carga/deformación en descarga no es igual al de carga, y que queda una considerable deformación remanente.

En las demás areniscas sometidas al mismo proceso, la deformación remanente final es menor y el recorrido de descarga también difiere del de carga.

Variación de la resistencia a tracción con el grado de saturación.

Se han estudiado aquí únicamente las variaciones de resistencia a saturación libre y a vacío.

La distribución de valores de las resistencias han sido muy simétricas en todos los casos, con $K > 0,7$ y, por tanto, pueden considerarse como muy significativas y representativas.

La resistencia a tracción indirecta (brasileño) disminuye con el grado de saturación, siguiendo una ley análoga en todos los casos. Las rocas más porosas acusan pérdidas superiores al 40 por 100 para el grado máximo de saturación. Las pérdidas para las areniscas menos porosas han resultado aquí mucho más elevadas que en el ensayo de compresión (33,3 por 100, Vidrá; 36,9 por 100, Montjuich, grano grueso), de ello se deduce que la acción del agua en los poros sobre la resistencia de estas rocas se hace más patente en el ensayo de tracción que en el de compresión.

5. CONCLUSIONES

Para las rocas estudiadas se deduce que:

a) Eligiendo cuidadosamente los bloques de roca y sometiéndolos a una selección escrupulosa pueden lograrse testigos representativos de la matriz de la roca, que dan resultados de porosidad, resistencia a compresión y tracción con buena distribución y representativos.

b) Las resistencias a compresión y tracción in-

directa disminuyen con la porosidad para cada tipo de roca.

c) En la saturación libre se alcanzan grados de saturación entre el 72 y 81 por 100 del logrado a vacío. Además, la distribución de valores es más irregular, lo que, probablemente, es atribuible al método experimental.

d) La resistencia a compresión disminuye regularmente con el grado de saturación. Las pérdidas son mucho más acusadas en los tipos más porosos (40-50 por 100) para el máximo grado de saturación.

e) Las curvas carga/deformación son del tipo casi elástico para la arenisca de Vidrá (muy poco porosa); plastoelástico, para las de Montjuich, y plastoelastoplástico, para la de Cervelló. Al estudiarlas tras saturación completa a vacío se acentúa el carácter anelástico, sobre todo en la de Cervelló.

Todas presentan deformación residual tras ciclos de carga y descarga, hasta el 50 por 100 de su resistencia a compresión, pero muy especialmente la de Cervelló.

f) La resistencia a tracción disminuye con el grado de saturación, pero, mientras para las rocas más porosas las pérdidas para la máxima saturación son análogas a las experimentadas a compresión, las obtenidas con las rocas menos porosas son mayores. Parece que el ensayo de tracción indirecta reacciona más sensiblemente al efecto del agua en los poros.

La estructura cohesiva de la roca es debilitada por la presencia de agua en los poros, y esta cohesión vendrá afectada en la proporción y presión del agua presente (5).

Siendo el ensayo de tracción indirecta (brasileño) una buena medida de la cohesión, parece, pues, más adecuado y sensible para medir este efecto.

BIBLIOGRAFIA

- (1) I. W. FARMER: *Engineering Properties of Rocks*, E. F. N. Spon, London (1968).
- (2) ZALESSKII: *Físico-mekhanicheskie svoistva gornykh porod*. Isdatellstvo Nauka, Moscú (1964).
- (3) A. TOURENCQ y A. DENIS: *La Résistance à la traction des roches*. Ministère de L'Équipement, LCPC. París (1970).
- (4) L. S. BURCHSTEIN: *Statische i Dinamicheskie Gornykh Porod*. Isdatellstvo Niedra, Leningrado (1970).

Recibido: Marzo 1975.

Características mineralógicas, genéticas y de distribución de los minerales de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica. II) Iilita y Mica.

Por M. D. RUIZ CRUZ (*) y M. A. CABALLERO LOPEZ-LENDINEZ (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio mineralógico, genético y de distribución de los minerales ilita y mica, en los sedimentos triásicos de la Cordillera Ibérica. La ilita es un mineral que forma parte esencialmente de la fracción menor de 2μ , mientras que la mica lo es de la fracción mayor de 2μ . Estos minerales se incorporan al sedimento como productos detríticos, aunque en él pueden sufrir procesos de transformación. Ambos minerales se encuentran extendidos en toda la cuenca y en determinadas series pueden llegar a constituir el 100 por 100 de la fracción fina.

ABSTRACT

In this paper, a mineralogical, genetic and distributional study of the minerals illite and mica is being carried out in the triassic sediments of the Iberian Basin. Illite is a mineral which is an essential part of the lesser fraction of 2μ , while mica is an essential part of the greater fraction of 2μ . These minerals are part of the sediment as detritic products, although they may undergo in it, processes of transformation. Both minerals are found extensively in the whole basin and in certain series may reach a 100% of the fine fraction.

INTRODUCCION

El primer trabajo acerca de la mineralogía de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica es debido a MARFIL (1969). Este autor, al estudiar el Keuper del sector meridional de dicha cuenca, observa que la cristalización de los minerales arcillosos aumenta de W a E. Considera a la moscovita como un mineral heredado mientras que la ilita la interpreta como un producto de transformación durante la diagénesis, a expensas de moscovita y otros minerales arcillosos.

MARFIL, ALONSO y GARCÍA (1971), al estudiar el material cementante del Trías inferior de la Cordillera Ibérica, encuentran igualmente micas heredadas e hidrómicas.

DE LA PEÑA (1972), estudia el Muschelkalk de esta misma cuenca, identificando en la fracción arcillosa, micas, ilita e hidrómicas.

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

CABALLERO (1972), estudia una serie situada al W de dicha cuenca y observa que la ilita es el mineral mayoritario en los tramos inferiores, disminuyendo en abundancia al ascender en la serie, frente a los edificios a 12 Å y 14 Å. Considera este autor la ilita como un mineral heredado.

En las series estudiadas por nosotros, cuya situación en la cuenca se expuso en un trabajo anterior (RUIZ CRUZ y CABALLERO, 1975), los minerales a 10 Å, micas e ilitas, son los constituyentes fundamentales de las fracciones finas en la mayor parte de las muestras estudiadas. En la parte inferior del Trías constituyen hasta el 100 por 100 de la fracción menor de 2μ en gran número de series. Durante el Trías medio y superior los minerales a 10 Å siguen estando presentes en todas las series estudiadas, siendo en gran número de muestras los constituyentes fundamentales, aunque aparecen casi siempre mezclados con una serie de minerales a 14 Å (clorita, montmorillonita e interestratificados), que van ganando importancia a medida que ascendemos en las series.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados que se exponen a continuación corresponden al estudio por difracción de rayos X, análisis térmico diferencial y microscopia electrónica y de polarización, realizados sobre las fracciones finas de cada una de las muestras recogidas.

Difracción de rayos X.

En la figura 1 se exponen los diagramas de difracción realizados sobre los agregados orientados de las

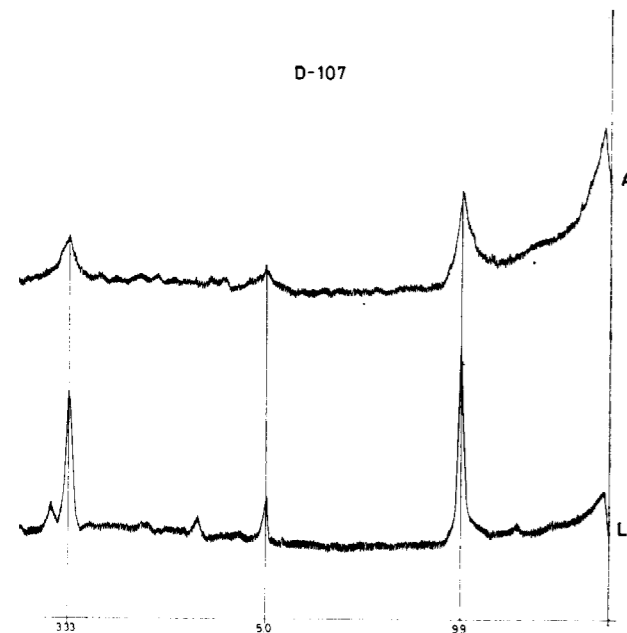


Figura 1

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre los agregados orientados de las fracciones arcilla y limo de una muestra perteneciente a la serie de Albendiego

fracciones arcilla y limo de una muestra que pertenece a la serie de Albendiego (zona W de la cuenca).

En el primero de ellos pueden observarse las reflexiones más intensas de la ilita, a 10,0, 5,0 y 3,3 Å. Las líneas son abiertas y dentadas. El segundo diagrama, correspondiente a la fracción limo presenta estas mismas reflexiones pero con características diferentes. Las líneas son agudas y simétricas, revelando una cristalinidad superior y mayor tamaño de los cristales. En este caso el diagrama de difracción corresponde a una mica.

La figura 2 representa los diagramas de difracción realizados sobre el agregado orientado (sin tratamiento previo, tratado con etilenglicol y calentado a 550° C) de la fracción menor de 2 μ de una mues-

tra correspondiente a la parte inferior del Trías de la misma serie anterior. En el primero de los diagramas (N), encontramos líneas a 10,0, 5,0 y 3,3 Å, semejantes a las de la muestra anterior. En este caso la ilita aparece acompañada por caolinita, cuya primera reflexión a 7,1 Å puede verse en la figura.

La línea 10 Å de la ilita permanece invariable tras el tratamiento del agregado orientado con etilenglicol y continúa siendo abierta y asimétrica. Tras el tratamiento térmico no se observa tampoco ningún tipo de variación. Estos hechos nos confirman que se trata de una ilita abierta, es decir, que contiene cierto número de capas interstratificadas de otro mineral. El comportamiento de la línea a 10 Å, frente a los diferentes tratamientos, parece confirmar que el mineral interstratificado es clorita. Correspondería a una I_{cl} descrita por LUCAS (1962).

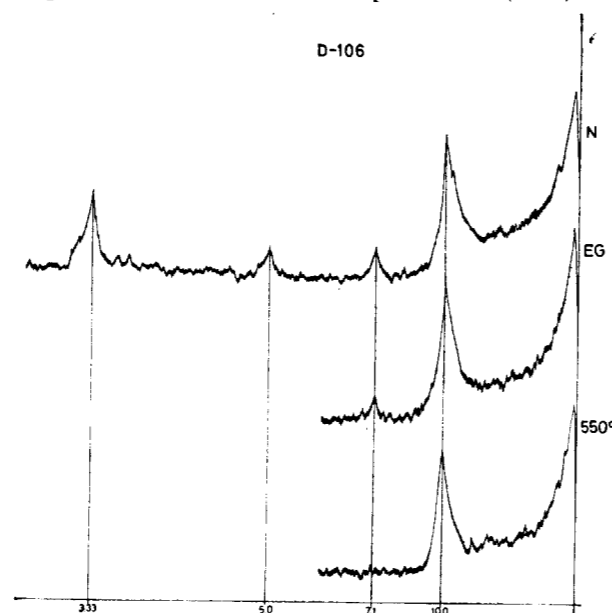


Figura 2

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550° C (50°) de la fracción arcilla de una muestra formada por ilita abierta (I_v). Serie de Albendiego.

En la figura 3 se exponen los diagramas de difracción realizados sobre los agregados orientados de la fracción menor de 2 μ de una muestra correspondiente a la parte inferior del Trías de la serie de Noviercas-Borobia (zona centro-oriental de la cuenca). El tipo de ilita que aparece es diferente de la de los ejemplos anteriores.

En el diagrama de difracción sin tratamiento previo (N), la ilita presenta una línea a 10,0 Å con una

fuerte asimetría, abierta hacia la región de los pequeños ángulos, mucho más irregular que las líneas a 5,0 y 3,3 Å. Después del tratamiento con etilenglicol (EG), la línea a 10 Å, aunque ligeramente modificada, continúa siendo asimétrica abierta hacia la

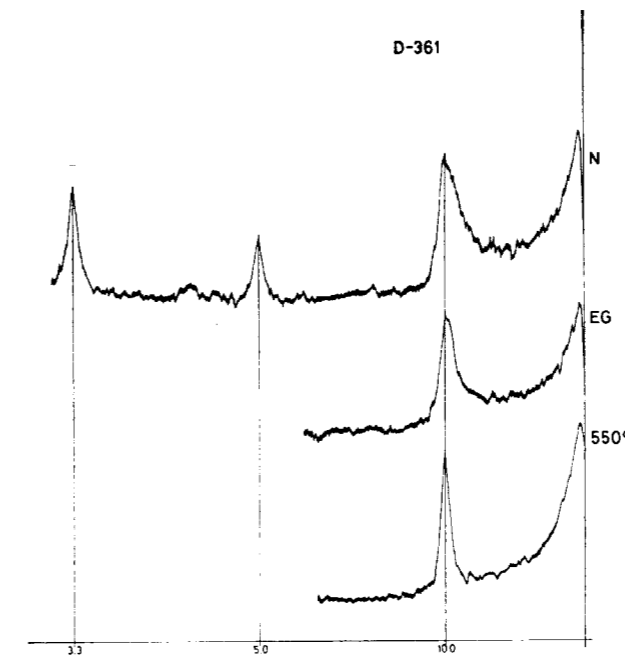


Figura 3

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado en 550° C (550°) de la fracción menor de 2 μ de una muestra que contiene ilita abierta (I_v). Serie de Noviercas-Borobia

zona de los ángulos pequeños. El tratamiento térmico (550°) origina que esta línea se agudice sensiblemente y se haga perfectamente simétrica.

Se trata en este caso de una ilita abierta, inestable al calor pero estable frente al etilenglicol. Este tipo de ilita contiene láminas de vermiculita interstratificadas. En las muestras de la parte inferior del Trías de esta serie, existen toda una gama de interstratificados (10_i-14_v) y este ejemplo correspondería a uno de estos, en el que la proporción de vermiculita es muy pequeña.

La figura 4 nos muestra los diagramas de difracción realizados sobre los agregados orientados de una muestra perteneciente a la parte superior del Trías. Esta muestra corresponde a la serie de El Cercadillo (zona W de la cuenca).

En el diagrama de difracción realizado sin tratamiento previo (N), pueden observarse las reflexio-

nes a 10,0; 5,0 y 3,3 Å, correspondientes a ilita, único constituyente de la fracción menor de 2 μ de esta muestra. Estas líneas, la primera de ellas sobre todo, son muy diferentes de las observadas en los ejemplos anteriores; son muy agudas y bastante simétricas. Los diagramas de difracción correspondientes a la muestra tratada con etilenglicol, así como el realizado tras el calentamiento de la misma a 550° C presentan idénticas características.

Se trata de uno de los tipos de ilita con mayor cristalinidad encontrados en esta cuenca. CABALLERO (1972) propone para este tipo de ilitas el nombre de "ilita-mica", pues además, el tamaño de estos minerales, revelado por el microscopio electrónico, es bastante mayor que el de las ilitas anteriores.

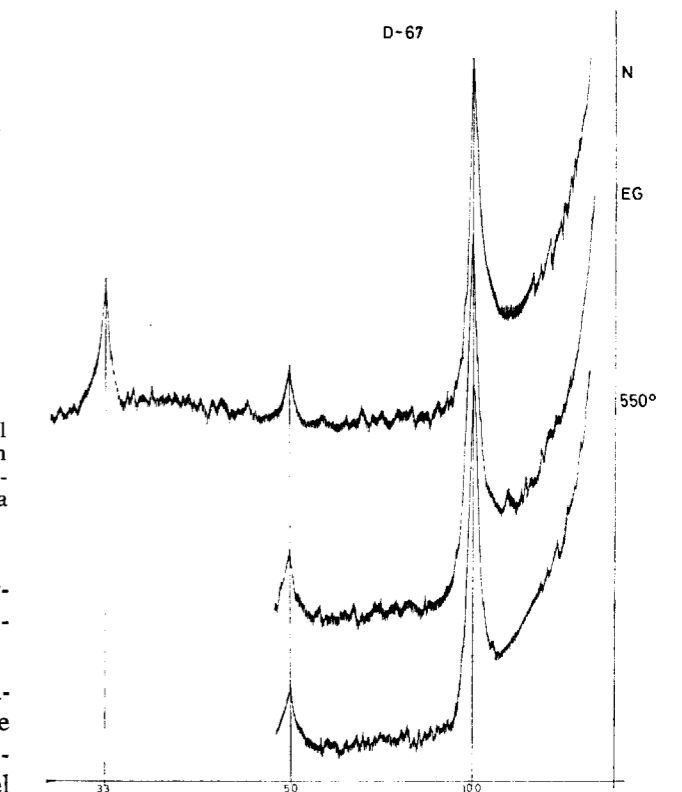


Figura 4

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con el etilenglicol (EG) y calentado a 550° C (550°) de la fracción menor de 2 μ de una muestra constituida por ilita de alta cristalinidad. Serie de El Cercadillo

La figura 5 representa el diagrama de difracción realizado sobre el agregado orientado de la fracción limo de una muestra correspondiente a la parte inferior del Trías de la serie de Albarracín (zona S de la cuenca).

Aunque el tamaño de los cristales es relativamente grande, la cristalinidad no es elevada. Junto a la línea a 10 Å de la mica, pueden observarse líneas de dickita, cuarzo y talco; la de este último mineral a 9,3 Å.

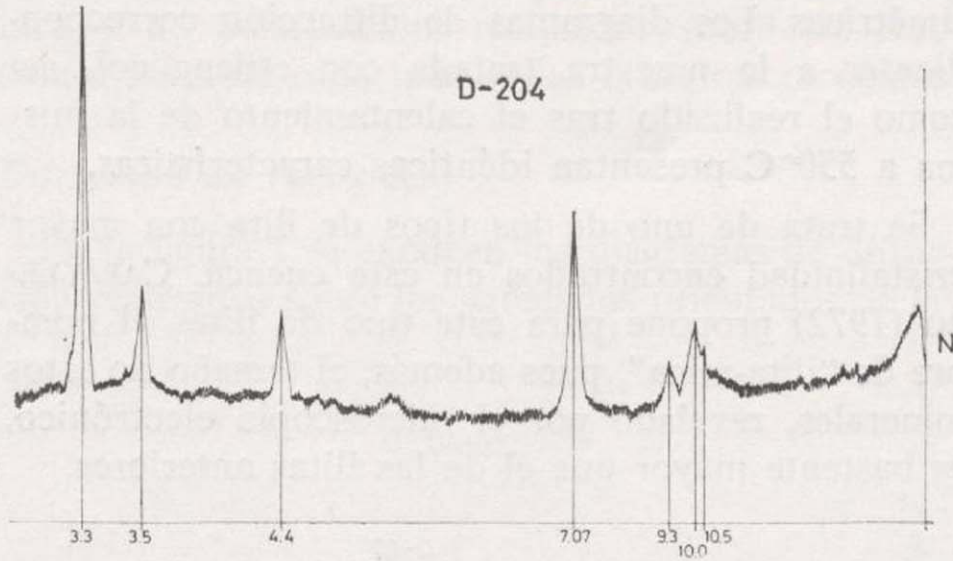


Figura 5

Diagrama de difracción de rayos X realizado sobre el agregado orientado de la fracción limo de una muestra formada por dickita, talco e ilita abierta. Serie de Albarracín

Análisis térmico diferencial.

En la figura 6 se exponen algunos de los registros obtenidos al estudiar las muestras de una de las series (El Cercadillo), mediante análisis térmico diferencial.

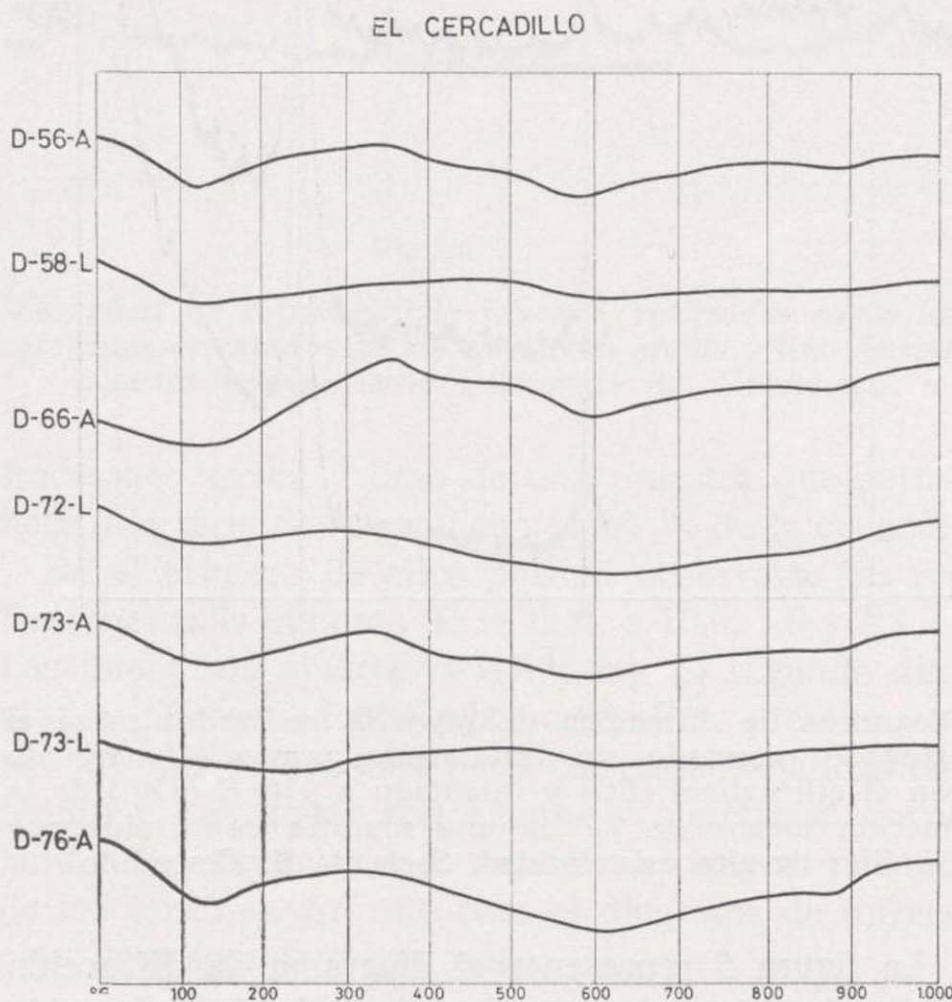


Figura 6

Diagramas de ATD realizados a diferentes muestras de la serie de El Cercadillo, constituidas por ilita y mica. A: fracción arcilla; B: fracción limo

Los diagramas realizados sobre la fracción arcillosa de las muestras (D-56A, D-66A, D-73A y D-76A), en la que la ilita es el componente mayoritario, poseen todos el aspecto de los expuestos por MUÑOZ y ALEXANDRE (1957), para este mineral. El primer endotérmico aparece alrededor de 130° C, ancho y poco definido; otro endotérmico de iguales características aparece a 600° C; por último, en la región de 800° a 900° C puede observarse un ligero escalón endo-exo.

Los diagramas realizados sobre la fracción limo (D-58L, D-72L y D-73L) presentan las características de los expuestos por MUÑOZ y ALEXANDRE (1957) para la gran mayoría de las micas.

Microscopia electrónica.

En general, las partículas de ilita presentan contornos difusos y tamaño muy pequeño en la frac-

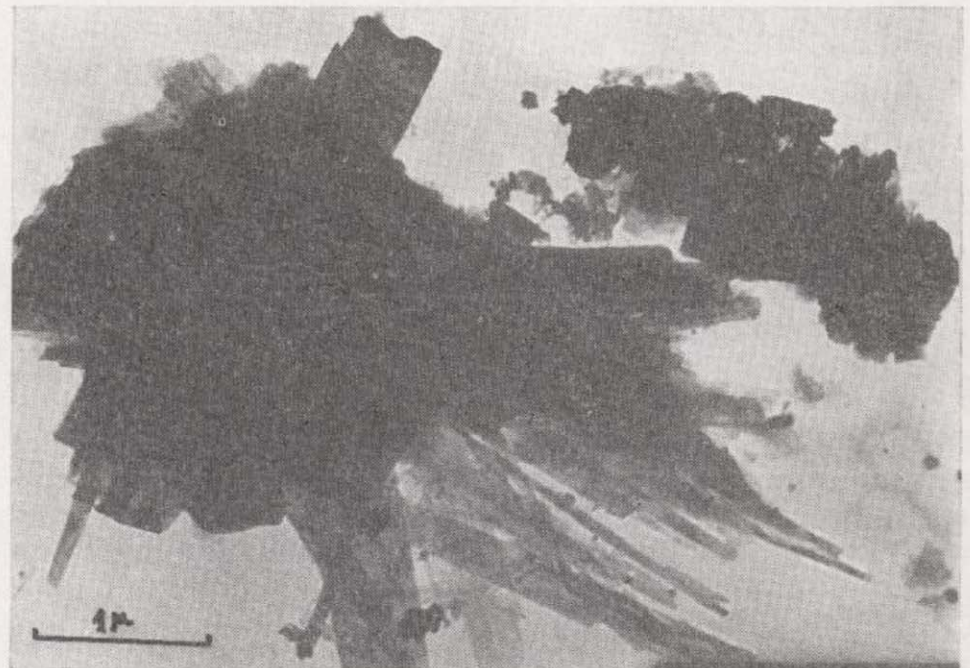


Figura 7

Transformación de un cristal de mica en ilita, observada al microscopio electrónico

ción menor de 2 de las muestras estudiadas. A la vez que aumenta el tamaño de los cristales suele aumentar la cristalinidad y en las fracciones limo suelen encontrarse cristales de mica perfectamente desarrollados.

En ciertas zonas de la cuenca, sobre todo al S y SE de la misma, es frecuente encontrar cristales de mica e ilita muy degradados. Un aspecto de estas se muestra en la figura 7. Puede observarse que los cristales alargados de ilita están desarrollándose sobre todo según dos direcciones principales, a partir del cristal primitivo.

En otros puntos de la cuenca (al NW sobre todo), este tipo de transformación que acabamos de des-

cribir está muy avanzado, siendo mucho más frecuentes los cristales de ilita de forma prismática que los equidimensionales (figura 8).

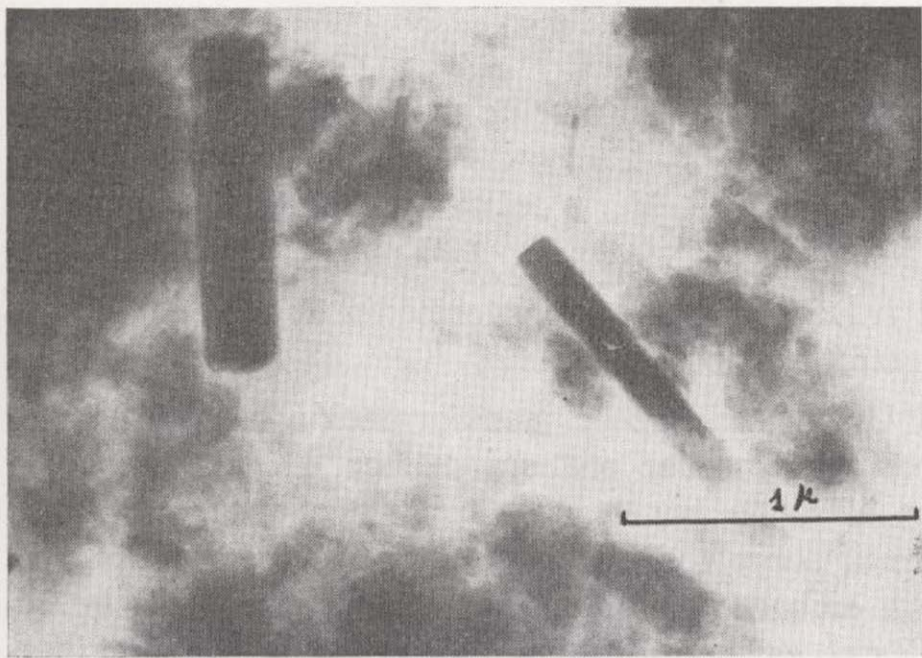


Figura 8

Aspectos de ciertas ilitas, observadas al microscopio electrónico

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los minerales a 10 Å (ilita y micas) son, sin duda, los más extendidos en los sedimentos triásicos. En la cuenca estudiada por nosotros están presentes en todas las series, formando el 100 por 100 de la fracción fina de muchas de las muestras, sobre todo en las correspondientes al Tría inferior.

La ilita, junto con la caolinita, constituye la mayor parte de la fracción heredada del continente. Representa los términos degradados de micas y cloritas continentales. Su abundancia es mucho mayor en los términos inferiores del Trías, ya que las acciones pedogenéticas son menos intensas que en el Trías superior (a la vez el transporte y el depósito tuvieron lugar con más rapidez) y este mineral permanece como tal, sin evolucionar por degradaciones más intensas a vermiculita o montmorillonita.

Diversos tipos de ilitas con características diferentes han sido posible identificar en esta cuenca; desde ilitas con bastante cristalinidad hasta ilitas muy abiertas e incluso con láminas de montmorillonita o de vermiculita interestratificadas, dependiendo de su situación en el espacio y en el tiempo. Las ilitas heredadas de mayor cristalinidad se encuentran en los bordes de la cuenca y en la parte inferior de las series, en ciertas zonas. Esta secuencia

puede observarse en la zona de Sigüenza: en la parte inferior del Trías las ilitas poseen elevada cristalinidad, apareciendo acompañadas por clorita y caolinita. Pocos kilómetros al W, en el Keuper, aparecen ilitas muy degradadas, conteniendo láminas de montmorillonita y vermiculita.

En otras zonas, sobre todo al sur de la cuenca, la secuencia es inversa: las ilitas y micas de la zona inferior del Trías están muy degradadas, aumentando la cristalinidad sensiblemente al ascender en las series, debido sobre todo a los procesos de transformación.

Una vez en la cuenca de sedimentación las ilitas y micas pueden sufrir transformaciones por diversos caminos:

Es un hecho aceptado que la diagénesis puede dar lugar a una agradación de las partículas de ilita (DUNOYER DE SEGONZAC, 1969). Esta agradación puede ponerse de manifiesto mediante el microscopio electrónico. Es posible observar un cambio en la morfología de los cristales, cambio en los contornos y transparencia.

Se han hecho asimismo varios intentos para deducir el origen de las ilitas del aspecto que éstas presentan al microscopio electrónico. KOTELNIKOV (1965) trata de dar una interpretación a las diferentes morfologías. Piensa que las láminas equidimensionales corresponden a ilitas heredadas mientras que las pajillas alargadas en forma de listones representan ilitas transformadas o neoformadas.

MARFIL, ALONSO y GARCÍA (1971) interpretan los cristales de hábito prismático que observan en el microscopio electrónico como una transformación en la cuenca sedimentaria de ilitas y micas en hidromicas.

CABALLERO (1972) observa asimismo transformaciones semejantes en la ilita pero no cree que éstas hayan tenido lugar en la cuenca sedimentaria, sino que son productos heredados del continente.

GUVEN (1972) indica que las láminas macladas de mica ofrecen todas las posibilidades para la transformación de micas en ilitas de forma prismática. La transformación parece implicar una separación según (110) de las micas. Esta transformación tendría por causa el exceso de agua y la insuficiencia en potasio. HUFF (1972) observa este mismo efecto en las ilitas a medida que les extrae potasio.

En rayos X es posible asimismo observar los cambios de cristalinidad de la ilita; la agudeza y simetría del pico a 10 Å traduce esta evolución.

Hay que tener en cuenta que las transformaciones de este tipo vienen muy influenciadas por la litología: por lo general las areniscas presentarán ilitas más cristalinas que las arcillas, ya que la cristalinidad de la ilita detrítica es más elevada cuanto mayor es su tamaño y la agradación por soluciones hidrotermales durante la diagénesis será más fácil en los medios porosos.

Otro tipo de transformación independiente de la diagénesis ocurre cuando las partículas de ilita llegan al medio de depósito, si este medio tiene un carácter químico o cierta concentración en iones. La influencia de la cuenca se traduce en una verdadera reorganización de las redes de la ilita, que pueden llegar a transformarse en verdaderas micas. Este cambio tendrá lugar hacia arriba y hacia el centro de la cuenca.

Ambos tipos de transformaciones son denominadas por MILLOT (1964) "rejuvenecimientos". Las redes parcialmente degradadas de las ilitas heredadas en la cuenca son cicatrizadas por la entrada de iones potasio en la red, e incluso de iones magnesio. En ambos casos el mecanismo es idéntico. Son numerosas las series estudiadas en esta cuenca (sobre todo en el centro y sur de la misma) en que existen ilitas abiertas en la parte inferior del Trías, que van evolucionando hacia ilitas mucho más cristalinas, presentes sobre todo en el Keuper.

Además de los dos tipos de transformaciones que acabamos de evocar hay que tener en cuenta las denominadas "agradaciones profundas". Este proceso ha sido descrito por LUCAS (1962) en las cuencas triásicas, observando que a medida que asciende en las series por él estudiadas, el porcentaje de ilitas decrece, aumentando a la vez los minerales a 14 Å, cloritas y edificios interestratificados. Supone este autor que, tanto los interestratificados como la clorita son el producto de transformaciones en la cuenca de ilitas heredadas, siendo los interestratificados un paso intermedio.

Ilita degradada → Ilita abierta → $(14_o - 14_m)_{irr}$
→ $(14_o - 14_m)_{reg}$ → Clorita.

La causa de este fenómeno sería un aumento notable en la cuenca de la cantidad de magnesio.

En la cuenca estudiada por nosotros, la presencia de montmorillonita y vermiculita en las partes altas de las series, las características de los interestratificados y la evolución de las áreas fuentes, nos demuestran que los aportes no fueron los mismos a lo

largo de todo el Trías, por lo que creemos que este tipo de agradaciones profundas, que conducirían a clorita a partir de ilita, si se han dado, han tenido poca importancia, siendo mucho más llamativas las transformaciones

Montmorillonita → Clorita

y

Vermiculita → Clorita

a través de una serie intermedia de minerales interestratificados.

Un último tipo de transformación de ilita ha sido posible observar en esta cuenca. La diagénesis no ha afectado por igual a toda la cuenca, dejándose sentir sobre todo hacia el sur y sureste de la misma. Sin embargo, la cristalinidad de la ilita en estas series no es superior, sino que suelen encontrarse ilitas mucho más abiertas. En estas series la ilita aparece asociada a dickita y talco. La ilita sería inestable en una diagénesis con circulación de fluidos ácidos y diluidos. Estas muestras en rayos X presentan líneas muy abiertas (fig. 9), y en el microscopio electrónico pueden observarse gran cantidad de cristales prismáticos y pocos equidimensionales.

Conclusiones

De todos los datos que acabamos de exponer se han podido deducir una serie de conclusiones:

Durante el Trías inferior los principales aportes continentales son micas e ilitas, que se distribuyen uniformemente por toda la cuenca. Las mejores cristalinidades corresponden al borde SW de la misma. Durante el Trías medio y superior disminuye la cantidad de ilita a favor de otros minerales (clorita e interestratificados), pero continúa estando presente en todas las series estudiadas.

Estos minerales constituyen el 1 por 100 de la fracción arcilla en gran número de muestras del Trías inferior. En la fracción limo presentan mayor tamaño y cristalinidad. Como mineral heredado presenta variaciones notables, desde ilitas bastante cristalinas hasta ilitas conteniendo láminas de vermiculita o montmorillonita interestratificadas.

En la cuenca estudiada en un hecho casi general el aumento de la cristalinidad de la ilita observado al ascender en las series. Se trata de un proceso de "rejuvenecimiento" de las ilitas heredadas que tiene lugar al transcurrir el tiempo, por un aumento progresivo en la concentración iónica.

Otro proceso de transformación tiene lugar en las zonas de diagénesis, donde encontramos la asociación ilita-dickita. La ilita sería inestable en una diagénesis con circulación de fluidos ácidos y diluidos. Estas muestras, en rayos X, presentan ilitas muy abiertas y en el microscopio electrónico pueden observarse gran cantidad de cristales prismáticos y pocos equidimensionales.

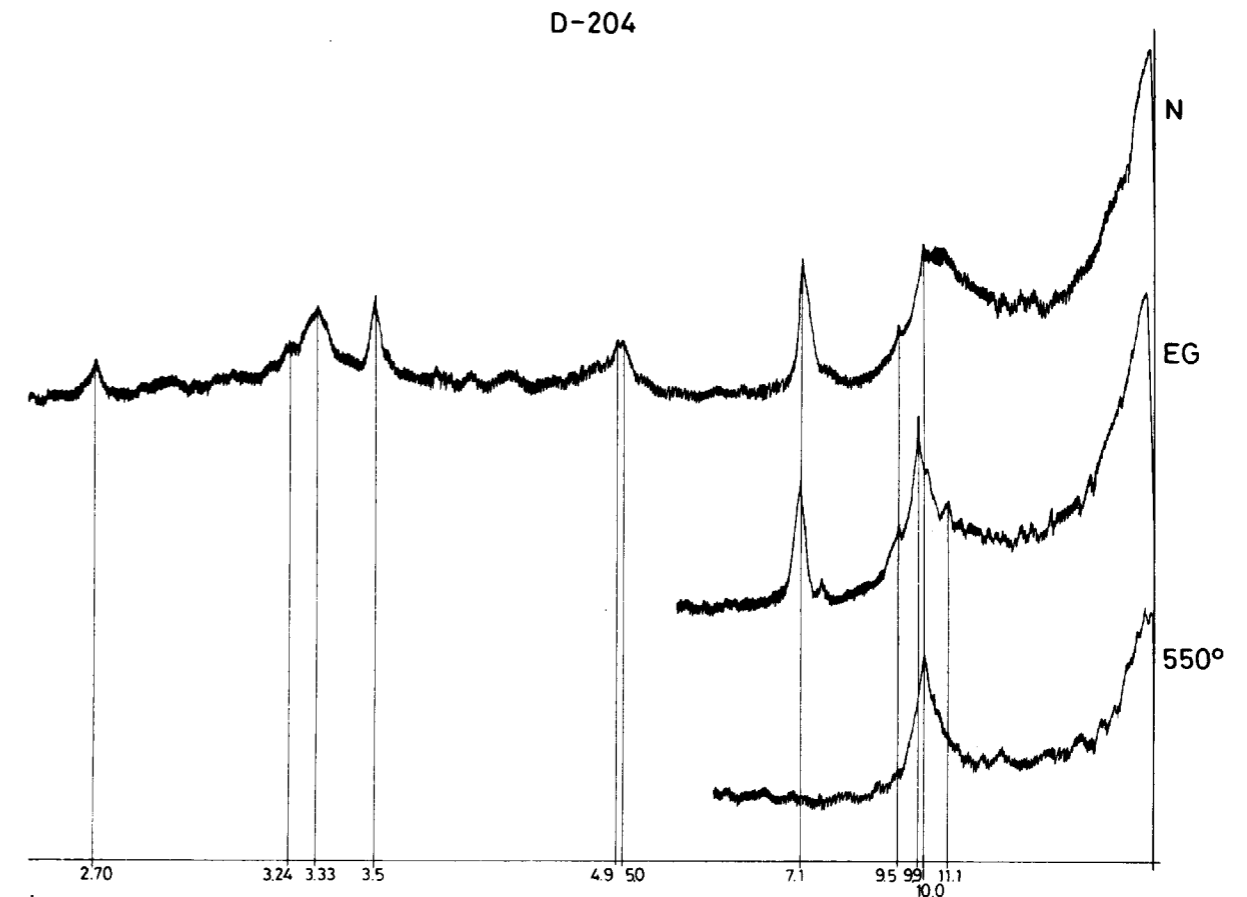


Figura 9

Diagramas de difracción de rayos X, realizados sobre la fracción arcilla de la misma muestra representada en la figura 5

BIBLIOGRAFIA

- CABALLERO, M.: *Estudio mineralógico y genético de la fracción fina del Trías español*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid (1972).
- DUNOYER DE SEGONZAC, G.: *Les minéraux argileux dans la diagénese passage au métamorphisme*. "Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lor. Strasbourg", n. 29, 320 pp. (1969).
- GUVEN, N.: *Electron optical observations on Marblehead Illite*. "Clays and clay min.", vol. 20, pp. 83-88 (1972).

- HUFF, W.: *Morphological effects on illite as a result of potassium depletion*. "Clays and clay min.", vol. 20, pp. 295-301 (1972).
- KOTELNIKOV, D. D.: *Sur les caracteres morphologiques des illites dans les roches sédimentaires*. "Mineral. Sbornik", 19, pp. 26-35 (1965).
- LUCAS, J.: *La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etude sur les argiles du Trias*. "Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lor. Strasbourg", vol. 23, 202 pp. (1962).

- MACKENZIE, R. C.: *The Differential Thermal investigation of Clays*. "Min. Soc.", London, 456 pp. (1957).
- MARFIL, R.: *Estudio Petrogenético del Keuper en el sector meridional de la Cordillera Ibérica*. "Estudios Geológicos", vol. 26, pp. 113-162 (1969).
- MARFIL, R.; ALONSO, J. J., y GARCÍA, M. C.: *Estudio del material cementante del Trias inferior de la Cordillera Ibérica*. "Estudios Geológicos", vol. 27, pp. 427-439 (1971).
- MILLOT, G.: *Géologie des Argiles*. "Masson et Cie". París. 499 pp. (1964).
- MUÑOZ, M., y ALEXANDRE, V.: *The mica mineral*. En "R. C. Mackenzie". "The Differential Thermal Investigation of Clays". Min. Soc. London (1955).
- PEÑA DE LA, J. A.: *Estudio petrogenético del Muschelkalk de la Cordillera Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad de Madrid (1972).
- RUIZ CRUZ, M. D., y CABALLERO, M. A.: *Características mineralógicas, genéticas y de distribución de los minerales de la fracción fina del Trias de la Cordillera Ibérica*. I) Caolinita y dickita (en esta revista, en prensa).

Recibido: Marzo 1975.

INFORMACION

Estado actual de las Investigaciones que el IGME realiza en la Plataforma Continental Submarina

La disminución de las reservas minerales explotables en las áreas continentales, ha hecho considerar la existencia de recursos mineros submarinos, muchas veces prolongación natural de explotaciones litorales o de tierra firme.

Estas explotaciones mineras litorales de yacimientos, que continuaban bajo el agua, fue el origen de que el minero se planteara el problema de cómo extraer del mar esas riquezas que tenía a la vista.

El trabajo bajo el agua, suponía, sin duda, una nueva y gran complicación, desalentadora hasta hace relativamente pocos años.

Los avances de la tecnología han permitido vencer estas dificultades, y la explotación de importantes riquezas mineras submarinas viene realizándose desde hace tiempo. Sin embargo, aunque son conocidas las explotaciones de casiterita, circón, ilmenita, magnetita, y diamantes, en países como Indonesia, Japón, La India, Africa del Sur, Brasil, etc., la investigación y explotación mineras del ámbito submarino, no han hecho más que empezar.

Existen en los fondos marinos enormes reservas de manganeso y fosfatos directamente aprovechables, e inmensas acumulaciones de lodos, que contienen proporciones interesantes de metales como cobre, cobalto, níquel y molibdeno.

Las investigaciones de la plataforma submarina, comienzan en España a título privado en 1964, en las costas de Málaga, continuando en años sucesivos en la plataforma gallega e Islas Columbretes.

Las investigaciones del Estado en el ámbito submarino, comienzan en 1972. El Instituto Geológico y Minero de España, dentro del Programa Nacional de Investigación Minera, consideró de interés estudiar los recursos que pudieran existir en nuestra plataforma continental, creando un Departamento para el estudio de los fondos marinos FOMAR, cuyos objetivos son los siguientes:

1. Estudio mineralógico, sedimentológico y geoquímico de los sedimentos marinos.
2. Localización de yacimientos minerales y estudios conducentes a su eventual explotación.
3. Localización y evaluación de los depósitos de gravas y arenas.
4. Confección de mapas geológico-tectónicos y batimétricos.
5. Estudio, localización y evaluación de las sugerencias submarinas de agua dulce.
6. Estudio de la tectónica y estratigrafía profundas, con miras a la investigación de hidrocarburos.

A la hora de establecer preferencias en el orden de realización de estos trabajos se consideran de mayor interés aquellas áreas cuyos antecedentes o posibilidades geológico-mineras son favorables a la existencia de materiales de interés.

Según esto, hasta el momento actual se han ejecutado o están en vías de realización los siguientes proyectos:

Huelva (1972-1973).

Abarcó 1.400 kilómetros cuadrados de la plataforma submarina de la parte occidental de Huelva, hasta Portugal - isobata de 50 metros.

Realizador: ADARO, con ayuda de: 1) Instituto Hidrográfico de la Marina, para topografía y navegación. 2) Bureau de Recherches Geologiques et Minières, para estudios geofísicos y geológicos. 3) Hunting Survey Ltd., compañía inglesa, para la localización.

Resultados: 116 muestras de la franja costera (playas); 327 muestras del fondo marino, en las que se estudie la mineralogía cualitativa y cuantitativamente, descubriendo, entre otros minerales, la *ilmenita* como más importante.

No aparecen grandes concentraciones, pero se señalan varias zonas donde convendría realizar estudios de mayor detalle. Estas zonas son: Asperillo Este, Asperillo Oeste, Punta Humbría, Punta del Rompido, desembocadura del Guadiana.

Se construyen mapas de isopacas e isobatas con ayuda de 1.540 kilómetros de perfiles sísmicos.

Se localizan zonas de gravas utilizables en construcción. Se dibujan mapas mineralógicos y mineralométricos.

Huelva-Cádiz (1973-1974).

Es continuación del proyecto anterior. Abarcó 1.600 kilómetros cuadrados de la plataforma submarina entre el paralelo de Cádiz y el meridiano 6° 40', llegando a la isóbata de 100 m.

Realizador: Instituto Español de Oceanografía utilizando su modernísimo material y excelente equipo de técnicos, geólogos, físicos y sedimentólogos. Se utilizó el barco-laboratorio *Jefuda Cresques*.

Resultados: 142 muestras de la franja costera: 1.161 muestras del fondo marino, en las que se estudia la mineralogía, cuantitativa y cualitativamente, descubriendo, entre otros minerales, la *ilmenita* como el más importante.

Desgraciadamente, todas las leyes encontradas son demasiado bajas.

Se construyen isopacas e isobatas con ayuda de 1.500 kilómetros de perfiles sísmicos.

Se realizó un estudio magnetométrico del fondo marino.

Se obtuvieron también mapas mineralométricos y mineralógicos.

Proyecto Málaga-Gibraltar (1973-1974).

Abarcó 1.083 kilómetros cuadrados de la plataforma submarina, entre los meridianos de Málaga y Gibraltar, la línea de costa y la isóbata de — 200 metros.

Realizador: El Instituto Español de Oceanografía, con medios y personal propios.

Resultados: 250 muestras de la franja costera; 628 muestras del fondo marino, en las que se estudia la mineralogía, cuantitativa y cualitativamente, descubriendo, entre otros minerales, como más importantes: magnetita, ilmenita y minerales de cromo. De estos minerales pesados, se encuentran importantes concentraciones, sobre todo en el sector central, con leyes, que de haber reservas suficientes son perfectamente explotables. La zona es de gran interés, apareciendo en los mapas mineralométricos, amplias áreas con leyes elevadas.

Se dibujaron mapas de isopacas, con ayuda de 1.063 kilómetros de perfiles sísmicos, así como mapas batimétricos, mineralógicos y mineralométricos. La zona es de interés para magnetita, ilmenita y minerales de cromo.

Estudios en la plataforma gallega.

Está en proceso de realización y se extiende en esta primera fase a la plataforma submarina comprendida entre el paralelo de Pontevedra y la desembocadura del Miño.

Lo mismo que los proyectos anteriores, consiste en el dibujo de mapas de isopacas de los sedimentos no consolidados y en la toma y estudio de muestras del fondo marino.

Realizador: Empresa Nacional Adaro.

El estudio estará terminado a fines de año, y continuará extendiéndose hacia el N y NE en los próximos años.

Estudios de localización de surgencias submarinas de agua dulce.

Fundándonos en experiencias realizadas hace unos quince años, con las cuales, midiendo la conductividad del agua, se detectaban las surgencias de agua dulce, se han estudiado las costas de Valencia-Castellón y la costa Norte de Mallorca.

El estudio ha sido de ensayo, pues, según nuestras noticias, se realiza por primera vez.

El realizador ha sido el Instituto Español de Oceanografía, con medios y personal propios.

El procedimiento de trabajo ha consistido en una serie de recorridos a pequeña velocidad (1 nudo) a lo largo de la costa, con una sonda que va midiendo por registro continuo la profundidad, la temperatura y la salinidad. Esta sonda aprecia en salinidad (equivalente a conductividad) hasta 0,001 gramos/litro de variación.

Se han encontrado numerosos manantiales en la costa de Valencia-Castellón, que convendría estudiar con más detalle, a fin de conocer su exacto emplazamiento y medir su caudal.

En Mallorca, el sistema no ha dado resultado. La explicación que damos es que aún cuando, indudablemente, existen surgencias de agua dulce, la gran profundidad del mar junto a la costa determina una rapidísima difusión del agua dulce, que, por otra parte, no aparecerá nunca con grandes caudales, debido a la pequeña extensión de las cuencas de alimentación. Estas dos circunstancias hacen muy poco probable su detección.

Ensayo de investigación geoquímica de hidrocarburos en los fondos marinos.

De acuerdo con investigaciones llevadas a cabo en la Unión Soviética, los gases que acompañan al petróleo, por un gradiente de presión y por difusión, emigran hacia la superficie, quedando absorbidos en pequeñas cantidades en las rocas del trayecto.

Estas experiencias, confirmadas en las áreas continentales y utilizadas rutinariamente en la URSS, nunca se han realizado en el mar.

Tratamos de verificar si el sistema es válido en el ámbito submarino (cosa que creemos, e incluso que es mucho más preciso, por una serie de razones de homogeneidad). Además, este criterio geoquímico de prospección del petróleo, aunque no pretendemos excluya a los tradicionales geofísicos y geológicos, es el único que tiene relación directa con el petróleo, pudiendo ser de gran utilidad si se suma a los otros criterios.

Estamos realizando estudios en el área de San Carlos de la Rápita, sobre la zona petrolífera conocida, donde se han tomado y estudiado más de 3.000 muestras.

Los gases estudiados han sido: CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀,

con cuyos contenidos elaborados estadísticamente y teniendo en cuenta la naturaleza sedimentológica de la muestra, se construyen mapas de anomalías.

Los resultados obtenidos son, hasta el momento, de gran interés.

El realizador ha sido el propio IGME.

Otros trabajos.

I.—Reconocimiento mediante sísmica, gravimetría y magnetometría de la parte Norte de la cuenca balear. Se estudian 3.200 kilómetros de perfiles (aguas internacionales).

II.—Estudio aeromagnético de todo el Mediterráneo Occidental, desde las islas de Córcega y Cerdeña hasta el estrecho de Gibraltar (aguas internacionales).

III.—Estudio e interpretación de 1.200 kilómetros de perfiles sísmicos de la plataforma continental española del Mediterráneo, con miras a sus posibilidades petrolíferas.

A la vista de estos trabajos, puede decirse que España, a través de la iniciativa privada y, fundamentalmente, del IGME, no ha permanecido inactiva en el estudio del ámbito submarino. Los resultados obtenidos hasta el momento son prometedores, siendo numerosos los proyectos para los próximos años: reconocimientos de detalle en el área Málaga-Gibraltar, estudios en Galicia, Asturias e Islas Canarias, etc., con cuya realización esperamos contribuir al aumento de nuestro patrimonio de materias primas, poniendo a punto una tecnología sin duda valiosa para la economía del país.

Reunión de Sociedades Geológicas Europeas

Bajo el lema "Europa, de corteza a núcleo", y patrocinada por la Geological Society de Londres y la Universidad de Reading (UK), ha tenido lugar, en la mencionada Universidad, del 8 al 12 de septiembre pasado, la I Reunión de Sociedades Geológicas Europeas, durante la segunda semana del pasado mes de septiembre.

Según el profesor P. Allen, los objetivos de la reunión han sido reunir toda clase de geólogos para discutir sobre la porción europea de nuestro planeta: su corteza, su manto, su núcleo; su pasado y su presente.

¿Cómo se estructura geológicamente la Europa actual? ¿De qué está constituida y cómo marcha? ¿Qué medidas se están tomando para convertir las señales geofísicas en realidades geoquímicas? ¿Qué planteamientos físicos, químicos y biológicos, tanto de laboratorio como de campo, se prevén?

Cuestiones similares se han planteado en relación con el pasado geológico de Europa. ¿Cuál era el tamaño del núcleo precámbrico? ¿Cuál el del manto paleozoico? ¿Qué antigüedad puede tener el mecanismo de tectónica de placas? ¿Están bien intercalibrados nuestros sistemas de correlación cronológica (bióticos, isotópicos, magnéticos)?

En sesiones especiales se trataron aspectos económicos y la reunión terminó con el estudio del futuro papel de las Sociedades Europeas en la promoción de las Geociencias, mediante su integración y utilización en beneficio de la Humanidad.

A continuación se indica el programa de trabajos, que puede presentar algunas incorrecciones, dadas las muchas modificaciones que sufrió el programa original y la simultaneidad de sesiones.

También se relacionan los títulos de las sesiones de trabajo que, al mismo tiempo que la reunión, celebró la Comisión de Tectónica de Yacimientos Minerales (Comisión de la Asociación Internacional para la Génesis de Yacimientos).

1. REUNION DE SOCIEDADES GEOLOGICAS EUROPEAS.

Programas de sesiones.

Lunes 8 de septiembre:

- Bienvenida: Sir P. Kent (UK), Presidente de la Geological Society, de Londres.
- Discurso de apertura: Sir K. Dunham (UK), Presidente de la Reunión.
- Objetivos de la Reunión: Prof. P. Allen (UK), Presidente de la Comisión Organizadora.
- Sesión plenaria:
 - Presidente: Sir K. Dunham (UK).
 - Exposición general: Profesor Dr. V. E. Khain (USSR). "El Mapa Tectónico de Europa."
- Discusión general.

Martes 9 de septiembre:

- EO-EUROPA: La Europa no afectada por tectónica mayor desde los tiempos precambrianos.
 - Presidente: Dr. B. F. Windley (UK).
 - Exposición general: Prof. J. Watson (UK).
 - "EO-EUROPA: La evolución de un cratón."
- BIOTA POST-PALEOZOICA.
 - Presidente: Dr. D. J. G. Jenkins (NZ).
 - Exposición general: Dr. D. Patrulius (Rumanía).
 - "Paleobiogeografía jurásica en el centro y sudeste de Europa: Una clave para valoración de las últimas deformaciones en el área alpina."
- GEOLOGIA APLICADA EN EUROPA.
 - Presidente: Mr. H. J. Richards (UK).
 - Exposición general: Prof. M. Arnould (Francia).
 - "Geología Aplicada en Europa: Aspectos ingenieriles."
- EO-EUROPA (continuación).
 - Presidente: Dr. D. J. G. Jenkins (NZ).
 - Discusión de la exposición general.
- BIOTA POST-PALEOZOICA (cont.).
 - Presidente: Dr. D. J. G. Jenkins (NZ).
 - Discusión de la exposición general.
- PALEO-EUROPA: La Europa no afectada por tectónica mayor desde el fin de los primeros tiempos paleozoicos.
 - Presidente: Dr. K. Bjørlykke (Noruega).
 - Exposición general: Prof. A. Kvale (Noruega).
 - "Principales rasgos de los Caledónides europeos y su evolución."

- EO-EUROPA (cont.).
 - Presidente: Prof. P. Michot (Bélgica).
 - Breves contribuciones:
 - E. Grip (Suecia): "Estructuras profundas en el Centro de Suecia."
 - F. H. Hubbard (UK): "El Hallandian, acontecimiento Orogénico final de unión entre el Proterozoico Nord-Atlántico y las provincias europeas orientales."
 - L. K. Kauranne (Finlandia): "Investigación geoquímica regional en Finlandia."
 - R. G. Park (UK): "Evolución del Proterozoico inferior del complejo Lewisian del Noroeste de Escocia."
- GEOLOGIA APLICADA EN EUROPA (cont.).
 - Presidente: Mr. H. J. Richards (UK).
 - Discusión de la exposición general.
- BIOTA POST-PALEOZOICA (cont.).
 - Presidente: Prof. G. Bond (Rodesia).
 - Breves contribuciones:
 - D. V. Ager (UK): "La Turquía Mesozoica como parte de Europa."
 - L. J. Grambast (Francia): "Zonas de Carofitas del Cretáceo y del Paleógeno de Europa y correlaciones intercontinentales."
 - N. F. Hughes (UK) y G. Norris (Canadá): "Correlaciones palinológicas en el Noroeste de Europa del límite Jurásico-Cretácico."
 - D. G. Jenkins (NZ): "Una obligación europea: ejemplo-tipo del piso Aquitaniense."
 - M. A. Lamolda (España): "Consideraciones sobre algunos foraminíferos planctónicos del Turoniense inferior."
 - G. Warrington (UK): "Biotas triásicas y bioestratigrafía en las Islas Británicas."
- EO-EUROPA PALEOMAGNETISMO.
 - Presidentes: Dr. J. D. Piper (UK) y Dr. G. Beckmann (UK).
 - Breves contribuciones:
 - G. Beckmann, J. D. A. Piper y J. E. F. Stearn (UK): "Estudios paleomagnéticos del Precámbrico de Groenlandia."
 - G. Bylund (Suecia): "Resultados paleomagnéticos en el Precámbrico sueco."
 - Ch. Claesson (Suecia): "Investigación paleomagnética de rocas del Paleozoico inferior en Suecia."
- PALEO-EUROPA (cont.).
 - Presidente: Dr. K. Bjørlykke (Noruega).
 - Discusión de la exposición general y breves contribuciones:
 - K. Bjørlykke (Noruega): "Sedimentación última precámbrica en Escandinavia."

- W. E. A. Phillips, C. J. Stillman y T. Murphy (UK): "Revalidación del modelo de tectónica de placas para las caledónidas de las Islas Británicas."
- J. D. A. Poper (UK): "Paleomagnetismo de las rocas ígneas caledonianas de Gran Bretaña."
- GEOLOGIA APLICADA EN EUROPA (cont.).
 - Presidente: Prof. M. Arnould (Francia).
 - Breves contribuciones:
 - E. Barbier y M. Fanelli (Italia): "Energía geotérmica en Europa."
 - A. Bonte (Francia): "La propiedad de las riquezas minerales naturales."
 - I. B. Fridleifsson (Islandia): "Áreas geotérmicas en las volcanitas cuaternarias de Islandia."
 - L. K. Kauranne (Finlandia): "Actividades geológicas ingenieriles en Finlandia."
 - M. H. Richards y R. A. Downing (UK): "Ordenación de las aguas subterráneas."
- GEOLOGIA EUROPEA: Medio Ambiente y Conservación.
 - Presidente: Dr. D. A. Bassett (UK).
 - Breves contribuciones:
 - A. Cendrero (España): "Definición de unidades geológicas ambientales en un área costera y establecimiento de criterios para su evaluación relativa."
 - B. P. Hageman (Holanda): "El papel de la Geología en la ordenación del medio ambiente: una puerta abierta, pero difícil de traspasarse."
 - K. Klarr (FDR): "El papel de la Geología en el vertido de residuos radiactivos."
 - O. Lauritzen (Noruega): "Conservación de localidades geológicas en la región de Oslo."
- Miércoles 10 de septiembre:
- MINERALIZACION EN EUROPA (cont.).
 - Presidente: Académico I. Kostov (Bulgaria).
 - Exposición general: Prof. P. Routhier (Francia).
 - Tectónica global a la luz de las provincias metalogénicas.
- MESO-EUROPA: La Europa no afectada por tectónica mayor desde los últimos tiempos paleozoicos.
 - Presidentes: Prof. H. y Sra. G. Termier (Francia).
 - Exposición general: Prof. W. Krebs (FDR): "Meso-Europa."
- MANTO Y NUCLEO DE EUROPA.
 - Presidente: Dr. R. Hide (UK).
 - Exposición general: Prof. J. Jacobs (UK): "Manto y núcleo."
- MINERALIZACION EN EUROPA (cont.).
 - Presidente: Académico I. Kostov (Bulgaria).
 - Discusión de la exposición general.
- MESO-EUROPA (cont.).
 - Presidentes: Prof. H. y Sra. Termier (Francia).
 - Discusión de la exposición general.
- EDITERRA (Asociación Europea de Editores de Ciencias de la Tierra).
 - Comunicación y publicación geológicas en Europa.
 - Presidente: Prof. A. Martinsson (Suecia).
 - Breves contribuciones:
 - G. H. Brown y J. M. French (UK): "Conocimientos y comunicación en la geología europea."
 - A. A. Manten (Holanda): "Las Ciencias de la Tierra en el mundo de los editores."
 - A. Martinsson (Suecia): "Organización y estrategia: cómo llegar al lector adecuado."
 - A. P. Harvey (UK): "Comunicación: Bibliotecas e investigación."
 - A. H. Simpson (UK), Presidente de la Comisión de Manuales de Editores: "El Manual del Editor."
- NEO-EUROPA: La Europa directamente afectada por la tectónica alpina.
 - Presidente: Prof. J. A. Aubouin (Francia).
 - Exposición general: J. A. Aubouin (Francia): "Tectónica alpina y tectónica de placas: el área mediterránea."
- MINERALIZACION EN EUROPA (cont.).
 - Presidente: Prof. P. Zuffardi (Italia).
 - Breves contribuciones:
 - J. Agard, A. Emberger, F. Hahn, P. Laffite y A. Ziserman (Francia): "El Mapa Metalogénico de Europa y países limítrofes, a escala 1:2.500.000. Un ejemplo de cooperación europea."
 - A. Bjørlykke, B. Bolviken, K. S. Heier, L. Lindahl y R. Sinding-Larsen (Noruega): "El frente caledónico en Noruega: Una provincia metalogénica."
 - W. Hannak (FDR): "El yacimiento polimetálico estratiforme de Rammelsberg, cerca de Goslar. Síntesis de la Geología minera."
 - J. P. G. Saheurs y G. C. Amstutz (FDR): "Parámetros correlativos en los yacimientos triásicos europeos."
 - L. J. G. Schermerhorn (Portugal): "La faja pirítica ibérica y su potencial metalífero."
- MESO-EUROPA: Europa Occidental.
 - Presidente: Prof. W. Krebs (FDR).
 - Breves contribuciones:
 - A. Brouwer (Holanda): "El devónico de Europa Occidental: Facies y paleogeografía."
 - P. A. Floyd (UK): "Características geoquímicas del volcanismo paleozoico superior en Europa Occidental."
 - A. Hallam y B. W. Sellwood (UK): "Sedimentación y tectónica en el Mesozoico medio de la región británica."

- T. F. Krans y D. Van der Baan (Holanda): "El devónico de España septentrional."
- J. G. Macdonald (UK): "El Valle Midland de Escocia: Volcanismo y entorno cortical."
- R. Schonenberg (FDR): "Evolución de los Variscidos cantábricos."
- H. Termier y G. Termier (Francia): "Moghrabia, una microplaca de la Meso-Europa."
- MANTO Y NUCLEO DE EUROPA (cont.).
Presidente: Dr. R. Hide (UK).
Discusión de la exposición general.
- NEO-EUROPA (cont.).
Presidente: Prof. J. A. Aubouin (Francia).
Discusión de la exposición general y breve contribución:
J. E. T. Channell y F. Horvath (UK): "Esquema tectónico de placas para la orogenia alpina de Europa."
- MINERALIZACION EN EUROPA (cont.).
Presidente: Prof. G. C. Amstutz (FDR).
Breves contribuciones:
P. Adamek y M. R. Wolson (Suecia): "Una nueva provincia uranífera en el Precámbrico escandinavo."
G. S. Dzotsenidze (USSR): "Sobre la forma en que los constituyentes de menas son suministrados en la formación de yacimientos volcánico-sedimentarios."
S. Grafenaer (Yugoslavia): "Génesis de la cromita en las peridotitas yugoslavas."
P. Hoppe (FDR): "Relación entre lineamiento tectónico y yacimientos minerales en el macizo renano, basada en la interpretación de imágenes del ERTS-1."
E. Locardi (Italia): "Volcanes recientes y mineralización uranífera."
- MESO-EUROPA: Europa Central.
Presidente: Prof. A. Brouwer (Holanda).
Breves contribuciones:
R. Brouse, H. Bellon y P. J. Gillot (Francia): "Reconocimiento de fases de distensión en el Mio-Plioceno de la región mediterránea septentrional, por el análisis del volcanismo canteliense en Francia."
A. Hirn (Francia): "Estructura cortical del sistema de depresiones Cenozoicas del centro y este de Francia."
P. J. Burek (Nigeria): "El bloque centro-europeo y la tectónica de placas."
H. G. Fournier (Francia): "Analogía por sondeo magnetotérmico de zona conductora intercalada en la corteza bajo una región comprimida (Vandée) y bajo una región distendida (Leinetalgraben)."
G. Greiner (FDR): "Medidas "in situ" de tensiones tectónicas y análisis estructural en el suroeste de Alemania."
- A. Pilger y R. Schonenberg (FDR): "Origen del orogén varisco entre los Alpes centro-orientales y la zona cristalina central del noroeste de Alemania."
W. Schwan (FDR): "Los macizos intermedios saxotúringicos."
- MANTO Y NUCLEO DE EUROPA (cont.).
Presidente: Prof. S. K. Runcorn (UK).
Breves contribuciones:
D. Bamford (UK): "(Grupo de investigación británico-germano de sismología explosiva). La litosfera bajo Britania, basada en la sismología por explosión."
R. Hide (UK): "Sobre los movimientos del núcleo y la superficie de contacto de núcleo y manto."
A. Peckett (UK) y F. Boudier (Francia): "Sobre la presión y la temperatura de equilibrio de las lertzolitas de Lanzo."
G. Stuart (UK): "Estructura dinámica litosférica de Europa Septentrional, según las ondas sísmicas superficiales."
I. Wilkinson (UK): "Frecuencia de inversión del campo geomagnético."
A. Hirn (Francia): "El manto superior bajo Francia investigado mediante sismología por explosión."
- REUNION INFORMAL SOBRE EL RECONOCIMIENTO PROFESIONAL DE LOS GEOLOGOS.
Presidente: C. J. Dixon (UK).
Jueves 11 de septiembre.
- EUROPA HOY: Tectónica y otros procesos en la litosfera y manto superior.
Presidente: Dr. I. B. Fridleifsson (Islandia).
Exposición general: Prof. H. Ramberg (Suecia), "Tectónica y otros procesos en la litosfera y manto superior."
- NEO-EUROPA: Alpes Orientales.
Presidente: Prof. A. L. Tsagareli (USSR).
Breves contribuciones:
H. Bögel (FDR): "El desarrollo del origen y problemas palinspásticos de los Alpes Orientales."
A. W. Rüttner (Austria): "Problemas geológicos en Austria."
F. P. Sassi, H. P. Schonlaub, A. Zanferrari y G. Zirpoli (Italia): "Especulaciones sobre la edad y el significado del lineamiento periadriático en los Alpes Orientales."
H. Wieseneder (Austria): "Serpentinitas y peridotitas de los Alpes Orientales."
- MINERALIZACION EN EUROPA (cont.).
Presidente: Prof. P. Routhier (Francia).
Discusión general y breve contribución:
A. Ziteman (PDR): "Provincias y épocas metalogénicas de hierro en Europa."

- LA EUROPA CUATERNARIA.
Presidente: Prof. F. W. Shotton (UK).
Exposición general: Prof. G. F. Mitchell (República de Irlanda), "Problemas y objetivos en la Europa Cuaternaria."
- LA GEOLOGIA DEL PETROLEO EN EUROPA.
Presidente: Dr. A. Hallam (UK).
Exposición general: Sir P. Kent (UK). "Exploración de petróleo en la plataforma del noroeste de Europa."
- NEO-EUROPA: Otras cordilleras alpinas.
Presidente: Dr. A. W. Rüttner (Austria).
Breves comunicaciones:
S. Adamia (USSR): "Basamento prealpino del Mar Negro: Segmento caucásico del sistema plegado alpino."
P. J. Burek (Nigeria) y M. Furst (FDR): "Implicaciones paleomagnéticas del Paleozoico inferior de Kuh e Gahkum y Surmeh Uplifts, Zagros (Irán)."
B. Ciric (Yugoslavia): "Orogénico bilateral en Yugoslavia: Aspecto epidérmico, relaciones en profundidad y evolución."
L. Constantinescu, R. Bolezatu y I. Gavut (Rumania): "Información geofísica concerniente a la faja plegada de los Cárpatos."
J. R. Illies (FDR): "Tectónica de intraplacas en las plataformas centrales europeas y su relación a la tectónica de placas en el Sistema Alpino."
V. Majer (Yugoslavia): "Un complejo ultramáfico de alta temperatura en la porción Noroeste de la zona ofiolítica de los Dináridos internos en Yugoslavia."
M. Veselinovic (Yugoslavia): "Significado del Paleozoico servio en la paleogeografía europea."
- EUROPA HOY (cont.).
Presidente: Dr. I. B. Fridleifsson (Islandia).
Discusión de la exposición general.
- SOCIEDAD DE GEOLOGIA APLICADA A LOS YACIMIENTOS MINERALES.
Presidente: Prof. P. Zuffardi (Italia).
Asamblea General.
- NEO-EUROPA: Mediterráneo Occidental.
Presidente: Dr. G. Kelling (UK).
Breves contribuciones:
W. B. Heptonstall (UK): "Oroclinales y movimientos de placas en el Mediterráneo Occidental."
A. Hirn (Francia): "Córcega y la Cuenca Mediterránea Occidental: Corteza y litosfera inferior, según la sismología por explosión."
- LA EUROPA CUATERNARIA (cont.).
Presidente: Prof. F. W. Shotton (UK).
Discusión de la exposición general.
- EUROPA HOY: El borde occidental.
Presidente: Prof. J. F. Dewey (USA).
Breves contribuciones:
M. J. Graindor y M. M. Roblot (Francia): "Dislocación mayor entre Francia y Gran Bretaña."
K. Hinz (FDR): "Resultados de medidas sísmicas de reflexión en el borde continental noruego."
M. T. Jones y D. G. Roberts (UK): "Dilatación del suelo marino y evolución del borde occidental de Europa."
I. G. Meighan (Irlanda del Norte): "El origen de los magmas ácidos en la provincia terciaria británica."
A. J. Smith y D. Curry (UK): "Evolución estructural del Canal de la Mancha."
- NEO-EUROPA: Mediterráneo Oriental.
Presidente: Prof. H. Clöss (FDR).
Breves contribuciones:
J. Aubouin (Francia): "El origen alpino en el Mediterráneo Oriental: ¿Nada de microplaca entre Europa y Africa?"
A. H. Stride, R. H. Belderson y N. H. Kenyon (UK): "Evolución tectónica reciente del Mediterráneo Oriental."
D. H. Tarling y J. E. T. Channell (UK): "Paleomagnetismo de las rocas cretáceas en el Mediterráneo Oriental."
- LA EUROPA CUATERNARIA (cont.).
Presidente: Prof. G. F. Mitchell (República de Irlanda).
Breves contribuciones:
W. G. Jardine (UK): "Problemas internacionales y de otra índole en la localización del nivel marino medio entre el Mar del Norte y el Mar de Irlanda durante los últimos quince mil años."
J. A. Leach (UK): "Etapas en la formación del Loess Europeo."
D. J. Schove (UK): "Una escala cronológica de varvas y anillos de crecimiento de árboles en Europa."
I. J. Smalley (UK): "Polvo sobre la corteza, o el Loess Europeo."
D. H. Tarling I. Noel (UK): "Datación arqueomagnética en Europa durante los últimos quince mil años."
G. S. P. Thomas (UK): "Posible episodio marino al final del Devensiano en la isla de Man y su significado respecto al límite de la última glaciación en el Mar de Irlanda."
- GEOLOGIA DEL PETROLEO EN EUROPA (cont.).
Discusión de la exposición general.
- EUROPA HOY (cont.).
Presidente: Prof. G. Lüttig (FDR).
Breves contribuciones:

- J. Liszkowski (Polonia): "Movimientos verticales recientes versus supra- e infraestructura de la corteza en Polonia."
- B. Schroder (FDR): "Desplazamiento vertical de las costas cuaternarias en el Peloponeso y el arco insular de Creta."
- W. Schwan (FDR): "Tiempos geodinámicos de actividad orogénica y dilatación del suelo oceánico."
- Viernes 12 de septiembre.
Sesión plenaria:
- EL FUTURO: Organización de la geología europea.
Presidente: Sir K. Dunham (UK).
Exposición general: Doct. J. M. Harrison (UNESCO). "Organización de la Geología europea: presente y futuro."
- EL FUTURO.
Presidente: Sir K. Dunham (UK).
Discusión de la exposición general y breve contribución:
- C. J. Dixon (UK): "Reconocimiento profesional de los geólogos en Gran Bretaña."
Sesión de clausura:
Presidente: Sir K. Dunham (UK).
Exposición general: Prof. G. Lüttig (FDR). "Papel de las Geociencias en la sociedad moderna."
Discusión con la intervención de los representantes de las sociedades participantes.
2. ASOCIACION INTERNACIONAL PARA LA GENESIS DE YACIMIENTOS
- Comisión Tectónica de Yacimientos Minerales*
- Programa de trabajo mantenido simultáneamente a la Reunión de Sociedades Geológicas Europeas, durante el día 9 de septiembre.
- Aplicación de los métodos de sensores remotos a la tectónica global y a la metalogenia, con especial énfasis sobre exploración minera.
Presidente: Dr. P. W. Guild (USA).
- D. Carter (USA): "Utilización de las imágenes Landsat en estudios de yacimientos de la cordillera andina, Sudamérica."
- H. Forster (FDR): "Lineamientos deducidos por imágenes de satélites y aéreas en la exploración de cobre porfídico en el centro de Irán."
- C. Rowan, F. H. Goetz y P. Ashley (USA): "Detección y cartografía de zonas de alteración hidrotermal en el sur de Nevada Central, mediante el uso de imágenes Landsat, valorizadas en computadora."
- J. A. Arnisalo y A. Mikkola (Finlandia): "Distribución de fracturas de Lapland finlandés y su relación con los yacimientos minerales."
- Tectónica global y metalogenia, referentes particularmente a nuevos criterios de exploración minera.
Presidente: Profesor P. Laffite (Francia).
- J. Agard (Francia), A. Enberger (Francia), M. Saadi (Marruecos), J. Sierra López (España): "Relaciones entre los yacimientos metalíferos del entorno del Mediterráneo Occidental y la tectónica global."
- P. Zuffardi y R. Cassinis (Italia) (?).
- J. Y. Scanvic (Francia): "Reflexiones sobre las posibilidades de las imágenes espaciales ERTS en la exploración minera del Macizo Central francés."
Discusión general:
- Sensores remotos y exploración minera (cont.).
Presidente: Doct. S. H. U. Bowie (UK).
- A. G. Darnley, V. R., Slaney y B. E. Manistre (Canadá): "Sensores remotos, geología y yacimientos minerales: Revisión."
- N. P. Press (UK): "Resultados de la utilización de imágenes Eros en varios programas de exploración minera."
- B. Choubert (Francia). "Níquel en rocas básicas y ultrabásicas."
- Durante los días que duró la Reunión de Sociedades Geológicas Europeas, los asistentes tuvieron oportunidad de visitar la exhibición de publicaciones, equipos técnicos y técnicas especiales, que se indican a continuación:
- "The British Library (Science reference library)."
"Bureau de Recherches Géologiques et Minières."
"University Bookshop. William Smith Ltd."
"The Geological Society."
"The Geologist's Association."
"Quaternary Research Association."
"Yorkshire Geological Society."
"Geosystems."
"Williams Smith Geological Map, 1.815."
"The Geological Society of Glasgow."
"The Natural Environment Research Council."
"University of Liverpool. Dpt. of Geology."
"Paleontological Association, London."
Otras:
- "Geology of the North Sea." Institute of Geological Sciences.
"Polishing and Grinding Equipment".
"Fossil Reproductions. S. A. Baldwin."
"Optical and Geophysical Equipment".
"Nigel Press. Photogeology and Remote Sensing."
- Los actos sociales consistieron en sendas recepciones ofrecidas por:
- Universidad de Reading.
— Geological Society of London.
— Borough of Reading and the Royal County of Berkshire.

Noticias

GEOLOGIA

EL ENIGMA DE LAS AVES GIGANTES DE MESSEL.

Hace cincuenta millones de años más o menos vivían en las proximidades de Francfort aves de gran tamaño, similares a los avestruces o emús actuales. Se trataba de aves corredoras no aptas para el vuelo, de dos metros de altura, aproximadamente. Poseían, además, una sólida estructura ósea de las patas, y por su tamaño debían estar consideradas como la especie dominante de la fauna terrestre de la época. Restos de ellas fueron encontrados en la antigua mina de pizarras bituminosas de Messel, cerca de Darmstadt; y aves del mismo tamaño y características vivían también durante la misma época en Norteamérica.

Algunos investigadores opinan que en la época en que vivían estos animales tenían que estar unidas Norteamérica y Europa. Esta tesis la abonan, asimismo, los llamados "animales de la mina Messel", antepasados de los caballos actuales, con una longitud de 50 centímetros a un metro y parientes muy próximos a los identificados al otro lado del Atlántico.

Cuando en la selva virgen de Messel vivían los "animales norteamericanos", ambos continentes tenían que llevar ya separados unos cincuenta millones de años, o más todavía, y haberse alejado entre sí miles de kilómetros. Ni un "avestruz" capaz de volar ni un caballo primigenio del tamaño de un cerdo actual hubieran podido salvar esa distancia.

En el fondo de un antiguo lago, rodeado de bosque, los animales que vivían en él se han conservado en el cieno, transformados en pizarras bituminosas, mucho mejor que en ningún otro sitio. La explotación de las pizarras suministra un cuadro muy completo de la vida de épocas tan remotas, cuadro que integraban un lago, en el que crecían, dado un clima entre tropical y subtropical, palmeras de los pantanos, robles siempre verdes y plantas trepadoras, y en el que florecían nenúfares y lirios de agua. En sus aguas vivían peces que no conocemos hoy más que en América del Norte y Central y que servían de alimento a cinco variedades diferentes de tortugas y seis de cocodrilos. Los animales terrestres, tales como lagartijas y diversos tipos de serpientes, iban a parar al agua ya muertos, encontrando su último descanso en el cieno de su fondo, que es el que se ha encargado de conservarlos.

A comienzos de la década de los 60 se desarrollaron técnicas modernas de preparación con la ayuda de resinas sintéticas, que permitieron extraer de la roca los fósiles amenazados de desintegración progresiva después de su descubrimiento, conservándolos en planchas de plástico.

La ciudad de Francfort y otros ayuntamientos vecinos han acordado convertir en basurero la hondonada de la mina. Esta noticia ha alarmado a los geólogos de todo el mundo y ha suscitado ya enérgicas protestas, y se trata de la posibilidad de que la mina sea declarada monumento nacional.

MINERIA

TEORIZACION DE LA MINERIA

Los resultados más importantes de la investigación mecánico-orográfica son la fuerte disminución del peligro de hundimientos en casi todos los sectores mineros, el tránsito a sistemas de entibación económicos tanto en la construcción de túneles como en la de galerías, la generalización del sistema progresivo de entibado en la explotación por tajos grandes de la minería hullera y la apertura de cámaras de sección transversal sin apoyos de más de 1.000 metros cuadrados. La significación de esta especialidad científica para el presente y el futuro la revela el hecho de que de 1960 a 1970 se han abierto en el mundo 417.000 kilómetros de galerías mineras y 13.000 de túneles, moviéndose para ello unos 4.000 millones de metros cúbicos de roca. Para la década actual se espera duplicar dichas cifras.

HA CAMBIADO LA ORIENTACION DE LA BUSQUEDA DE URANIO

Ha cambiado la orientación de la búsqueda de uranio hacia los yacimientos surgidos en rocas sedimentarias como consecuencia de procesos de meteorización.

Los minerales primarios de pechblenda de forma filoniana sólo tienen importancia secundaria. La mayor parte de las reservas de uranio del mundo se concentran en los aluviones minerales del precámbrico, sus procesos de formación consisten en la participación química del uranio, el cual ha sido disuelto antes bajo los efectos de la meteo-

rización y con el concurso de agua que contiene oxígeno. Cuando esta solución de uranio llega a una roca porosa, como en la arenisca, y, dentro de ella, a zonas que, como consecuencia de un contenido alto en materias orgánicas surten efectos de reducción química, el uranio se separa de la solución y puede acumularse hasta formar grandes yacimientos. Primeramente, el uranio de tales yacimientos procede de rocas magmáticas—como los granitos—por meteorización de las mismas.

Los nuevos conocimientos sobre la génesis de los yacimientos de uranio se han tenido también en cuenta en los trabajos de prospección de la "Saarberg", en Alemania Occidental. La concepción teórica de la explotación se apoya en la existencia del sinclinal de Oos (Norte de la Selva Negra), donde en el granito uranífero se ha formado una represión con areniscas y esquistos del carbonífero superior. El éxito no se hizo esperar: al cabo de unas pocas semanas se pudo comprobar la existencia de una veta de uranio con coffinita, uraninita y otros minerales de uranio. Han realizado varios miles de metros de sondeos (limitados hasta los 250 metros por debajo del nivel del mar), los cuales revelan que existe un yacimiento que contiene en parte mineral de uranio que alcanza una concentración de varios por cientos.

Sorprende el hecho de que un yacimiento de uranio de tales proporciones haya podido permanecer ignorado, en una zona tan bien conocida desde el punto de vista geológico. Ello permite suponer que la posibilidad de encontrar muchos más yacimientos y quizá mayores si se realiza un programa sistemático de prospecciones. Los objetivos de las demás empresas prospectoras alemanas, que se centran asimismo en areniscas con restos de plantas, tales como las areniscas keuperianas de Baviera o las "Stubensandstein" y "Schildsandstein", de Suabia, han adquirido sin duda mayor importancia a causa de este resultado.

MINERALURGIA

AUTOMATIZACION DE LA PRODUCCION DE ACERO

La firma siderúrgica japonesa Kawasaki ha puesto en marcha un procedimiento para la automatización completa de la producción de acero en convertidor LD, utilizando un sistema de control gobernado por computadora. El sistema mide temperaturas y toma muestras del contenido del convertidor mediante una sonda, las traslada al laboratorio de análisis automático, distante 600 metros y, desde aquí, la computadora acciona los controles del convertidor y regula todo el proceso de acuerdo con los resultados de los análisis. El sistema ha sido probado con éxito durante cuatro años y se espera que para junio de 1976 esté instalado y en funcionamiento en la acería Mizushima.

LA PRODUCCION DE ACERO EN EL PERIODO ENERO-FEBRERO DE 1976.

En el pasado mes de febrero, la producción nacional de acero ha totalizado 873.000 toneladas, con un descenso del 7,5 por 100 respecto a las 944.000 toneladas producidas en febrero de 1975, según datos estimados por la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID).

La cifra acumulada en los dos primeros meses del año es idéntica a la del mismo período del año anterior: 1.717.000 toneladas de acero.

La producción de laminados en caliente, así como la de arrabio, han sido en febrero del mismo orden que en el mismo mes de 1975.

PRODUCCION

Unidad: 10⁸ t.

Productos	MENSUAL			ACUMULADA		
	Febrero 1975	Febrero 1976	% variación 1976/1975	Enero-febr. 1975	Enero-febr. 1976	% variación 1976/1975
Arrabio	541	544	+ 0,55	962	1.050	+ 9,14
Acero	944	873	- 7,50	1.717	1.717	—
Bobinas	219	169	- 22,84	384	280	- 27,08
Chapa gruesa convencional... ..	87	100	+ 14,94	205	197	- 3,90
Total laminados en caliente	663	664	+ 0,15	1.328	1.348	+ 1,50
Total lam. en cal. acero equiv.	852	853	+ 0,15	1.706	1.732	+ 1,50
Chapa laminada en frío	135	103	- 23,71	271	197	- 27,31
Chapas recubiertas	35	27	- 22,86	76	53	- 30,27

ENERGIA

LA ENERGIA GEOTERMICA

La energía geotérmica ofrece grandes atractivos, debido a la sencillez y baratura de su aprovechamiento, los costes a partir de las yacimientos subterráneos de agua caliente y vapor se estiman en 150 dólares por kilovatio de electricidad instalado.

El desarrollo de la energía geotérmica se encuentra sumamente obstaculizado por dos razones principales: la falta de conocimiento de la cuantía y situación de sus reservas, y la inexistencia de una legislación adecuada que regule la prospección y explotación de estos yacimientos.

Los yacimientos de energía geotérmica más buscados son los llamados de "vapor seco". Son los más rentables, por poder producir electricidad directamente, al hacer pasar por una turbina el vapor a presión que sale del suelo. Son los más escasos, sólo conocidos por ahora 10 en todo el mundo. El más antiguo es el de Larderello (Italia), que se puso en explotación entre 1904 y 1913 y cuya producción de electricidad es de unos 365 MW. Y el más importante lo constituyen los geysers de California, que en 1980, contará con una potencia instalada de 1.200 MW y que podrá llegar a alcanzar, probablemente, en su fase final los 10.000 MW.

Los yacimientos de "vapor húmedo", es decir, mezclado con agua, los de agua caliente (200-250° C), como los de Wairakei, en Nueva Zelanda, las rocas calientes y secas, en las que el agua se inyecta desde fuera y se extrae una vez que se ha calentado, los de agua tibia (50-150° C, y los de gas natural a presión como los que hay en el Golfo de Méjico), en los que puede aprovecharse la presión a que se encuentra este gas, su temperatura alta y, finalmente, el propio gas natural como combustible, son fuentes de energía.

Los problemas que presenta la determinación de las reservas geotérmicas no son más difíciles ni más caros que los estudios que exige la prospección, delimitación y valoración de cualquier otro yacimiento mineral o petrolífero. La diferencia estriba solamente en que si, como promedio, se descubren actualmente varios miles de millones de toneladas de hidrocarburos cada año, ello sucede a costa de efectuar entre 30.000 y 40.000 perforaciones por año, repartidas entre los cinco continentes, mientras que para la búsqueda de yacimientos geotérmicos sólo se perforan anualmetne algunas decenas de pozos.

ECONOMIA

LA SUBIDA DE PRECIO DE LAS PRIMERAS MATERIAS

Aunque las existencias de recursos no renovables no es probable que se agoten en un futuro previsible, los

costos de su recuperación pueden subir hasta tal punto que su explotación disminuirá.

La causa primordial será los elevados precios de la energía, la cual restringirá la disponibilidad de primeras materias, especialmente de metales de mayor uso. La mayor cantidad de energía se utiliza en la elaboración del mineral para prepararlo para fundirlo u otras tareas de procesado. El mineral de segunda clase exige una elaboración más larga, mayor consumo de energía.

El límite de la explotación de los recursos terrestres es, por tanto, el límite de la energía neta, o trabajo ahorrado. Cuando haga falta dedicar más energía para encontrar, extraer, elaborar y transportar los combustibles fósiles que la obtenida de ellos en forma utilizable dejará de interesar industrialmente, razonamiento análogo es aplicable a los materiales no energéticos.

Otros factores limitadores de las futuras existencias de primeras materias, o que influyen sobre su costo, son la creciente tendencia en el mundo en vías de desarrollo de nacionalizar las minas de propiedad extranjera; el aumento de la preocupación por el efecto sobre el medio ambiente de las minas, la explotación maderera y el elaboración de materiales; no poder utilizar los valiosos recursos que existen en las propiedades públicas; y las condiciones del mercado mundial de las finanzas, que hacen difícil encontrar capital para el desarrollo de las fuentes de primeras materias.

Estas dificultades pueden atenuarse hasta cierto punto, según los científicos, mediante técnicas mejoradas para descubrir y extraer minerales de la corteza terrestre.

La actual interdependencia entre la energía y los materiales industriales continuará aumentando con el tiempo, a medida que los materiales más fáciles de conseguir se vayan agotando y los procedimientos de convertir y utilizar la energía se hagan más refinados y complejos.

Entre las avanzadas tecnologías energéticas factibles en poco tiempo (antes de 1990) figuran la gasificación y licuefacción del carbón; reactores nucleares de moderador por agua; energía recuperable de los desperdicios urbanos; turbinas de temperaturas altas, y producción geotérmica de electricidad. A plazo medio (entre 1990 y 2005), los reactores nucleares generadores rápidos; la conversión fotovoltaica de la energía solar en electricidad; conversión magnetohidrodinámica del carbón (producción de electricidad con gas caliente ionizado impulsado a gran velocidad en lugar de los habituales generadores de rotación) y técnicas de mayor rendimiento para el almacenado de energía.

La fusión regulada, basada en la reacción nuclear de isótopos de hidrógeno, es lo que parece más prometedor para suministrar la energía que se necesita después del año 2005.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	n. a.
Bolsa de Nueva York	N	g	280
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	8,72
Bolsa de Nueva York	N	g	8,73
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	336-358 D-RU
Mercado en los EE. UU.	N	g	332 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	294

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 no férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
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	— FOB-Lago
Old range	N	t	— FOB-Lago
Non-Bessemer:			
Mesabi 51,5 % Fe, máx. 0,180 P, % máx. 8,32 % SiO ₂ máx. 9,7 %	N	t	1.213-1.862 FOB-Lago
Old range	N	t	1.228-1.278 FOB-Lago
Gruesos para hornos Siemens	N	t	— FOB-Lago
Sinterizados de taconita	N	t	— FOB-Lago
Nódulos de taconita	N	t	— FOB-Lago
Pillets de taconita	N	t. u. Fe	30,81-32,78 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	52,44 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	29,50 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores, en el R. U.	L	kg	568 D-RU
Precio productor, en el R. U.	L	kg	587 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	602 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	595 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	587 FOB-NY
Polvo, 300-400 mallas ASTM. en bidones de 50 kg	N	kg	1.043 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	1.035 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	587 FOB-NY
Briquetas, lotes de 10 t	N	kg	— FOB-NY
En el mercado libre	L	kg	— D-RU

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	88,12 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	103 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	117 FOB-ON

CROMO

Metal:

En gránulos, mín. 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	t	863.289-290.293 D-RU
Aluminotérmico, 99,25 % Cr	N	kg	358 D
Electrolítico, 99,1 % Cr	N	kg	358 D
Fundido al vacío, mi. 99,5 % Cr.	N	kg	369 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	9.900-11.322 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1 en 90	L	t	8.658-9.324 FOB
Turco, concentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1 en 90	L	t	5.994-7.326 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	9.900 FOB-At
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	8.653-9.308 FOB-At
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	2.360-2.753 FOB-At

MANGANESO

Metal:

Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	77.636-80.337 D-RU
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	79,30 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado, 6 % N	N	kg	83,71 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx. 0,1 % P	L	t. u. Mn	89,91-96-57 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	90,46-93,08 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	-- CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	6.346-7.156 CIF-E
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	7.776-10.126 CIF-E
MODIBDENO			
Metal:			
Polvo en el R. U.	L	kg	790-817
Polvo de reducción hidrógena, 9995 % 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	426 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	382-389 CIF-E
Obtenido como subproducto o coproducto en función del grado	N	kg Mo cont	323-374 FOB
NIQUEL			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 5 t	L	t	322-334 D-RU
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	334-850 D-RU
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	311-491 D-RU
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	-- D-RU
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	323 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	304 FOB-f
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	-- FOB-f
Refinado, en el mercado libre	L	kg	288-317 CIF-E
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	-- FOT-f
Francés refinado	F	kg	332 FOT
Italiano, cátodo y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	312-334 e-w
Janonés	J	kg	375 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	317 CIF-E
Pentóxido, fundido mín. 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	360-449 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	438-449 FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportador USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	-- FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 %, en el R. U.	L	kg W cont	1.083 D-RU
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	-- D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.499-1.764 FOB
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO ₃	L	t. u. WO ₃	6.076-6.245 CIF-E
Wolframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	5.981 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.978 CIF-E
Wolframita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	-- CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	-- CIF-E
Scheelita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	6.143 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.846 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	-- CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	5.657 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	871-891 D-RU
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.235-1.310 D-RU

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
ALUMINIO			
Metal:			
Lingotes vírgenes, superpureza, mín. 99,99 % Al, en lingotes de 22 lb	L	t	-- D
Lingotes vírgenes, mín. 99,5 % Al	N	kg	60,21 CIF-E
Alemán del oeste, en lingotes, mín. 99,5 % Al	G	t	64.900
Australiano, en lingotes, mín. 99,5 % Al	A	kg	70,93 e-w
Canadiense: Para EE. UU. RU.			
Lingotes vírgenes, mín. 99,5 % Al	L y N	t	56.708 D-RU
Lingotes vírgenes, mín. 99,8 % Al	L y N	t	58.464 D-RU
Para el resto del mundo, mín. 99,5 % Al	L	kg	57,28 CIF
Mercado internacional:			
Mín. 99,6 % Al	L	t	49.282-50.642 CIF-E
Mín. 99,7 % Al	L	t	51.308-53.333 CIF-E
Menas y concentrados (Alumina y Bauxita):			
Alumina calcinada 98,5/99,5 % Al ₂ O ₃ empaquetada, en lotas de 20 t	L	t	16.202-16.877 D-RU
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotes de 50 t	L	t	19.940-18.605

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
Bauxita, calidad abrasivos, mín. 86 % Al ₂ O ₃ , a granel.	L	t	5.571-6.512 CIF-E
Bauxita, calidad refractarios, míni. 86 % Al ₂ O ₃ , a granel	L	t	8.239 CIF-E
CINC			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín. 98 % Zn ...	L	t	45.907 CIF-E
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	52.947 CIF-E
Lingotes de cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn (con un premio 5 £/t)	L	t	46.582 D-RU
Lingotes de cinc fino, mín. 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	42.418 D-RK
Calidad "Prime Hestern", mín. 98 % Zn	N	kg	51,41 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín. 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	54,34 D-
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	54,34 D-
Alemán del oeste:			
Cinc virgen, mín. 97,5 % Zn	G	t	47.134-47.362
Cinc refinado, mín. 99,95 % Zn	G	t	52.958-53.737
Canadiense, calidad "Prime Hestern"	C	kg	55,13 FOB-D
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín. 97,75 % Zn	F	kg	54,24 FOT
Cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn	F	kg	55,43 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín. 98,25 % Zn	I	kg	59,82-63,29 e-w
Cinc electrolítico, mín. 99,25 % Zn	I	kg	58,96-62,42 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	13.054 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	15.318 CIF-E
COBRE			
Metal:			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	81.282 CIF-E
Cátodos (L.M.E.)	L	t	79.932 CIF-E
Productores de los EE. UU.	N	kg	93,99 FOB-f
Alemán del oeste:			
Electrolítico	G	t	86.369-87.148
Cátodo	G	t	83.012-84.370
Menas y concentrados:			
Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.			
Menas del 15 % Cu	L	t	10.376 CIF-E
Menas del 20 % Cu	L	t	14.042 CIF-E
Menas del 25 % Cu	L	t	17.823 CIF-E

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín. 99,75 % Sn (LME).	L	t	432-739 CIF-E
Calidad A, mín. 99,8 % Sn	N	kg	440 D
Procedentes de los países del este, mín. 99,8 % Sn	L	kg	431 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	51.443 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	100.050 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	— CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	253-567 CIF-E
Menas de estaño del 70 % Sn	L	t	(n) CIF-E
Menas de estaño del 75 % Sn	L	t	(n) CIF-E
PLOMO			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizados, mín. 99,97 % Pb.	L	t	23.223 CIF-E
Producido en los EE. UU.	N	kg	27,90 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	8.621 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	11.493 CIF-E
Metales secundarios			
Mercado			
Unidad			
Precio de febrero			
ANTIMONIO			
Metal:			
Regulos inglés, 99 % Sb, lotes 5 t	L	t	211.306 D-RU
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	214.682 D-RU
Mercado libre, regulus 99,6 % Sb	L	t	208.606-212.656 CIF-E
Calidad RMM, mín. 99,5 % Sb	N	kg	232 FOB-Laredo
Calidad Lone Star, mín. 99,8 % Sb	N	kg	279 FOB-Laredo
Importado, mín. 99,5/99,6 % Sb, lote 5 t	N	kg	206-220 CIF-NY (e)
Francés, mín. 99 % Sb	F	kg	243 FOT
Italiano regular, mín. 99,6 % Sb	I	kg	225-243 e-w
Japonés	J	t	242.990 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín. 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.232-1.299 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín. 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.399-1.498 CIF-E
Crudo, mín. 70 % Sb, en fragmentos	L	t	198.028 D-RU
Crudo, mín. 70 % Sb, en polvo negro	L	t	197.129 D-RU
BERILIO			
Metal:			
Barros 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	22.615-22.763 D
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	7.021 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precios de diciembre
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín. 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	2.056-2.276 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO ...	N	t. u. BeO	2.937-3.084 CIF-EE.UU
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín. 99,99 % Bi, en lotes tonificada ...	L	kg	1.101 e-w
Mercado interior USA mín. 99,99 % Bi, en lotes de tonificada ...	N	kg	1.101 e-w
Francés, mín. 99,95 % Bi ...	F	kg	1.159 CIF-E
Mercado libre, en lotes de tonificada ...	L y N	kg	668-683 e-w
Menas y concentrados:			
Oxido, mín. 60 % Bi ...	L	kg Bi cont	(n) CIF
CADMIO			
Metal:			
Barras mín. 99,95 % Cd., en lotes de tonificada ...	N	kg	294 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	242-250 CIF-E
Barras en el mercado libre ...	L	kg	245-253 CIF-E
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	292 FOT
Menas y concentrados.			
Las menas de este mineral no son cotizadas en el mercado, ya que el 80 % del cadmio producido se obtiene de la fundición de los mienrales de cinc y el resto de otras metalurgias similares.			
CIRCONIO			
Metal:			
Esponja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	1.762-2.497 FOB-Ab
Calidad comercial ...	N	kg	808-1.028 FOB-Ab
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín. 66/67 % ZrO ₂ ...	L	t	13.240-15.131 FOB
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂ ...	L	t	15.131-17.968 FOB
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín. 99 % Li, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.630-1.671 D
Menas y concentrados:			
Ambligonita 6/8 % Li ₂ O, en base al 8 % ...	L	t. u. Li ₂ O	(n) CIF-E
Lipodolita 3/3,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	(n) CIF-E
Petalita 3,5/4,5 % Li ₂ O, en base al 3 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.595-1.993 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.595-1.993 CIF-E
MAGNESIO			
Metal:			
Mercado libre, lingotes, mín. 99,8 % Mg ...	L	t	120.167-121.518 CIF-E

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de febrero
Lingotes mín. 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	126.892 D
Lingotes electrolíticos, mín. 99,8T % Mg, en lotes de 4 kg ...	L	t	131.779 D-RU
Polvo de "calidad 4", mín. 99,85 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	133.535 e-w
Lmaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	122.328 D-RU
Lingotes electrolíticos, mín. 99,8 % Mg, en lotes de 8/9 kg ...	L	t	130.969-132.995 CIF
Lingotes en bruto, mín. 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	128 FOB
Lingotes fundidos con entalladuras, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	— 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, mínimo 99,99 % Hg ...	L	f	5.927-6.327 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb, mínimo 99,99 % Hg ...	N	f	2.258-2.591 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 % Cb, dependiendo del tamaño de los lotes:			
Polvo y perdigones ...	N	kg	4.406-6.609 FAS
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.643-3.671 FAS
Menas y concentrados:			
Columbita mín. % 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	323-367 CIF-E
Pirocloro, mín. 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cot	257-272 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	kg	352-382 CIF-EE.UU.
TANTALIO			
Metal:			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...			
	N	kg	5.199-7.049 FOB
Láminas mín. 99,9 % Ta ...	N	kg	7.049-17.329 FOB
Varillas mín. 99,9 % Ta ...	N	kg	7.637-11.749 FOB
Menas y concentrados:			
Tantalita:			
Mín. 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	2.350-2.570 CIF-E
Mín. 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	2.129-2.350 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de febrero
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín. 99,3 % Ti, máx. 120 Brinell ...	L	kg	156 D
Tochos de 4"18" de diámetro, en lotes de 2.000 kg.	L	kg	406-591 D
Esponjas USA, mín. 99,3 % Ti, máx. 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	396 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	27.425-31.208 FOB
Ilmenita de Malasia, 52/54 % TiO ₂ ...	L	t	1.418-1.702 FOB
Rutilo, mín. 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	37.449 FOB-At
Ilmenita, mín. 54 % TiO ₂ ...	N	t	3.605 FOB-At
Escorias canadienses, mín. 70 % TiO ₂ ...	N	t	4.916 FOB-C

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
---------------------------	---------	--------	-------------------

ARSENICO

Metal:

Fragmentos negros, mín. 99 % As, en lotes de tonelada L t 293.668

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	93,24-240 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	36.715-40.386 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	29.372-40.386 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	22.029-25.700 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	14.686 FOB
Mín. 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	120-266 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	44.058-47.729 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	36.715-40.386 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	27.903-32.309 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	18.357 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín. 24 % Cs₂O ... L t. u. Cs₂O 826-866 FOB

GALIO

Metal:

Mín. 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	59,94 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	39,96 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	36,63 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	— FOB
Mín. 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	53,28 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 febrero
GERMANIO			
Metal:			
calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo ...	L	kg	16.337 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	19.514 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	11.014 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	17.626 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	g	12,84 D
En lingotes, mín. 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 10.000 troy on ...	N	g	12,84

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	94.514
Polvo en el mercado americano, mín. 99,8 % Re ...	N	kg	79.304 D

Menas y concentrados.

La producción mundial de renio se consigue como un subproducto recobrado a partir de las menas de molibdeno y de los pórfidos cupríferos, obteniéndose el polvo metal en la metalurgia de los productos primarios.

RUBIDIO

Metal:

Mín. 99,5 % : lotes de 1-227 g ...	N	g	93,25-240 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	40.386-44.055 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	29.372-33.043 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	22.029-25.700 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	14.686 FOB

Menas y concentrados.

El rubidio producido se obtiene de la metalurgia del cesión y otras menas, por esta razón no se cotizan sus menas en el mercado.

SELENIO Y TELURIO

Metal. Selenio:

Polvo calidad comercial, mín. 99/99,5 % Se ...	N	kg	2.643 D
De alta pureza, mín. 99,9 % Se ...	N	kg	3.089-3.131 D

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
Canadiense, mín. 99,5 % Se en lotes 100 lb	L	kg	2.643 D
Mercado libre	L	kg	1.285-1.322 CIF
Metal. Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín. 99/99,5 % Te	L	kg	1.469 D
Barras, mín. 99,5 % Te	L	kg	1.469 D
Polvo, en lotes de 100 lb	N	kg	(n)
Placas, mín. 99,7 % Te en lotes de 150 lb	N	kg	1.469 FOB-P

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, mín. 99,95 % TB, en lotes de 25 lb	N	kg	1.101 D
--	---	----	---------

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 febrero
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación	L	kg O ₃ O ₈ cont.	2.937-4.406 FOB-f
Hexafluoruros	L	kg O ₃ O ₈ cont.	3.831-4.699
TORIO			
Metal:			
Polvo y pellets	N	kg	2.203
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	1.456 D-RU
Lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	7.343
Europio, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	440.580
Gadolinio lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	32.309
Itrio, lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	32.029
Lantano, lingotes, mín. 99,9 % lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	7.343
Neodimio, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	16.155
Samario, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*)	N	kg	22.763
Menas y concentrados:			
Monacita:			
Mín. 60 %, óxido TR torita	L	t	16.077-12.495 FOB
Mín. 55 %, óxido TR	L	t	16.289-17.220 FOB

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
Xenotima:			
Mín. 25 % Y ₂ O ₃ de alasia	L	kg	284-440 CIF
Mín. 60 % Y ₂ O ₃	N	kg	--- CIF
Mín. 90 % Y ₂ O ₃	N	kg	--- CIF
Basnasita:			
Filtrado, mín. 70 %, óxido TR	L	kg	80,77-95,46 CIF
Mín. 55/60 %, óxido TR	N	kg	44,06-51,40 FOB
Mín. 68/72 %, óxido TR	N	kg	58,74FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
AZUFRE			
EE. UU. para la exportación, mín. 99 % S			
Brillante	N	t	5.261-4.785 FOB-Golfo
Oscuro	L	t	4.195-4.720 FOB-Golfo
Brillante líquido	L	t	4.916 CIF-E
Brillante líquido	N	t	4.490 FOB-Tampa
Resto del mundo, líquido	L	t	4.916 CIF-E
Canadiense en placas sólidas	L	t	5.244-5.572 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	2.937-4.406 FOB
Magnéticas o de flotación, mín. 96 % BaSO ₄ , Max. 0,5 % Fe, en lotes de carga completa de camión	N	t	3.304-3.671 FOB
Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico	N	t	1.395-2.056 FOB-Golfo
Importadas, mín. 92 % BaSO ₄ , a granel	L	t	2.392-2.791 CIF

Molidas:

En húmedo, mín. 95 % BaSO ₄ , a 325 mallas AS TM en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones	N	t	4.406-5.874 FOB
En seco, calidad para lodos, 83/83 % BaSO ₄ , 3/12 % Fe, 4,2/4,3 peso específico en lotes de 1 a 5 toneladas	N	t	5.213-5.727 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico	N	t	2.876 FOB
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín. 99 % a 350 mallas BS en lotes de Marroquí, calidad para lodos, mín. 4,2, peso específico	L	t	9.302-10.631 D-R.U.
Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín. 99 % a 350 mallas BS en lotes de Marroquí, calidad para lodos, mín. 4,2, peso específico	L	t	3.455-3.721 CIF-pe

Micronizadas:

Mín. 99 % más fino de 20 M	L	t	11.960-14.618 D-RU
-----------------------------------	---	---	--------------------

BORATOS

Decahidrato granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	16#202 D-RU
Pentahidratado, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	20.253 D-R.U.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	25.114 D-R.U.
Acido bórico, técnico granular, en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	23.058 D-R.U.
Técnico, mín. 99,5 %, en fragmentos, en lotes de carga completa de camión a granel	N	t	5.949-6.021 FOB
Dehidrato, mín. 99 %, en fragmentos, en lotes de carga completa de camión a granel	N	t	14.319-14.906 FOB
Concentrados de boratos sódicos, en fragmentos, en lotes de camiones:			
46 % B ₂ O ₃	N	t	(n) FOB
65 % B ₂ O ₃	N	t	(n) FOB
Concentrados de borato cálcico, de Turquía, en fragmentos, mín. 40 % B ₂ O ₃	L	t	25.705 FOB
CELESTITA			
Inglesa, molida, lavada y clasificada, 95 % SrSO ₄ , empaquetado, molido 240 mallas BS	L	t	3.371 e-w
ESPATO FLUOR			
Metalúrgico, mín. 70 % CaF ₂			
Inglés	L	t	1.993-3.987 e-m
Americano, en pellets, a granel	N	t CaF ₂ cont	5.528-5.561 FOB
Mejicano	N	t CaF ₂ cont	4.626-4.663 FOB-barco
Cerámico, mín. 85 % CaF ₂ :			
Inglés molido 93/95 % CaF ₂	L	t	3.987-5.316 CIF
88/90 % CaF ₂	N	t CaF ₂ cont	5.994-6.666 FOB
95/96 % CaF ₂	N	t CaF ₂ cont	6.327-7.060 FOB
97 % CaF ₂	N	t CaF ₂ cont	6.660-7.659 FOB
Acido, material seco, mín. 97 % CaF ₂ :			
Inglés embolsado	L	t	5.316-7.309 D-R.U.
Americano en bruto, a granel	N	t CaF ₂ cont	6.327-7.659 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo, a granel	N	t CaF ₂ cont	6.995 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF ₂ cont	7.490-9.179 FOB-m
importado en Europa	N	t CaF ₂ cont	6.976-7.858 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF ₂ cont	5.397-5.434 FOB
FOSFATOS			
Americano, sin molar, en seco, a granel			
66/68 % BPL	N	t	2.423 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	3.011 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	3.451 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	3.892 FOB-m
Tunecino, 65/68 % PBL	L	t	— FOB
Australiano, 83 % BPL	L	t	7.966-2.095 FOB
Marroquí, 75 % BPL	L	t	3.230 FAS
Ruso, apatito concentrado, 39 % P ₂ O ₅	L	t	(n)

NOTA: BPL=Ca₃(PO₄)₂=0,458 % P₂O₅.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
GRAFITO			
Alemán	N	t	16.650-66.600 FOB-m
Madagascar	N	t	16.652-49.950 FOB-m
Noruego	N	t	10.656-17.316 FOB-m
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	16.517-27.704 FOB-m
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	26.578 FOB-Ce
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	19.402 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	13.422 FOB-Ce
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	26.578 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	13.427 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	9.834 FOB-Ce
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	13.422 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	9.834 FOB-Ce
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.651 FOB-Ce
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	2.664 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	2.389 FOB-m
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín. 98 %, en lotes de 8 t	L	t	9.701 e-w
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	1.175-1.263 FOB
Españolas, mín. 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-II
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	(n) CIF
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	5.980-6.113 CIF
USA, standard	N	t. u. K ₂ O	70,43 FOB-Fla
Coarse	N	t. u. K ₂ O	(n) FOB-Fla
Cloruro de potasio, 62 % K ₂ O:			
Candiense:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	51,40 FOB-C
Coarse	N	t. u. K ₂ O	53,60 FOB-C
Granular	N	t. u. K ₂ O	55,07 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	52,15-59,48 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K ₂ O	55,07 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K ₂ O	57,28-60,95 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	56,54-63,88 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	57,28 FOB-NM
Granular	N	t. u. K ₂ O	58,74
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K ₂ O	54,34-55,07 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K ₂ O	58,74 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	664 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín. de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	667 e-w
Sal de salina, en lotes, mín. de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	1.079 e-w
Sal de salina, en lotes mín. de 6 t a granel, sin secar.	L	t	833 e-w

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de febrero
VERMICULITA			
USA	N	t	2.790-4.626 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	4.406-5.874 CIF-AT
En crudo embolsada	L	t	4.446-5.954 CIF
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P ₁ , 99,7 % menor 325 mallas BS	L y N	t	5.116 CIF-E
P ₄ , 99,95 % menor 325 mallas BS	L y N	t	5.581 CIF-E
Para cerámica:			
C ₁ , 96,5 % menor 324 mallas BS	L y N	t	5.050 CIF-E
C ₆ , 79,2 % menor 325 mallas BS	L y N	t	4.483 CIF-E
C ₁₀₁ , 2 % menor 200 mallas BS	L y N	t	4.917 CIF-E
Para mastique:			
F ₁ , 78 % menor 325 mallas BS	L y N	t	5.382 CIF-E

NOMENCLATURA

CALIDAD
(n): Nominal, indica que al ser insuficiente en negocio, no sirve como base para una cuantificación real.

GIRM: Agrupación de importadores de metales.

MERCADO

L: Londres, base del mercado europeo.
N: Nueva York, base del mercado americano.
B: Bélgica.

C: Canadá.
F: Francia.
G: Alemania del Oeste.
I: Italia.
J: Japón.
SA: Sudáfrica.

UNIDAD

Troy on: onza troy=0,3110 g.
lb: libra=0,4535 kg.
t: tonelada métrica.
st: tonelada corta=0,907 t.
lt: tonelada larga=1,016 t.
f: frasco=76 lb.
picul: picul=133,5 lb.
tu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada.
stu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada corta.
ltu "x": unidad de "x" contenido en una tonelada larga.
lb "x" cont.: libro de "x" contenido.
kg "x" cont.: kg de "x" contenido.
t "x" cont.: tonelada de "x" contenido.

PRECIO

(n): nominal, indica el nivel de precio probable, sin confirmación.
n. a: precio no disponible.
£: Libra Estelina.
\$: Dólar USA.
\$ A: Dólar Australiano.

\$ C: Dólar Canadiense.
\$ M: Dólar Malayo.
DM: Marco Alemán.
F: Franco Francés.
FB: Franco Belga.
I: Lira Italiana.
Rand: Rand Sudafricano.
Yen: Yen Japonés.

100 FB: 170,16
100 L: 8,67
100 Yen: 22,09
1 DM: 25,96
1 FF: 14,86
1 \$C: 67,57

1 \$: 66,60
1 \$A: 94,57
1 \$M: 26,32
1 Rand: 93,24
1 £: 135,02
£/\$: 2,027

PUERTOS

N. Y.: Nueva York.
Lago: Lago Superior.
ON: Lago Ontario.
R. U.: Reino Unido.
Golfo: Golfo de México.
H: Huelva.

S: Setúbal.
Fla: Florida.
Ca: California.
N. M.: Nuevo México.
At: puerto Atlántico.
L: Laredo.
EE. UU.: Estados Unidos.

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: Frnco 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.

c-m: Ex-mne=punto en la mina.
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.

NOTA:

B.S. Normas del Reino Unido.
A.S.T.M. Normas de los Estados Unidos.
(*) Cotización anual media.

Mercado de Minerales y Rocas Industriales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Roca	Mercado	Unidad	Precio de enero
AMIANTO O ASBESTOS			
Crisotilo canadiense, en lotes camiones:			
Grupo núm. 1	L	t	460.668 FOB-C
Grupo núm. 2	L	t	250.231 FOB-C
Grupo núm. 3 (fibra hilable)	L	t	117.407-192.780 FOB-C
Grupo núm. 4 (fibra para fibrocementos y láminas)	L	t	64.331-109.237 FOB-C
Grupo núm. 5 (fibra corta para papel)	L	t	36.632-50.204 FOB-C
Grupo núm. 6 (estucos y plásticos)	L	t	34.656 FOB-C
Grupo núm. 7 (menudos)	L	t	11.728-22.533 FOB-C
ARCILLA			
Arcilla plástica:			
Secada por aire, a granel	L	t	597-1.791
Secada por aire, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	1.077-1.316 FOB-Te
Pulverizada, embolsada	L	t	1.791-4.776
Machacada, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	479-676 FOB-Te
Arcilla dura calcinada	L	t	3.582-4.776 CIF
Arcilla resistente al fuego (*)	N	t	532 FOB-EE. UU.
Fuller's Earth, tratada con escorias sódicas:			
De grado para fundición, embolsada	L	t	3.582-4.179 D-RU
De grado para construcción, a granel	L	t	4.298-4.537 D-RU
Arcilla común y esquistosa, a granel (*)	N	t	1.440 D
Fuller's Earth natural (*):			
	N	t	1.496-2.393 FOB-EE. UU.
Bentonita:			
Wyoming, de grado para fundición, mín. 85 %, molido, 200 mallas B. S., embolsada en lotes de 5 t. ...	L	t	5.731-6.089 D
Para consumo interior en los EE. UU., molida, a 200 mallas A. S. T. M., embolsada, en lotes de camiones (*)	N	t	927-957 FOB-m
Importada de Italia, blanca, embolsada, en lotes de 5 t. (*)	N	t	20.223 e-w
Atapulgita:			
En polvo, molida inferior a 200 mallas, embolsada (*)	E	t	1.250-1.550 e-w
En polvo, para exportación (*)	E	t	2.500-2.800 e-w
Granulada y embolsada (*)	E	t	2.100-2.600 e-w
Granulada para exportación (*)	E	t	5.000-6.000 CIF-E

Roca	Mercado	Unidad	Precio de enero
ARENA Y GRAVA			
Arena para la construcción, menor de 19 mm, en lotes de camiones (*)	N	t	212
Grava para la construcción, en lotes de camiones:			
Entre 19 y 38 mm (*)	N	t	218
Mayor de 38 mm (*)	N	t	229
Mezcla indiferenciada para la construcción, en lotes de camiones (*)	N	t	82,56 FOB-p
ARENISCA Y CUARCITA			
Piedra en bloque para la construcción:			
En bruto (*)	N	t	1.087
Labrada (*)	N	t	3.003
En losas para solar (*)	N	t	2.353
Piedra triturada en lotes de camiones:			
Menor de 19 mm (*)	N	t	210
Mayor de 38 mm (*)	N	t	206
Para la construcción (*)	N	t	119
Para reflectarios (*)	N	t	482
Para abrasivos (*)	N	t	365
Para terrazo (*)	N	t	1.080
BAUXITA			
De grado abrasivo, mín. 86 % Al ₂ O ₃	L	t	4.657 CIF
De grado refractario:			
Mín. 86 % Al ₂ O ₃	L	t	6.448 CIF
Importada de Guayana, mín. 88 % Al ₂ O ₃ , supercalcinada	N	t	6.342 FOB-At
CALIZA Y DOLOMIA			
Piedra en bloque para la construcción:			
En bruto (*)	N	t	1.146
Labrada (*)	N	t	3.088
En losas para solar (*)	N	t	1.286
Piedra triturada, en lotes de camiones:			
Para la construcción (*)	N	t	108
Para terrazo (*)	N	t	861
Para refractarios (*)	N	t	180
Molida a 200 mallas B. S., a granel	L	t	567-627 e-w
CAOLIN			
Lavado, totalmente calcinado, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	4.547 FOB-EE. UU.
Parcialmente calcinado, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	4.128 FOB-EE. UU.
Grado para papel, sin calcinar, a granel:			
Núm. 1, para revestir papel, en lotes de camiones (*)	N	t	2.392-2.453 FOB-EE. UU.

Roca	Mercado	Unidad	Precio de enero
Núm. 2, para revestir papel, en lotes de camiones (*)	N	t	1.915-1.974 FOB-EE. UU.
Núm. 3, para revestir papel, en lotes de camiones (*)	N	t	1.855-1.915 FOB-EE. UU.
Refinado	L	t	3.821-5.612 FOB
Para masilla, a granel:			
Para uso general, en lotes de camiones (*)	N	t	838 FOB-EE. UU.
Refinada	L	t	1.552-2.627 FOB
De grado para pinturas, exfoliado, lavado, sin calcinar, molido a 1 M, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	409 FOB-EE. UU.
Para cerámica, refinado, a granel	L	t	1.433-2.985 FOB
Molido en seco, separado por aire, cocido, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	838 FOB-EE. UU.
CUARZO			
Sílice, mín. 99,5 % SiO ₂ :			
Molido a 120 mallas B. S.	L	t	2.388 D-RU
Molido a 300 mallas B. S.	L	t	4.298 D-RU
Para fundente, de cualquier tamaño	N	t	29.022-164.900
Para usos óptico y piezoeléctrico, dependiendo del grado y del tamaño	N	kg	330-6.596
DUNITA Y OLIVINO			
En fragmentos, a granel, en lotes de 500 t	L	t	1.313-1.672 CIF
Arena seca, embolsada, en lotes de 10 t	L	t	3.582-4.179 D-RU
FELDESPATO			
De grado para cerámica y vidrio:			
En polvo, molido a 200 mallas B. S., embolsada	L	t	3.940-4.179 e-w
Arena, entre 2 y 3 mm	L	t	2.746-3.224 CIF
Dependiendo del grado, molido, en lotes de camiones:			
20 mallas A. S. T. M., de flotación	N	t	1.154 FOB-m CN
20 mallas A. S. T. M., granular	N	t	1.319-1.484 FOB-m Co
40 mallas A. S. T. M., de flotación	N	t	1.187-1.797 FOB-m CN
40 mallas A. S. T. M., granular	N	t	1.715 FOB-m G
200 mallas A. S. T. M., de flotación	N	t	1.797-2.242 FOB-m CN
200 mallas A. S. T. M.	N	t	2.177 FOB-m G
200 mallas A. S. T. M.	N	t	1.867 FOB-m Co
GRANATE			
De Idaho, 8-250 mallas A. S. T. M., en lotes de 1-10 t	L	t	5.182-8.009 FOB-Idh
GRANITO			
Piedra en bloque para construcción:			
En bruto (*)	N	t	1.922
Labrada (*)	N	t	5.178
Piedra en bloque para monumental, en bruto y labrada (*)	N	t	3.811
Piedra triturada para la construcción (*)	N	t	111

Roca	Mercado	Unidad	Precio de enero
MAGNESITA			
Cruda, importada de Grecia, en fragmentos	L	t	4.537-5.373 CIF
Calcinada cáustica:			
De grado para agricultura	L	t	5.970-7.164 CIF
De grado industrial	L	t	7.761-15.522 CIF
Calcinada a muerte:			
A granel, en lotes de camiones	N	t	7.915 FOB-N
A granel, en lotes de camiones	N	t	15.171 FOB-Oh
Embolsada, en lotes de camiones	N	t	8.707 FOB-N
De grado para mantenimiento	L	t	7.761-8.358 e-w
De grado para ladrillos refractarios	L	t	8.358-9.194 e-w
MARMOL			
Piedra en bloque para la construcción:			
En bruto (*)	N	t	3.248
Labrada (*)	N	t	17.351
Piedra en bloque para monumental, en bruto y labrada (*)	N	t	—
Piedra triturada:			
Para la construcción (*)	N	t	352
Para terrazo (*)	N	t	1.010
MICA			
Molida, polvo seco	L	t	11.343-15.522 e-w
Molido, seco, embolsada, en lotes de camiones:			
Unido a cemento, 100 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	5,28-6,60 e-w
Plástica, 100 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	5,28-6,60 e-w
Para techado, 20-80 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	2,64-3,96 e-w
Molido, polvo húmedo	L	t	20.298-23.880 e-w
Molido, húmedo, en lotes de camiones:			
Biotita o mica negra (*)	N	kg	(n) e-w
Para pinturas o lacas, 325 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	11,87-13,19 e-w
Para goma (*)	N	kg	11,87-13,19 e-w
Para papel de pared (*)	N	kg	13,19-14,51
Elogopta o mica plata:			
En bloques (*)	N	kg	227
En hojuelas (*)	N	kg	125
Moscovita:			
En bruto, libre de impurezas	L	t	6.567-7.761 CIF
En bloques (*)	N	kg	215
En películas (*)	N	kg	770
En hojuelas (*)	N	kg	43,54
Micronizada	L	t	14.328-19.104 e-w

Roca	Mercado	Unidad	Precio de enero
PIZARRA			
Piedra en bloque para la construcción			
En bruto (*)	N	t	—
Labrada (*)	N	t	8.675
En bolsas para solar (*)	N	t	2.080
Piedra, triturada, molido mín. 90 % a 200 mallas B. S., a granel	L	t	850 e-w
PUMITA			
Cruda (*)	N	t	58,84
Preparada (*)	N	t	215
Compuestos:			
Para limpieza (*)	N	t	1.618
Para agregados (*)	N	t	133
Para balastro (*)	N	t	62,82
Para construcción de carreteras (*)	N	t	75,98
Para techado (*)	N	t	899
SILIMANITA			
Cianita, mín. 60 % Al ₂ O ₃ , dependiendo del tamaño:			
De la India, natural	L	t	5.970 FOB-In
De Sudáfrica	L	t	7.761-8.955 CIF-E
En los EE. UU. molida, a granel:			
35 mallas A.S.T.M.	N	t	4.155 FOB-G
48 mallas A.S.T.M.	N	t	4.683 FOB-G
100 mallas A.S.T.M.	N	t	5.013 FOB-G
200 mallas A.S.T.M.	N	t	5.936 FOB-G
325 mallas A.S.T.M.	N	t	7.783 FOB-G
Silimanita, 61-63 % Al ₂ O ₃ , embolsada	L	t	4.776 (n) FOB-In
Andalucita del Transversal, 52-54 % Al ₂ O ₃ , embolsada...	L	t	5.373 CIF-E
TALCO			
Esteatita:			
Noruega molida	L	t	3.639-3.761 e-w
Noruega micronizado	L	t	5.702-8.492 e-w
Francesa, molida fino	L	t	4.776-10.746 CIF
Italiana, de grado para cosméticos	L	t	10.746-13.134 CIF
China	L	t	7.164-8.358 CIF
Talco norteamericano:			
Standard	N	t	4.584 FOB-m
Fraccionado	N	t	2.441-4.683 FOB-m
Micronizado	N	t	4.090-6.860 FOB-m
Para cosméticos	N	t	2.902-4.287 FOB-m
Talco molido, mín. 99 % molido a 325 mallas A.S.T.M., en lotes de camiones	N	t	2.309 FOB-m
TIERRAS INDUSTRIALES			
Inglés, amarillo, máx. 5 % CaO	L	t	— e-w
Americano, en bolsas de 5 lb, en lotes de camiones:			
A.S.T.M. 548 oscuro	N	t	4.947 FOB-m
A.S.T.M. 404 brillante	N	t	6.068 FOB-m

Roca	Mercado	Unidad	Precio de enero
TRIPOLI			
Kieselguhr argelino	L	t	5.459-6.065 CIF
Diatomita norteamericana:			
Calcinada y filtrada	L	t	17.313-22.686 D-RU
Calcinada hasta la fluidificación y filtrada	L	t	17.910-25.074 D-RU
Para abrasivos (*)	N	t	7.479
TURBA			
A granel (*)	N	t	529 FOB-m
Embolsada (*)	N	t	872 FOB-m
Importada en los EE. UU. (*)	N	t	3.470
YESO			
Crudo	L	t	209-269 e-w
Crudo (*)	N	t	250
Calcinado (*)	N	t	976
Productos de yeso (*)	N	t	2.031

NOMENCLATURA

MERCADO

L: Londres, base del mercado europeo.
 N: Nueva York, base del mercado americano.
 E: España, mercado nacional.

UNIDAD

t: tonelada métrica.
 kg: kilogramo.
 lb: libra=0,5435 kg.

PRECIO

(n): nominal, indica el nivel de precio probable sin confirmación o que ha dejado de cotizarse.
 n. a: precio no disponible.

PUERTO

C: Canadá.
 Te: Tennessee.
 EE. UU.: Estados Unidos.
 R. U.: Reino Unido.
 E: Europa.
 At: Puerto Atlántico de los EE. UU.
 Idh: Idaho.
 CN: Carolina del Norte.
 Co: Connecticut.
 G: Georgia.
 N: Nevada.
 Fla: Florida.
 In: India.
 Oh: Ohio.

FORMA DE ENTREGA

FOB: Franco a bordo, el vendedor asume todos los riesgos hasta que la mercancía queda puesta 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 de traslado.
 FOB-X: FOB en el lugar X.
 CIF: El vendedor asume los gastos de la fórmula FOB más los de seguro y flete hasta el puerto de destino.
 CIF-E: CIE en puerto Europeo.
 CIF-X: CIF en el 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 éste con los gastos de traslado.
 e-w: ex-warehouse=puesto en fábrica o almacén.
 p: planta o fábrica.
 m: mina o explotación.

NOTA

(*): Cotización anual, su precio se fija como media de las compra-ventas realizadas a lo largo del año.
 B. S.: Normas "British Standard" del Reino Unido.
 A.S.T.M.: Normas "American Standard Testing Materials" de los EE. UU.

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
19	1403	22-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Lugo.
22	1682	26-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Almería.
25	1944	29-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Valencia.
32	2587	6-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
32	2587	6-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
32	2587	6-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Sevilla.
36	2902	11-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación que se cita, Delegación Provincial de Cuenca.
47	3825	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Badajoz.
47	3828	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Cáceres.
47	3828	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
47	3831	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
47	3835	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Zaragoza.
48	3945	25-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Baleares.
48	3945	25-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Segovia.
48	3945	25-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Vizcaya.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
54	4460	3-III-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
56	4650	5-III-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Ciudad Real.
58	4827	8-III-76	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hacen pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
60	5001	10-III-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Ciudad Real.
64	5335	15-III-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación de la solicitud del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guadalajara.
HIDROCARBUROS				
19	1393	22-I-76	Ind.	ORDEN sobre extinción por renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos (Mar de Alborán, A, B, C, D, E, F).
19	1393	22-I-76	Ind.	ORDEN sobre renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos "Bleda Plana" y nueve más.
44	3590	20-II-76	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de CONOCO al I.N.I. de un 20 por 100 de participación en cuatro permisos de investigación de hidrocarburos.
44	3590	20-II-76	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de APEX a CIEPSA y al Monopolio de Petróleos del permiso de investigación de hidrocarburos "Orduña-Zuazo".
45	3691	21-II-76	Ind.	ORDEN sobre renuncia de los permisos de investigación de hidrocarburos "Castellón F, H, J, K, L".
45	3692	21-II-76	Ind.	ORDEN sobre renuncia del permiso de investigación de hidrocarburos "Marinada".
45	3692	21-II-76	Ind.	ORDEN sobre extinción del permiso de investigación de hidrocarburos "Castellón-E".
53	4354	2-III-76	Ind.	DECRETO por el que se otorga una concesión de explotación de hidrocarburos solicitada por CIEPSA, ENPASA, ENPENSA, APEX y CAMPSA.
53	4354	2-III-76	Ind.	DECRETO por el que el Estado decide investigar y, en su caso, explotar los yacimientos de hidrocarburos de un área ubicada en la zona A.
53	4352	2-III-76	Ind.	DECRETO de adjudicación a la Sociedad "Amoco España Exploration Company" (AMOCO) de un permiso de investigación de hidrocarburos en zona C, subzona a.
53	4352	2-III-76	Ind.	DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de "Coparex" al I.N.I. y a "Gao" de un 60 por 100 y un 20 por 100 en dos permisos de investigación de hidrocarburos y el Convenio que regula las relaciones entre las Sociedades.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
53	4355	2-III-76	Ind.	DECRETO de otorgamiento a CAMPSA de nueve permisos de investigación de hidrocarburos.
61	5074	11-III-76	Ind.	RESOLUCION por la que se sacan a concurso para su adjudicación 18 permisos de investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona b.
R E S E R V A S				
47	2835	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para minerales radiactivos en un área de la provincia de Soria.
V A R I O S				
19	1381	22-I-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Mogente (Valencia) un aprovechamiento de aguas subterráneas del barranco del Bosquet, en término municipal de Mogente (Valencia), con destino a la ampliación del abastecimiento de aguas a su Municipio.
23	1744	27-I-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Grupo Sindical de Colonización "Carlaja" un aprovechamiento de aguas públicas subterráneas del río Torrox, en término municipal de Torrox (Málaga), con destino a riego por gravedad.
24	1848	28-I-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Enrique Linde Ocón un aprovechamiento de aguas subterráneas en zona de policía del arroyo del Salar, en término municipal de Alhama de Granada (Granada), con destino a riegos por gravedad.
25	1942	29-I-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la declaración minero-medical de las aguas del manantial que se cita, Delegación Provincial de León.
26	2037	30-I-76	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la autorización otorgada a don Gregorio Armas Rodríguez para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en el paraje conocido por "El Riachuelo", entre los barrancos de La Veta y Tabercorade, en el término municipal de "El Paso" (Santa Cruz de Tenerife).
32	2586	6-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la declaración minero-industrial de las aguas del manantial que se cita, Delegación Provincial de Huesca.
32	2587	6-II-76	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hace pública la declaración minero-medical de las aguas del manantial que se cita, Delegación Provincial de Zaragoza.
47	3835	24-II-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la declaración minero-medical de las aguas de los manantiales que se citan, Delegación Provincial de Zaragoza.
55	4539	4-III-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a "Eutextin, S. A.", un aprovechamiento de aguas subterráneas del río Llobregat, en término municipal de Olesa de Montserrat (Barcelona), con destino a usos industriales.

Notas bibliográficas

MINERALOGIA

T. CALDERÓN, M. A. HOYOS y R. COY-YLL: *Estudio termodinámico de la estructura en corona olivino-piroxeno-anfibol-espinela-plagioclasa*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, págs. 45-48 (1975).

Han calculado las funciones termodinámicas $(\Delta G)^T$, $(\Delta H)^T$ y $(\Delta S)^T$ correspondientes a la reacción mineral: $14\text{SiO}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_2 + 2\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + 4\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 14(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3 + 4(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{O}_4 + 2\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{AlSi}_7\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. Consideran estas funciones para una interpretación mejor de las texturas tipo corona.—L. DE A.

CRISTALOGRAFIA

T. M. CORREIG, E. CARDELLACK, M. A. CUEVAS y M. FONT ALTABA: *Síntesis por reacción en estado sólido de un apatito de bario*. Acta Geológica Hispánica, t. X, número 5, págs. 161-166 (1975).

Consideran la síntesis de un apatito de bario por reacción en estado sólido entre fosfato amónico debásico y carbonato de bario. La fase obtenida a diferentes temperaturas y tiempos de caldeo la han estudiado mediante difracción de rayos X y espectrografía de infrarrojos. Han calculado los valores de los parámetros a y c como verificación de tal obtención.—L.

PALEONTOLOGIA

M. DE RENZI, J. MARTINELL y S. REGUANT: *Bioestratigrafía tafonomía y paleoecología*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, págs. 80-86 (1975).

Estudian las relaciones entre la Bioestratigrafía, la Tafonomía, la Paleoecología y las ciencias afines y asociadas, en un intento de clarificar conceptos básicos y de establecer un conjunto lógico y coherente.—L.

E. CAUS: *Presencia y estructura de Calcarina lecalvezae en el Biarrizense pirenaico (Prov. de Lérida, España)*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 5, págs. 175-178 (1975).

Atribuye al Bisritziense las capas arcillomargas de "Can Mosqueta" (N de Sant Llorec de Morunys) y establece las relaciones existentes en base a su estructura, entre Calcarina lecalvezae del Eoceno y los representantes recientes de dicho género.—L.

J. GIBERT CLOLS: *Distribución bioestratigráfica de los Insectívoros del Mioceno en el NE de España. Biotopos, comparación de cuencas y localidades. Relaciones faunísticas con América del Norte*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 5, págs. 167-169 (1975).

Expone la distribución bioestratigráfica de los Insectívoros en las principales cuencas miocénicas del NE de España (Vallés-Penedés, Calatayud-Daroca y Rubielos de Mora). Comparan las faunas de estas cuencas, estableciéndose sus posibles relaciones estratigráficas, así como la existencia de dos posibles biotopos distintos. Compara los insectívoros de Castell de Barberá con los de Anwil y discute la posible relación entre algunos taxa europeos, encontrados en las cuencas antes citadas, con otros de América del Norte.—L.

PALEOBOTANICA

A. SANZ DE SIRIA CATALÁN: *Estudio de las plantas terciarias del río de Pedra, Seu d'Urgell (Nota preliminar)*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, págs. 78-79 (1975).

Describe la Flora terciaria del río de Pedra (Seu d'Urgell) Lérida.

CUATERNARIO

E. AGUIRRE, M. HOYOS y J. MORALES: *Alcoy: observaciones preliminares sobre la secuencia Neógeno-Cuaternario del Serpi*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, págs. 75-77 (1975).

Los autores identifican la presencia del *Mammuthus meridionalis* y de un *Microtino* en la Cuenca del Serpis, y la existencia de diversos niveles lacustres fosilíferos en formaciones plio-pleistocenas. Señalan también un karst subacuático en las molasas del Mioceno superior del borde de la Sierra de Mariola.—L.

HIDROCARBUROS

C. SALLÉ y J. DEBYSER: *Formation des gisements de Pétrole*. Editions Technip. París, 1976. Francia.

Debido al ritmo impuesto por las necesidades de energía del mundo, para producir en los años por venir las cantidades de petróleo necesarias hay que descubrir nuevas reservas a un ritmo similar al del aumento del consumo. Asimismo, las circunstancias políticas y económicas, y los recientes acontecimientos, han mostrado que la continuidad de abastecimiento de los países consumidores requiere una repartición geográfica variada de los yacimientos. Para ello, es necesario que la industria suministre los medios para poder realizar vastos programas de exploración en zonas de acceso cada vez más difíciles y con condiciones técnicas más complejas, desarrollando sobre todo los medios marinos.

Sin embargo, para tener posibilidades de éxito, es obligado conocer muy bien las bases científicas de la investigación petrolífera y perfeccionar los métodos y las técnicas de la exploración.

Esta obra pretende ilustrar el papel que puede desempeñar la investigación científica, al aportar su contribución al estudio de los fenómenos geológicos fundamentales que rigen la formación, migración y acumulación del petróleo en los yacimientos.

La calidad tipográfica de la obra que se comenta es excelente, siendo de destacar los clarísimos diagramas y figuras, que son complemento indispensable del libro, y contribuyendo a la comprensión de las explicaciones especializadas y a entender bien el hilo del razonamiento científico seguido en la investigación petrolífera.

Por esta razón, la obra es interesante para los técnicos de exploración, los estudiantes de las Ciencias de la Tierra, y para todos aquéllos que desean información sobre el tema.

El temario de la obra es el siguiente: I. Repaso de hechos conocidos. II. Reconstrucción del medio paleogeográfico. III. De la materia orgánico al petróleo. IV. La acumulación del petróleo. V. Contribución de la geología de fluidos al conocimiento de una cuenca sedimentaria y a la exploración petrolífera. VI. La interpretación de los resultados, la síntesis geológica. VII. Conclusiones: papel de la investigación científica geológica en la exploración.

El formato del libro es de 18x24 centímetros, con 264 páginas de contenido, 104 figuras y 2 tablas.—C. C. L.

VULCANOLOGIA

F. GARCÍA PALOMERO, J. SAAVEDRA, A. GARCÍA SÁNCHEZ. Con la colaboración de O. JIMÉNEZ DE BLAS y S. RODRÍGUEZ PÉREZ: *Estudio preliminar sobre algunas rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de la provincia de Huelva*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 2, págs. 71-74 (1975).

Han realizado una primera clasificación de algunas rocas volcánicas del Norte de la provincia de Huelva, con base geoquímica. De acuerdo con ella, apuntan algunas posibilidades genéticas.—L.

J. L. BRANDLE y M. I. CERQUEIRA: *Nota sobre la distribución de elementos menores en los magnas basálticos de las series antiguas de las Islas Canarias*. Estudios Geológicos, vol. XXXI, págs. 375-383, agosto 1975. Instituto Lucas Mallada, C.S.I.C. (España).

Estudian la distribución de los elementos menores en los basaltos de las series Antiguas de Fuerteventura, Lanzarote, La Gomera y Tenerife.

En el corto período de la evolución magmática que se trata, existe una fuerte correlación entre los pares de elementos Cr-Ni, Cr-Co, Ni-Co, Ba-Ce, Ba-La, Ba-Sr, Ce-La, Ce-Sr, Co-Zr y Zr-Y, lo que indica la constancia de las fases cristalinas formadas.

Verifica que las concentraciones de los elementos menores son características de los basaltos alcalinos de islas oceánicas y muy diferentes de las toleitas oceánicas de las zonas de la dorsal.—L. DE A.

GEOTERMIA

J. F. ALBERT-BELTÁN: *El equilibrio albita-anortita como termómetro hidrogeotérmico en zonas graníticas*. Acta Geológica Hispánica, t. X, núm. 5, págs. 170-174 (1975).

Propone el equilibrio albita-anortita como termómetro hidrogeotérmico aplicable a aguas termales procedentes de materiales ricos en plagioclasas, tales como granitos y rocas afines.

Los resultados obtenidos con este método en 35 manantiales termales de Cataluña (España) son totalmente coincidentes con los que se derivan de la aplicación de los geotermómetros usuales (SiO_2 , Na-K, Na-K-Ca).—L. DE A.

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.

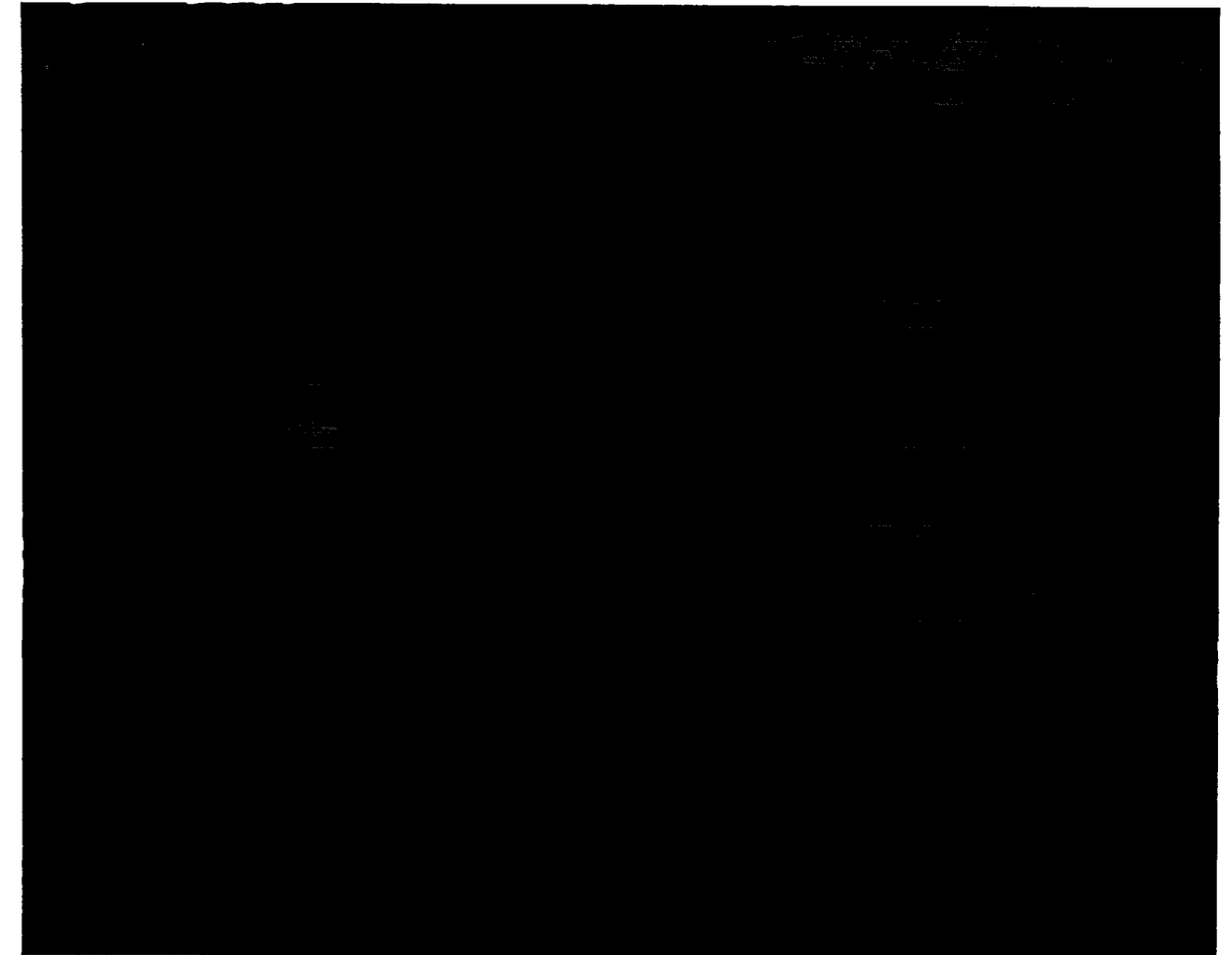
La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

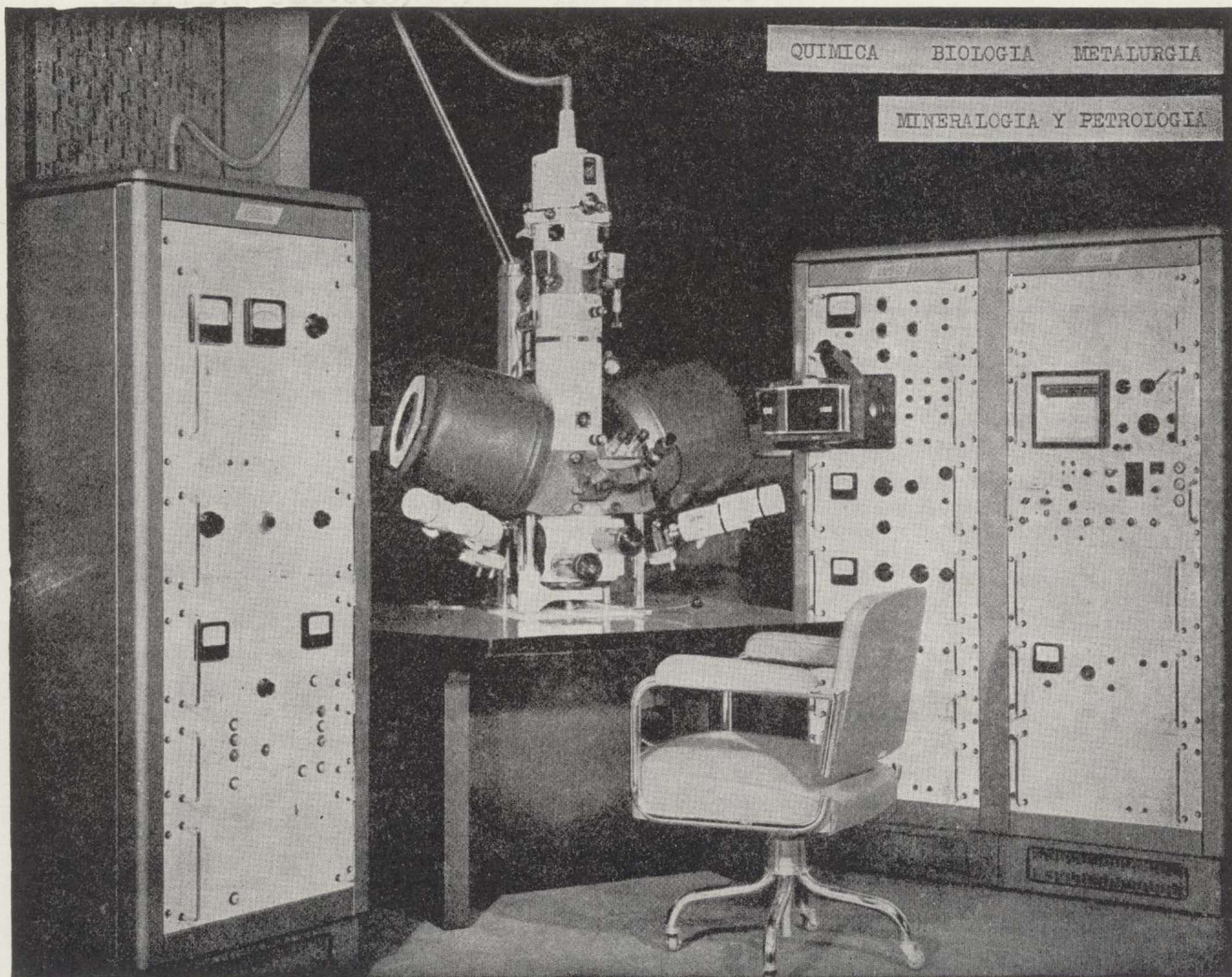
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

COLECCION-INFORMES

Informes y Proyectos del I G M E. Obras monográficas que recogen los últimos trabajos de investigación realizados por el I G M E.

Precio de cada ejemplar, 300 ptas.

ULTIMOS VOLUMENES PUBLICADOS

Monografías de sustancias minerales:

Antimonio, Barita, Circonio, Esquistos bituminosos, Litio, Niobio, Sal gema y Tántalo.

Monografías de rocas industriales:

Arenas y gravas, Asbestos, talco y pirofilita, Bauxita y laterita, Dunita y olivino; Pizarras; Rocas silicoaluminosas; Vidrios volcánicos.

SERVICIO DE PUBLICACIONES, MINISTERIO DE INDUSTRIA

c. Claudio Coello, 44 MADRID (1)

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

c. Ríos Rosas, 23. MADRID (3)

ESTADISTICA DE CONSUMO
Y DISTRIBUCCION DE
CARBONES 1.973



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello, 44 - Teléf. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

Al servicio de la Perforación desde 1954

Le resuelve cualquier
problema de perforación.

SONDEOS:

PARA MINERIA.

PARA ALUMBRAMIENTO DE AGUA.

ESTRATIGRAFICOS.

PARA EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.

ESPECIALES.

- Personal altamente experimentado.
- Profundidades superiores a 2.000 m.
- Sondeos de gran diámetro.
- Wireline y sistemas especiales para recuperación de testigo.
- Medición de inclinación orientada.
- Rotopercusión a alta presión.
- Lodos especiales.
- Acidificaciones.
- Cementaciones.
- Desarrollo de acuíferos.
- Filtros adecuados a cada sondeo.
- Sondeos de investigación de 0° a 360°.
- Perforación con aire comprimido.
- Técnicas especiales, etc., etc.

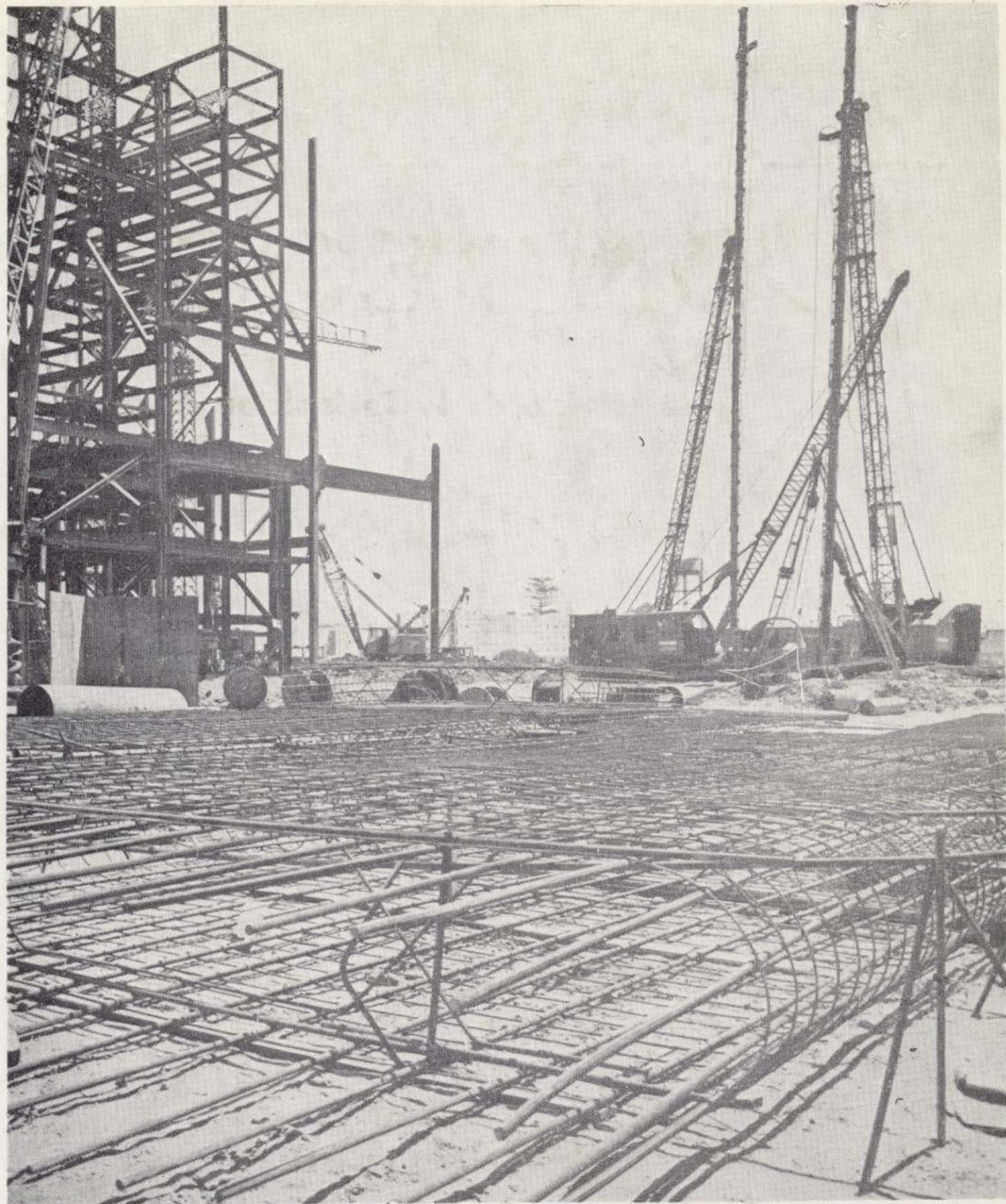
DELEGACIONES EN:

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

EL AAIUN (Sahara)



- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO
- * SONDEOS MINEROS
- * CAPTACION DE AGUAS
- * INYECCIONES
- * PROGRAMAS DE CALCULO
- * RECALCES
- * ANCLAJES
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * INFORMES Y ASESORIA SOBRE MECANICA DE LOS SUELOS Y LAS ROCAS
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * TABLESTACADOS
- * PILOTES EXCAVADOS
- * ZAPILOTES
- * MICROPILOTES
- * PILOTES HERKULES
- * PILOTES PRETENSADOS
- * GUNITADOS
- * PANTALANES Y OBRAS MARITIMAS ESPECIALES



CENTRAL TERMICA DE ALGECIRAS. Compañía Sevillana de Electricidad. Cimentación del 2.º Grupo mediante pantalla continua y pilotes planos de 80 cm. de espesor y profundidad 25 mts. Medición total ejecutada: 5.924 m².

KRONSA

OFICINAS CENTRALES

MADRID-20
Comandante Zorita, 2 - 4º
Telefs. 2549400 y 2531900
Edificio ATYKA
Telex: AGREC - 23332
Teleg. KRONINTER

DELEGACIONES

BARCELONA - 6
Balmes, 152, 3º, 5ª
Telefs. 2180500 y 2180508

BILBAO - 11
Ercilla, 24, 4º
Telefs. 237366 y 237107

REPRESENTACIONES: Sevilla, Cádiz, Huelva, Málaga, La Coruña, Oviedo, San Sebastian
Cartagena, Valencia, Tarragona, Alicante



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- ★ GEOLOGIA.
- ★ AGUAS SUBTERRANEAS.
- ★ EXPLORACION MINERA.
- ★ EXPLORACION PETROLERA.
- ★ SONDEOS.
- ★ ROCAS INDUSTRIALES.
- ★ GEOTECNIA.
- ★ GEOFISICA.
- ★ LABORATORIOS.
- ★ LIMPIEZA QUIMICA.



**Compañía
General de
Sondeos S.A.**

MINISTERIO DE INDUSTRIA

Serrano, 37	2250160
	2250189
D. G. MINAS E IND. CONSTRUCCION	
Serrano, 35, Secret. Dirección	2250718
SUBDIRECCION EXPLOTACION	2250729
SUBDIRECCION ORDENACION E INV.	
Claudio Coello, 91	2257972
SECCION ASUNTOS GENERALES	
Velázquez, 47	2758338
SECC. PROSPEC. HIDROCARBUROS	
Alcalá, 54	2320400
INST. GEOL. Y MINERO DE ESPAÑA	
Ríos Rosas, 23	2542200
	2534605
SECRETARIA DE DIRECCION	2334035
PUBLICACIONES	2341328
DIREC. GEN. ENERGIA Y COMBUST.	
Serrano, 37	2250189

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Avda. Generalísimo, 1	2531600
Avda. Generalísimo, 1	2531700
DIREC. GENERAL CARRETERAS	
Carretera Francia, km. 8	2091445
D. G. OBRAS HIDRAULICAS	2260689
SERV. GEOL. OBRAS PUBLICAS	4640800

INSTITUTO NACIONAL DE INDUSTRIA

Plaza de Salamanca, 8	2763200
AUXINI, S. A., id.	2760697
AUXINI PETROLEOS	
General Pardiñas, 55	2767400
AUXINI PIRITAS	
Padilla, 47	2255030
ENADIMSA	
Serrano, 116	2617393
Km. 12 N-IV	7973400-50

INDIME	5198500
ICONA	2753942
CENTRO NACIONAL DE INVESTIG.	
METALURGICAS	2538900
CAMPSA, Capitán Haya, 31	4503200

COMISION NACIONAL DE GEOLOG.	
Ríos Rosas, 23 IGME	2343226
COMISION NACIONAL DE MINERIA	
Cristóbal Bordiu, 34	2330207
C. S. I. C. Serrano, 117	2618900
C. S. I. Inst. Geología Económica	2436701
Inst. Geog. y Catastral	2333800
C. S. I. Inst. Lucas Mallada	2612513
Junta de Energía Nuclear	4496200
ASOCIACION DE GEOL. ESP.	
Paseo Castellana, 84	2619607
ASOCIACION ING. MINAS	
Almagro, 11	4197423
E. T. S. ING. DE MINAS	
Ríos Rosas, 21	2543001
ID. OVIEDO (985)	219808
FACULTAD DE GEOLOGIA	
BARCELONA (93)	2426659
BILBAO (944)	695100
GRANADA (958)	272883
MADRID	4490479
MADRID PABELLON GEOLOGICAS	2436701
OVIEDO (985)	233200
SALAMANCA (923)	219575
ZARAGOZA (976)	250422
INFORMACION CARRETERA	2542800
RENFE, INFORMACION	2477400
	2478400
IBERIA: INFORMACION	4485855
RESERVAS	2617700
RESERVAS	2618500
TAXIS	7540900
BOMBEROS	2323232
CASAS DE SOCORRO	4018150
CENTRAL MEDICA URGENCIA	3616199
URGENCIA SANITAS	4455000
URGENCIA SANITAS	4455100
AMBULANCIAS	2272021
AMIC	4197424
POLICIA 091 - HORA 093 - CLIMA 094	
COMPañIA GENERAL DE SONDEOS, S. A.	
MADRID - Padre Xifré, 5	4157330
	4158955
	4156054
Cozarón de María, 15	4168550
	4168554
	4168558
	4168562
	4168566
VITORIA - Portal de Castilla, 46	(945)
	223604-08-16



Ibergesa

**Ibérica de Especialidades
Geotécnicas, S.A.**

Juan Ramón Jiménez, 22, 4º, dcha.
Teléf. 458 75 58 Madrid-16

ESTUDIOS DE:

Geología

Minería

Geofísica

Geotecnia

Hidrogeología

Análisis de materiales

Sondeos



AUGESA

Carretera de Francia, km. 12,200

Tel. 7 34 55 09

geofísica

sondeos

laboratorio de análisis químico

laboratorio de concentración de menas