

En este número:

- Nota sobre «Un dique de tendencia sienítica en la provincia de Avila».
- Locotipos de mamíferos y estado actual de las formas nuevas del terciario español.
- Los sistemas de fracturas del Valle del Jerte (Cáceres). Consideraciones sobre su evolución durante el Cenozoico.
- Aplicaciones del microvideomat a la investigación de yacimientos minerales.
- Evaluación de recursos hídricos subterráneos en regiones Kársticas semiáridas.
- Características mineralógicas, genéticas y distribución de los minerales de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica. III) Clorita, Montmorillonita y Vermiculita.

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. LXXXVII, Tercer Fascículo. Mayo - Junio 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**



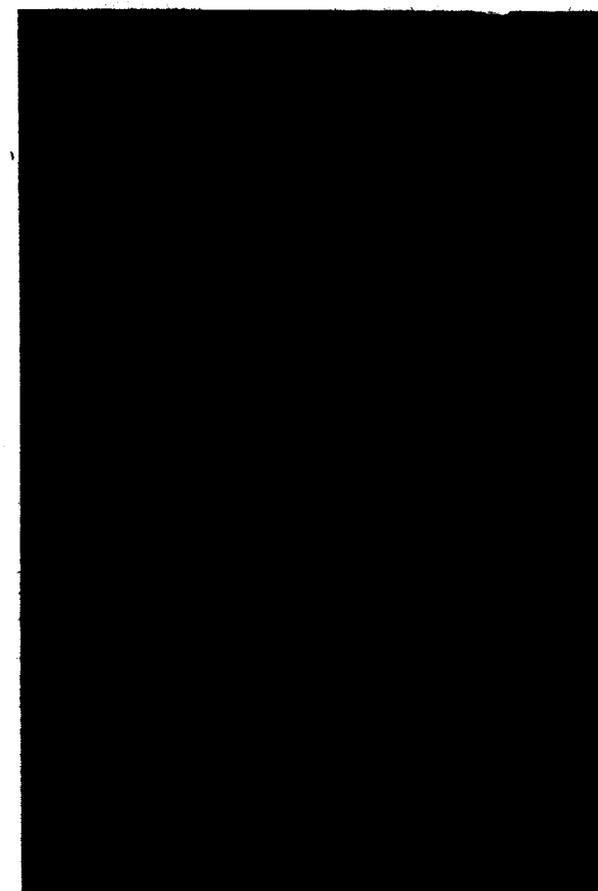
**geológicos
minerales
hidrogeológicos
geotérmicos
geotécnicos**

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

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.



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

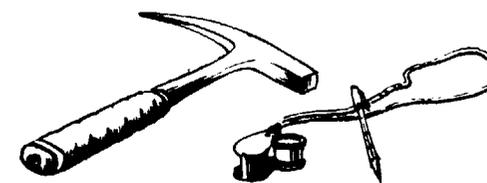


FINA IBERICA S.A

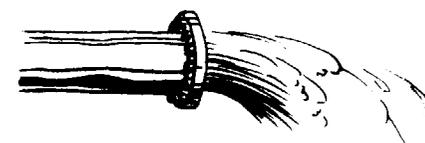
DR. Fleming 3

Madrid 16-

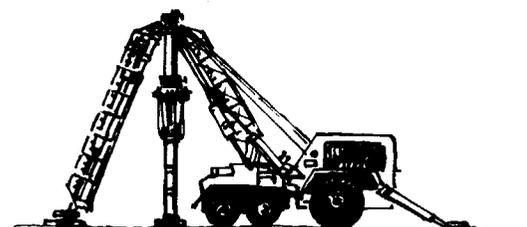
Tno. 2 59 78 04



Investigacion
Geologica



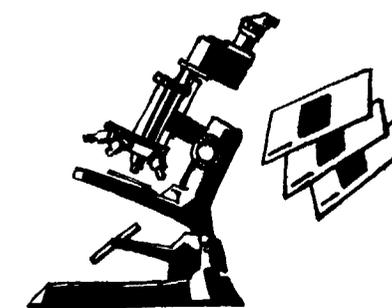
Hidrogeologia



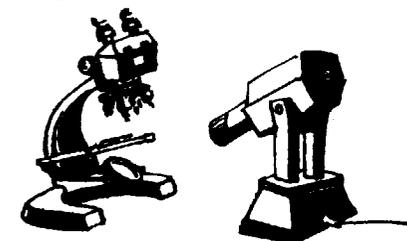
Perforacion



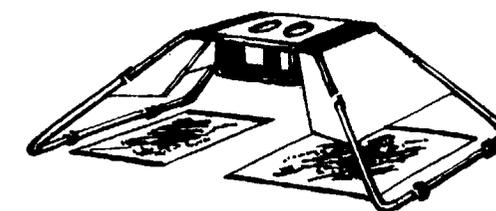
Mineria



Petrografia



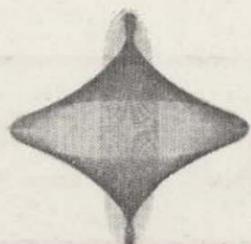
Micropaleontologia



Fotogeologia

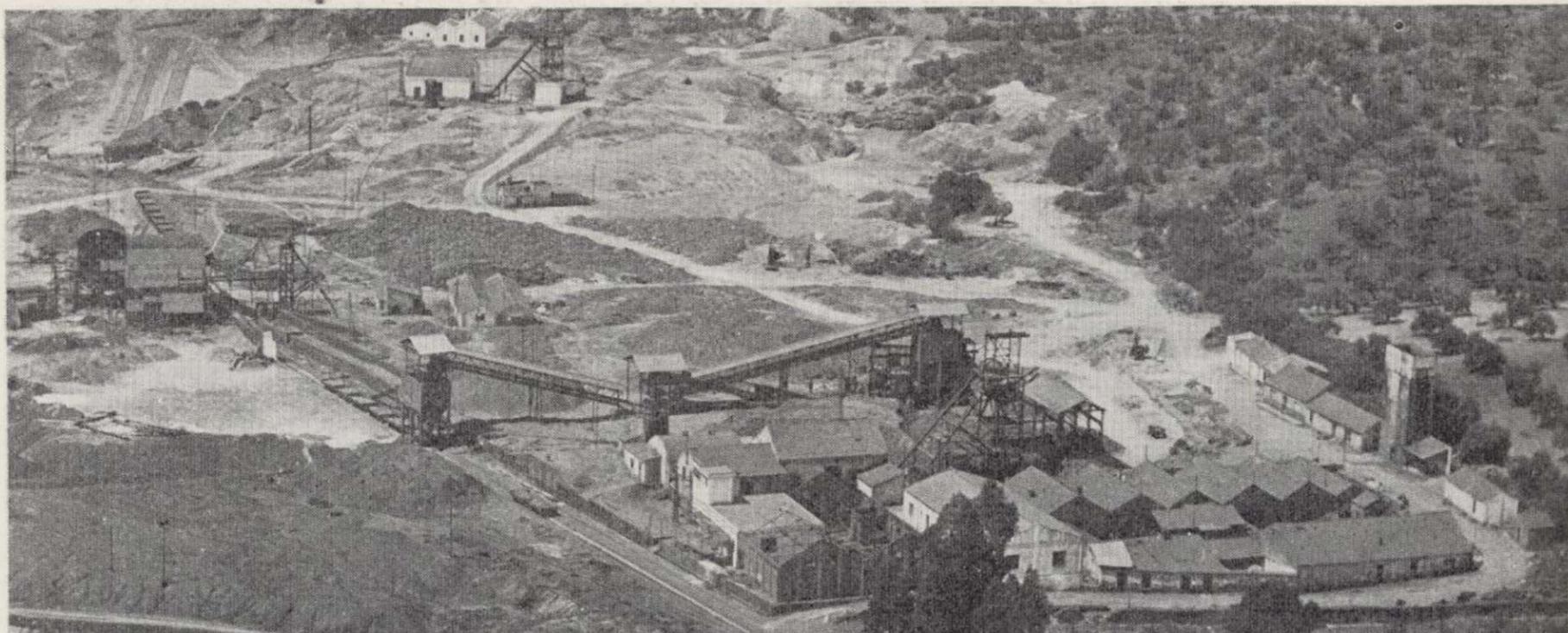


Laboratorio



INTECSA

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.

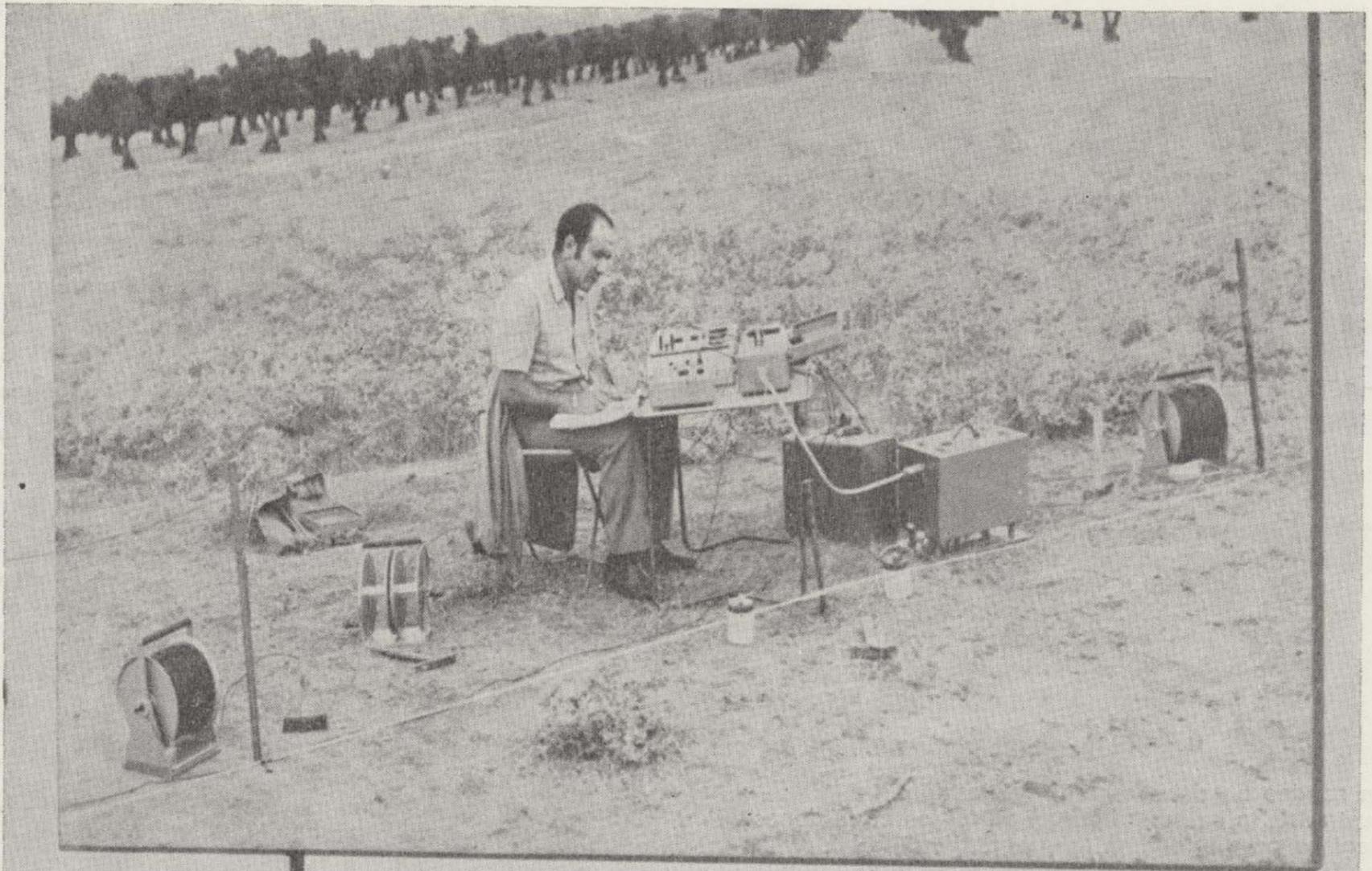
DELEGACION EN BARCELONA: C/ COMPOSITOR BEETHOVEN.15.
" " CANARIAS: C/ VILLALVA HERVAS 9. STA. CRUZ DE TENERIFE.
" " MURCIA: C/ VILLALEAL 2.
" " VALENCIA: C/ CRONISTA CARRERES 9-11.

DELEGACIONES EN: PORTUGAL LIBIA ARGELIA. VENEZUELA ECUADOR BRASIL.

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

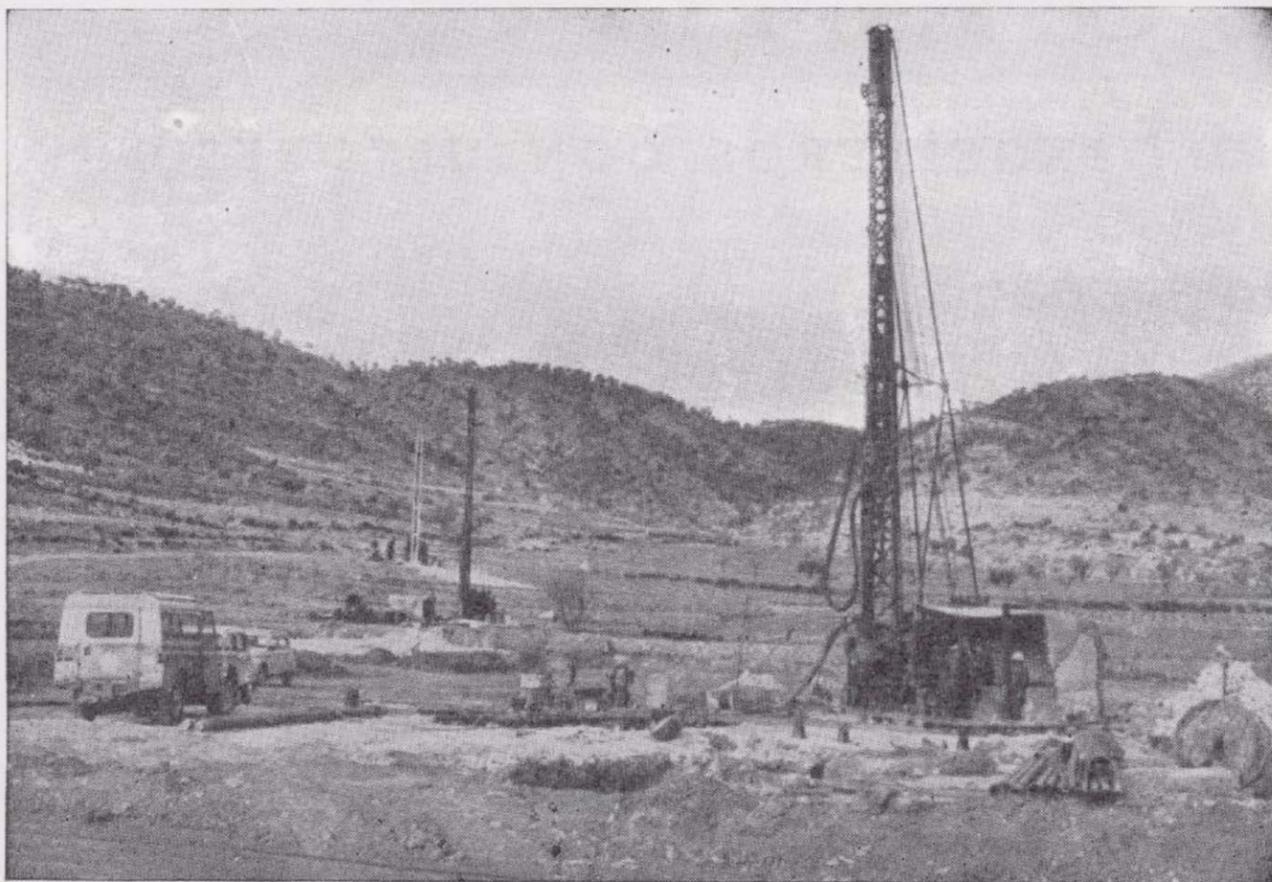
HIDRONIVELES ELECTRICOS

CONTROL AVANCE DE SONDEOS

TESTIFICADORES ELECTRICOS
(potencial - resistividad y rayos gamma)

MAGNETOMETROS

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

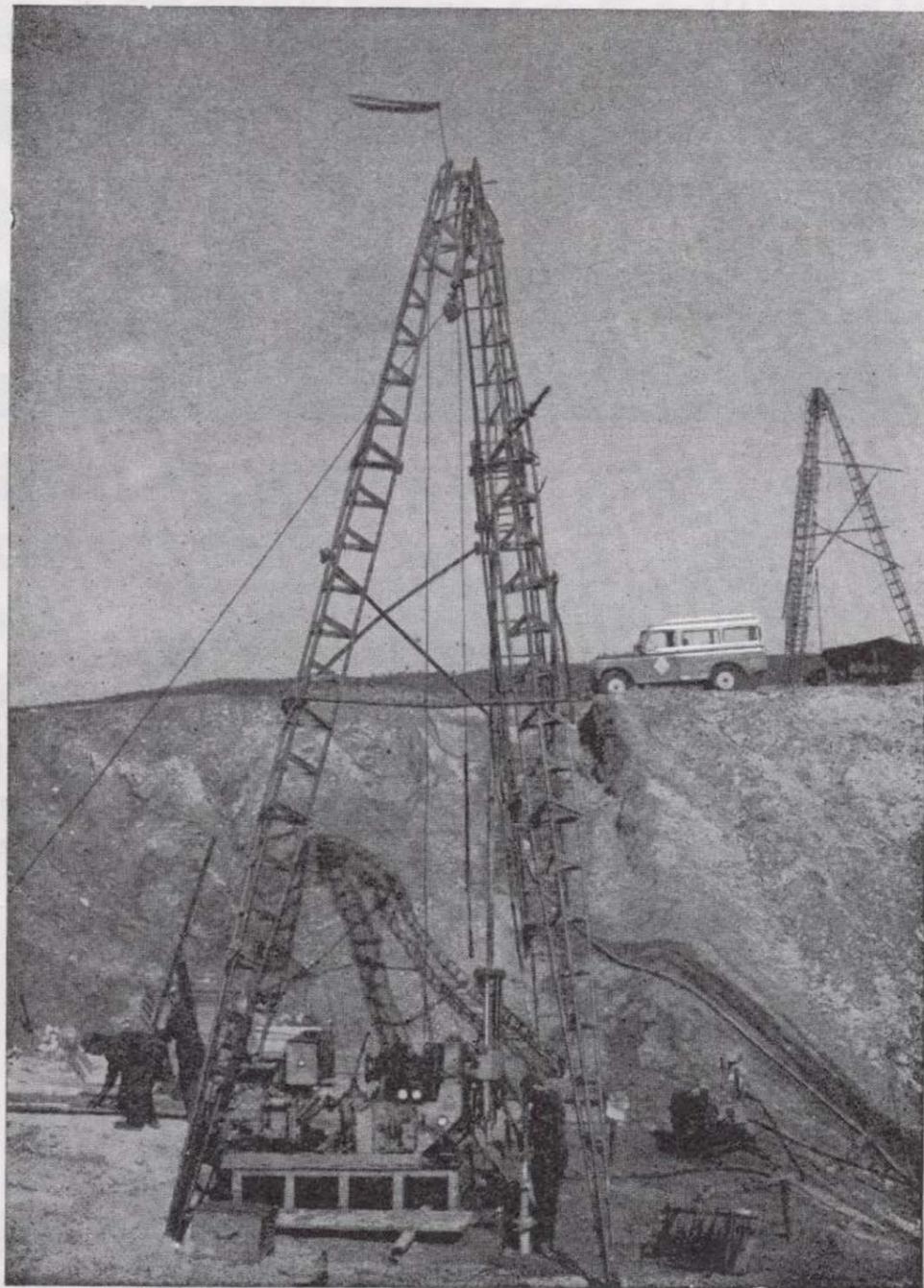
★ ★ ★

ERNESTO RODES MARTI

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

VILLENA (Alicante)

**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

EPTISA

ESTUDIOS Y PROYECTOS
TECNICOS INDUSTRIALES, S.A.

PROYECTOS DE INGENIERIA Y ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

- PLANIFICACION DE RECURSOS HIDRAULICOS.
- ESTUDIOS HIDROLOGICOS Y CLIMATOLOGICOS.
- HIDROGEOLOGIA.
- GEOLOGIA Y GEOTECNIA.
- AGRONOMIA.
- TOPOGRAFIA Y GEODESIA.
- PROCESO MECANIZADO DE DATOS.



Estudio de regadío (Valle del Gurgueia). Sondeo de investigación. Piauí (Brasil).



Trasvase Tajo-Segura. Central reversible de Bolarque y tuberías forzadas.

- ESTUDIOS ECONOMICOS.
- OBRAS HIDRAULICAS.
- APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS.
- CENTRALES TERMICAS Y NUCLEARES DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA.
- INGENIERIA ELECTRICA.
- INSTALACIONES INDUSTRIALES.
- COMUNICACIONES.
- URBANISMO.

OFICINAS :

Arapiles, 14 (Central)
Teléfono 445 03 00 *
MADRID-15

Pío XII, 56
Teléfono 366 42 07 *
VALENCIA-11



**POTENTE
MAQUINARIA
EN
MANOS
EXPERTAS**

Equipo de rotación con circulación inversa perforando un sondeo para agua

VEA LOS RESULTADOS: MAS AGUA

Vegarada posee la técnica y experiencia necesarias para proporcionarle el agua que precise. Puede ocuparse desde los trabajos de proyección y alumbramiento, hasta la realización de obras de conducción, puesta en riego o depósito, abastecimiento y distribución de caudales. Distintas modalidades de contratación. Infórmese sobre la solución que más convenga a sus necesidades.

 **Vegarada** Guzmán el Bueno, 133
Telfs. 233 71 00 - 253 42 00
MADRID-3

DELEGACIONES REGIONALES Y EQUIPOS EN TODA ESPAÑA

Tomo 87

Fascículo IV

Julio - Agosto 1976

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	J. VILLENA: Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel) (Paleozoico)	1
	L. LINARES GIRELA: Datos sobre las series Jurásico-Cretácicas en el sector Peñas de San Pedro-Chinchilla de Montearagón (provincia de Albacete)	27
	E. MARTÍNEZ-GARCÍA y O. APALATEGUI: Las fases de deformación en el Sinclinal de Baralla (Lugo, NW de España)	37
Geofísica	C. GAIBAR-PUERTAS: Variaciones del espesor crustal y grado de equilibrio isostático asociables a las anomalías Bouguer en la España peninsular	43
Energía	L. GARZÓN RUIPÉREZ: Reactores nucleares fósiles	74
Estudio de Minerales y Rocas	M.ª DOLORES RUIZ CRUZ y M. ANTONIO CABALLERO LÓPEZ-LENDINEZ: Características mineralógicas, genéticas y distribución de los minerales de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica. IV) Minerales interestratificados	81
Información	Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXI Campamento para Prácticas de Geología "Benasque 1975".—Noticias.—Mercado de minerales y metales.—Mercado de minerales y rocas industriales.—Información legislativa. Notas bibliográficas	90

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.

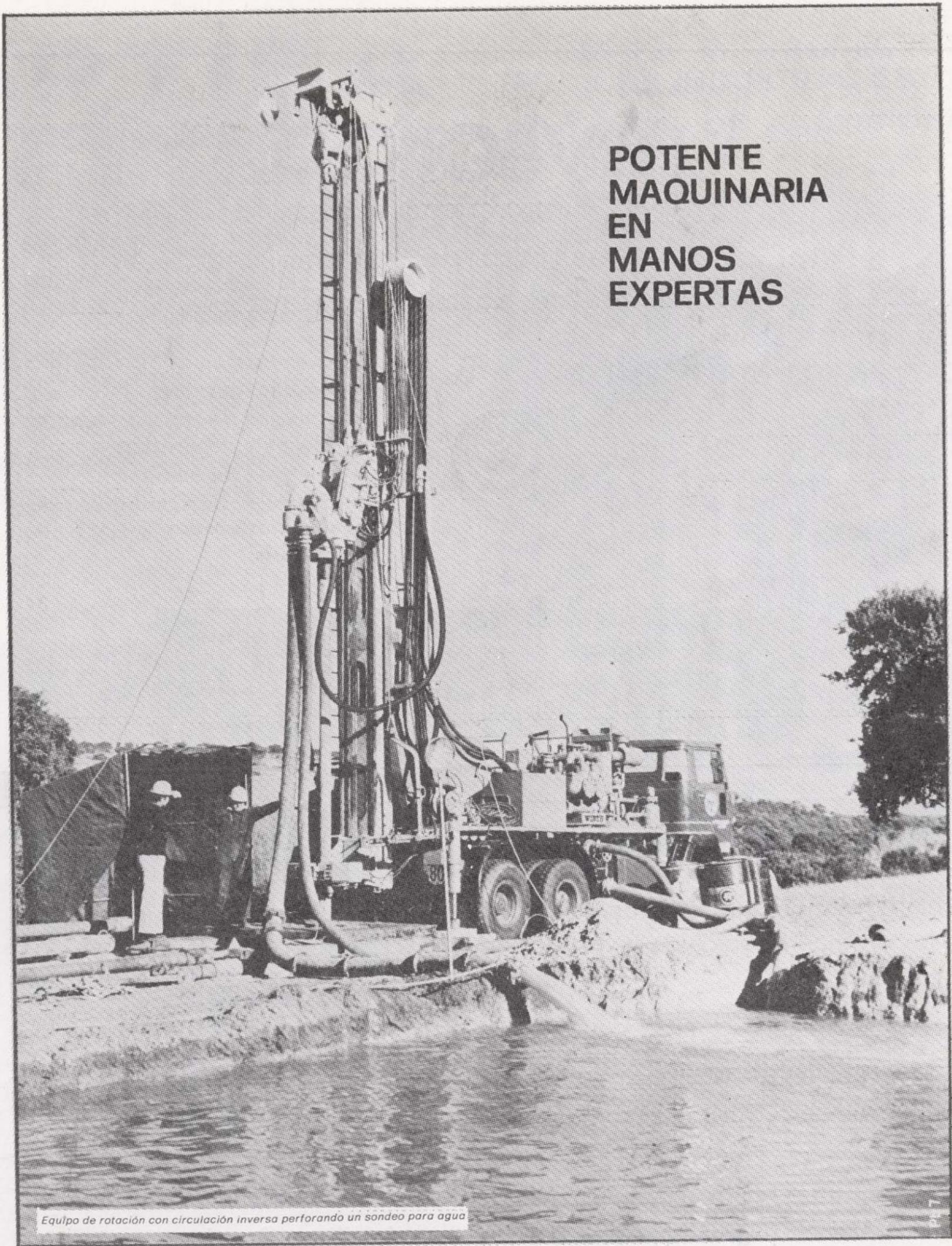
EXPLICACION DE LA PORTADA

Fallas en escalera, Crémenes (León).

Foto: A. C. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-VI-1976.



**POTENTE
MAQUINARIA
EN
MANOS
EXPERTAS**

Equipo de rotación con circulación inversa perforando un sondeo para agua

VEA LOS RESULTADOS: MAS AGUA

Vegarada posee la técnica y experiencia necesarias para proporcionarle el agua que precise. Puede ocuparse desde los trabajos de proyección y alumbramiento, hasta la realización de obras de conducción, puesta en riego o depósito, abastecimiento y distribución de caudales. Distintas modalidades de contratación. Infórmese sobre la solución que más convenga a sus necesidades.

 **Vegarada**

Guzmán el Bueno, 133
Telfs. 233 71 00 - 253 42 00
MADRID-3

DELEGACIONES REGIONALES Y EQUIPOS EN TODA ESPAÑA

Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel) (Paleozoico)

Por J. VILLENA (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se dan a conocer los resultados del estudio estratigráfico realizado en el paleozoico de un amplio sector de la cordillera Ibérica, definiéndose varias formaciones en el mismo.

ABSTRACT

This paper is synthesis of one part of the main stratigraphical conclusions, obtained from an extensive monographic study made by the author with the same title, which was presented, at the proper time as a, Ph D. Thesis. From the stratigraphic and paleogeographic point of view, the Paleozoic of an area of the Cordillera Iberica, is analyzed.

INTRODUCCION

Este trabajo es el primero de una serie de publicaciones que van a llevarse a cabo para dar a conocer resultados de las investigaciones realizadas por el autor en la Cordillera Ibérica. El conjunto de las investigaciones y los resultados obtenidos constituye una extensa monografía, que el autor presentó para aspirar al título de doctor, en noviembre de 1971.

La región estudiada se halla enclavada dentro de la parte central de la cordillera Ibérica, en la llamada rama aragonesa o "Cadenas Hespéricas" de los autores alemanes (ver fig. 1).

Está situada en un área que limita al N por los montes de Ateca y depresión de Calatayud-Teruel; hacia el S por la meseta del Tajo, al W por la meseta del Duero y Sistema Central, y al E y SE por la sierra de Albarracín.

1. ANTECEDENTES

Los primeros datos existentes sobre el Paleozoico de la región estudiada se deben a TORRUBIA (1754), que cita el hallazgo de una "piedra de can-

grejo" (Trilobites), en las pizarras de Pardos. Más tarde VERNEUIL (et alt. 1851), dan cuenta en las cercanías de Pardos del hallazgo de los trilobites siguientes: *Calymene tristani*, *Calymene arago*, *Placoparia tourmeninei*; con lo que identifican el Ordovícico, piso Llandeiliense. Más tarde (1863), este mismo autor identifica por primera vez el Cámbrico de la Ibérica, con el hallazgo de *Paradoxides rugulosus* CORDA y *Conocephalus*, en las proximidades de Murero.

Asimismo identifica el Devónico en las proximidades de Segura con el hallazgo de: *Phacops* sp. y *Spirifer* cf. *Bouchardi*.

VILANOVA y PIERA (1863), en su memoria provincial da una reseña de los materiales paleozoicos conocidos hasta entonces.

MARTÍN DONAYRE (1873), hace una descripción petrográfica de los diferentes materiales paleozoicos, y relaciona los fósiles encontrados hasta el momento.

CASTEL (1881), cita los fósiles hallados por VERNEUIL en la provincia de Guadalajara, y la existencia de *Cruziana bronni* en el Silúrico.

CORTAZAR (1885), reseña los fósiles encontrados hasta entonces y da la existencia de *Scolithus dufrenoyi* ROUALT en el cerro San Ginés. Además hace un estudio estratigráfico de las regiones más orientales y meridionales, estableciendo la serie pa-

(*) Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias Geológicas de Zaragoza.

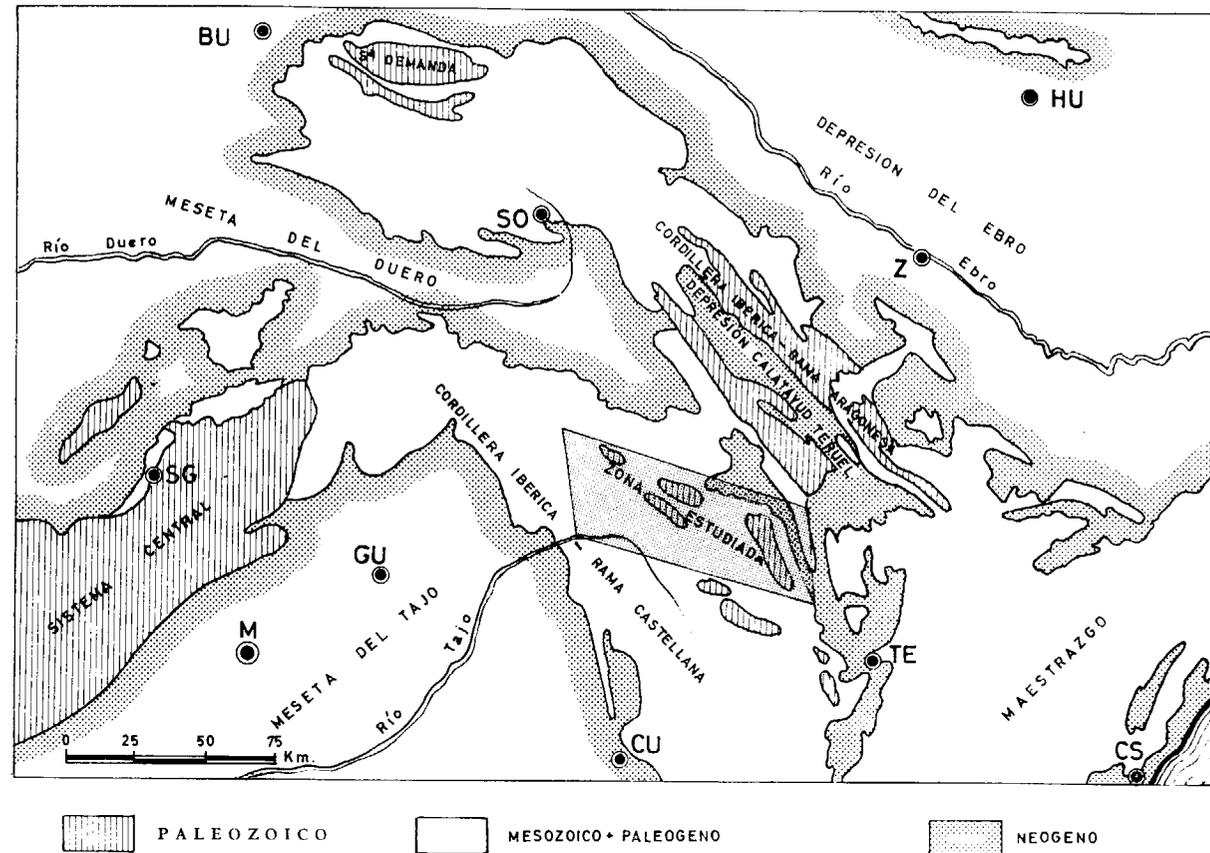


Figura 1

leozoica siguiente, para las provincias de Zaragoza, Guadalajara y Teruel:

- Silúrico ...
 - 5. Pizarras negras y satinadas con *Graptolites* (Orihuela).
 - 4. Pizarras ferruginos y calizas o dolomías con fósiles de la segunda fauna de Barrande, en Tabuena y Daroca (Zaragoza), y Pardos (Guadalajara).
- Cámbrico.. ...
 - 3. Cuarcitas de *Cruzianas*, *Vexillum* y *Scolithus dufrenoyi*.
 - 2. Pizarras con *Paleophicus* y *Scolithus linearis*.
 - 1. Pizarra arcillosa con *Paradoxides*, *Corocephalus*, etc. (Murero).

Cita además una fauna de braquiópodos y trilobites que da como Devónica, recogida en Nogue-

ras, con *Spirifer rousseani* y *Leptoena murchisoni*, entre otros.

PALACIOS (1893), confirma los datos de VERNEUIL sobre el Cámbrico de Murero, y descubre una serie de manchas atribuibles a este período. Señala una discordancia suave entre el Cámbrico y el Silúrico en las cercanías de Santed. Cita la existencia de *Orthis calligramma* DALM y *O. redux* BARR. en el Silúrico del N de la provincia de Zaragoza.

DEREIMS (1893), hace un estudio estratigráfico de las regiones más orientales y meridionales a la de nuestra memoria, y cita una fauna de Graptolites en las cercanías de Orihuela, compuesta por: *Monograptus becki* BARR., *M. priodon* BRONN., *M. sedgwicki* PORTIL., *M. sp.* vecino de *M. halli* BARR., *M. concinnus* LAPW., *M. nilssoni* BARR., *Diplograptus sp.*, *Orthoceras*, *Rhynchonella ampelitidis* de TORN. et LEB. Esta fauna la atribuye al Taronnon y Wenlock.

CALDERÓN (1898), da la noticia de la existencia

del Carbonífero en la región de Molina de Aragón, y cita como recogidas por Mallada en dicho afloramiento pizarras con impresiones de *Pecopteris* y *Sigillaria*.

KINDELAN (1918), en su estudio sobre los criaderos de hierro en Guadalajara y Teruel, hace una descripción estratigráfica basándose en los datos conocidos, y las observaciones propias. Cita entre otros los siguientes graptolites en Sierra Menera: *Diplograptus pristii* HISS., *D. palmeus* BARR., *Monograptus nilssoni* BARR., *M. convolutus* BRONN.

TRICALINOS (1928), en su memoria sobre la Cordillera Hespérica, hace una crítica de todos los conocimientos estratigráficos existentes. Estudia el Carbonífero de Molina de Aragón, ya descubierto por CALDERÓN (1898) y da cuenta de la existencia en la base de la serie, de fósiles vegetales atribuibles a *Dadoxylon* sp. Considera la serie como Carbonífero superior.

BARGALLO (1928), cita como recogidos en Sierra Menera entre los materiales de desmonte, los graptolites siguientes: *Monograptus nilssoni* BARR., *M. convolutus* HISIN., *Diplograptus palmeus* (?).

LOTZE (1929), hace un estudio estratigráfico detallado del Paleozoico de las cordilleras Celtibéricas. Identifica una serie de formaciones en el Cámbrico y reconoce sus tres niveles, inferior, medio y superior.

Señala una discordancia entre el Cámbrico y Silúrico en la región de Santed.

La formación cuarcítica de la base del Silúrico, con *Scolithus* y *Lingula*, por analogía de facies y fauna con las "Grés armoricain" del macizo central francés, con las que correlaciona; les asigna una edad Arenig, ya que son anteriores al Llandeilo bien determinado y las denomina con el mismo nombre (Cuarcitas Armoricanas).

Establece la existencia del Caradociense, en la zona de Luesma, donde sobre las capas con *Calymene tristani*, existe una alternancia de cuarcitas, areniscas y grauwackas en las que señala la existencia de: *Orthis alternata* SOW., *O. budleighensis* DAV., *O. cf. ellipsoides* BARR., *O. cf. testudinaria* DALM., *Strophonema expansa* SOW.

Asigna al Ashgillense un paquete calcáreo superior al anterior y en el que se encuentra gran cantidad de restos de Cistideos, Briozoos y los siguientes Braquiopodos: *Orthis actoniae* SOW., *Triplecia* sp., *Wilsonia* sp., *Porambonites* sp.

Da la serie siguiente para la región de Molina:
Wenlock { Pizarras con *graptolites* (S. de Torre-Tarannon) (mocho).

Caradoc: Pizarras arenosas con *Orthis*.
Llandeilo: Pizarras arenosas con *Calymene tristani*.
Skiddaw: Cuarcitas armonicanas.

Falta en su serie por identificar el Ashgillense, y los niveles del Valentiense.

RIBA (1959) hace un estudio detallado en la región de Albarracín y señala la presencia de: *Diplograptus bifidus* HALL., *D. stabilis* ELLES and WOOD. *D. murchisoni* BECK., en los niveles superiores a las cuarcitas son *Scolithus*, con los que identifica por primera vez en la Ibérica, el Llanvirniense.

CARLS (1965-69) hace un estudio detalladísimo del Devónico y Silúrico superior de la región de Nogueras. Identifica el Ludlowiense inferior con la presencia de: *Monograptus fritschi linearis* BOUCEK., *M. dubius* (SUESS).

Modernamente, SACHER (1966) hace un estudio estratigráfico de la región de Aragoncillo que nos confirma los datos obtenidos por nosotros. Identifica los niveles citados por LOTZE, y asigna al Ashgillense los niveles calcáreos de la parte final del Silúrico, sin que haya encontrado pruebas paleontológicas para ello. Señala la existencia en la base del Silúrico de una formación compuesta por pizarras arcillosas que se apoyan sobre lechos conglomeráticos, análogos con la Fm. de Orea que describe GREILING (1960), en las regiones más meridionales.

Señala para la región de Torremocha una serie silúrica, en la que quedarían comprendidos los materiales del Valentiense, al Ludlowiense superior. Admite la existencia del Downtoniense.

El Carbonífero de la región forma una unidad litoestratigráfica a la que denomina Formación de la Ermita (Ermita Schichten), asignándole una edad Estefaniense C, basándose en el hallazgo de una impresión *Lebachia piniformis*.

A la formación roja (ligeramente discordante sobre el Carbonífero), que se sitúa bajo los primeros niveles del Triásico inferior, la denomina Formación de Montesoro (Montesoro - Schichten) y la asigna al Pérmico, como ya hiciera RIBA (1959), sin que haga mención de este precedente.

Finalmente, HERRANZ (1968) describe muy brevemente la serie de Paleozoica de la región de El Pobo.

Posteriormente a la ejecución de nuestra memoria, JOSOPAIT (1971) y SCHMITZ (1971), en sus estudios de la región de Ateca, han demostrado que la formación "Capas de Ateca", que, según LOTZE (1929), representaría los niveles más altos del Cámbrico superior, incluye también, en los niveles superiores, el Tremadociense.

Recientemente, BOULAUARD y VIALARD (1971) han identificado, mediante el análisis de polen, el Pérmico de la Serranía de Cuenca (región de Landete-Henares). Posteriormente, TALENS y MELÉNDEZ (1972) señalan la existencia de un posible Pérmico o Pérmico más Estefaniense, en otra región de la Serranía de Cuenca (región de Masegosa), aunque sin aportar pruebas paleontológicas. HERNANDEZ (1973), aunque sin aportar datos paleontológicos, confirma la existencia de Pérmico en la región de Atienza, ya supuesto por autores anteriores, y da una serie del mismo para aquella región (*).

Como resultado de nuestras investigaciones, y teniendo en cuenta los datos estratigráficos de los autores anteriores, hemos distinguido una serie de unidades estratigráficas o formaciones.

Para las formaciones definidas por los autores germanos hemos tomado la resolución de traducir el término *Schichten* por *Formación*, con lo que hemos rebautizado las formaciones de LOTZE, SACHER y otros, aunque hemos respetado algunas, debido a que son formaciones usadas durante largo tiempo en la estratigrafía española.

Fm. de Montesoro.—Areniscas y arcillas de tonos rojos que se encuentran bajo los conglomerados del Buntsandstein, separadas por una suave discordancia (SACHER).

Fm. de la Ermita.—Conjunto carbonífero que descansa discordante sobre los materiales paleozoicos inferiores (SACHER).

Fm. de Aragoncillo.—Conjunto de pizarras arcillosas, en la base conglomerático, que se encuentran en la región de Aragoncillo sobre los últimos niveles del Ordovícico y bajo las cuarcitas del Valentense (comprende los niveles que SACHER correlaciona a la Fm. Orea).

(*) Posterior a la redacción de esta nota y estando en imprenta el presente trabajo se han publicado nuevos datos sobre el Pérmico y Carbonífero de la región de Molina de Aragón. Ver: Addenda Bibliográfica.

Fm. Calizas de El Pobo.—Formación superior del Ordovícico; está constituida normalmente por dos miembros, uno superior, calcáreo, y el inferior, cuarcítico-detrítico.

Fm. Grauwackas de la Venta.—Conjunto de pizarras y grauwackas que se encuentran bajo los niveles inferiores de la formación calizas de El Pobo y las cuarcitas basales del Ordovícico.

Fm. Cuarcitas armoricanas.—Formación cuarcítica basal del Ordovícico (LOTZE).

Fm. Pizarras de las Minas.—Se ha denominado así una serie arcillosa que hemos encontrado en la zona de las minas de Ojos Negros, bajo la formación cuarcitas armoricanas.

Fm. Capas de Ateca.—Formación ya definida por LOTZE para los niveles más altos del Cámbrico en nuestra región, y que, según las últimas investigaciones incluye también el Tremadociense.

2. DESCRIPCIONES LOCALES.

Para su mejor estudio, los materiales paleozoicos aflorantes en nuestra región los hemos agrupado en tres unidades geológico-geográficas. Estas unidades son (ver fig. 2):

I) *Unidad Aragoncillo-Torremocha.*—Comprende esta unidad el macizo paleozoico situado en el borde septentrional de la región estudiada, orientado de NW-SE, situado al N y NW de la línea de Molina de Aragón-Aragoncillo.

Incluimos también en esta unidad la franja de materiales primarios situados al S del Macizo de Aragoncillo, y que en una orientación casi paralela a ésta, se sitúa al S de Torremocha del Pinar.

II) *Unidad Sierra de El Pobo.*—Comprende esta unidad, los materiales paleozoicos situados al norte de la carretera de Monreal del Campo a Molina de Aragón. Se trata de un conjunto alineado de NW a SE, que comienza en Pedregal y tiene sus últimas estribaciones al sur de Campillo de Dueñas.

III) *Unidad Sierra Menera.*—Incluimos aquí los macizos paleozoicos que, situados al sur de la carretera mencionada anteriormente, se alinean ha-

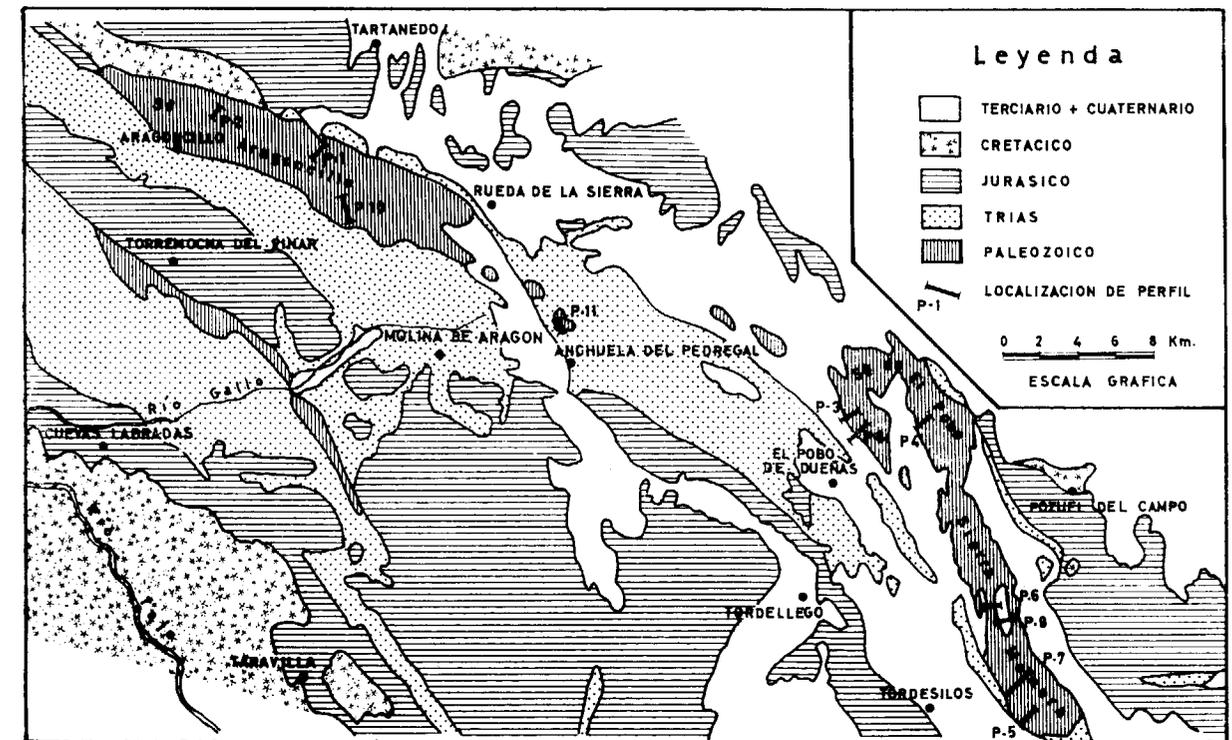


Figura 2

cia el SE hasta el límite meridional de la región estudiada.

El estudio estratigráfico de los materiales paleozoicos presenta grandes dificultades, como consecuencia de no existir cortes naturales profundos, lo cual se debe al hecho de que los bloques paleozoicos están fuertemente arrasados por superficies de erosión revestidas por gravas y suelos, las cuales se han conservado hasta la actualidad, debido a que la red fluvial apenas está encajada en ellos, cosa que contrasta con los ríos que vierten directamente al Mediterráneo.

Esto hace que los afloramientos sean muy escasos, e incluso hay zonas completamente inaccesibles desde el punto de vista geológico.

Como consecuencia de ello, nos hemos visto obligados, en determinados sectores, a levantar numerosos perfiles estratigráficos parciales o esquemáticos, reseñando solamente las formaciones más importantes y sin poder dar detalles minuciosos de éstas.

Se han levantado 18 perfiles estratigráficos, de los cuales aquí reseñamos los más significativos.

2.1. ORDOVÍCICO.

2.1.1. Aragoncillo-Torremocha.

2.1.1.a. *Perfil de Pardos (P-1).*—Siguiendo el camino de Canales a Tartanedo, a partir de Las Cabezuelas (2,5 Km. al WNW de Pardos) y avanzando hacia el S, se observa la siguiente sucesión:

Techo.—5. Cuarcitas. Contacto mecánico.

4. Zona muy cubierta. Areniscas pardo herrumbrosas. Potencia de 7 metros.

3. Pizarras detríticas, areniscas pizarrosas y grauwackas de tonos pardo verdoso, micáceas, grises en corte, con: *Placoparia tourmenei* ROU., *Iliaenus hispanicus* VERN., *Synhomalonotus* (BRONGN). Potencia, 12 m.

2. Pizarras pardo amarillentas, superficie satinada. Potencia, 4 m.

1. Areniscas grises, laminadas. Potencia, 3 m.

Yacente. Contacto mecánico. Nuevamente, nivel 3.

En el barranco situado inmediatamente al W del Barranco Hontanar, NE de Sierra Alta, hemos en-

contrado unas pizarras detríticas de tonos rojos, que alternan con calcoesquistos del mismo color, y que parecen ser superiores a nivel 4, y conteniendo la fauna siguiente: *Colpocoryphe arago* (ROUALT) *Synhomalonotur tristani* (BROUGN). *Orthoceras* sp. Potencia, 10-15 m.

Resumen del perfil:

Los niveles 4-1.— Fm. Grauwackas de la Venta. Potencia vista, 26 m.

2.1.1.b. Perfil Hontezuela (P-2).— Perfil esquemático a partir de unos 3 Km., al NNE de Aragoncillo, hacia el N, pasando por Hontezuela (ver figura 3).

Techo.—6. Cuarcitas blancas granudas, estratificación no muy marcada que se hace más patente en los niveles superiores, donde existen bancos con estratificación cruzada. Contiene huellas de *Scolithus*. Potencia, 70-90 m.

5. Pizarras detríticas de tonos pardo amarillentos, a veces rojizas y tacto suave, con intercalaciones de areniscas. Potencia, 70-80 m.

4. Cuarcitas blancas, grano fino, alternando con areniscas blancas, a veces con moteado rojizo ferruginoso, en bancos de 25-70 cm. Se ven secciones circulares, posibles huellas de burrows. Potencia, 60-65 m.

3. Serie alternante compuesta por areniscas rojas, pizarras detríticas y pizarras arcillosas. Potencia, 70-80 m.

2. Cuarcitas y areniscas blancas granudas, estratificación no muy marcada en bancos de 25-50 cm. Potencia, 30-40 m.

Yacente: 1. Pizarras pardas, verde en corte, algo satinadas, alternando con lechos de areniscas y cuarcitas. Potencia, superior a 60 m.

Resumen de perfil:

Los niveles 6-2: Fm. Cuarcitas Armonicanas. Potencia apreciada, 340 m.

1. Fm. Capas de Ateca. Potencia, superior a 60 metros.

Potencia total, 400 m.

2.1.2. Sierra de El Pobo.

2.1.2.a. Perfil de Los Cabezos (P-3).— Se levanta este perfil siguiendo el camino de Los Cabe-

zos de Odón, comenzando 2,5 Km. al N de El Pobo de Dueñas (ver figura 4).

Techo.—21. Cuarcitas blancas granudas en lechos de 10-15 cm. Potencia vista, 6 m.

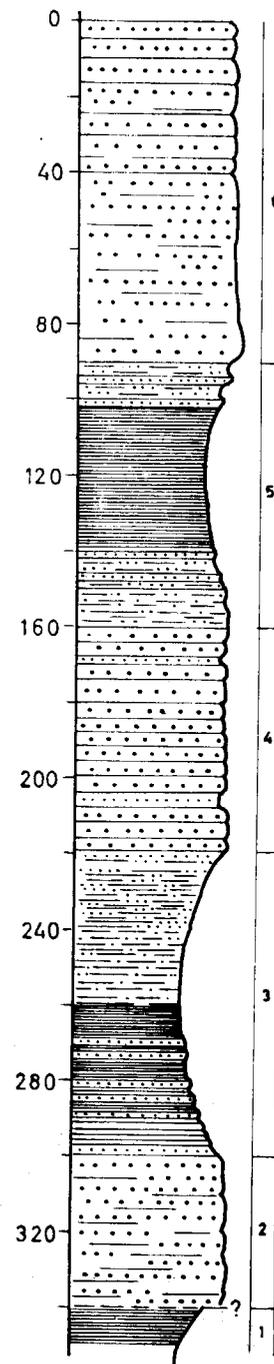


Figura 3

20. Alternancia de areniscas silíceas en bancos de 35-40 cm. con estratificación cruzada, y cuarcitas blancas, en lechos de 20 cm. Potencia, 50 m.

19. Zona cubierta, 8 m.

18. Dolomías y calizas dolomíticas masivas, de tonos pardos, tinte ferruginoso, en las que se ven zonas de siderita. Hacia la base se hacen algo silíceas y la estratificación se hace algo más neta. Potencia, 130-150 m.

17. Zona cubierta, 3 m.

16. Cuarcitas blancas. Potencia, 0,70 m.

15. Cuarcitas verdes, granudas. Potencia, 0,70 metros.

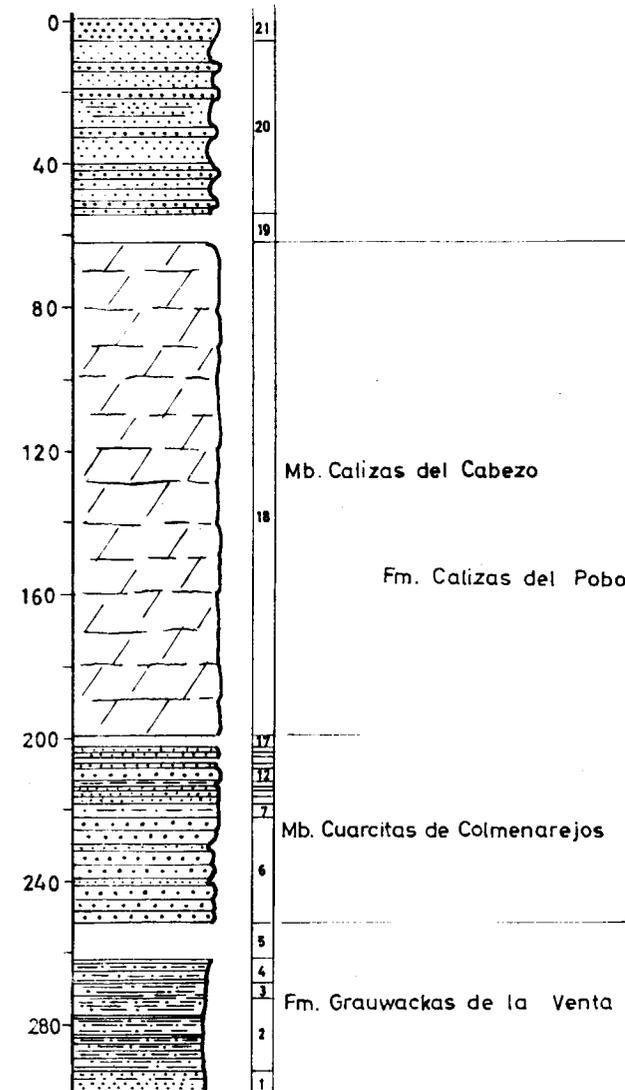


Figura 4

Zona cubierta. Potencia, 2 m.

13. Arenisca silíceica blanca, granuda. Potencia, 0,80 m.

12. Cuarcitas beige, en bancos de 20-40 cm. Potencia, 4 m.

11. Pizarras pardo micáceas. Potencia, 0,70 m.

10. Cuarcitas análogas a 15. Potencia, 1 m.

9. Areniscas silíceicas y cuarcitas de color beige en bancos de 30-40 cm. Potencia, 1,5 m.

8. Cuarcitas blancas, en bancos de 20-40 cm. Potencia, 1,4 m.

7. Cuarcitas pizarrosas blancas, con laminación paralela, en lechos de 5-8 cm., alternando con areniscas pardas y pizarras detríticas, micáceas, en lechos de 5-7 cm. Potencia, 4 m.

6. Cuarcitas blancas en bancos de 20-40 cm., que presentan moteado rojizo y alguna intercalación areniscosa. Potencia, 30 m.

5. Zona cubierta, 10 m.

4. Pizarras detríticas pardas con pátina rojiza. Potencia, 7 m.

3. Calcoesquistos negruzcos, muy fragmentados. Potencia, 4 m.

2. Pizarras detríticas grises, micáceas, con intercalaciones amarillentas, con corteza limonítica. Potencia, 20 m.

Yacente 1. Grauwackas y pizarras detríticas, verdes, pardas en superficie.

Unos 500 m. al SE de este perfil, a partir de la cota 1373, la serie es:

6. Cuarcitas blancas a gris, en bancos de 15-20 cm. Potencia vista, 8-10 m.

5. Zona cubierta, 5 m.

4. Esquistos de color gris oscuro impregnados de pátina rojo intenso a violáceo, posible calcoesquistos. Potencia, 10 m.

3. Esquistos grises a gris azulado intenso, separados en lechos de 10-15 cm. por costras ferruginosas. Potencia, 12 m.

2. Esquistos análogos a los anteriores, pero de tonos más claros. Potencia, 15 m.

1. Pizarra detrítica gris oscuro con algo de mica, que se separa formando bolas elipsoides.

El nivel 6 de esta serie se correlaciona con el nivel 6 en el perfil de Los Cabezos.

Resumen de perfil:

Los niveles 21-19.—Cuarcitas del Valentiense. Potencia vista, superior a 50 m.

Los niveles 18-6.—Fm. Calizas de El Pobo. Potencia, 190 m.

Los niveles 5-1.—Grauwackas de la Venta. Potencia, ?

Potencia total, 285 m.

Los niveles 18-6 constituyen una unidad litoestratigráfica, a la que hemos llamado *Formación Calizas de El Pobo*.

Esta unidad sólo se presenta completa en el perfil descrito.

La hemos dividido en dos miembros, el superior calcáreo, al que llamamos *Miembro Calizas de El Cabezo*, y otro inferior, cuarcítico, llamado *Miembro cuarcitas de Colmenarejos*.

2.1.2.b. *Perfil del Arroyo de la Hoz (P-4)*.—Se puede seguir este perfil, aunque está bastante cubierto por vegetación, en el sector comprendido entre el Arroyo de la Hoz (NE de El Pobo de Dueñas) y el camino de El Pobo a Blancas, comenzado a partir del primer barranco que se encuentra en la margen derecha (S) del Arroyo de la Hoz, avanzando en sentido WE hasta el camino de Pedregal a Odón.

Techo.—11. Cuarcitas blancas granuladas en bancos de 25-30 cm. Potencia, 30 m.

10. Cuarcitas grises granudas, algo arenosas en lechos de 10-15 cm. En algunos bancos hay laminación a veces ondulada. Potencia, 35 m.

9. Cuarcitas blancas y beigeas, en lechos de 3-4 cm., con superficie de separación cubiertas por láminas areniscosas de 3-4 cm. Potencia, 7 m.

8. Alternancia de cuarcitas en bancos de 10-20 cm., con lechos de areniscas laminadas de 10 centímetros. Se ven *Cruzianas*. Potencia, 40 m?

7. Cuarcitas blancas con laminación y huellas circulares, posible sección de *Scolithus*. Potencia, 5 m.

6. Areniscas pardas en lechos de 10 cm. Potencia, 2 m.

5. Cuarcitas blancas, granudas en bancos de 0,40 a 1 m., a veces estratificación poco marcada. Potencia, 40 m.

4. Cuarcitas blancas, grano fino, bien estratificadas en bancos de 20-30 cm. Potencia, 35 m.

3. Alternancia de pizarras grises, en capas de 30-90 cm. y areniscas marrones, en bancos de 40-60 cm. laminados. Hacia abajo, las pizarras son menos detríticas, pasando a pizarras azul oscuro, brillo pavonado, a veces estructura nodular, alternando con grauwacks. Potencia, 60-70 m.

2. Alternancia de pizarras detríticas y areniscas pizarrosas de tonos pardos. Se ven *Cruzianas*. Potencia, 25 m.

Yacente 1.—Contacto mecánico. Cuarcitas grises con pátina violeta en bancos de 15-20 cm.

Resumen del perfil:

Todos los niveles pertenecen a la Formación Cuarcitas Armoricanas. Potencia vista, 300 m.

2.1.3. *Sierra Menera*.

2.1.3.a. *Perfil de la Venta (P-5)*.—Este perfil se ha levantado partiendo de la Venta existente junto a la carretera de Villar del Salz a Ródenas, junto al desvío de Tordesilos, avanzando hacia el NE.

Techo.—27. Cuarcitas de color gris, con pátina violeta, granudas, en bancos de 10-50 cm., separadas por láminas de menos de 1 cm. de arenisca de color violeta. Potencia vista, 4 m.

26. Serie alternante de areniscas y cuarcitas de color gris, pátina rojiza, en lechos de 5-10 cm., con areniscas laminadas, de tonos violeta, en cortes grises, formando lechos de 1-15 cm., con láminas de mica en las superficies de separación. Potencia, 5 metros.

25. Grauwackas y pizarras detríticas, de tonos pardos, color marrón oscuro a violeta, con estructura de bolas, presentando en su parte central material algo más detrítico y de tono verdoso. Potencia, 5 m.

24. Alternancia de areniscas silíceas, de color violeta intenso, en corte verdosas, que hacia la base pasan a grauwackas en bancos de 15-25 cm. y pizarras rojas, micáceas, en lechos de 4-14 cm. Potencia, 6 m.

23. Alternancia de pizarras detríticas, micáceas, de tonos rojos, con otras de tonos pardos. Potencia, 1,5 m.

22. Esquistos y grauwackas pardo micáceas, con estructura en bolas análoga a 25. Potencia, 3 m.

21. Areniscas silíceas gris, granuda, bien cementada, en bancos de 25-30 cm. Potencia, 0,70 m.

20. Areniscas blancas, laminadas. Potencia, 0,10 metros.

19. Arenisca roja. Potencia, 0,40 m.

18. Pizarras ampelíticas negras. Potencia, 3 cm.

17. Arenisca roja. Potencia, 0,40 m.

16. Areniscas blancas y rojas, micáceas. Potencia, 1 m.

15. Areniscas grises, en bancos de 20 cm., alternando con areniscas laminadas y pizarras detríticas grises, en lechos de 15-20 cm. Potencia, 4 m.

14. Pizarras detríticas y grauwackas, pardo verdosas, con estructura en bolas análogas a 25. Potencia, 3 m.

13. Areniscas y cuarcitas grises, en lechos de 10-15 cm., alternando con areniscas laminadas y pizarras detríticas grises, con bancos de 20-25 cm. Potencia, 10 m.

12. Areniscas micáceas pardas, en bancos de 10-20 cm., alternando, con pizarras detríticas verdes, en bancos de 15-20 cm. Potencia, 8 m.

11. Pizarras detríticas micáceas y grauwackas, de tonos pardo verdoso, en lechos de 10-15 cm., que se unen formando bancos de 30-60 cm. Potencia, 35 m.

10. Areniscas color marrón, en lechos de 10-15 cm., alternando con pizarras grises, en bancos de 20-25 cm. Potencia, 4 m.

9. Zona cubierta, 4 m.

8. Areniscas micáceas rojizas en superficie (gris en corte), que hacia la base pasan a arenisca gris verdoso, superficie micácea, en lechos de 5-10 cm., separadas por pizarras marrones, en láminas de menos de 1 cm. Potencia, 3 m.

7. Cuarcitas granudas, verdosas, en bancos de 30-50 cm., con mica en la superficie de separación. Potencia, 4 m.

6. Pizarras y esquistos detríticos, micáceos, de color verde oscuro, en láminas de 1 cm., o inferiores, que se agrupan formando bancos de 1 m. Potencia, 3 m.

5. Pizarras satinadas negras, que en superficie presentan tonos muy oscuros de diferentes colores, verde, azul o marrón, con nódulos más duros, de tamaño de huevo. Potencia, 25 m.

4. Areniscas pizarrosas, grises. Potencia, 3 m.

3. Pizarras detríticas pardas, verdosas, muy micáceas, con delgadas pistas análogas a las de *Fuoides*. Potencia, 50 m.

2. Pizarras ampelíticas azul intenso, casi negras, análogas a 5, con delgadas pasadas de lechos de cuarcitas. Potencia, 5 m.

Yacente 1. Cuarcitas en bancos potentes de más de 1 m., granudas, aspecto sacaroideo. Se ven tubos de *Scolithus*.

Resumen de perfil:

Los niveles 27-26.—Fm. Calizas de El Pobo (Mb Cuarcitas de Colmenarejos). Potencia, ?

Los niveles 23-2.—Constituyen una unidad litoestratigráfica a la que denominamos *Formación Grauwackas de la Venta*. Potencia, 175 m.

El nivel 1.—Fm. Cuarcitas Armoricanas. Potencia total, 195 m.

2.1.3.b.—*Perfil de Solana El Lobo (P-6)*.—Bajo la Solana El Lobo, en un descubierto de las labores mineras, se observa la siguiente sucesión.

Techo.—4. Cuarcitas con secciones circulares de color blanco.

3. Contacto no claro. Pizarras gris verdoso a grises, con intercalaciones de areniscas y cuarcitas con pátina rojiza. Potencia, 60 m.

2. Areniscas con pátina ferruginosa negra. Potencia, 4 m.

1. Pizarras rojas, detríticas, incluso conglomerado rojo, que presenta cantos blandos orientados. Hacia la base arcillas de tonos rojos. Potencia vista 40 m.

Yacente. No visto.

Resumen de perfil:

El nivel 4.—Fm. Cuarcitas Armoricanas.

Los niveles 3-1.—Forman una unidad inferior a la Fm. Cuarcitas Armoricanas, y que llamaremos *Formación Pizarras de las Minas*. Potencia vista, superior a 100 m.

2.1.3.c.—*Perfil Ermita de San Marcos (P-7)*.—Perfil esquemático que se observa desde unos 200 metros al W de la Ermita de San Marcos (3 Km. al NE de Tordesillos), avanzando en sentido NE has-

ta los depósitos de agua, al N de El Chaparral (ver figura 5).

Techo.—6. Areniscas y conglomerados del Buntsandstein.

DISCORDANCIA.

5. Cuarzitas y areniscas cuarcíferas, de intenso color rojo, en bancos de 20-24 cm., alternando con pizarras, calcoesquistos y areniscas pizarrosas, micáceas, con pátina rojiza. Potencia, 150-180 m.

4. Cuarzitas blancas o beige, en bancos de 1 m. o más, que a veces presentan pátina ferruginosa. Potencia, 120-130 m.

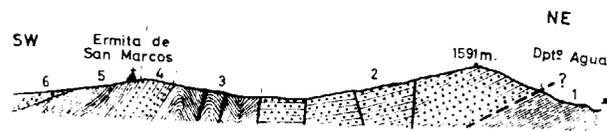
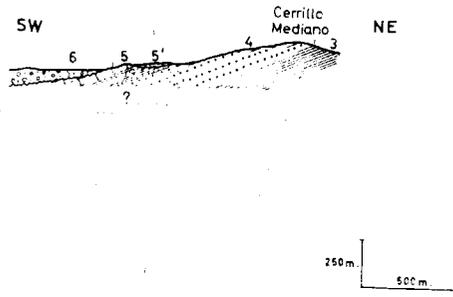


Figura 5

3. Serie detrítica, compuesta por pizarras, areniscas pizarrosas y grauwackas, de tonos pardos a verde oscuro, casi negras, con mica. Hacia la base las pizarras presentan pistas. Están muy tectonizadas. Potencia, 150-200 m.

2. Contacto mecánico. Cuarzitas compactas blancas, con huellas de *Scolithus* que pasan a cuarcitas arenosas y areniscas de tonos rojizos. Potencia, superior a 300 m.

Yacente 1. Zona muy cubierta. Pizarras pardas y grises, alternando con cuarcitas y areniscas de tonos pardos rojizos. Potencia posible, 100-120 m.

Resumen de perfil:

El nivel 6.—Triásico inferior.

Los niveles 5-4.—Formación Calizas de El Pobo. Potencia, 270-300 m.

El nivel 5 constituye una unidad estratigráfica equivalente al Mb. Calizas de Los Cabezos, a la que llamaremos *Miembro Areniscas de Tordesilos*.

El nivel 3.—Fm. Grauwackas de la Venta. Potencia, 150-200 m.

El nivel 2.—Cuarzitas Armoricanas. Potencia, superior a 300 m.

El nivel 1.—Fm. Pizarras de las Minas. Potencia, 100 m.?

Potencia total, 850-1.000 m.?

Unos 2,5 Km. al NNW del Perfil Ermita de San Marcos, en la zona comprendida entre Cerrillo Mediano y la Cerrada de las Chozas (5 Km. al SE de Setiles), se puede seguir los niveles identificados en el mencionado perfil, formando la siguiente sucesión:

Techo. — 6. Areniscas y conglomerados del Buntsandstein.

DISCORDANCIA.

5. Dolomías pardas, blancas en corte, con nódulos de siderita. Potencia vista, 10-15 m.

5. Zona cubierta. Potencia, 70 m.

4. Cuarzita beige, grano fino, alternando con lechos de areniscas micáceas, con moteados de óxidos de hierro. En la parte inferior, cuarcitas algo oquerosas y areniscas. Potencia, 200-250 m.

3. Contacto cubierto. Grauwackas y pizarras detríticas, pardas amarillentas, con mica. Potencia, 100 m.?

2.1.4. Resumen estratigráfico.

A la vista de los perfiles estudiados, podemos hacer el siguiente resumen para cada unidad:

2.1.4.a. Unidad Aragoncillo-Torremocha. — Del análisis de los perfiles descritos, el Ordovícico para la Unidad Aragoncillo-Torremocha, está formado por las siguientes formaciones:

Techo.—4. Fm. de Aragoncillo y Cuarzitas Silúricas.

3. Fm. Calizas de El Pobo. Compuestas por calizas y dolomías de tonos grises a pardos, cuya

potencia no sobrepasa los 20 m. (y que localmente pueden faltar), que se apoyan sobre cuarcitas y areniscas rojizas de 8 a 10 m. de espesor.

SACHER dice haber encontrado unos moldes mal conservados, atribuibles a *Orthis ellipsoide*, en unas pizarras y grauwackas, que están bajo los niveles cuarcíticos inferiores de la Formación calizas de El Pobo, y que nosotros por afinidad litológica hemos incluido en la formación grauwackas de la Venta. Potencia total, 10-30 m.

2. Fm. Grauwackas de la Venta. Conjunto detrítico formado por alternancia de pizarras micáceas, grauwackas y algún calcoesquistos, contienen: *Placoparia tournemenei* ROU., *Illaenus hispanicus* VERN., *Synhomalonotus tristani* (BRONG.), *Colpocoryphe arago* (ROUALT.), *Orthis* sp., *Orthoceras* sp., Potencia, 40-60 m.

1. Fm. Cuarzitas Armoricanas. Compuesta por cuarcitas y pizarras, en la que se pueden distinguir los siguientes miembros:

Mb. cuarcítico superior. Potencia, 70-90 m.

Mb. pizarroso superior. Potencia, 70-80 m.

Mb. cuarcítico medio. Potencia, 60-65 m.

Mb. pizarroso inferior. Potencia, 60-70 m.

Mb. Cuarcítico inferior. Potencia, 30-40 m.

En el miembro cuarcítico superior son frecuentes las huellas de *Scolithus* y Cruzianas que desaparecen en los niveles inferiores.

LOTZE cita en unos niveles pizarrosos, al parecer correspondientes al Miembro pizarroso inferior, la existencia de *Lingula* y *Dinobolus*. Potencia, 300-350 m.

Esta formación, todos los autores que la han estudiado (LOTZE, SACHER), la consideran equivalente a las Cuarzitas Armoricanas.

Fm. Capas de Ateca? La Formación Cuarzitas Armoricanas descansa sobre una serie pizarrosa con intercalaciones de areniscas y cuarcitas, que aflora al N de Hontezuela, y que pudieran equivalerse a las de Formación de Capas de Ateca, aunque por las características del afloramiento no hemos podido hacer un análisis estratigráfico. Potencia visible, 60 m.?

2.1.4.b. Unidad Sierra de El Lobo. Para la región de Sierra de El Pobo, el Ordovícico presenta las mismas formaciones que las de la Sierra de Aragoncillo.

Techo.—4. Cuarzitas del Silúrico.

3. Calizas de El Pobo. En esta unidad podemos distinguir en esta formación dos miembros:

b) Mb. Calizas del Cabezo. Está constituido por calizas y dolomías blancas, con superficie parda ferruginosa, con nódulos de siderita. Su potencia oscila entre 0-150 m.

a) Mb. Cuarzitas de Colmenarejos, inferior, detrítico, formado por cuarcitas y areniscas. Potencia, 0-60 m.

El miembro inferior puede faltar, quedando como único representante de la formación, el miembro calcáreo (ver figura 6).

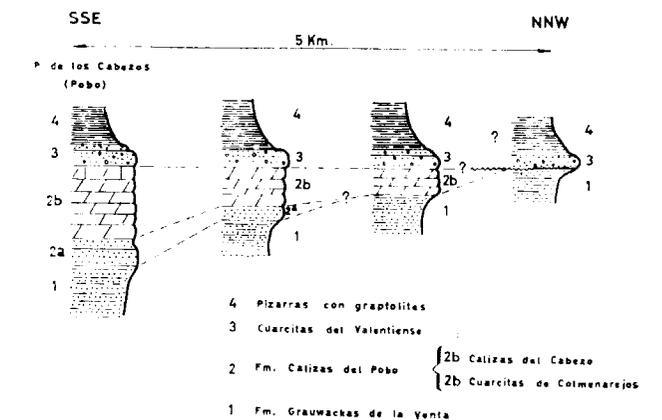


Figura 6

2. Fm. Grauwackas de la Venta. En esta unidad no hemos encontrado fósiles, pero sus analogías litológicas con las de Aragoncillo y Sierra Menera son muy marcadas. Está compuesta por pizarras detríticas y grauwackas, principalmente. Potencia apreciable 120-200 m.

1. Fm. Cuarzitas Armoricanas. Formación cuarcítica en la que se distingue análogamente a como ocurría en la Sierra de Aragoncillo los siguientes miembros:

Mb. cuarcítico superior. Potencia, 120-140 m.

Mb. pizarroso superior. Potencia, 30-50 m.

Mb. cuarcítico pizarroso medio. Potencia, 90-110 m.

Mb. cuarcítico inferior. Potencia, superior a 70 m.

En el miembro cuarcítico superior hay huellas de *Scolithus*, y en el cuarcítico medio, pistas de Cruzianas. Potencia, 300-360 m.

2.1.4.c. *Unidad Sierra Menera*. Análogamente a las dos unidades anteriores se puede distinguir:

Techo.—5. Fm. de Aragoncillo? y Cuarcitas. Silúrico.

4. Fm. Calizas de El Pobo. Serie cambiante en la que se distinguen los miembros siguientes:

b) Mb. Calizas del Cabezo. Constituido por dolomías y calizas análogas a las de la unidad de El Pobo. Potencia previsible, 100-200 m. (las calizas que soportan la mineralización de Ojos Negros pertenecen, en nuestra opinión, a este miembro).

Al parecer, hacia el S y W, este miembro calcáreo, si no en su totalidad, al menos en gran parte, está representado por

b') Mb. Areniscas de Tordesilos. Conjunto arenisco-pizarroso, de intenso color rojo, con intercalaciones de cuarcitas y calcoesquistos de tonos pardo-ferruginosos. Potencia, 150-200 m. (ver figura 7).

El estudio del paso de este miembro, al calcáreo, no ha sido posible realizarlo detalladamente, debido a la falta de continuidad en los afloramientos.

a) Mb. Cuarcitas de Colmenarejos. Miembro inferior, de características litológicas análogas a las ya citadas en las otras unidades. Potencia, 70-140 metros.

Potencia total de la formación, 170-350 m.

3. Fm. Grauwackas de la Venta. Pizarras y Grauwackas conteniendo restos de trilobites. En los niveles superiores presentan estructuras en bolos, contienen *Synhomalonotus* sp., *Orthis* sp., Potencia, 180-200 m.

2. Fm. Cuarcitas Armoricanas. No se ha podido identificar los miembros cuarcíticos y pizarrosos por separado, se trata de una formación eminentemente cuarcítica con intercalaciones de pizarras y areniscas. Se ven huellas de *Scolithus* y Cruzianas. Potencia, superior, 300 m.

1. Fm. Pizarras de las Minas. Formación pizarrosa, con intercalaciones de cuarcitas, cuya relación con la formación superior no se ha podido establecer bien. Potencia, superior a 100 m.

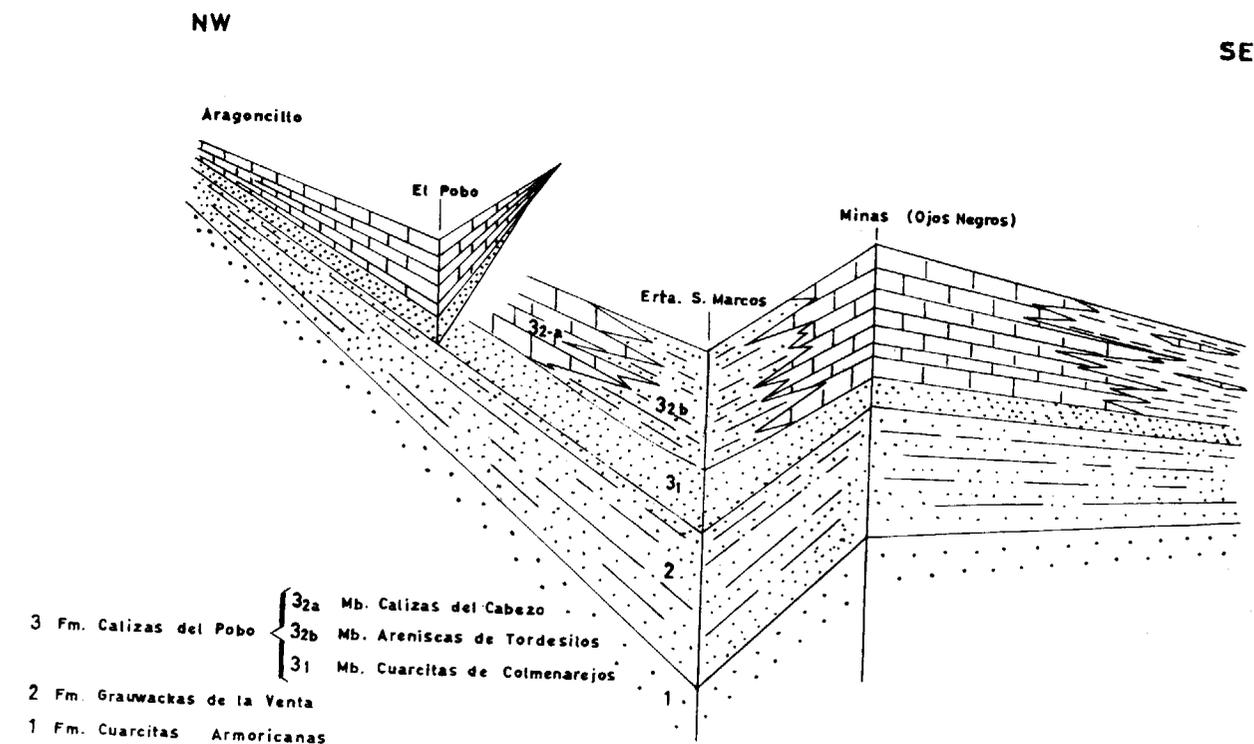


Figura 7

2.2. SILÚRICO.

2.2.1. Silúrico de Aragoncillo-Torremocha.

En la región de Aragoncillo, los materiales silúricos están representados por cuarcitas y areniscas, que generalmente descansan sobre los niveles calcáreos del Ordovícico.

A veces, la base de estas cuarcitas la constituyen unos niveles brechosos.

La potencia de esta serie cuarcítica no suele pasar de los 30 m.

En las proximidades de la fuente la "Morrionera" hemos encontrado, directamente sobre las calizas del Ordovícico, una serie compuesta por pizarras arcillosas conglomeráticas y pizarras que corresponden a la formación de Aragoncillo (ver epígrafe 1).

En el camino de Rillo a Pardos, en las proximidades con los sedimentos del Carbonífero, existe un pequeño afloramiento (no cartografiable) de pizarras superiores a las cuarcitas.

Más al S, en la zona de Torremocha, es donde las pizarras con graptolites del Silúrico tienen mayor desarrollo. Su estudio estratigráfico detallado no lo hemos podido efectuar, debido a estar esta banda de pizarras muy tectonizada y recubierta. Se trata de pizarras negras, grises, ampelíticas, con intercalaciones cuarcíticas en los niveles más superiores.

En estas pizarras hemos encontrado: *Monograptus fritschi* PERNER (33-35), *M. vomerinus* NICH. (26-31), *M. nudus* LAPW. (21-24), *Retiolites* sp., *Cardiola interrupta* SOW.

SACHER, en esta zona, da la siguiente lista de graptolites recogidos por GREILING: *Gothograptus macilentus* (TÖRNQU.), *Gt. nassa* (HOLM), *Gt. spinosus* (WOOD.), *Monograptus (Pristiograptus) dubius dubius* (Suess.), *M. (P.) bohemicus* (BARR.), *M. (P.) nilssoni* (LAPW.), *M. (Colonograptus) colonus* (BARR.), *M. (c.) roemeri* (BARR.), *M. (Saetograptus) fritschi fritschi* PERNER., *M. (S.) fritschi linearis* BOUC., *M. cf. uncinatus* TULLB.

Su potencia no la hemos podido calcular, pero por analogía con Sierra Menera y Sierra de El Pobo, será superior a los 100-150 m.

Termina la serie silúrica por unas areniscas y cuarcitas de tonos rojizos que afloran en las proximidades de Granja Arandilla. La potencia de esta serie detrítica es de 50-60 m.

2.2.2. Sierra de El Pobo.

Perfil de Val de Bétera (P-8). Perfil levantado esquemáticamente desde el Alto del Marajo (2 Km. al N de El Pobo de Dueñas), hacia el NE, pasando el arroyo de Val de Bétera, hasta el cerro del Val de Bétera (ver figura 8).

Techo.—9. Conglomerado del Bunstsandstein.

DISCORDANCIA.

8. Zona parcialmente cubierta. Pizarras ampelíticas, gris oscuro, arcillosas, tacto suave, que hacia la base se hacen más oscuras, casi negras, y ricas en graptolites. A veces presentan bolos elípticos de 10-15 cm. de diámetro de material arcilloso-detrítico consistente y en su interior se encuentran a veces *Orthoceras*. Alternan con lechos de areniscas ferruginosas. Potencia, 60 m.? *Monograptus vomerianus* NICH (26-31), *Monograptus cf. giganteus* (30), *Monograptus* sp. *Orthoceras* sp.

7. Zona cubierta. Potencia, 30 m.

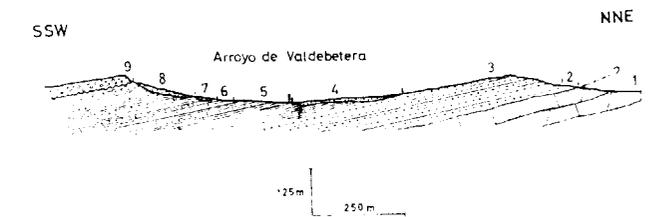


Figura 8

6. Esquistos pardos limonitizados. Potencia, 10 metros.

5. Pizarras ampelíticas grises, superficie color rosado, muy ricas en Graptolites. Presentan intercalaciones de lechos de areniscas y cuarcitas de 10-15 cm., separados entre sí 0,6-1 m. Potencia, 40 m. *Monograptus sedgwicki* PORTIL. (20-21), *Monograptus cf. sedgwicki* PORTIL. (20-21).

4. Zona cubierta. Potencia, 30 m.

3. Cuarcitas granudas, tonos claros, con fractura rojiza, en bancos de 20-40 cm., que hacia la base pasan a cuarcitas de grano fino y color beige. Potencia, 60 m.

2. Cuarcitas granudas, alternando con areniscas grano grueso, en bancos de 60-70 cm. Potencia, 7 metros.

Yacente 1. Contacto no claro. Dolonías masivas, recristalizadas, con nódulos de siderita y limonita. Potencia, superior a 120 m.

En el camino de El Pobo a Odón, unos 700 m. al NE de la Venta de El Pobo, bajo pizarras del nivel 8 se encuentran pizarras ampelíticas negras, alternando con lechos pizarrosos rojos y colores abigarrados: *Monograptus priodón* BRONN. (22-29).

En el mismo camino, bajo las pizarras del nivel 5, se pueden ver unas pizarras muy negras y ricas en graptolites con: *Monograptus cf. elongatus* TÖRNQ. (19), *Monograptus sedgwicki* PORTIL. (20-21), *Monograptus intermedius?* (CARRUTT.) (19-21), *Petalograptus palmeus* BARR. (19-22). *Retiolites* sp.

Resumen de perfil:

El nivel 9.—Triásico inferior.

Los niveles 8-4.—Pizarras del Silúrico. Potencia, 170 m.

Los niveles 3-2.—Cuarцитas del Silúrico. Potencia, 67 m.

El nivel 1.—Fm. Calizas de El Pobo. Potencia, superior a 120 m.

Potencia total, 357 m.

2.2.3.—Sierra Menera.

Perfil de las Minas (P-9). Al E de La Solana el Lobo, en el corte de explotación Barranco, piso quinto, se podía ver esta sucesión:

Techo.—Material escombreras.

5. Pizarras ampelíticas negras, con algún nódulo de pirita?, con huellas de graptolites, inclasificables. Potencia vista, 100 m.

4. Cuarцитas en bancos de 15-25 cm. separadas por lechos de pizarras de 6 cm., alternando con bancos de pizarras grises, con intercalaciones de cuarцитas. Potencia, 3 m.

3. Cuarцитas granudas, con pátina ferruginosa, en bancos de 1 m. Potencia, 6 m.

2. Margas azules, a veces amarillas. Potencia, 10 m.

1. Brecha de cantos cuarcíticos, nada rodados, con pátina ferruginosa. Potencia visible, 1-3 m.

Yacente. Mineral.

Resumen de perfil:

El nivel 5.—Pizarras del Silúrico. Potencia, 100 metros.

Los niveles 4-3. Cuarцитas del Silúrico. Potencia, 9 m.

Los niveles 2-1.—Formación de Aragoncillo? Potencia, 13 m. Potencia total, 122 m.

2.2.4. Resumen estratigráfico.

2.2.4.a. Unidad de Aragoncillo-Torremocha.

En esta unidad, los materiales silúricos están poco representados y en condiciones de observación no favorables para su estudio estratigráfico.

En la región de Aragoncillo sólo están presentes los términos más inferiores de la serie; SACHER da la sucesión siguiente:

Techo.—3. Cuarцитas y areniscas. Potencia, inferior a 30 m.

2. Pizarras arcillosas listadas. Potencia, 10 m.

1. Pizarras arcillosas, en la base conglomeráticas, con cantos calcáreos. Potencia, 8 m.

Yacente. Calizas del Ordovícico.

El nivel 1, SACHER lo asocia a la "Fm. de Orea", que GREILING (1960, inéd.) describe en las regiones más meridionales.

Nosotros, en nuestras observaciones, estamos de acuerdo con lo descrito por SACHER. Hemos observado estas capas sobre las calizas existentes unos 500 metros al E de la fuente de la "Morriónera".

En nuestra opinión, todo el conjunto pizarroso-arcilloso (niveles 1 y 2), comprende una unidad litoestratigráfica, a la que hemos llamado Formación de Aragoncillo.

Solamente hemos encontrado pizarras del Silúrico superior en un pequeño afloramiento (no cartografiado) que existe en el camino de Rillo a Pardos, en las proximidades con los materiales carboníferos.

Más al S, en la zona de Torremocha, es donde las pizarras con graptolites del Silúrico tienen mayor desarrollo. Su estudio estratigráfico detallado no lo hemos podido efectuar, debido a estar esta banda de pizarras muy tectonizada y recubierta. Se trata de pizarras negras, grises, ampelíticas, con intercalaciones cuarcíticas en los niveles más superiores.

En estas pizarras se han encontrado, según hemos dicho en el epígrafe 2.2.1: *Monograptus fritschi* PENNER. (33-35). *M. vomerinus* NICH. (26-31), *M. nudus* LAPW. (21-24) *Retiolites* sp., *Cardiola*

interrumpa SOW., *Gothograptus macilentus* TÖRNQ., *Gt. nassa* (HOLM.), *Gt. spinosus* (WOOD.), *Monograptus (Pristiograptus) dubius dubius* (SUESS.), *M. (P.) bohemicus* M. (P.) *nilssoni* (LAPW.), *M. (Colonograptus) colonus* (BARR.), *M. (c.) roemeri* (BARR.), *M. (Saetograptus) fritschi fritschi* PENNER., *M. (S.) fritschi linearis* BOUC., *M. cf. uncinatus* TULLB.

Su potencia no la hemos podido calcular, pero por analogía con Sierra Menera y Sierra de El Pobo será superior a los 100-150 m.

Termina la serie Silúrica por unas areniscas y cuarцитas de tonos rojizos que afloran en las proximidades de Granja Arandilla. La potencia de esta serie detrítica es de 50-60 m.

2.2.4.b. *Unidad Sierra de El Pobo.* Según se deduce del perfil de Val de Bétera, en la Sierra de El Pobo la serie es la siguiente:

Buntsandstein.

DISCORDANCIA.

2. Pizarras con: *Monograptus vomerianus* NICH. (*) (26-31), *M. cfr. giganteus* (30), *M. priodón* BRONN. (22-29), *Petalograptus palmeus* BARR. (19-22), *Monograptus cfr. sedgwicki*. (20-21), *M. intermedius?* (CARRUTH.), *M. cfr. elongatus* (TÖRNQ. 19), *Retiolites* sp. *Orthoceras* sp. Potencia vista, 170 m.

1. Cuarцитas. Potencia, 60-80 m.

2.2.4.c. *Unidad de Sierra Menera.* En la Sierra Menera, el Silúrico ha sido desmontado casi en su totalidad por las labores efectuadas para la explotación de las Minas de Ojos Negros.

La serie observada es:

3. Pizarras con graptolites. Potencia, 100 m.

2. Cuarцитas. Potencia, 9 m.

1. Fm. de Aragoncillo. Potencia, 13 m.

KINDELAN (1918) y BARGALLO (1928) citan la siguiente fauna, tomada de una escombrera en la zona de las Minas: *Monograptus nilssoni* (BARR.) y *M. convolutas* HISINGER., *Diplograptus palmeus.*, BARR., *D. pristii* HISS.

(*) Quiero agradecer la colaboración a los doctores Villalta y Reguant, de la Universidad de Barcelona, por sus determinaciones de los fósiles paleozoicos.

2.3. CARBONÍFERO.

2.3.1. Aragoncillo-Torremocha.

Perfil de Rillo (P-10). Se ha levantado este perfil al N de Rillo de Gallo, comenzando en el Barranco de los Danzantes, en un punto situado 500 metros al S de una ermita en ruinas allí existente. Techos:

44. Arcillas de formación de Montesorro.

DISCORDANCIA?

43. Lidita de color verdoso a gris claro, muy fragmentada. Potencia, 2 m.

42. Calizas grises, silíceas, grano muy fino, en bancos de 50 cm., con lentejones y nódulos de sílex. A tramos, calizas microglandulares. Se encuentran restos vegetales fósiles silicificados de gran tamaño. Potencia, 8 m.

41. Nivel calcáreo ferruginoso, de forma irregular. Potencia, 0,50 m.

40. Caliza silícica, grano muy fino en bancos de 50-60 m. Potencia, 3 m.

39. Pizarras negras en superficie de tonos azules, satinadas, laminadas, con finas intercalaciones de lechos de 3-4 cm. de calcoesquistos verdosos. Alguna intercalación de areniscas pardas de 30 cm. Potencia, 8 m.

38. Banco silícico, lidita de tonos grises, pátina ferruginosa. Potencia, 0,20 m.

37. Pizarras arcillosas negras, grises en superficie, de un grano algo más grueso que 39. Potencia, 1,5 m.

36. Areniscas verdosas, con punteado rojizo, cemento feldespático, en lechos de 10-15 cm. Potencia, 2 m.

35. Pizarras negras, gris oscuro en superficie, brillantes, grano fino, con lechos intercalados de 10-12 cm. de cuarцитas. Potencia, 5 m.

34. Cinerita gris verdosa, grano fino, algo ferruginosa. Potencia, 1 m.

33. Pizarras negras laminadas, análogas a 35. Potencia, 2 m.

32. Cinerita, análoga a 34. Potencia, 0,70 m.

31. Pizarras y esquistos negros, algo más silíceas que las 33. Potencia, 5-6 m.

30. Areniscas y cuarцитas grises, granudas, con lentejones de lidita negros. Potencia, 1,5 m.

29. Pizarras ampelíticas negras, laminadas. Potencia, 1,75 m.
28. Cinerita verde claro, porosa. Potencia, 0,80 metros.
27. Pizarras negras satinadas, grises en superficie, muy laminadas y fragmentadas. Potencia, 9 metros.
26. Lecho silíceo, liditas rojas y negras. Potencia, 0,50 m.
25. Pizarras negras, poco laminadas y casi sin brillo. Potencia, 4 m.
24. Cinerita, análoga a 34, en bancos de forma irregular, siendo muy granuda en la base. Potencia, 0,50 m.
23. Pizarras negras, laminadas, con delgadas intercalaciones de areniscas de 20-30 cm. Potencia, 10 m.
22. Cinerita, tránsito a arenisca rica en mica. Potencia, 0,40 m.
21. Pizarras negras, con intercalaciones de lentejones de sílex negro. Se ven huellas de vegetales, irreconocibles, recuerdan muy vagamente a las huellas de *Calamites*. Potencia, 5 m.
20. Zona cubierta. Posibles pizarras negras. Potencia, 4 m.
19. Pizarras ampelíticas negras, algo pulverulentas al partirlas. Potencia, 1 m.
18. Calizas silíceas grises en bancos de 60-70 centímetros. Potencia, 1,5 m.
17. Pizarras negras análogas a 19. Potencia, 3 metros.
16. Zona cubierta, posibles pizarras negras. Potencia, 2 m.
15. Calizas cristalinas grises de tonos más claros que las anteriores, en bancos de 1 m. Potencia, 3 m.
14. Toba volcánica verde, estructura glandular, con fina intercalación de cuarcitas. Potencia, 1,5 m.
13. Pizarras negras, laminadas, con dos intercalaciones cineríticas de color verde. Potencia, 2 m.
12. Areniscas pardas cemento calcáreo. Potencia, 0,40 m.
11. Pizarras pardo verdosas satinadas, finamente laminadas. Potencia, 2 m.
10. Cinerita arcillosa, de tono verde claro. Potencia, 0,60 m.
9. Pizarras y esquistos verdes. Potencia, 2,5 m.
8. Calizas grano fino, verdosas. Potencia, 0,70 metros.
7. Argilitas y lutitas de colores marrón y violeta, de tonos muy oscuros, casi negros. Potencia, 5 m.
6. Pórfido cuarcífero y toba volcánica, de color verde muy vivo, se ven cristales de cuarzo. Al microscopio se puede identificar cuarzo y algunos cristales de ortosa. Potencia, 4 m.
5. Pórfido riolítico de tono verde, más claro que el anterior, algo pardusco. Se ven cristales de cuarzo. Al microscopio, cristales de cuarzo y ortosa. Potencia, 2 m.
4. Argilitas y lutitas de tonos rojizos a violáceos. Potencia, 6 m.
3. Tobas volcánicas y conglomerados de tonos verdes, con cantos de rocas volcánicas, contienen huellas vegetales y algún tronco. Potencia, 18-20 m.
2. Conglomerado silíceo, con cantos, cuyo tamaño oscila en 5-15 mm. de cemento blanco. Potencia, 6-8 m.

DISCORDANCIA.

Yacente 1. Cuarcitas del Valentiense.

Resumen de perfil:

El nivel 44.—Formación de Montesoro.

Los niveles 42-2.—Formación de la Ermita (SACHER).

El nivel 1.—Cuarcitas del Silúrico. Potencia total, 139 m.

2.4. PÉRMICO.

2.4.1. Perfil de Anchuela (P-11).—La sucesión siguiente se puede observar unos 3 Km. al NNE de Anchuela del Pedregal, en el barranco que empieza en Torre de la Hija (cota 1.284) y, descendiendo, alcanza la Rambla de la Dehesillas (ver fig. 9).

Techo.—6. Conglomerado de cantos cuarcíticos. Base del Buntsandstein.

DISCORDANCIA?

5. Areniscas laminadas de color rojo violáceo intenso. Potencia, 2 m.

4. Lutitas y argilitas, rojo vinoso intenso, con intercalaciones de bancos de areniscas. Potencia, 15 m.

3. Lutitas y argilitas análogas a las anteriores, con intercalaciones de delgados lechos calcáreos, de forma irregular, de tonos pardo herrumbroso, muy recristalizado, Potencia, 15-20 m.

2. Lutitas moradas, en bancos de 1-1,5 m., alternando con lutitas y areniscas grises en bancos de 1-2 m. El color gris es debido a contener finos lechos de rocas volcánicas de tonos verdes a gris claro. Potencia, 15 m.

3. VISION ESTRATIGRAFICA DE CONJUNTO.

3.1. ORDOVÍCICO.

Según acabamos de ver en los perfiles estratigráficos, la formación basal del Ordovícico, en nuestra región, lo constituye la formación Cuarcitas Armoricanas, en la que sólo se han podido identificar huellas de *Scolithus* y *Cruzianas*.

En esta formación, CORTAZAR (1885) cita la existencia de *Scholithus dufrenoyi* ROU, y LOTZE (1929) señala la existencia de *Lingula* y *Dinobulus*, para la región de Aragoncillo.

Creemos que esta formación se puede correlacionar con las cuarcitas basales de la región de Albaracín, y que RIBA (1959) pudo datar con Skiddawiense, gracias al hallazgo en unas pizarras inmediatas superiores de una fauna de *Didymograptus* de las zonas que caracterizan al Llanvirnense.

Dado el carácter detrítico, y su relación con la formación cuarcitas armoricanas, de la formación pizarras de las minas, opinamos pudiera ser correlacionable con los "conglomerados de *Necutia* Villorbe" y las "areniscas de Brieva", que COLCHEN (1969) ha identificado en la Sierra de la Demanda como pertenecientes al Tremadocense.

Sobre las cuarcitas armoricanas descansa la serie detrítica que constituye la formación grauwaekas de la Venta. En esta formación se ha identificado la fauna siguiente: *Placoparia tournemenei* ROU, *Illaeus hispanicus* VERN., *Synhomalonotus tristani* (BRONG.), *Colpocoryphe arago* (ROU.), *Orthis* sp. LOTZE y SACHER, citan *Orthis riberoi* SHARPE.

Comprenderá por tanto esta formación, las capas de Tristani asignada al Llandeiloense, y además, dada la semejanza de facies entre los niveles más inferiores de esta formación, y las capas en las que RIBA (1959) encontró la fauna de *Didymograptus*, creemos que también es Llanvirnense.

SACHER admite la posibilidad de que unos moldes que encuentra en los términos más altos de esta formación, en la zona de Aragoncillo sean referibles a *Orthis ellipsoides*, con lo cual el límite superior podría llegar hasta los primeros niveles del Caradoc.

En la formación superior del Ordovícico, forma-

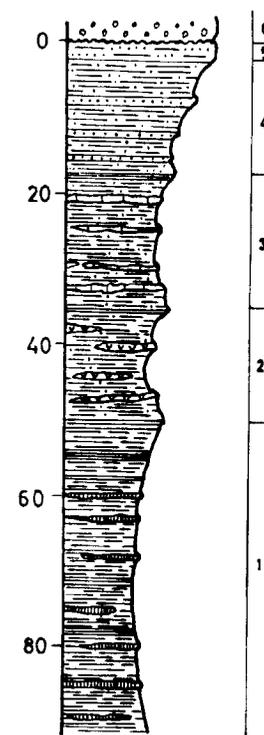


Figura 9

1. Lutitas y argilitas marrón violeta, con delgadas pasadas de forma irregular de lidita y cineritas. Potencia vista, 40-50 m.

Yacente. No aflora.

Resumen de perfil:

El nivel 6.—Triásico inferior.

Los niveles 5-1.—Formación de Montesoro (SACHER). Potencia total, 100 m.

ción calizas de El Pobo, no hemos encontrado fauna.

Nosotros, por afinidad de facies con otros puntos de la Ibérica, la asignamos a los tramos finales del Ordovícico, Caradoc-Ashgillense.

Hasta ahora, los autores anteriores (SACHER, HERRANZ) asignan al Ashgillense los sedimentos calcáreos, quedando el Caradoc definido por los sedimentos detríticos.

Pensamos que dado el carácter cambiante de los miembros que constituyen la formación calizas de El Pobo, es posible que el límite de separación entre ambos no sea isócrono, sino que esta separación litológica nos marca una diferencia de facies. Por ello consideramos muy delicado establecer una separación cronológica entre ambos (ver fig. 7).

Por similitud de facies, el miembro calizo podría ser correlacionable con los niveles calcáreos que, en Luesma, DEREIMS, LOTZE y MELÉNDEZ han encontrado en la parte final del Ordovícico, y cuya fama de Cistideos lo incluye en el Ashgillense.

Los niveles detríticos inferiores se correlacionarían con los que en la misma localidad LOTZE asigna al Caradoc, debido a la fauna encontrada (ver epígrafe 1).

3.2. SILÚRICO.

RIBA (1959), en su estudio de la Sierra de Albarracín, llega a la conclusión de que los niveles de areniscas y cuarcitas que en aquella región existen bajo las pizarras ampelíticas con graptolites tienen una edad Valentiense inferior, e incluso que su base puede alcanzar al Ashgillense superior. Basa estas conclusiones en el estudio de los graptolites que encuentra en las pizarras superiores, en los que identifica especies que comprenderían las zonas 19-25 de ELLES.

En un estudio posterior, GREILING (1960, inéd.) y TRURNIT (1965) han podido datar las cuarcitas de transición del Ordovícico al Silúrico, en la región de Albarracín, habiendo encontrado una estrecha intercalación de pizarras conteniendo *Monograptus (Pristiograptus) cyphus* y *Climacograptus*, típicos del Birkhill, lo que les permite fijar como Valentiense la edad de las mismas.

Creemos que estos niveles de cuarcitas identificados en Albarracín con correlacionables con la

Fm. de Aragoncillo y cuarcitas basales de nuestra región.

Según SACHER (1966), la serie pizarrosa superior a las cuarcitas del Valentiense comprendería desde el Tarannon (Galaniense) al Ludlowiense.

De nuestras observaciones, deducimos que las capas pizarrosas estudiadas por nosotros abarcan una serie más amplia que en Albarracín, pues los graptolites que hemos encontrado quedan comprendidos entre las zonas 19-35 de ELLES; todo lo cual nos indica que los niveles más altos de la serie pizarrosa son ya asignables al Ludlowiense inferior (zona de Torremocha).

CARLS y GANDL (1969), en su estudio del Silúrico de la región de Nogueras, definen una formación pizarrosa del Silúrico superior, a la que llaman formación Badenas, en la que han identificado también un Ludlowiense inferior, miembro s3e caracterizado por la presencia de *Monograptus fritschi linearis* BOU y *M. dubius* SUESS, que se puede correlacionar con los niveles más altos de la serie que nosotros encontramos, niveles de *Monograptus fritschi* PERNER.

Los niveles más inferiores de la serie pizarrosa estudiada por nosotros con *Monograptus intermedius*, *M. elongatus* y *M. sedgwicki* son asignables al Valentiense superior, y posiblemente también incluyan la parte final del Valentiense medio (Llandoveriense medio), y pueden correlacionarse con el miembro s3a de la formación Badenas, antes aludida.

En la región de Torremocha, sobre las pizarras con graptolites, aparecen unas cuarcitas de tonos rojizos, análogas a las que RIBA (1959) describe en Albarracín, como posible Downtoniense, por comparación con las que LOTZE (1929), en Nogueras, atribuye a este piso, cuya edad es difícil de fijar.

Por su posición estratigráfica pudiera corresponder a niveles del Ludlowiense medio o superior, o quizás sean correlacionantes a las primeras capas cuarcíticas que descansan sobre la formación Badenas, en la zona de Nogueras. Estos niveles cuarcíticos constituyen el miembro basal de la formación Luesma (CARLS et al., 1969), y representan los primeros sedimentos del Gedanniense inferior. Hay que hacer notar que en nuestra región estos sedimentos representarían una facies más costera o litoral.

Aunque con reservas, proponemos el siguiente cuadro de correlación:

Fm. Luesma	Cuarcitas	Gedanniense Inf.
Fm. Badenas	s3e Pizarras con: <i>M. fritschi.</i> <i>M. dubius.</i> <i>M. vomerinus.</i>	Ludlowiense. Wenlockiense.
	s3a <i>M. intermedius.</i> <i>M. sedgwicki.</i> <i>M. priodon.</i>	Valentiense Sup.
	Cuarcitas Fm. de Aragoncillo	Valentiense Inf.

3.3. CARBONÍFERO.

En la Unidad de Aragoncillo-Torremocha es donde mejor está representado el Carbonífero.

Esquemáticamente, la serie se puede resumir:
Fm. de Montesoro.

DISCORDANCIA.

7. Calizas silíceas y lidas. Potencia, 14 m.

6. Pizarras arcillosas, negras, con intercalaciones de cineritas, areniscas y algún banco de cuarcitas. Potencia, 73 m.

5. Pizarras alternando con calizas, areniscas y cineritas. Potencia, 19 m.

4. Arcillas y lutitas de tonos oscuros. Potencia, 5 m.

3. Pórfidos cuarcíferos y riolíticos. Potencia, 6 metros.

2. Argilitas de tonos rojizos. Potencia, 6 m.

1. Cinerita y conglomerados, que hacia la base pasan a conglomeradillo silíceo. Potencia, 28 m.

DISCORDANCIA.

Yacente: Ordovícico o Silúrico.

Nosotros hemos encontrado restos vegetales en los tramos 7, 6 y 1, aunque no hemos podido determinar a qué género pertenecen.

SACHER llama a esta formación "Capas de la Ermita", y cita en la base huellas de *Lebachia piniformis*, determinada por REMY. Esto sitúa a esta se-

rie en una posición no más antigua que el *Estefaniense C* y, desde luego, anterior al *Rotliegendes*. Por sus facies parece corresponder al Estefaniense superior más alto, sin poder precisar más. Probablemente sea equivalente de las cineritas con flora halladas por RIBA en Orea, y lamentamos que la determinación de dichas plantas no haya sido publicada.

En la Sierra de El Pobo no hemos encontrado ningún afloramiento de materiales carboníferos.

En Sierra Menara existen dos pequeños afloramientos de Carbonífero. De ellos, el que presenta mejores condiciones de observación está al W del Arroyo de la Marajosa, a unos 300 m. al S de la carretera de Molina a Monreal, a la altura del kilómetro 227. Está constituido por unos 35 m. de pórfido diorítico y cineritas, sobre las que descansan unas pizarras negras con algunas intercalaciones de areniscas. Esta serie pizarrosa tiene de 5 a 10 m. de espesor.

El otro afloramiento está situado a unos 2,5 Km. más al S., en la proximidades de El Molar. Está constituido por cineritas de tonos verdosos, pórfidos dioríticos y unas pizarras negras laminadas. Su potencia es de 15-25 m.

LOTZE (1929) cita, en la trinchera de la carretera de Monreal a Molina, en las proximidades del kilómetro 227, unas pizarras negras como posibles sedimentos carboníferos; nosotros, en estas pizarras, hemos encontrado restos de graptolites, lo que descarta la posibilidad de atribuir estos materiales al Carbonífero.

3.4. PÉRMICO.

La existencia del Pérmico, probado paleontológicamente, en la Ibérica, ha sido desconocido hasta que recientemente BOULOUARD et al. (1971) lo identifican en la Serranía de Cuenca. Sin embargo, algunos autores anteriores a nosotros ya suponían la existencia de materiales pertenecientes a este sistema, o, al menos, a un Permotrias, como se ha hecho en el Pirineo.

Es precisamente en Molina de Aragón donde, desde hace tiempo, se señala la existencia de fósiles en el Trías inferior, generalmente estéril; CALDERÓN, CASTEL y TRICALINOS han dado noticia de la existencia de *Equisetites arenaceus*, *E. brongniarti*, *Pleuromeia sternbergeri*, *Albertia elliptica*, así como huellas de *Cheirotherium*.

Como ya se ha dicho en el epígrafe anterior sobre el Carbonífero, en la zona de Aragoncillo y su prolongación hacia el S y SE descansan, ligeramente discordantes, unos materiales detríticos rojos. Estos materiales habían sido interpretados por la mayoría de los autores, indudablemente debido a los tonos rojos, como pertenecientes al Buntsandstein, pero un estudio de cierto detalle nos muestra unas diferencias características entre estos materiales y los del Triásico.

Desde luego, la falta de fósiles en esta serie no permite hacer una asignación crono-estratigráfica precisa.

La posibilidad de que esta formación pertenezca al Pérmico ya la menciona primeramente TRICALINOS (1929), y más tarde, RIBA (1959), al referirse a la formación roja que se encuentra bajo el Buntsandstein, en el Barranco de la Hoz. Por su parte, SACHER (1965) llama a esta "Formación de Montesororo" y le asigna una edad pérmica (Rötliegendes), aunque coincide con el criterio de RIBA, no menciona en absoluto este precedente, dándolo, al parecer, como una idea original. Por otra parte, la asignación al Pérmico Rötliegendes es una suposición sin base paleontológica.

Aquí juegan un importante papel las dos discordancias angulares, que limitan en la base y techo en la formación de Montesororo.

En nuestro estudio de la fracción detrítica triásica hemos establecido ciertas marcadas diferencias entre la fracción detrítica-pérmica y la triásica.

Una formación como la de Montesororo no es única en la Ibérica, y es posible que existan muchas otras, como, por ejemplo, existe en Carrascosa de Arriba, Retortillo, Atienza o el problema que hay planteado sobre la formación rojiza del Moncayo (WNW de Zaragoza).

En el Moncayo, encima del Cámbrico aflorante en la Ermita de Nuestra Señora del Moncayo, descansa una potente formación detrítica roja, compuesta por conglomerados silíceos, areniscas silíceas, argilitas apizarradas rojizas, areniscas grises, etc. Dicha formación ha sido reconocida como ligeramente metamórfica por todos los autores que han estudiado la región.

Esta formación se encuentra por debajo del Buntsandstein típico de las regiones situadas más al S y W (Beratón, Arias, Cueva de Agreda). Entre el tramo superior e inferior no se ha señalado discordancia. Los perfiles publicados por GÓMEZ DE LLARENA (1917), RITCHER (1930) y BATALLER y LARRA-

GÁN (1955) coinciden con la disposición estratigráfica, aunque los últimos autores atribuyen al Carbonífero la parte inferior de la serie roja detrítica, mientras que los primeros abogan por una edad triásica para todo el conjunto.

Sin descartar la posibilidad de que la parte inferior de la serie, ligeramente metamórfica, sea carbonífera, nos inclinamos a pensar que tal vez esta parte inferior sea más probablemente un Pérmico.

A la vista de todo lo expuesto, podemos establecer el siguiente cuadro estratigráfico para los materiales paleozoicos.

4. PALEOGEOGRAFIA Y EVOLUCION.

Aunque no ha sido identificado el Cámbrico en la región que estudiamos, pensamos que, dado el gran desarrollo del mismo en toda la Rama Castellana de la Ibérica y su facies geosinclinal, puede darse como muy probable que existirá bajo las cuarcitas armoricanas.

Según se deduce de la ligera discordancia observada en Santed por LOTZE (1929), entre los materiales del Cámbrico superior (Fm. capas de Ateca) y los primeros materiales ordovícicos; tras los débiles movimientos orogénicos de la fase sárdica, se depositan en todo el ámbito de la Ibérica las cuarcitas armoricanas, acompañadas, a veces, de materiales detríticos, que nos marcan el principio de la transgresión ordovícica. Durante este período se va a implantar un régimen de sedimentación de tipo geosinclinal, con un área sedimentaria de régimen más irregular y de aguas menos profundas que el geosinclinal Mediterráneo cámbrico.

En el geosinclinal ordovícico, los sedimentos son más profundos hacia el SW y más litorales en sentido NE.

Tras la deposición de las cuarcitas armoricanas, va a producirse un cambio en la sedimentación pasando a un régimen detrítico-arcilloso, de carácter nerítico, que va a persistir durante todo el Llandeilense, y que está representado por las areniscas y grauwackas con trilobites (*S. tristani*). Al final de esta época la cuenca sedimentaria pierde su tranquilidad, prueba de ello puede ser las estructuras en bolas que hemos observado en algunos puntos, en los niveles más altos de la serie del Llandeilense.

Un. Cronoest.	U. Aragoncillo-Torremocha	Sierra de El Pobo	U. Sierra Menora
BUNTSANDSTEIN			DISCORDANCIA
ROTLIEGENDES	Fm. de Montesororo, 0-100 m.: Argilatos. Cineritas. Brechas.		DISCORDANCIA
STEPHANIENSE C.	Fm. de la Ermita, 3-150 m.: <i>Lebachia piniformis</i> : Calizas. Pizarras. Cineritas.		Cineritas y pizarras, 40 m.
GEDINNIENSE Inf.?	Cuarcitas y areniscas, 50-60 m.: Pizarras ampelíticas, con: 100-150 m.	170? m.: Pizarras, con:	Pizarras ampelíticas: 100? m.:
LUDLOWIENSE		<i>M. vomerius</i> .	<i>M. nilssoni</i> .
WENLOCIENSE		<i>M. priodon</i> .	<i>M. convolutus</i> .
VALENTIENSE Sup.	<i>M. fritschi</i> , <i>M. dubius</i> <i>M. vomerinus</i> , <i>M. nudus</i> .	<i>M. sedgwicki</i> .	<i>D. palmeus</i> .
VALENTIENSE Inf.	Cuarcitas, 5-30 m. Fm. de Aragoncillo, 18 metros.	Cuarcitas, 60-80 m.	Cuarcitas, 9 m. Fm. Aragoncillo, 13 m.
ASHGILLIENSE		Fm. Calizas de El Pobo, 0-200 m.:	Fm. Calizas de Pobo:
CARADOCIENSE	Fm. Calizas de El Pobo, 10-30 m.	Mb. caliz. Cabezo, 0-150 metros. Mb. cuarc. Colmenarejo, 0,60 m.	Mb. Caliz. Cabezo, 100-200 m. Mb. Arens. Tordesilos, 150-200 m. Mb. Cuar. Colmenarejo, 70-140 m.
LLANDEILIENSE		Fm. Grauwasckas de la Venta, 120-150 m.	Fm. Grauwasckas de la Venta, 180-200 m.
LLANVIRNIENSE	Fm. Grauwasckas de la Venta, 40-60 m. <i>S. tristani</i> . <i>O. r.beroi</i> .		
SKIDDAWIENSE	Fm. Cuarcitas Armoricanas, 300-350 m.	Fm. Cuarcitas Armoricanas, 300-360 m.	Fm. Cuarcitas Armoricanas, 300-400 m.
TREMADOCIENSE	?	?	Fm. Pizarras de las Minas, Sup. a 100 m.
CAMBRICO Sup.	Fm. Capas de Ateca, 60? m.	?	?

Al parecer, al comienzo del Caradoc y hasta el final del Ordovícico (que es cuando alcanza su máxima intensidad), de un modo general en toda la Península, se hace notar la repercusión de los movimientos paleocaledonianos, que producirían ondulaciones en el zócalo y la emersión al final de los mismos de algunas regiones del NW de la Península (región asturiana). En nuestra región, todo se traduce en una variedad litológica en los sedimen-

tos del Caradoc-Ashgillense, a la vez que se producen condensaciones de algunos niveles. Esta inestabilidad ya la señala RIBA (1959) en su estudio para la región de Albarracín.

Como consecuencia de todo ello se individualizan en la cubeta sedimentaria una serie de surcos y umbrales orientados de NW a SE, y que van a persistir hasta el Valentiense.

Al final del Ordovícico parece implantarse en

gran parte de la Ibérica una sedimentación en aguas poco profundas, de tipo plataforma epicontinental, en las que posiblemente formarían bancos arrecifales paralelos a la línea de costa.

Con la terminación del Ashgillense, los movimientos paleocaledonianos se manifiestan con una mayor intensidad, como consecuencia de los cuales se producirá una regresión del mar e incluso suaves discordancias locales, como se puede observar en la Sierra de El Pobo (ver figura 6), hecho éste que fue ya puesto de manifiesto por RIBA. (1959).

Con los niveles brechosos y cuarcíticos del Valentiense inferior se inicia un nuevo ciclo transgresivo, en el cual, tras los primeros episodios detríticos se continúa con una sedimentación de tipo pelágico en un régimen de aguas tranquilas (pizarras ampelíticas con graptolites), en el cual deberían existir pequeños umbrales análogos a los del Ordovícico terminal que podían suministrar materiales más detríticos, en los niveles finales del Silúrico.

La sedimentación es continua hasta el Eifeliense, sin que se haya podido encontrar pruebas evidentes de una interrupción en el tránsito Silúrico-Devónico, aunque posiblemente se produzcan cambios paleogeográficos.

Durante el Devónico inferior, la sedimentación es de tipo marino rítmico, en la que alternan sedimentos calcáreos de facies hercinianas con sedimentos detríticos de aguas someras de facies renana.

A partir del Devónico medio se deja sentir un primer movimiento orogénico importante, que va a producir la emersión de una gran parte de la Cordillera Ibérica. Esto dará lugar a la formación de la consiguiente laguna sedimentaria.

Para nuestra región no existen pruebas de los sedimentos devónicos. Pensamos o que no se sedimentaron o, más probablemente, tras sus sedimentación han sido arrasados posteriormente, pues el área de Ateca-Ricla se comportó como un alto al finalizar el Paleozoico.

El paso Devónico-Carbonífero está aún por estudiar para el dominio de la Ibérica.

De acuerdo con los estudios de COLCHEN (Sierra de la Demanda) y BERGER, KAUFMAN y SACHER (región de Montalbán) se deduce que existió una línea de costas de un geosinclinal, durante una par-

te del Carbonífero inferior (Namuriense-Westfaliense) que pasaría por el Priorat (Tarragona), Montalbán, N de Molina, Sierra de la Demanda, N de Palencia; con lo que queda paleogeográficamente demostrado que no existió el pretendido "Macico del Ebro", que RICHTER y TEICHMUELLER emplazaban en el Carbonífero, en la actual depresión del Ebro. Los estudios de paleocorrientes realizados en la serie flysch de Montalbán muestras que los sedimentos deslizados venían del Sur, situándose el área exondada al sur de Montalbán. En el Ebro existió, pues, una gran cuenca de carácter eugeosinclinal.

Como consecuencia de los movimientos orogénicos hercinianos pre-estefanienses de fases Astúrica o Palentina se debieron individualizar una serie de umbrales y cuencas, en las que se depositaría más tarde unos sedimentos de facies continental-lagunal, en las etapas finales del Estefaniense. Una de estas cubetas ocuparía la región de Molina de Aragón.

En este período debió existir una intensa actividad efusiva de tipo ácido.

Una nueva etapa orogénica (fase Urálica o Saállica) tiene lugar después de la sedimentación de los últimos materiales estefanienses, aunque de menor intensidad que las anteriores.

Se continúa la sedimentación con carácter continental en el Pérmico, en este período la actividad volcánica es mucho menos intensa, aunque sigue conservando su carácter ácido.

Según se ve en el estudio dedicado al Triásico (*), las condiciones de sedimentación de los materiales pérmicos, al menos en sus niveles más superiores, parecen responder a las características de los sedimentos de deposición rápida efectuada en áreas continentales de clima templado, sometidas a intensos lavados.

Parece ser que tras los últimos sedimentos paleozoicos, una nueva fase de plegamiento, la Palatínica, tiene lugar, aunque las deformaciones que produce son muy suaves. Como consecuencia de ello existe una leve discordancia entre los materiales del Triásico inferior y los sedimentos del Pérmico.

Durante el Pérmico, las áreas emergidas se ven sometidas a una intensa denudación, que dará lugar a la formación de la penillanura pretriásica.

(*) Ver: Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel). Publ. Univ. Granada, 1971.

5. MINERIA.

La región que hemos estudiado es una zona de gran tradición minera, en la cual, desde tiempo inmemorial, se vienen realizando diferentes explotaciones. De ellas, las más importantes son las de hierro, que están enclavadas en los términos de Ojos Negros y Setiles, que actualmente son propiedad de la Compañía Minera Sierra Menera.

El mineral que se explota es una mezcla de óxidos e hidróxidos de hierro, que aparecen ligados a unos niveles calcáreo-ferruginosos, enclavados en las dolomías y calizas paleozoicas (Caradoc-Ashgillense).

Son muy numerosos los trabajos precedentes sobre estos yacimientos, pues, durante largo tiempo, la génesis de los mismos han acaparado la atención de diferentes investigadores, sin que actualmente se tenga una argumentación definitiva, para las hipótesis hasta ahora emitidas.

En conjunto, las hipótesis sobre la génesis de estas mineralizaciones podemos resumirlas en dos principales:

1) *Origen metasomático.*—Ha sido ésta la causa que durante más tiempo se ha emitido como principal responsable de la mineralización.

Según este origen, habrá un primer paso de las dolomías y calizas a siderita y otros carbonatos ferromagnésianos como la ankerita y posterior oxidación de éstos, formando masas pulverulentas de óxidos e hidróxidos de hierro del tipo Goethita (KINDELAN, 1918).

2) *Origen por lavado de piritas.*—Según esta hipótesis, las masas de óxidos e hidróxidos de hierro actualmente en explotación se originarían al entrar en contacto las aguas procedentes del lavado de las pizarras superiores a las dolomías, en las que se supone la existencia de masas piritosas. Estas aguas, cargadas de ácido sulfúrico y iones de hierro, al entrar en contacto con las masas carbonatadas, se producirían cambios de pH, que condicionarán la precipitación de óxidos e hidróxidos de hierro (CAÑADA, 1966).

Como ya hicimos constar durante la visita efectuada a las minas de Ojos Negros por los asistentes a la V Reunión del Grupo Español de Sedimentología, 1969 (ver la memoria-guía de excursiones de la mencionada reunión), sin negar la posibilidad de que cualquiera de las dos hipótesis expuestas se haya realizado, opinamos, sin embargo, que ninguna

de ellas sea la responsable principal de las mineralizaciones mencionadas.

A la vista de lo observado por nosotros, veamos una crítica sobre las génesis señaladas:

a) Según hemos podido comprobar, en la zona de Sierra Menera no existen pruebas de una actividad endógena que justifique los fenómenos de metasomatismo a los cuales se ha invocado. Además, la uniformidad mineralógica de las mineralizaciones existentes en dicha región tampoco abogan en favor de esta hipótesis. El hecho de existir en las cercanías pequeños rellenos de baritina no basta para justificar la importante acción hidrotermal necesaria para que el hierro existente sea consecuencia de una sustitución metasomática.

Sin embargo, esta hipótesis metasomática toma más verosimilitud para las mineralizaciones ubicadas en la Sierra de Aragoncillo; existen en esta última todas las condiciones que se echan en falta en Ojos Negros. En primer lugar existen pruebas de actividad magmática (Fm. Ermita y Fm. Montessoro) próximas. La variedad mineralógica de la región es mucho mayor, se tienen noticias de explotaciones de plata (Rueda de la Sierra), baritina (Pardes), hierro y cobre. Actualmente, la mayor parte de ellas abandonadas. Solamente existe en explotación un filón de baritina, de notable espesor, que se halla enclavado en una fractura alpídica.

b) La segunda hipótesis emitida presupone una serie de conjeturas de difícil concurrencia.

En primer lugar, habrá que suponer una muy potente serie de pizarras piritosas o una gran masa de pirita, a partir de la cual se pueda lavar el hierro.

La potente serie pizarrosa no está de acuerdo con los datos estratigráficos regionales. En cuanto a la masa piritosa es difícil prever su existencia, ya que actualmente no queda ningún vestigio de la misma.

Hay que señalar el hecho de que, precisamente, en esta región es donde las pizarras del Silúrico, que contienen pequeños nódulos piritosos (a lo sumo del tamaño de un huevo), presentan menor grado de alteración que en otras regiones; si tenemos en cuenta las características litológicas de la formación pizarrosa superior a las calizas, creemos que más bien se comportaría como un nivel impermeable, para las calizas que recubre.

Las aguas de lavado, que se invocan en esta hipótesis, serían ricas en ácido sulfúrico, el cual, al actuar sobre pizarras y carbonatos, nos dará sul-

fato de calcio y magnesio, y productos arcillosos resultantes de la desintegración de las pizarras; materiales éstos de los que no hemos encontrado ningún vestigio.

Quizás, en la zona de El Pobo, esta hipótesis pudiera tener más verosimilitud, pues aquí los niveles pizarroso presentan en algunos puntos un alto grado de alteración, y en los depósitos cuaternarios próximos a los macizos paleozoicos, hemos encontrado mirales arcillosos que pueden representar los productos resultantes de esta degradación.

En nuestra opinión, y dadas las características de ambiente sedimentario de los niveles calcáreos, posible zona arrecifal, poca profundidad, medio reductor y posibilidad de aportes continentales (ver epígrafe anterior), creemos que el aporte de hierro pudo ser sinsedimentario al de la formación de los carbonatos de calcio y magnesio, con lo cual el hierro estará formando parte de la roca carbonatada primitiva, bien como carbonato de hierro o incluso formando delgados lechos o quizá lentejones ferruginosos.

Tras esta etapa sedimentaria del Caradoc-Ashgillense, y en relación con los fenómenos orogénicos de la región, puede producirse una migración o concentración parcial del hierro existente en la masa de carbonatos, lo que contribuiría a la formación de núcleos carbonatados muy ricos en hierro.

Por último, y en una etapa postorogénica, habrá una alteración de estos carbonatos y una concentración de los productos resultantes de los mismos (óxidos e hidróxidos de hierro), como consecuencia de la acción de las aguas exteriores que se infiltran hacia el interior, produciendo una acción análoga a la que se desarrolla en los países kársticos, como resultado de la cual se formarán los yacimientos minerales actuales.

Esto nos explicaría la íntima relación que existen entre las zonas mineralizadas y las de fractura, así como la mayor concentración de los minerales en los núcleos sinclinales (región de El Pobo).

BIBLIOGRAFIA

ASHAUER, H., und TEICHMÜLLER, R.: "Die varische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens". *Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math-Phys.* KI, 3F; H, 16-78 pp., 7 láms., 48 figs y mapas, Berlín, 1953. Trad. en *Publ. Extranj. sobre Geol. Esp.*, t. 3, pp. 7-102, Madrid, 1942.

BARGALLO, M.: "Graptolites de Sierra Menera", *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVIII, pp. 258, Madrid, 1928.

BERGER, E.; KAUFMAN, E.; SACHER, L.: "Sedimentologische Untersuchungen". *Geol. Rundschau*, t. 57, páginas 472-483, 8 figuras, 1968.

BRINKMANN, R.: "Betikum und Keltiberikum in Sudostpanien". *Beitr. Z. Geol. d. Westl. Mediterr., Abhandl. der Gesellsch. d. Wissench. i. Göttingen, Math-Phys.* Klasse, 3 Folge, Heft, 1, pp. 749-856, Berlín, 191. Trad. esp. por Gómez de Llarena, J. Las Cadenas Béticas y Celtibéricas del SE de España. *Publ. Extranj. Geol. Esp.*, t. IV, pp. 305-431, 32 figs., VII láms., 1948.

CALDERÓN, S.: "Una huella de "Cheirotherium" de Molina de Aragón". *Actas de la Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XXVI, pp. 27-29, Madrid, 1897.

CAÑADA GUERRERO, F.: "Sobre la génesis de algunos yacimientos de óxidos y carbonatos de hierro". *Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp.*, núm. 87, pp. 91-96, 2 figuras, Madrid, 1966.

CARLS, P.: "Jung-silurische und unterdevonische Schichten der Ostlichen Iberischen Ketten (NE-Spanien)". *Diss.*, 1-155, Abb. 1, Beilagen; Würzburg, 1965.

CARLS, P.; GANDL, J.: "The Lower of the Eastern Iberian Chains (NE Spanien) and the distributions of its Spiriferacea, Acastavinae and Asteropyriginae". *Internat. Symposium Devonian Syst.*, pp. 435-464, Abb. 1-3, Calgary, 1968.

CASTEL, C.: "Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la provincia de Guadalajara", *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, t. VII, pp. 331-395, 1880.

CORTAZAR, D.: "Bosquejo físico-geológico y minero de la provincia de Teruel". *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, tomo XII, 345 págs., 43 figs., 1 mapa geol., escala 1:400.000, Madrid, 1885.

DEREIMS, A.: "Recherches Géologiques dans le Sud de l'Aragon. Thèse doctorale. *Annales Hébert.*, t. 2, páginas VII+199, 46 figs., 2 mapas geol., Lille, 1898.

HAHNE, K.: "Stratigraphische und Tektonische Untersuchungen in den provinzen Teruel, Castellón und Tarragona (Spanien)". *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, t. 82, pp. 79, Berlín, 1930. Trad. "Investigaciones estratigráficas y tectónicas de las provincias de Teruel, Castellón y Tarragona". Tesis doc. Univ. Göttingen, 6 figs., 1 mapa en *Publ. extranj. sobre Geol. Esp.*, t. II, 1943.

HAHNE, K.: "Des Keltiberische Gebirgsland östlichen der Linie Cuenca-Teruel-Alfambra". *Abh. N. F.*, t. 16, H. 3, *Beitr. Z. Geol. Westl. Mediterranbeg.* Berlín, 1930. Traducción: "La Cadena Centibérica al este de la línea Cuenca-Teruel-Alfambra", por San Miguel. *Publ. extranj. sobre Geol. Esp.*, t. II, pp. 7-50, 1 mapa, 12 figuras, C. S. I. C., Madrid, 1943.

HERNANDO, S.: "El Pérmico de la Región Atienza-Somolinos (prov. de Guadalajara)". *Bol. Geol. Min.*, t. 84, pp. 19-24, Madrid, 1973.

HERRANZ ARAÚJO, P.: "Nota preliminar sobre el estudio geológico del Norte de Sierra Menera (Cordillera Ibérica)". *Acta Geol. Hispan.*, año III, núm. 3, pp. 49-53, 1 mapa, 2 cortes, 1968.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: Memoria explicativa de la hoja núm. 461, "Sigüenza". Redactada por L. Jordana y J. A. Kindelan, 1 vol., 1 mapa, Madrid, 1951.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: Memoria explicativa de la hoja núm. 488, "Ablanque". Redactada por L. Jordana Soler y Meseguer Pardo, 1 vol., 1 mapa, Madrid, 1949.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: Memoria explicativa de la hoja núm. 541, "Santa Eulalia". Redactada por J. Villalón Dávila, E. Trigueros Molina y A. Navarro Alvargonzález, 1 vol., 1 mapa, Madrid, 1959.

JOSOPAIT, V.: "Geologische Untersuchungen im Kambrium und Tremadoc südlich von Ateca" (Westliche Iberische Ketten, NE Spanien). *Diss.* 115 S. 34 Abb. 4 Taf. Münster, 1971.

KINDELAN, V., y RANZ, M.: "Criaderos de hierro de Guadalajara y Teruel". *Mem. Inst. Geol. Min. Esp.* "Criaderos de hierro de España", t. III, 1 vol., 230 pp., 24+7 fotos, VI+1 lám., 3 map. geol., Madrid, 1918.

LOTZE, F.: "Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)". *Beitr. z. Geol. d. Westl. Gebiet*, núm. 3, Abh. d. Gess. Wiss. z. Göttingen, N. F., t. 14, núm. 2, 17 láms., 44 figs., 2 mapas, Berlín, 1929. Trad. esp. en *Publ. extranj. sobre Geol. Esp.*, t. 8, Madrid, 1945-55.

LOTZE, F.: "Übersichtskarte des Paläozoikums der Keltiberischen Ketten". Escala 1:600.000. En colores. Publ. en Lotze (126). *Beitr. d. Westl. Medit.* N. F., t. 14, 2, Berlín, 1929.

LOTZE, F.: "El Cámbrico en España", *Mem. Inst. Geol. Min. Esp.*, t. 75, Madrid, 1970.

MELÉNDEZ, B.: "Contribución al estudio del Paleozoico aragonés". *Trab. Inst. Nac. de Cienc. Nat.* "José de Acosta, serie geol.", t. III, núm. 1, 149, pp. 35 figs., XXIV láminas, 1 mapa, *Asoc. Esp. Progr. Cienc.*, año XIII, núm. 2, pp. 353-360, 2 figs., 1 mapa, Madrid, 1944.

MELÉNDEZ, B.: "Nuevos datos para la estratigrafía del paleozoico aragonés", *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XLII, pp. 129-150, 3 figs., XV láms., Madrid, 1944.

MELÉNDEZ, B.: "Los Echinospaerites del Silúrico de Luesma (Zaragoza)". *Est. Geol.*, vol. XV, núm. 41-44, t. extr. hom. M. San Miguel de la Cámara, pp. 269-276, Madrid, 1959.

MENÉNDEZ PUGET, L.: "Sobre los Graptolites de Sierra Menera". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXVIII página 307, Madrid, 1929.

PHILIPOT, A., y RIBA, O.: "Sur la faune graptolitique de la Sierra d'Albarracín (Chaîne Ibérique)". *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, núm. 5, pp. 74-75, 1952.

RIBA ARDERFÚ, O.: "Estudio geológico de la Sierra de Albarracín". Tesis doctoral. *Inst. LucasMallada*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, monografía núm. 16, pp. 1-283, 28 fotos, 2 exten., 1 mapa geol., 1959.

RIBA, O.; VILLENA, J., y VALLIERES, T. de: "Nota sobre la presencia de terrenos de edad carbonífera en la parte oriental del Macizo de Montalbán". *Acta Geol. Hispanica*, C. S. I. C., año I, pp. 5-6, núm. 2, Barcelona, 1966.

RICHTER, G., und TEICHMÜLLER, R.: "Die Entwicklung der Keltiberischen Ketten". *Abh. der Ges. der Wiss. zur Göttingen, Math.-Phys.*, Klasse III, F. Heft 7, 118 pp., 56 figs., 3 láms., 2 mapas geol., Berlín, 1933.

SACHER, L.: "Das Jungpaläozoikum der Keltiberischen Ketten (Spanien)". *Diss.*, pp. 1-106, 58 figs., Heidelberg, 1965.

SACHER, L.: "Stratigraphie und Tektonik der norwestlichen hesperischen Ketten bei Molina de Aragón (Spanien). Teil I: Stratigraphie (Paleozoikum). Mit Tafel 21 Swin 2 Abbildungen und 1 Tabell", *N. Jb. Geol. Paläont.* Abh. 124, 2 figs., pp. 151-167, 1 mapa geol. Stuttgart, 1966.

SACHER, L.: "Über Karbonische Sedimente bei Montalbán in den ostlichen Ketten (Spanien)", *N. Jb. Geol. Paläont.*, Mh. 7 pp. 436-443, 2 figs., Stuttgart, 1966.

SCHMITZ, V.: "Stratigraphie und Sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der Westlichen Iberischen Ketten Nördlich Ateca (Zaragoza), NE Spanien". *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, H. 22, 123 s., 30 Abb, 6 Tab., 7 Taf., Münster, 1971.

TRICALINOS J.: "Untersuchungen über den Bau der Keltiberischen Ketten der nordöstlichen en Spaniens". *Zeit. der Deutschen Geol.* Gessel, t. 80, abh. 4, pp. 409-492. Berlín, 1928.

TRURNIT, P.: "Stratigraphie und Tektonik der südöstlichen Sierra del Tremedal (Hesperischen Ketten, Spanien)". *Zeits. Deuts. Geol. Sesells.* B. 115 (1963), páginas 679-681. Hannover, 1966.

- TRURNIT, P.: "Paläozoikum mesozoicher Rhamen in SE-Teil der Sierra del Tremedal (Hesperischen Ketten), Spanien". *N. Jb. Geol. Palay. Abh.* Bd. 127, pp. 349-365, 3 figs., 2 tabs. 1967.
- VERNEUIL, E., PRADO y LOLIERE: "Excursión geológica por los partidos de Albarracín y Molina". *Rev. Min.* t. III, p. 433, Madrid, 1851.
- VILANOVA PIERA, J.: "Ensayo de descripción geognóstica de la provincia de Teruel en sus relaciones con la agricultura de la misma". *Junta General de Estadística.* Madrid, 1893.
- VILLENA MORALES, J.: "Nota cartográfica preliminar de una zona de la Cordillera Ibérica comprendida entre Monreal del Campo y parte Oeste de Molina de Aragón". *Acta Geol. Hispan.*, año II, n.º 4, pp. 81-86, un mapa geol. 1968.
- VILLENA MORALES, J.: "Nota acerca de un cabalgamiento en la región de Tierzo-Teroleja (provincia de Guadala-
lajara)". *Acta Geol. Hispan.*, año III, n.º 4, pp. 81-86, un mapa geol., 1968.
- VILLENA MORALES, J.: "Guía de excursión de Ojos Negros". *Memoria-Guía de excursiones de la V Reunión del Grupo Español de Sedimentología*, 1969.

Addenda Bibliográfica:

- GABALDÓN, V., y de LA PEÑA, J. A.: "Estudio petrológico del Carbonífero, Pérmico y Triásico del W de Molina de Aragón (Guadalajara)". *Est. Geol.*, v. 29, n. 1, pp. 63-76. Madrid, 1973.
- MARFIL, R., y PÉREZ, A.: "Estudio de las series rojas pérmicas en el sector Nor-Occidental de la Cordillera Ibérica (Región de El Bosque, Alto Tajuña)". *Est. Geol.*, v. 29, n. 1, pp. 83-98. Madrid, 1973.
- VIRGILI, C.; HERNANDO, S.; RAMOS, A., y SOPEÑA, A.: "Nota previa sobre el Pérmico de la Cordillera Ibérica y bordes del Sistema Central". *Act. Geol. Hisp.*, t. 8, n. 3, pp. 73-80, 1973.

Recibido: Octubre 1973.

Datos sobre las series Jurásico - Cretácicas en el sector Peñas de San Pedro - Chinchilla de Montearagón (prov. de Albacete).

Por L. LINARES GIRELA (*)

RESUMEN

Se dan a conocer las características estratigráficas del Jurásico y Cretácico de un área situada inmediatamente al Sur de la ciudad de Albacete. Los datos más precisos corresponden al Jurásico. En el Jurásico inferior y medio, la ausencia de fauna característica impide establecer precisiones crono-estratigráficas; sin embargo, se han podido diferenciar unos tramos o conjuntos litológicos, cuya constancia regional permite las correlaciones. Se pone de manifiesto, por otra parte, un cambio de facies en el Jurásico inferior. El Jurásico superior, presente en el sector oriental, disminuye de potencia hacia el oeste hasta desaparecer, habiéndose podido establecer con precisión su límite de sedimentación. El Cretácico inferior, de facies no marina, descansa discordante sobre materiales jurásicos más antiguos cuanto más hacia el oeste de la región.

SUMMARY

The stratigraphic characteristics of the Jurassic and Cretaceous are presented for an area situated directly South of the city of Albacete. The most exact data correspond to the Jurassic. In the Early and Middle Jurassic, the absence of characteristic fauna impedes time stratigraphic determination; nevertheless, various lithological occurrences or sets have been differentiated, and their regional constancy allows for correlations. On the other hand, a change of facies in the Early Jurassic is obvious. The Late Jurassic, which is present in the eastern sector, progressively weakens westwards until it disappears entirely; its limit of sedimentation is precisely established. The further westwards one progresses in the region, the more the Early Cretaceous, of non-marine facies, rests unconformably on older jurassic materials.

INTRODUCCION

Desde octubre de 1969, el autor forma parte del equipo que realiza el *Estudio Hidrogeológico de la comarca Cazorla - Hellín - Yecla* (I. G. M. E. - I. R. Y. D. A) (denominado *E. H. Alto Júcar - Alto Segura* a partir de 1971, en que actúa como contratista la E. N. ADARO), y como parte de la investigación que se lleva a cabo, ha estudiado la geología del borde externo de la zona Prebética, en la región de Albacete, entre los meridianos de Alcaraz y Chinchilla de Montearagón.

En esta nota se dan a conocer los datos más significativos de la estratigrafía de un área situada

inmediatamente al sur de la ciudad de Albacete, que ocupa parte de las hojas del M. T. M. de Albacete (790), Chinchilla de Montearagón (791), Peñas de San Pedro (816) y Pétrola (817). Los meridianos de Peñas de San Pedro y Chinchilla-Pozo-cañada constituyen los límites oeste y este, respectivamente. Los límites norte y sur son el paralelo de Chinchilla y el borde meridional de las hojas 816-817, respectivamente (fig. 1).

He de hacer constar mi agradecimiento a la dirección del *Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura*, que me permite utilizar los datos de la geología de este sector, en especial los obtenidos de los testigos de sondeos realizados por dicho Estudio. Sin estos datos, parte de las observaciones que se dan a conocer no hubieran sido posibles.

(*) Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A. Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura.

Se describen detalladamente cuatro series estratigráficas, dos de las cuales (Peñas de San Pedro y Chinchilla de Montearagón incluyen la mayor parte de los materiales jurásicos y cretácicos existentes en el área estudiada. Estas dos series presentan unas características bien diferentes en lo que se refiere a presencia de ciertos niveles, facies y potencia de los mismos. Las otras dos series que se describen (Campillo de las Doblas y Ontalafia) son menos completas que las primeras; permiten, sin embargo, establecer columnas estratigráficas en las que se ponen de manifiesto los pasos intermedios y las variaciones más importantes entre las dos series fundamentales que se describen. La corre-

mite la correlación entre ellas y su identificación en el mapa geológico.

SERIE DE PEÑAS DE SAN PEDRO.

Levantada en el flanco meridional de un anticlinal existente al norte de esta localidad. Aflora la totalidad de la serie jurásico-cretácica, a excepción del muro de la misma.

Jurásico inferior y medio.

J₁:

La base de este tramo no aflora. Mediante sondeo realizado en las proximidades del corte se ha podido comprobar que su potencia total es de unos 150 metros y que descansa sobre el Trías. Se describen sólo los niveles que afloran.

- 40 metros de calizas recristalizadas (microesparitas de aspecto sacaroideo).
- 50 metros de caliza de estructura brechoide, formada por elementos y matriz calcáreos: micritas recristalizadas con sombras de aloquímicos. Escasa microfaua de coprolitos, ostrácodos, anélidos y restos de equinodermos.
- 10 metros de dolomías de tamaño medio de grano, con alguna intercalación de calizas recristalizadas de aspecto brechoide o sacaroideo.

J₂₋₁:

- 45 metros de alternancia de arcillas verdes y negras, con micritas recristalizadas y algunas intercalaciones dolomíticas. Las calizas contienen escasos restos fósiles: ostrácodos, coprolitos y fragmentos de equinodermos.
- 35 metros de alternancia de arcillas verdes y negras, con dolomías arcillosas y algún nivel de micritas arcillosas.

En sondeos realizados en las proximidades del lugar donde aflora la serie se ha observado yeso diseminado en distintos niveles de este tramo de la serie, que en superficie es imposible observar.

J₂₋₂:

- 60 metros de dolomías de textura fina, arcillosas hacia el techo, con "fantasmas" de oolitos e intraclastos en algunos bancos.

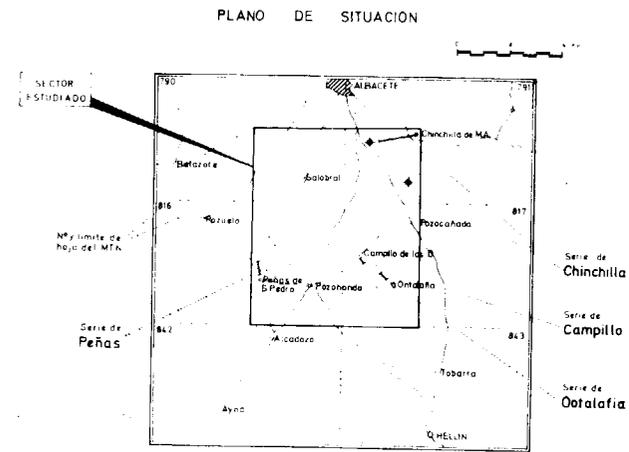


Figura 1

lación de todas ellas (fig. 2), junto con la cartografía del sector, de la cual se adjunta un esquema (figura 3), permiten obtener unas conclusiones que representan lo más sobresaliente de las características estratigráficas de la región estudiada.

De los datos anteriores que se refieren a la región merecen destacarse, por la precisión de sus observaciones y por las conclusiones de carácter regional que aporta, la tesis doctoral de E. FOURCADE (1970). El borde occidental de la región estudiada por dicho autor coincide aproximadamente con el límite oriental del área que se describe. De él se han tomado algunos datos para la redacción de esta nota, según se indica en cada caso.

La notación que precede a la descripción de los niveles de cada una de las series establecidas per-

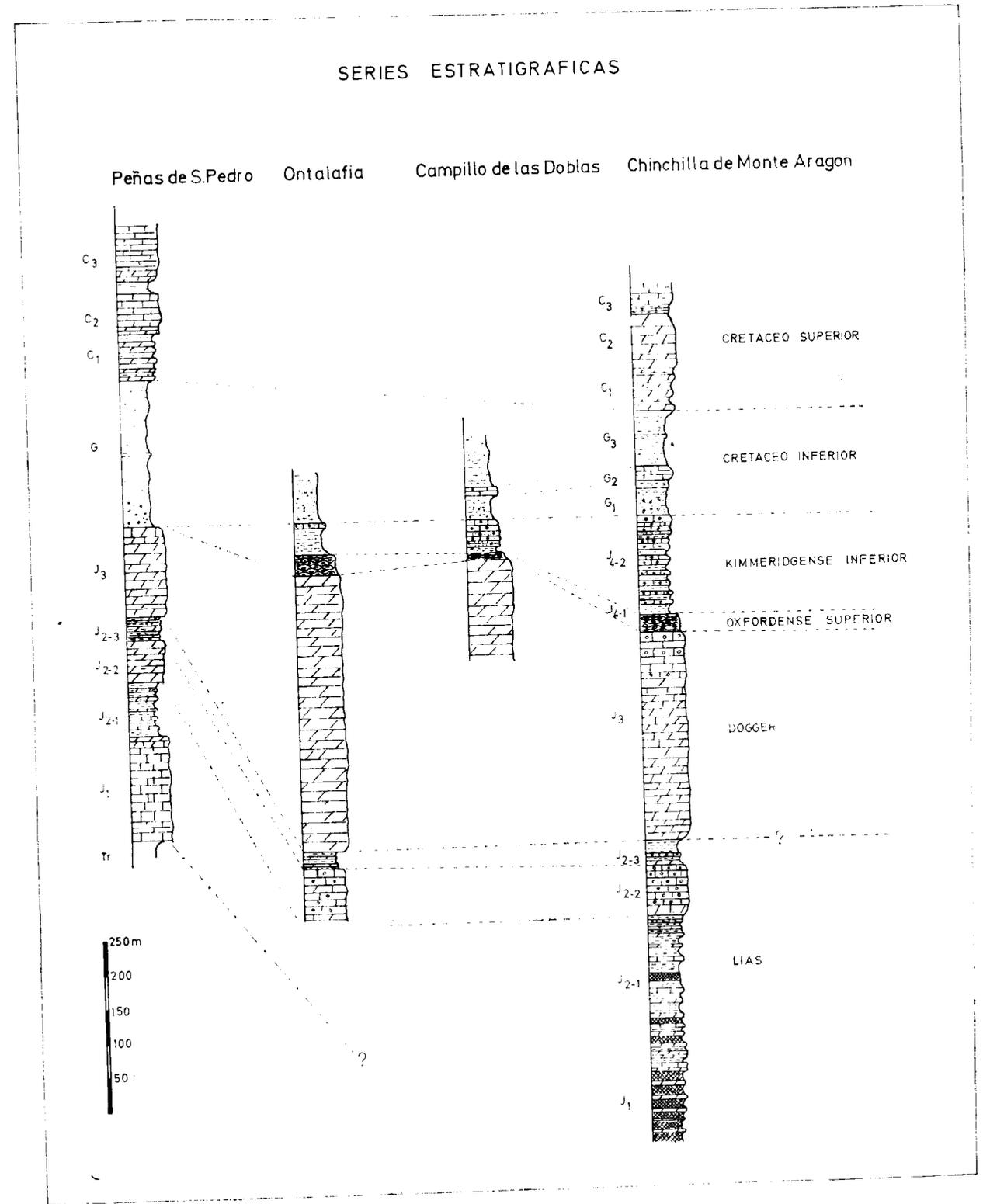


Figura 2

J_{2a}:
 — 32 metros de alternancia de arcillas y dolomías arcillosas.

J₃:
 — 110 metros de dolomías de textura cristalina media a gruesa, con algunos bancos con romboedros de dolomita de gran tamaño.
 — 20 metros de micrita dolomitizada.

Los tramos descritos incluyen el Lías y Dogger; en trabajos anteriores se han atribuido J₁ y J₂ al Lías y J₃ al Dogger, aunque sin un criterio paleontológico que lo justifique.

Cretáceo inferior.

G:
 Descansando sobre el Dogger y faltando, por tanto, la totalidad del Jurásico superior, aparece un conjunto de trítico de unos 200 metros de potencia, imposible de muestrear y de estudiar sistemáticamente, debido a que sobre él existen labores agrícolas. Está constituido por arenas y arcillas de diversos colores, entre los que predominan el verde, rojo y blanco, existiendo también un conglomerado de cantos de cuarcita en la base y abundantes niveles de areniscas en el techo. Se trata del Cretáceo inferior de facies continental ("Weald"- "Utrillas").

Cretáceo Superior.

C₁:
 — 70 metros de alternancias de dolomías, calizas dolomíticas muy deleznales que contienen con frecuencia granos de cuarzo y margas amarillas. La microfauna es escasa y mal conservada. Se ha identificado el género *Nautiloculina*.

— 6 metros de dolomías y calizas muy recristalizadas con restos de microfauna inclasificable e intraclastos.

C₂:
 — 42 metros de calizas cristalinas, con abundantes restos de rudistas y gasterópodos; estructura brechoide.
 — 18 metros de margas amarillas que engloban cantos de tamaño y forma irregular, del nivel inferior.
 — 70 metros de calizas micríticas blancas o rosadas, con abundantes "cantos negros" e intra-

clastos; en ocasiones presentan estructura brechoide. Contienen restos de lamelibranquios y ostrácodos.
 — 10 metros de micritas blancas, con abundantes oonios de caráceas.

Representan estos niveles el Cretáceo superior; los niveles de C₁ son atribuidos al Cenomenense-Turonense y los de C₂ al Senonense, por comparación con las series establecidas en sectores cercanos.

Discordante sobre el último tramo descrito descansa una arenisca calcárea bioclástica, que por lito y biofacies se atribuye al Mioceno medio.

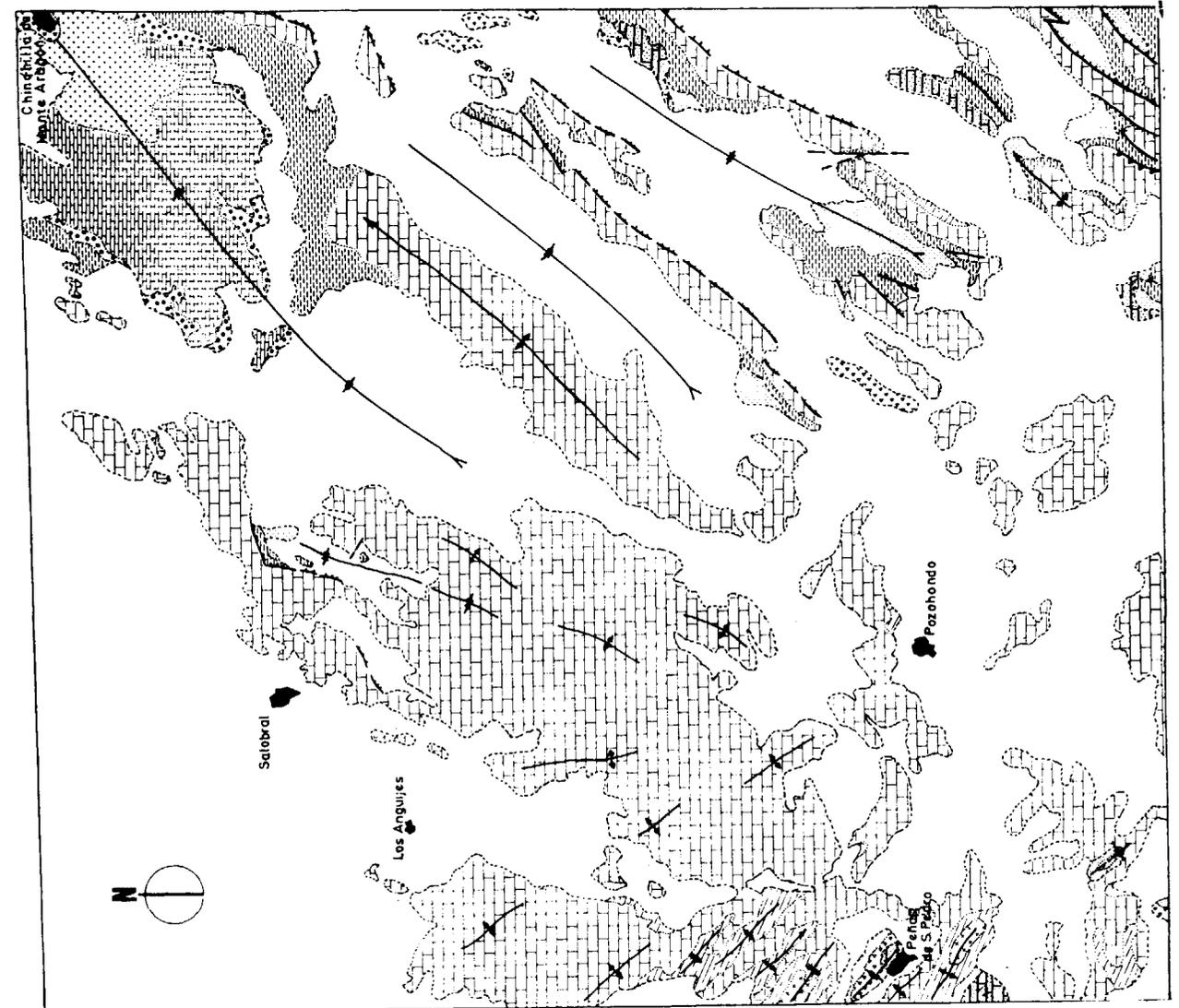
SERIE DE CHINCHILLA.

La columna del Jurásico inferior y medio se ha podido establecer, al menos parcialmente, gracias al estudio de los testigos de dos sondeos (cuya localización se indica en la figura 1), debido a que de esta parte de la serie sólo afloran unas decenas de metros en el techo. El Jurásico superior y Cretáceo de este sector ya han sido estudiados y descritos por FOURCADE (1966, 1967, 1970). Dicha descripción se incluye aquí, junto con las observaciones realizadas ahora en el Jurásico inferior y medio al objeto de sintetizar una serie-tipo del Jurásico y Cretáceo lo más completa posible de este sector.

Debido al cambio de facies que tiene lugar en el tramo basal del Jurásico (J₁) es imposible diferenciarla litológicamente de la que se sitúa inmediatamente encima de ella (J_{2a}), por lo que se describe como un solo conjunto.

J₁, J_{2a}:

- No se ha reconocido el muro. Los niveles estudiados son:
- 34 metros de anhidrita con alguna intercalación aislada de dolomía microcristalina.
 - 69 metros de alternancia de anhidrita y dolomía microcristalina.
 - 40 metros de dolomía microcristalina, arcilla verde y algún nivel calizo.
 - 164 metros de arcillas verdes y negras con episodios de dolomía gris microcristalina, anhidrita y alguna secuencia caliza.
 - 31 metros de arcillas verdes y negras con niveles de calizas oolíticas y dolomía microcristalina.



ESQUEMA GEOLOGICO DEL SECTOR
 PEÑAS DE S. PEDRO - CHINCHILLA DE MONTE ARAGON
 L. Linares Girela

LEYENDA

	Materiales de relleno PLIO-CUATERNARIO
	MIOCENO
	CRETACEO SUPERIOR
	CRETACEO INFERIOR indiferenciado
	(facies "Utrillas")
	("Calizas de Caraceras")
	(facies "Weald")
	OXFORDENSE SUPERIOR KIMMERICENSE INFERIOR
	DOGGER (?)
	LIAS
	LIAS (Supra-Lias)

SIGNOS

	Contacto normal
	C. Discordante
	C. Tectónico indiferenciado
	Falla normal
	supuesto u oculto
	Falla inversa
	supuesta u oculta
	Anticlinal
	Sinclinal

Figura 3

- J_{2.2}:
 — 22 metros de calizas oolíticas parcialmente dolomitizadas.
 — 50 metros de calizas, fundamentalmente oolíticas (oosparitas) con escasos restos de textuláridos y ostrácodos.

- J_{2.3}:
 — 18 metros de alternancia de arcillas verdes y negras con calizas oolíticas y dolomías arcillosas.
 — 20 metros de arcillas verdes y negras.

- J₃:
 — 135 metros de dolomías de textura media a gruesa.
 — 100 metros de dolomías y calizas dolomíticas.
 — 65 metros de calizas oolíticas (oosparitas) y eventualmente micríticas (microesparitas). Con frecuencia se observan los oolitos deformados y rotos y en algunos bancos del techo existen estilolitos. En lámina delgada, ocasionalmente el núcleo de los oolitos se ve que está formado por restos de la fauna que contiene este tramo: textuláridos, ataxoprágmidos, ostrácodos, miliólidos, coprolitos (?) y *Cayeuxia* (?).

El techo de este tramo está marcado por una superficie de karstificación.

Al igual que en la Serie de Peñas de San Pedro, se atribuye a estos tramos una edad de Lías-Dogger.

Jurásico Superior.

- J_{1.1}:
 — 25 metros de caliza nodulosa o subnodulosa rosada o gris (micrita) que en lámina delgada nos ha suministrado: espículas de espongiarios, lagénidos, radiolarios, ostrácodos, equinodermos, gasterópodos, lituólidos, moluscos y lisíctidos. Los numerosos ammonitidos que contienen permiten establecer que su edad es Oxfordense superior (FOUCAUDE, 1966).

- J_{1.2}:
 Según FOUCAUDE (1970):

- 15 metros de margas verdes y amarillas que contienen frecuentemente fauna de ammonites que datan el Kimmeridgense inferior.
 — 130 metros de areniscas calcáreas oolíticas y calizas oolíticas areniscosas que presentan interca-

laciones de margas, calizas margosas y margas arenosas micáceas en la base; en el techo existen niveles calcáreos con cantos de cuarcita redondeados cuyo diámetro llega a ser hasta de cinco centímetros.

La correlación de estos materiales con las series establecidas más al este, ha permitido a FOURCADE atribuir estos niveles al Kimmeridgense inferior-medio.

Cretáceo inferior. (Según FOURCADE, 1970).

- G₁:
 — 40 metros de arenas y arcillas blancas, rojas y ocres que contienen cantos de cuarcita gruesos y redondeados.
 — 10 metros de margas grises con carofitas (*Atopochara*) y Ostrácodos (*Cypridea*) atribuidas al Barremense.

- G₂:
 — 25 metros de calizas microcristalinas que contienen "cantos negros", cuarzos bipiramidales de neoformación y silex, con fauna de carofitas (*Atopochara*) y ostrácodos (*Cypridea*).

- G₃:
 — 80 metros de arenas blancas con estratificación cruzada, arcillas verdes y arenas micáceas, que constituyen la denominada facies "Utrillas", atribuible al Albense.

El Cretáceo inferior en este sector, por tanto, está constituido por un depósito no marino en el que están presentes las denominadas facies "Weald" y "Utrillas".

Cretáceo superior.

- C₁:
 — 75 metros de alternancia de dolomías blancas amarillentas y margas dolomíticas blancas o pardas. En los niveles dolomíticos aparecen con frecuencia restos de lamelibranchios y fantasmas de orbitolinas en la base.
 — 60 metros de dolomías cristalinas masivas.

- C₂:
 — 50 metros de calizas beig que contienen con frecuencia graveles, "cantos negros" y fauna de rudista, miliólidos y *Lacazina elongata* (M. CHALMAS); en la base de este tramo existen intercalaciones de margas grises.

Estos niveles, que mantienen constancia en los escasos afloramientos que existen en la región estudiada, son atribuidos, como en Peñas de San Pedro, al Cenomanense-Turonense el tramo dolomítico de base (C₁) y al Senonense el tramo calizo que pone fin a la serie (C₂).

SERIE DE CAMPILLO DE LAS DOBLAS.

El interés de la descripción de esta serie se debe a que el Jurásico superior y el Cretáceo inferior están mucho más reducidos que en la serie de Chinchilla, en cada uno de los niveles correlacionables. La serie se ha estudiado a partir de un corte situado inmediatamente al sur de esta localidad en el que afloran los materiales que se describen.

Jurásico superior.

Sobre las dolomías de la formación del techo del Jurásico medio descansan:

- J_{4.1}:
 — 11 metros de caliza micrítica rosada, nodulosa, con numerosos fragmentos de ammonites.
 J_{4.2}:
 — Cuatro metros ocultos por derrubios, pero que lateralmente corresponden a un nivel de margas amarillas equivalentes a las de la base del Kimmeridgense de la serie de Chinchilla.
 — 33 metros de areniscas calcáreas en parte dolomitizadas, que suelen contener glauconia; el tamaño de los granos de cuarzo suele variar de unos niveles a otros.
 — 10 metros de calizas oolíticas areniscosas

La correlación de estos tramos con los sectores vecinos, permite atribuirlos al Oxfordense superior y Kimmeridgense inferior, respectivamente.

Cretáceo inferior.

- G₁:
 — 34 metros de arenas y arcillas rojas, grises y blancas que contienen cantos de cuarcita bien redondeados.
 G₂:
 — 8 metros de calizas micríticas parcialmente dolomitizadas con abundantes carofitas y restos

de ostrácodos y gasterópodos: en algunos niveles las carofitas se hallan muy deformadas.

- G₃:
 — 75 metros de arenas y arcillas rojas, amarillas y blancas. No se observa el techo.

Cada uno de los tres tramos descritos es perfectamente correlacionable con los establecidos en la serie de Chinchilla de Montearagón, aunque como se ha indicado, las potencias de G₁ y G₂ son aquí sensiblemente menores.

SERIE DE ONTALAFIA.

El corte a través de la sierra de Ontalafia permite reconocer la totalidad del tramo de techo del conjunto Jurásico inferior-medio (J₃). Es aquí donde presenta el máximo de potencia de toda la región (400 m.). Por otra parte los niveles subyacentes y suprayacentes a ésta presentan características similares a los descritos en las series de Chinchilla de Montearagón y Campillo de las Doblas, respectivamente.

Los materiales que afloran son:

Jurásico inferior y medio.

- J_{2.2}:
 — 80 metros (mínimo) de calizas de oolitos e intraclastos en general amarillos o beig, con niveles de calizas dolomíticas y dolomías cristalinas.
 J_{2.3}:
 — 40 metros de alternancia de dolomías arcillosas y arcillas verdes.

- J₃:
 — 400 metros de dolomías masivas con grandes romboedros, en cuyo techo aparece un "hard-ground".

Jurásico superior.

El resto de la serie que descansa sobre los materiales descritos se encuentra oculto por recubrimientos, pero más al norte, en el sector de Pozocañada, en los afloramientos de los niveles situados sobre la misma alineación de dolomías de Ontalafia, FOURCADE (1966-1970) ha descrito un Jurásico Superior de características similares al de la serie de Campillo de las Doblas.

PALEOGEOGRAFIA.

La sedimentación de la formación basal del Jurásico (J_1) tiene lugar en el sector de Peñas de San Pedro en un mar epicontinental de poca profundidad; hacia el norte (Serie de Chinchilla de Montearagón) se observa la individualización de un medio restringido que condiciona el depósito de una secuencia claramente evaporítica. El tramo arcilloso suprayacente ($J_{2.1}$) en el sector de Peñas de San Pedro presenta un carácter marino similar al del tramo basal, aunque se observa que eventual y localmente el ambiente queda restringido (presencia de yeso diseminado); esta restricción del medio se hace más patente hacia el norte (Serie de Chinchilla de Montearagón) donde la proporción de evaporitas es mayor respecto a los episodios francamente marinos. Al depositarse el tramo $J_{2.3}$ el ambiente vuelve a ser marino de poca profundidad al igual que durante la sedimentación de J_3 ; entre ambas hay un episodio que corresponde al depósito de $J_{2.3}$ donde se observa de nuevo una tendencia a la restricción del medio.

En resumen se puede establecer que en el Jurásico inferior y medio, esta región se halla situada en un ambiente de plataforma epicontinental en la cual eventualmente se individualizan ciertos sectores que quedan aislados del mar abierto; esta restricción del medio se hace mucho más patente hacia el norte de la región al comienzo de la sedimentación jurásica.

Una vez depositado este conjunto, la región se ve afectada por una etapa sin sedimentación (presencia de "hard-ground" en el techo) que pudo ser una emersión total al menos en ciertos sectores (en la Serie de Chinchilla aparece una superficie de karstificación en el techo del Dogger).

En el Oxfordense superior vuelve una sedimentación marina, depositándose la caliza nodulosa de ammonites en la región oriental. En el sector occidental se ignora si llegó a depositarse; la ausencia de la misma puede ser debida a que este sector estuvo emergido, o bien, a que, habiéndose depositado en él, fue luego barrida por la erosión precretácica que tuvo lugar en la región; es muy probable que hayan influido ambos factores.

Durante el resto del Jurásico superior la región se ve afectada por una regresión. Al comienzo del Kimmeridgense el sector occidental se halla emergido y progresivamente la línea de costas se va desplazando hacia el este: mientras que el Kimme-

ridgense inferior se deposita en la mitad oriental de la zona, el Kimmeridgense medio lo hace sólo en los alrededores de Chinchilla; el Kimmeridgense superior y el portlandés ya no se deposita aquí, lo hacen en regiones situadas más al este y sur FOURCADE (1966) puso de manifiesto que las series en estos sectores son más completas y potentes. La desaparición de estos niveles se puede controlar perfectamente en cada caso: la disminución progresiva de potencia hacia el oeste hasta la desaparición total, acompañada de un aumento del carácter detrítico en el mismo sentido, es bien patente en el sector estudiado.

El Cretáceo inferior, representado por las típicas facies "Weald" y "Utrillas" de ambiente no marino, se sitúa discordante sobre niveles progresivamente más antiguos hacia el oeste (fig. 2). Como se ha indicado, es probable que, al menos en el sector occidental, una etapa erosiva haya tenido lugar antes del depósito de estas facies.

En el Cretáceo superior el mar invade de nuevo la región, no pudiéndose precisar si total o parcialmente, pues aunque sólo existen afloramientos aislados, la ausencia de los mismos en ciertos sectores puede ser debida a erosión posterior; por otra parte, con los datos que suministra el sector estudiado, no se puede precisar en este sentido. Se puede indicar, eso sí, que el ambiente de depósito corresponde a un ambiente marino de poca profundidad a excepción de un episodio situado en el techo de la serie cretácica, en el cual se observa un eventual aislamiento del mar abierto, depositándose entonces las facies de carofitas y "cantos negros".

CONCLUSIONES Y CORRELACIONES

Jurásico inferior y medio.

Incluye un potente conjunto comprendido entre el Trías y el Oxfordense superior, donde las precisiones estratigráficas no son posibles debido a la ausencia de faunas características. En sus tramos basales (J_1 y $J_{2.1}$) atribuidos al Lías, sufre un importante cambio de facies dentro del sector estudiado que ha sido confirmado por comparación con series cercanas; en efecto, a la sedimentación típicamente epicontinental del sector de Peñas de San Pedro corresponde una secuencia eminentemente evaporítica hacia el norte (Serie de Chinchilla). El resto de la serie hasta el Oxfordense superior mantiene las facies.

A pesar de la ausencia de faunas características en todo este conjunto, hasta ahora poco sistematizado, se pueden diferenciar unos tramos con características litológicas bien definidas que permiten la correlación de las mismas, no sólo en el sector a que se refiere esta nota, sino en una amplia superficie del Prebético.

La sucesión establecida para el Lías-Dogger de la serie tipo de Peñas de San Pedro es correlacionable en todos sus tramos con la citada por FOURCADE (1970) en la Sierra del Madroño, cerca de Ontur (20 kilómetros al E del sector estudiado).

Igualmente se pueden correlacionar la totalidad de estos tramos con los descritos por JEREZ MIR (1973) en el "Complejo dolomítico basal" del Jurásico en la serie tipo del Río Mundo (20 kilómetros al S).

En el sector Alcaraz-Robledo los tramos descritos por LINARES GIRELA y RODRÍGUEZ-ESTRELLA (1973) como "formación carbonatada" y "formación arcillosa" en las series de Jardín (25 kilómetros al W), Vianos (40 kilómetros SW) y Carretera Alcaraz-Fábricas (40 kilómetros al SW), corresponden respectivamente a los tramos J_1 y $J_{2.1}$; los episodios carbonatados que ocupan la parte alta de la "formación arcillosa" corresponden a la base del tramo $J_{2.2}$ descrito en Peñas de San Pedro; faltan en ese sector los tramos $J_{2.3}$ y J_3 .

En el sector situado inmediatamente al sur del área que se estudia (hoja de Lietor), los tramos descritos mantienen su constancia litológica si bien las potencias son sensiblemente menores en algunos tramos (RODRÍGUEZ-ESTRELLA, com. oral).

Los conjuntos litológicos diferenciados por GARCÍA RODRIGO y PENDAS (1971) en cuyo trabajo se correlacionan las series de Peñas de San Pedro, las del Sector Alcaraz-Robledo y las de Sierra del Madroño, concuerdan perfectamente con las aquí citadas.

En sectores más alejados y situados al Suroeste, en la sucesión del Lías-Dogger descrita por LÓPEZ GARRIDO (1971 b) como "Unidad de Beas de Segura" (90 kilómetros al SW), se pueden diferenciar conjuntos litológicos perfectamente correlacionables con los tramos J_1 , $J_{2.1}$ y $J_{2.2}$ de Peñas de San Pedro.

Más al Suroeste, en el sector de Villacarrillo (hoja 709 del plan MAGNA - IGME, inédito) las series de La Herrera-Fuente del Piojo (120 kilómetros al SW), incluyen conjuntos litológicos corre-

lacionables con los tramos J_1 , $J_{2.1}$ y $J_{2.2}$ descritos aquí.

Por otra parte, el cambio de facies de los niveles basales del Jurásico (J_1 y $J_{2.1}$), puesto de manifiesto en la Serie de Chinchilla de Montearagón, donde se observa el paso de estos tramos a conjuntos eminentemente evaporíticos, es constatado más al norte en los sondeos petrolíferos de Ledaña (45 kilómetros al N) y Carcelén (40 kilómetros al NE) (datos inéditos de ENPASA). Los tramos suprayacentes diferenciados $J_{2.2}$, $J_{2.3}$ y J_3 son correlacionables en todos los casos.

Finalmente, las múltiples observaciones geológicas realizadas en el *Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura*, recogidas en documentos hasta ahora de difusión restringida en su mayoría, nos han permitido utilizar esta diferenciación de tramos en el Jurásico inferior y medio, en una amplia extensión del Prebético, siendo un instrumento de inapreciable valor, dada la ausencia de faunas características en estos niveles. Los tramos descritos en esta nota, se corresponden, en la terminología empleada en los documentos de este Estudio, del siguiente modo:

- J_1 Formación Carretas.
- $J_{2.1}$ Formación Madroño.
- $J_{2.2}$ Formación Colleras.
- $J_{2.3}$ Formación Contreras.
- J_3 Formación Chorro.

Jurásico superior.

La evolución de las series del Jurásico superior en los sectores limítrofes, donde éstas adquieren mayor importancia, ha sido suficientemente estudiada por FOURCADE (1966-1970). Este autor ha puesto de manifiesto que las series de E a W, van siendo cada vez menos completas y menos potentes. A estas observaciones sólo cabe añadir que en el sector estudiado la potencia de las series continúa disminuyendo hacia el oeste, habiéndose controlado perfectamente su desaparición (ver mapa geológico en figura 3).

Cretácico.

La escasa representación en el sector estudiado de los materiales cretácicos por una parte y por otra el hecho de que éstas ya han sido suficientemente estudiadas en otros sectores próximos por diversos autores no nos permiten sino remitirnos a la bibliografía que se cita para las observaciones

de carácter regional. Hay que destacar el hecho de que el Cretácico inferior se sitúa discordante sobre series jurásicas, que son progresivamente más antiguas y menos completas hacia el oeste de la región. Solapamientos similares a éstos han sido puestos de manifiesto por LÓPEZ GARRIDO (1971 a) en el sector de Orcera-Siles.

BIBLIOGRAFIA

- DABRIO, C. J.: *Geología del sector del Alto Segura. Zona Prebética*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, 338 páginas (1972).
- ENPASA, E.PENSA: Diversos trabajos inéditos.
- ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CAZORLA-HELLÍN-YECLA: *Informe de recopilación y síntesis*. IGME - IRYDA. Madrid (1972).
- FOURCADE, E.: *Note préliminaire sur l'évolution de quelques faciès du Jurassique supérieur de l'est de la province d'Albacete (Espagne)*. "C. R. Somm. S. G. F.", fase 5, pp. 182-184 (1966).
- FOURCADE, E.: *A propos de quelques faciès "non marins" du Crétacé inférieur de la région d'Albacete-Almansa (Sud-Est de l'Espagne)*. "C. R. Somm. S. G. F.", fasc. 5, pp. 200-201 (1967 a).
- FOURCADE, E.: *Données nouvelles sur le Crétacé inférieur du nord-est de la Cordillère bétique (Espagne)*, "Acad. Nazionale dei Lincei, Rendiconti clas. Sc. Fis., Mat. e Nat.", fasc. 6, Ser. VIII, vol. XLII, pp. 842-851 (1967 b).
- FOURCADE, E.: *Le Jurassique et le Crétacé aux confins des Chaînes Bétiques et Ibériques (sud-est de l'Espagne)*. "Thèse de doctorat d'état. Fac. Sciences Paris", 4-27 pp. (1970).
- GARCÍA RODRIGO, B. y PENDAS, F.: *Consideraciones sobre el Jurásico inferior y medio de Albacete*. "Cuad. Geol. Ibérica", vol. 2, pp. 255-272 (1971).
- IGME: *Memoria explicativa del mapa geológico 1:50.000. Hoja 907 (Villacarrillo)*. En curso de publicación.
- JEREZ MIR, L.: *Geología de la Zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, 750 p. (1973).
- LINARES GIRELA, L., y RODRÍGUEZ-ESTRELLA, T.: *Observaciones sobre la geología del Sector Alcaraz-Robledo (Zona Prebética, provincia de Albacete)*. "Bol. geol. Min.", t. LXXXIV, fasc. VI, pp. 419-425 (1973).
- LÓPEZ GARRIDO, A. C.: *Primeros datos sobre la estratigrafía de la región Chiclana de Segura-Rio Madera (Zona Prebética, provincia de Jaén)*. "Acta Geol. Hisp.", t. IV, núm. 4, pp. 84-90 (1969).
- LÓPEZ GARRIDO, A. C.: *Sobre la posición de los terrenos de "faciès de Utrillas" en la Zona Prebética, al NE de la provincia de Jaén*. "Bol. Geol. Min.", t. LXXXII, fase I, pp. 47-51 (1971 a).
- LÓPEZ GARRIDO, A. C.: *Geología de la Zona Prebética, al NE de la provincia de Jaén*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, 317 pp. (1971 b).
- RODRÍGUEZ-ESTRELLA, T. y GRANADOS, L. F.: *El Cretácico superior de las hojas de Alcaraz, Lietor y Yeste. Zona Prebética*. I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico de España. Barcelona (1973).

Recibido: Enero 1975.

Las fases de deformación en el Sinclinal de Baralla (Lugo, NW de España)

Por ENRIQUE MARTINEZ-GARCIA (*) y O. APALATEGUI (**)

RESUMEN

La estructura del Sinclinal de Baralla (provincia de Lugo) está siendo objeto de cartografía para el Plan MAGNA del Instituto Geológico y Minero de España, en la hoja a escala 1/50.000, número 98 (Baralla). Durante el estudio preliminar se ha podido determinar la existencia de varias fases de plegamiento. La primera es raramente visible en el afloramiento, excepto por la presencia de filones de cuarzo de exudación metamórfica. Al microscopio se observa una esquistosidad relacionada con cloritoide y clorita. La segunda fase da lugar a una esquistosidad muy marcada que transpone por completo a la primera y que es paralela al plano axial de pliegues isoclinales muy apretados en las cuarcitas y filones de cuarzo de exudación. Estos últimos presentan con frecuencia direcciones aproximadamente E-W. La tercera fase origina pliegues de plano axial bastante inclinado, con una esquistosidad de crenulación y fractura asociada según los puntos. Por la diferencia de inclinación de sus ejes respectivos en relación a la Sinforma de Baralla, es imposible que exista una cuarta fase que haya originado esta última. Las fases II, III, IV tienen dirección axial de los pliegues, aproximadamente, N-S.

La existencia de estas fases de plegamiento modifica esencialmente el esquema tectónico establecido para la zona de Baralla y su prolongación hasta el N hasta el Manto de Mondoñedo, por lo que se hace necesario un estudio detallado de las estructuras, así como la revisión a fondo del esquema estratigráfico existente.

ABSTRACT

Mapping of the Baralla Zone (province of Lugo) made on behalf of the Instituto Geológico y Minero de España for the MAGNA Project (Baralla sheet, no. 98), has shown the presence of several deformation phases. The first one is rarely visible in the outcrops except through the appearance of segregation quartz veins folded by the second and main phase. In thin section, the presence of a former schistosity with associated chloritoid and chlorite can be seen. The second phase produced a strong axial plane schistosity with tight isoclinal folds in the quartzites and segregation quartz veins of the first phase. The third phase folds are also isoclinal or tight and inclined to subvertical axial planes. There is a variable axial plane schistosity associated to these folds and its nature seemingly changes from crenulation to fracture type in different areas. After the plunge differences between the third folds axes and the Baralla Synform, a possible fourth phase can be determined to exist and to have originated the wide and open Baralla Synform, very similar to the great structures of Eastern Galicia and the remainder of the Hesperian Massif. All three last phases have fold axes with an approximate N-S trend. Folded quartz veins with axes in an E-W direction have been observed that could be associated to the first deformation phase.

The discovery of these deformation phases clearly modifies the tectonic model currently accepted for this area up to date, and a detailed revision of the structures and also of the established stratigraphy seems to be necessary.

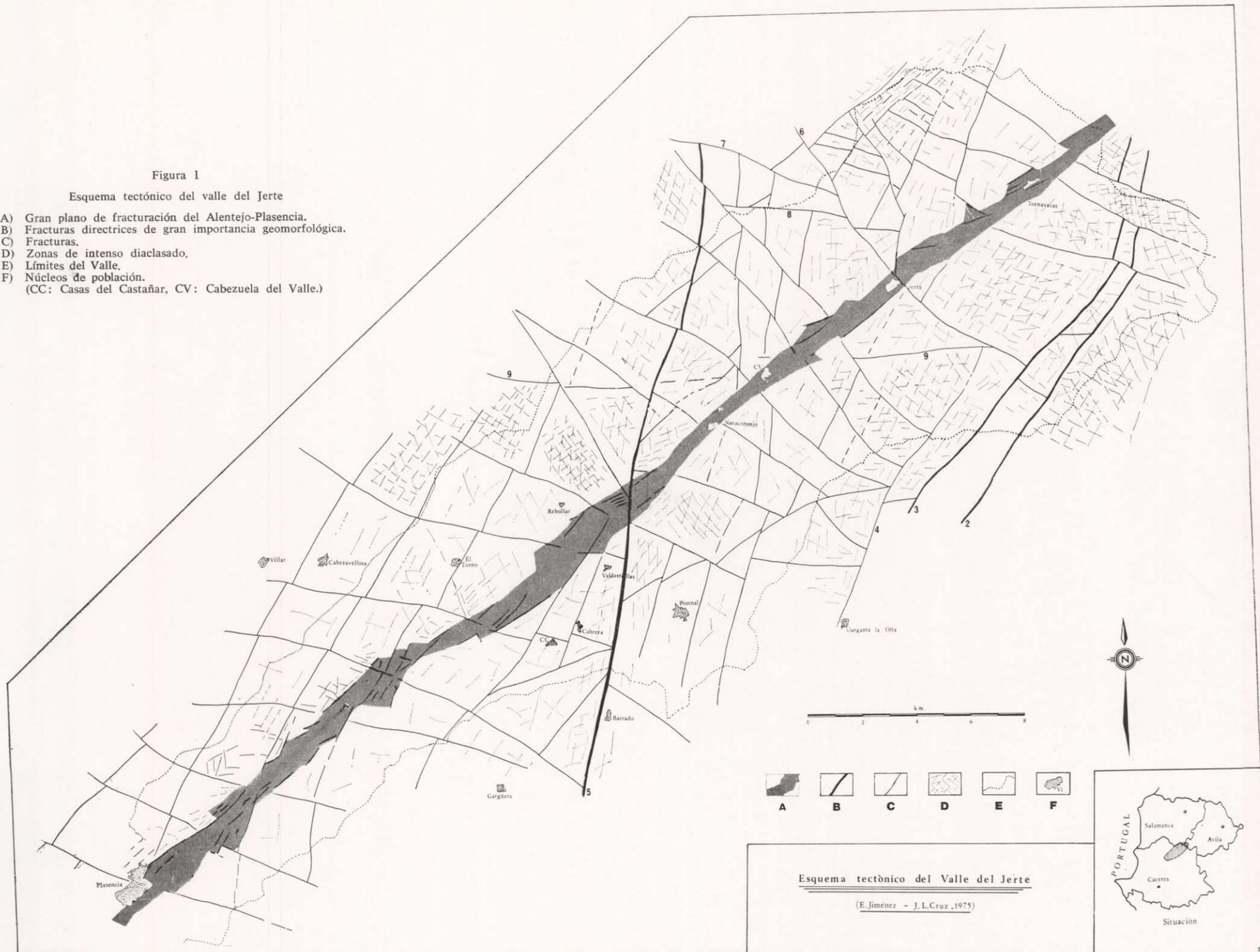
(*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias de Salamanca.

(**) GEOTEHIC, General Mola, 210, Madrid.

Figura 1

Esquema tectónico del valle del Jerte

- A) Gran plano de fracturación del Alentejo-Plasencia.
 - B) Fracturas directrices de gran importancia geomorfológica.
 - C) Fracturas.
 - D) Zonas de intenso diaclasado.
 - E) Límites del Valle.
 - F) Núcleos de población.
- (CC: Casas del Castañar, CV: Cabezuela del Valle.)



Esquema tectónico del Valle del Jerte

(E. Jiménez - J. L. Cruz, 1975)



INTRODUCCION

La zona a que hacemos referencia en esta nota se encuentra situada en la provincia de Lugo, en la parte oriental de la hoja del M. T. N., a escala 1/50.000, número 98 (Baralla), y está siendo cartografiada para la realización de esta hoja dentro del Plan MAGNA, del Instituto Geológico y Minero de España. Esta zona ha sido objeto de cartografías anteriores a diversas escalas, principalmente por Hernández Sampelayo (1931), Dietrich (1962), Matte (1968) y Capdevila (1969). La estratigrafía fue establecida por Walter (1963, 1968) y presenta notables variaciones respecto al Cámbrico de las regiones yacentes, como son de destacar la presencia de gruesas intercalaciones calizas en la base (Calizas de Cándana) y de cuarcitas de colores claros entre estas calizas y las de Vegadeo (cuarcitas de Cándana superiores), parecidas a las cuarcitas que se hallan exactamente en la base de la serie, sobre la Serie de Villalba (cuarcitas de Cándana inferiores). Estas series ha dado lugar a discrepancias en la cartografía, ya que las cuarcitas consideradas como de edad ordovícica, cerca de Becerreá, por Dietrich (1962), se dan por Matte (1968) como cuarcitas de Cándana superiores, y las cartografiadas, asimismo, como ordovícicas por Walter (1965), en el flanco N del Manto de Mondoñedo, se consideran por Matte (1968) como las cuarcitas de Cándana inferiores. Por su parte, Hernández Sampelayo (1931) cita la presencia de *Cruzianas* en las cuarcitas de Becerreá, que Matte (1968) y Capdevila (1969) consideran como cuarcitas de Cándana superiores, y por tanto, del Cámbrico inferior.

El resto de la columna estratigráfica de la zona se ha descrito como más similar a las adyacentes, encontrándose la cuarcita armoricana con *Cruzianas*, *Vexillum*, etc., y sobre ella, esquistos azulados del Ordovícico, sobre los que se encuentra en discordia un Silúrico detrítico con niveles ferruginosos.

En cuanto a la tectónica de la zona de Baralla, según Matte (1963) y Capdevila (1969), ésta se encuentra afectada solamente por una fase de deformación, con los pliegues que poseen una esquistosidad de plano axial y que pasarían de estar poco inclinados en el flanco W hasta subverticales en el oriental (según corte de Mayte in Mattuer 1973). Esto explica para este autor el que la esquistosidad se encontraría horizontal en el "Domo de Lugo" y subvertical en la zona de Becerreá.

Para los autores anteriormente citados se trataría de la llamada "fase 1), ya que la considerada como "fase 2" sólo estaría presente hacia el W en una estrecha faja más o menos coincidente con la estructura en que aflora la formación "Olló de sapo" y desaparecería hacia el W y E. Sin embargo, la existencia de una fase de deformación equivalente a la fase 2 de Matte ha sido citada recientemente por diversos autores en zonas que rodean la de Baralla, como, por ejemplo, en las hojas geológicas números 154 (Lalín), 187 (Orense) y 188 (Nogueira de Ramuín) del I. G. M. E., en Galicia Central; Marcos (1971), en Asturias Occidental; Martínez García (1973), en la Sanabria; Ribeiro (1970), en Tras-os-Montes, etc. Por todo ello, resulta difícil admitir, siguiendo a Matte (1968) y Capdevila (1969), el que esta zona que nos ocupa se encuentre en un área aislada y diferente de las circundantes.

ESTRATIGRAFIA DEL SINCLINAL DE BARALLA

El Sinclinal de Baralla está constituido por materiales que han sido atribuidos casi exclusivamente al Cámbrico inferior, con la excepción de un pequeño espesor de Cámbrico medio en el núcleo del mismo. En esto se diferencia notablemente del resto de los sinclinales o sinformas del Macizo Hespérico, en cuyos núcleos casi siempre se encuentran las cuarcitas armoricanas y el Silúrico. Según Matte (1968) y Capdevila (1969), en el flanco W del sinclinal, las cuarcitas de Cándana inferiores reposan, sin discordancia aparente, sobre una serie esquistosa considerada como de Villalba. A continuación se encuentran las pelitas y carbonatos de Cándana, con niveles calizos y dolomíticos de más de 100 metros de espesor y una potencia total de la formación de unos 500 metros. Sobre ella reposa la cuarcita de Cándana superior, parecida a la inferior en espesor (unos 200 metros), y en litología, ya que ambas contienen feldespatos y cuarzos azules. Por encima se halla la llamada "serie de transición", con esquistos negros y calizas en lentejones de poco espesor, que pasan a las calizas de Vegadeo, de un espesor de 100-200 metros, también con niveles dolomíticos. Por último, el núcleo del sinclinal estaría constituido por la "Serie flyschoides" de tránsito a la cuarcita armoricana, y constituida por intercalaciones de pelitas y cuarcitas.

En el flanco E del sinclinal se repetiría la serie hasta llegar a las cuarcitas de Cándana superiores en orden descendente. Estas cuarcitas ya formarían a su vez un anticlinorio hacia Becerreá, donde aparecerían de nuevo las calizas de Vegadeo.

En nuestro estudio preliminar no hemos aún comprobado la exactitud de la serie estratigráfica, por lo que, por el momento, utilizaremos al referirnos a los materiales las denominaciones atribuidas a los autores citados.

FASES DE FORMACION

En la carretera entre Becerreá y Baralla se observan unos pliegues de plano axial subvertical en las Cuarcitas de Cándana superiores a los que se asocia una esquistosidad de fractura de plano axial. En los afloramientos se puede ya distinguir la existencia de una esquistosidad anterior, aparentemente de flujo, marcada por la fuerte orientación de minerales micáceos subparalelamente a la estratificación. Los ejes de estos pliegues llevan una dirección aproximadamente N-S con inmersión hacia el N.

En la carretera de Baralla a Láncara, kilómetro 18, en el afloramiento de las Cuarcitas de Cándana inferiores, se encuentran unos pliegues muy



Figura 1

Pliegues de fase II con esquistosidad de plano axial afectados por una charnela de pliegue de la fase III (ver esquema figura 2). Carretera de Baralla a Láncara, kilómetro 18. (Foto Aldaya)

apretados y de plano axial subhorizontal (fig. 1), a los que se asocia una esquistosidad muy fuerte, aparentemente de flujo, que en las charnelas forma un abanico y en los flancos se coloca subparalela a

la estratificación. Esta es la esquistosidad que habíamos visto afectada por los pliegues de la carretera de Becerreá a Baralla. También aquí está cortada por una esquistosidad de fractura que se marca en las cuarcitas por filones de cuarzo de segre-

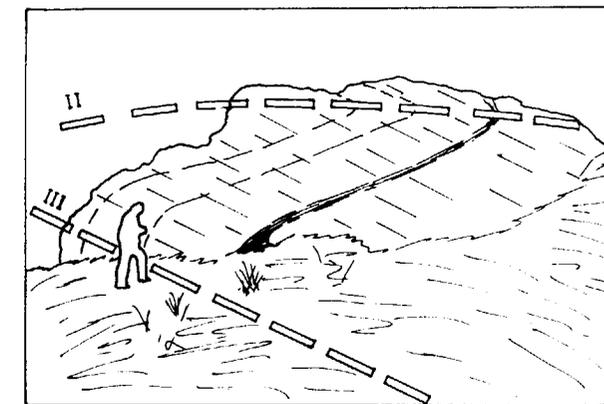


Figura 2

Esquema de la figura 1, en que se marcan los planos axiales de los pliegues II y III y la esquistosidad de fractura de la fase III

gación paralelos a la misma. En el mismo afloramiento se observa que los pliegues que acabamos de describir están a su vez doblados por otros pliegues, cilíndricos, de plano axial inclinado unos 45° hacia el E y cuyos ejes tienen inmersión hacia el N (ver figs. 1 y 2). La dirección de los ejes es también aproximadamente N-S. Se puede observar que la esquistosidad de fractura con los filones de cuarzo es paralela al plano axial de dichos pliegues. En la charnela del pliegue cilíndrico se ve que do-



Figura 3

Esquistosidad II (paralela al lapicero), traspuesta por la esquistosidad III de cremulación inclinada. Carretera de Baralla a Láncara, kilómetro 18. (Foto Aldaya.)

su verdadero origen: son retazos del primitivo "nivel de cumbres o superficie fundamental", rotos por las fallas y erosionados posteriormente. La gama de alturas es muy amplia (2.240 a 1.600 m) y puede ser mucho mayor si el fenómeno continúa hacia el SW.

B) NIVELES DE EROSIÓN INFERIORES A 1.050 m.

Es especialmente reconocible entre Tornavacas y Jerte, en la ladera izquierda del río, pero difícil de apreciar si no ascendemos por la derecha (fig. 3).

En la ladera izquierda el rellano está situado en un frente de unos cuatro kilómetros y a una altura de 870 a 900 metros, con una clara inclinación hacia el SW (m, fig. 2).

En la ladera derecha aparece muy cortado por la erosión y está representado por el cerro Longueras (1.010 m) (n, fig. 2) y el Lomo Los Papúos y otros (o, p, fig. 2).

La diferencia de altura entre los niveles de ambas laderas no nos parece anormal. Téngase en cuenta que una superficie encajada entre escarpadas vertientes no puede ser horizontal transversal-

mente ni siquiera en casos con fuerte sedimentación, caso que aquí no se da. Sin embargo, no hay que descartar recientes movimientos de reajuste a favor de alguna fractura, aunque ello nos parece poco probable.

EDAD DE LOS NIVELES DE EROSION

Es este un problema largamente debatido por todos los investigadores del Sistema Central. Sin tratar de resolverlo a escala general, nos limitaremos a exponer nuestras observaciones sobre el segmento el que corresponde el valle del Jerte.

Por lo que se refiere al "nivel superior", puede darse la misma condición por la que los desgarres geométricos no son armónicos: Dado que los movimientos de reajuste isostático no tienen por qué haber funcionado selectivamente sobre ningún sistema determinado de fracturas, el desnivel entre los distintos retazos puede estar actualmente marcado por cualquiera de ellos.



Figura 3

El nivel de erosión inferior entre Tornavacas y Jerte, desde la ladera derecha. (En primer término, a la izquierda, el Cerro Longueras. Al fondo, a media ladera, el nivel inferior. Arriba, la superficie superior o "nivel de cumbres".)

— *Las series del Paleozoico inferior y la estructura hercyniana del occidente de Asturias (NW de España)*, Trab. Geol. Univ. Oviedo, n. 6, pp. 3-113, Oviedo (1973).

MARTÍNEZ GARCÍA, E.: *Deformation y metamorfismo en de la zona de Sanabria (provincias de Zamora, León y Orense, noroeste de España)*, Stvd. Geol. Univ. Salamanca, n. V, pp. 7-106, Salamanca (1973).

MATTAUER, M.: *Les deformations des matériaux de l'écorce terrestre*. Hermann Eds, París (1973).

MATTE, PH.: *La structure de la virgation hercynienne de*

Galice (Espagne), Trav. Lab. Geol. Grenoble, t. 44, pp. 1-128 (1968).

RIBEIRO, A.: *Position structurales des massifs de Moais et Bragança (Tras-os-Montes)*, Comp. Serv. Geol. Port., v. LIV, pp. 115-138, Lisboa (1970).

WALTER, R.: *Die Unterschiedliche Entwicklung des AltPaläozoikums östlich und westlich des Kristallins von Vivero-Lugo (Nordwest Spanien)*, N. Jb. Geol. Pálaonc., Mh., 1965, h. 12, pp. 740-753, Stuttgart (1968).

-- *Die Geologie in der nordöstlichen Provinz Lugo (Nordwest Spanien)*, Geotekt. Forsch., v. 27, pp. 3-70, Stuttgart (1968).

Recibido: Noviembre 1975.

Variaciones del espesor crustal y grado de equilibrio isostático asociables a las anomalías de Bouguer en la España peninsular.

Por C. GAIBAR-PUERTAS (*)

RESUMEN

En el área de 111.340 kilómetros cuadrados ocupada por 13 provincias españolas han sido efectuadas 6.019 estaciones gravimétricas a altitudes comprendidas entre 0 y 1.823 metros. Para cada provincia, región geomorfológica y para el conjunto del área estudiada, se calculan los valores medios de las altitudes y las anomalías de BOUGUER inherentes a los grupos de estaciones efectuadas en zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros.

El ajuste polinómico (1.º y 2.º orden) de las 17 series de promedios proporciona las correspondientes rectas y parábolas ajustadas, para las que son calculados los respectivos coeficientes de correlación y las desviaciones o errores típicos. Para el conjunto del área estudiada, los coeficientes resultan francamente aceptables (-0,89 a -0,92) y los errores típicos fluctúan entre ± 13 y 15 mgls.

Este análisis estadístico permite establecer las ecuaciones que, en función de la altitud, permiten predecir el valor absoluto de las anomalías de BOUGUER para cada provincia y región geomorfológica, así como para la totalidad del área estudiada donde el valor de las anomalías (Δ_B) es proporcionado por la ecuación: $\Delta_B = -0,050 h - 14$ mgls.

Las series de valores ajustados para las anomalías de BOUGUER permiten colegir los espesores conferibles a la corteza terrestre en cada provincia, región geomorfológica y totalidad del área considerada para la que el espesor crustal fluctúa entre 33 y 48 kilómetros.

Teniendo en cuenta los signos de la correlación altitud-pesantez y la evolución altimétrica de la intensidad de las anomalías ajustadas, se evidencian hasta 4 tipos de estructura crustal en los compartimentos considerados: raíz, antiraíz y dos tipos intermedios. En conjunto, para el área estudiada se colige un enraizamiento crustal de 15 kilómetros en el manto superior; concomitantemente, la profundidad de la Moho aumenta desde 32 a 46 kilómetros.

Finalmente, los coeficientes de correlación permiten atisbar el actual grado de equilibrio isostático imputable a cada sector, pareciendo ser: casi perfecto en Vascongadas y Gerona; muy aceptable en Burgos, Santander, Ciudad Real, Cordillera Ibérica y Pirineo; bastante aceptable en Navarra y Huelva; deficiente en Segovia, Avila y la Meseta Septentrional; y sumamente deficiente en Toledo, Palencia y la Meseta Meridional. En su conjunto, el área estudiada parece haber alcanzado un equilibrio isostático muy aceptable.

SUMMARY

In the area of 111,340 Km² occupied by 13 Spanish Peninsular Provinces, we have 6,019 gravimetric stations effectuate at altitude included between 0 and 1,823 m. For each Province, Geomorphologic Region, and for the whole workeed area, we have calculate the mean values of the altitude and Bouguer's anomalies relating to the groups of the stations effectuates in altimetic zones spread out at intervals of 100 in 100 m.

The equations for the adjustment (1.º and 2.º order) of the 17 average series of values give the respective straight and parabolic adjust lines; for each of this adjust series of values are calculated the respective correla-

(*) Profesor de Investigación Científica, Departamento de Geología Económica CSIC, Sección de Geofísica y Prospección Geológica. Serrano, 123, Madrid-6.

tion coefficients and the standard deviations. For the whole worked area, these coefficients are very acceptable (-0.89 to -0.92) and the standard deviations fluctuate between ± 13 and 15 mgls.

The statistical set's permit to establish the equations which, in function of the altitude, permit predict the absolute values of the Bouguer's anomalies for each Province, Geomorphologic Region, and for the whole worked area where the anomalie values (Δ_B) are proportionate by the equation: $\Delta_B = -0,050 h - 14$ mgls.

The adjusted values set's for the Bouguer's anomalies also permit gather the thickness for the Earth's crust in each Province, Geomorphologic Region, and for the whole worked area where the thickness for the Earth's crust fluctuate between 33 and 48 Km.

Beginning of the sign of the correlation coefficients between altitude-gravity and of the altimetric evolution of the anomalie adjusted values, on make evident as much as 4 types of crustal structures in the deliberate compartments: root, antirroot, and two intermediate types. In joint, for the worked area, on conclude one crust-root penetration of 15 Km. in the upper mantle; in concomitance, the depth of the Moho increase from 32 to 46 Km.

Finally, the correlation coefficients permit watch the isostatic equilibrium of each sector which, at present, apparently be: nearly perfect in Basque and Gerona Provinces; very acceptable in Burgos, Santander and Ciudad Real Provinces and in Pyrennees and Iberian Mountain-ranges; enough acceptable in Navarra and Huelva Provinces, deficient in Segovia and Avila Provinces and in the Northern Central Plateau; and extremely deficient in Toledo and Palencia Provinces and in the Southern Cental plateau. In joint, the worked area appear have hard up one isostatic equilibrium very acceptable.

INTRODUCCION

En un trabajo precedente (2) advertíamos que nuestra red fundamental de observaciones gravimétricas resulta sumamente laxa pues, los 492.733 kilómetros cuadrados ocupados por la España peninsular quedan cubiertos por tan sólo 236 estaciones a cada una de las cuales le corresponde, por término medio, una superficie de 2.087 kilómetros cuadrados.

Así se comprende que, desde 1947, el propio Instituto Geográfico y Catastral haya venido ocupándose de obtener una red mucho más tupida utilizando modernos gravímetros. Este trabajo fue planificado desde un punto de vista político-administrativo (que no geológico) ya que la densificación de la red ha venido operándose en sucesivas áreas provinciales.

Desde 1947 hasta el presente han sido publicados los resultados obtenidos en 11 de estos conjuntos provinciales por el orden cronológico siguiente: Segovia (13), Huelva (1), Avila (3), Toledo (4), Navarra (5), Burgos (6), Palencia (7), Santander (9), Gerona (10), Vascongadas (11) y Ciudad Real (12) publicada en 1970. Consecuentemente, muy lejos de seguir el criterio de una progresiva expansión superficial, completando regiones geográficas, orográficas o geológicas, los trabajos fueron iniciados en las provincias más próximas a Madrid (Segovia, 1947), (Avila, 1950), seguidas de Huelva (1950) por

razones que escapan a nuestro alcance. Luego de un compás extendido a todo lo largo de la década 1950-1960, se reiniciaron las observaciones de campo en otra de las provincias (Toledo, 1963) aledañas a las de Madrid. Muy probablemente, la actualidad que —a la sazón— alcanzaron las prospecciones petrolíferas en Navarra y Burgos debió aconsejar la ejecución de estas dos redes provinciales que fueron asimismo publicadas en 1963; parece lógico que la misma razón sugiriese los levantamientos de Palencia (1966) y Santander (1968), así como los de Gerona y el País Vasco (Alava, Vizcaya y Guipúzcoa) publicados en 1969. Finalmente, el levantamiento de Ciudad Real (publicado en 1970) pudo ser sugerido por su inmediata vecindad a la red de Toledo que ya había sido publicada en 1963.

Ha podido advertirse que ninguno de estos conjuntos provinciales se vincula a nuestro Sistema Bético que, obviamente, entraña uno de los principales fundamentos geoestructurales de la Península Ibérica. Por otra parte, el carácter autóctono o alóctono del edificio bético ha venido constituyendo, desde siempre, el más intrincado y polémico enigma planteado por el plegamiento alpídico en el ámbito ibérico; en este sentido, parece muy probable que la propagación de las ondas sísmicas y la distribución geográfica de la pesantez pueden aportar sólidos argumentos en apoyo de una u otra de aquellas debatidas posibilidades genéticas del espinazo bético. Todo ello nos indujo a sugerir al Director Ge-

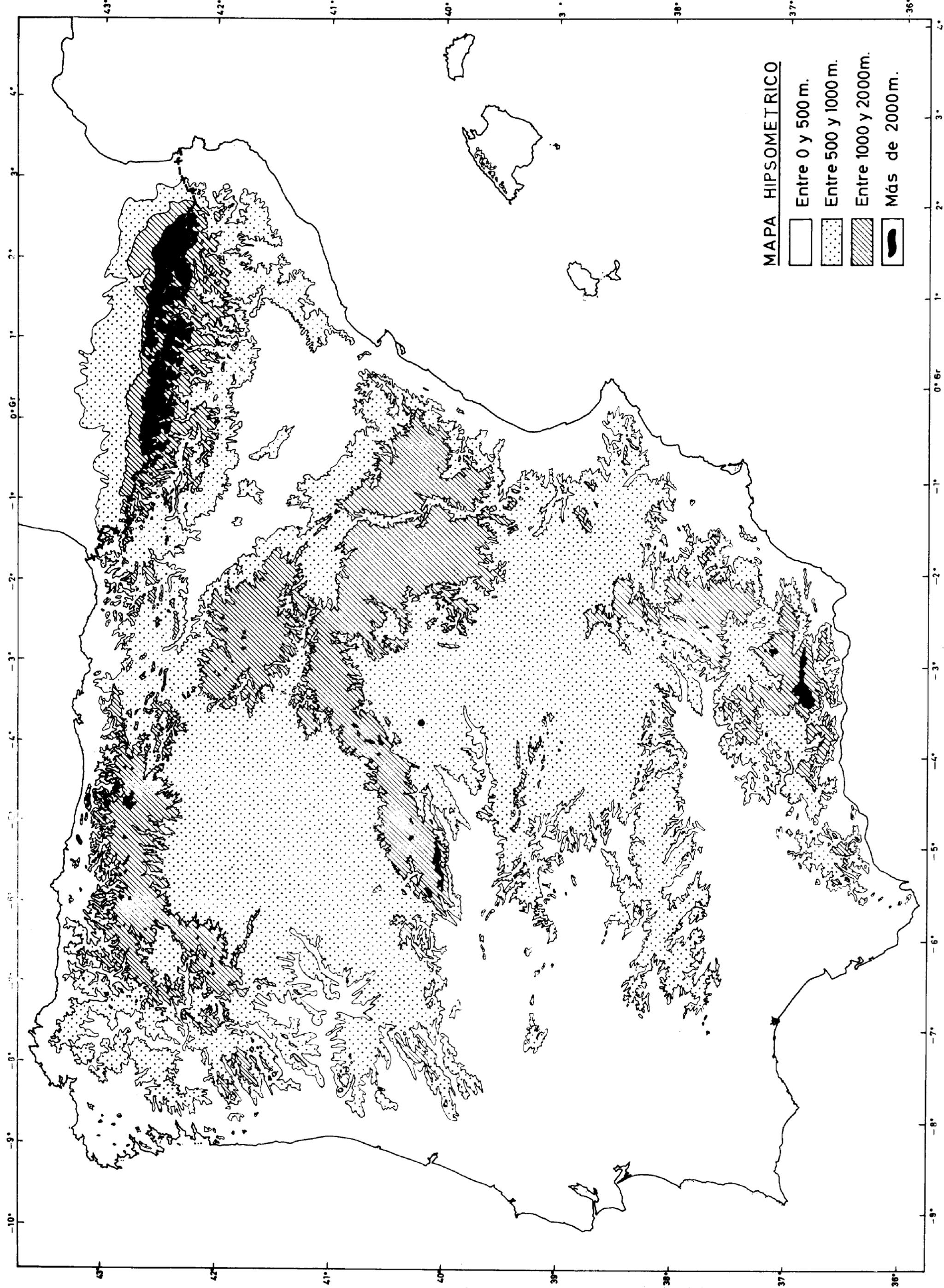


Figura 1.—Altimetría de la Península Ibérica

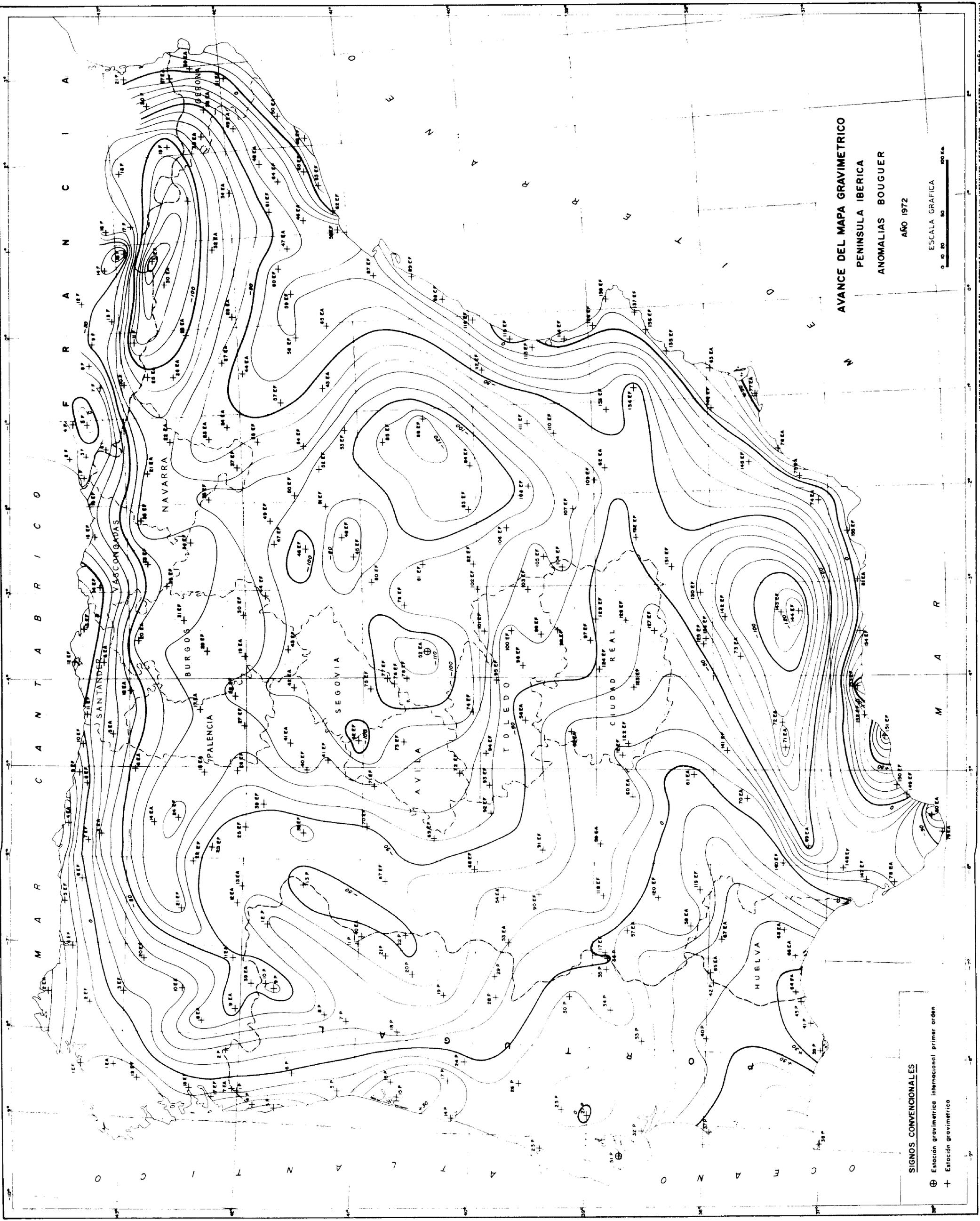


Figura 2.—Observe la correspondencia entre la orla litoral ocupada por las anomalías positivas y la extensión mostrada (figura 1) por el área hipsométrica <500 m. Adviértanse los límites de las provincias estudiadas en el presente trabajo.

INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL - PORTUGAL (BRASILIA) - INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL - ESPAÑA (BRASILIA)

neral del Instituto Geográfico y Catastral la necesidad de iniciar la observación de las redes gravimétricas en las provincias de Cádiz, Málaga, Granada y Murcia. Aceptada nuestra sugerencia y utilizando dos modernos gravímetros, durante 1969 y con la personal colaboración del autor del presente trabajo, fue efectuado el levantamiento de una tupida red de observaciones extendida por todo el ámbito de la provincia de Málaga; el Dr. Ingeniero Geógrafo Sr. Pérez Bajo ultimó los cálculos durante 1971 pero, lamentablemente, diversas circunstancias administrativas han venido diferiendo la publicación de la correspondiente Memoria.

Vista la excesiva lentitud con que han venido efectuándose estos levantamientos (entre 1947 y 1975 únicamente han sido publicados los resultados obtenidos en 11 conjuntos provinciales) y teniendo en cuenta la plena vigencia y gran magnitud de los diversos problemas geológicos que pueden encontrar luz en la distribución geográfica de la pesantez, no hemos podido sustraernos a la tentación de ensayar una nueva modalidad de análisis aplicada a la totalidad de los resultados publicados hasta el presente y que, acaso, facilite su interpretación geológica.

En efecto, recordando las dificultades interpretativas de las anomalías de BOUGUER (2), abordaremos el problema intentando eliminar el influjo altimétrico que, a nuestro modo de ver, puede responsabilizarse fundamentalmente de aquellas dificultades. De hecho, basta efectuar una somera comparación recíproca entre los mapas hipsográfico (figura 1) y de anomalías BOUGUER, (fig. 2) correspondientes a la Península Ibérica para advertir la existencia de una indudable correlación entre la altimetría y el signo y valor absoluto de las anomalías de la pesantez. A este respecto parece ilustrativo el adentramiento de la aureola de anomalías positivas invadiendo gran parte del SW peninsular pues, según puede advertirse en el mapa hipsográfico, se asocia a una paralela expansión del área altimétrica menos vigorosa (0 a 500 metros).

CARACTERES GENERALES DE LOS LEVANTAMIENTOS PROVINCIALES.

Como puede observarse en el Cuadro I, la extensión superficial de las provincias estudiadas presenta importantes variaciones que fluctúan entre los 5.289 kilómetros cuadrados de Santander y los 19.742 kilómetros cuadrados correspondientes a

Ciudad Real. Por su parte, el número de estaciones efectuadas en cada conjunto provincial también es sumamente dispar pues oscila entre las 107 de Avila y las 1.190 de Navarra.

Lamentablemente, no existe correlación entre las extensiones superficiales y el número de observaciones realizadas en cada provincia lo que se traduce en una notable heterogeneidad densimétrica entre las redes provinciales pues, como se advierte en el Cuadro I, por término medio cada es-

CUADRO I

Provincias	Extensión superficial Km ²	Número de estaciones	Densidad Km ²
Sevovia	6.949	141	1 Est. = 49
Avila	8.048	107	1 Est. = 75
Huelva	10.085	139	1 Est. = 72
Toledo	15.368	578	1 Est. = 26
Navarra	10.421	1.190	1 Est. = 8
Burgos	14.269	1.067	1 Est. = 13
Palencia... ..	8.029	877	1 Est. = 9
Santander... ..	5.289	506	1 Est. = 10
Gerona	5.886	266	1 Est. = 22
Vascongadas... ..	7.254	303	1 Est. = 23
Ciudad Real... ..	19.742	845	1 Est. = 23

tación cubre extensiones superficiales comprendidas entre 8 kilómetros cuadrados (Navarra) y 75 kilómetros cuadrados (Avila).

Por lo demás, los 11 conjuntos provinciales cubren un área total de 111.340 kilómetros cuadrados equivalentes al 22,6 por 100 de la extensión ocupada por la España peninsular (492.733 kilómetros cuadrados). Como el total de estaciones efectuadas es de 6.019, resulta que por término medio cada estación cubre un área de 18 kilómetros cuadrados (Cuadro XX).

En líneas generales, el análisis estadístico aconseja la consideración de áreas delimitadas por paralelos y meridianos geográficos escalonados de grado en grado; es decir, cuadrículas que, en nuestras latitudes, presentan una extensión superficial próxima a 9.325 kilómetros cuadrados. La extensión superficial ocupada por nuestros 11 conjuntos provinciales conduce al promedio de 10.122 kilómetros cuadrados, que puede estimarse bastante satisfactorio a aquel respecto.

r
t
k
r
n
t
c

t
d
z
n
t
d
p

k
p
g
r
n
b
s
fi
c
k
l

sea espaciales, ya que las áreas de los componentes de un material son directamente proporcionales a sus volúmenes.

$$V_v = A_a = C_p$$

donde:

V_v = densidad volumétrica de un componente.

A_a = densidad de área de un componente.

C_p = probabilidad de que un punto caiga dentro de un componente determinado.

El problema de medición como tal depende de la preparación y del problema planteado.

El Microvideomat consiste en un microscopio universal, un tubo de imagen de televisión (plumbicón) con prisma de giro de la imagen para determinar factores de forma y direcciones preferenciales, un monitor de televisión con indicación analógica y un panel de control (fig. 1).

La imagen producida por el microscopio se forma en la superficie fotosensitiva del tubo de la cámara de televisión. Las variaciones de brillo en la imagen son transformadas en variaciones de voltaje. Las diferencias de luminosidad de las diferentes fases minerales de la muestra que se observa, se transmiten en forma de impulsos de tensión al analizador de la imagen. La videoseñal simultáneamente

se transmite al monitor donde se determina el resultado *cuantitativo*, de acuerdo con el programa preseleccionado en el panel de control.

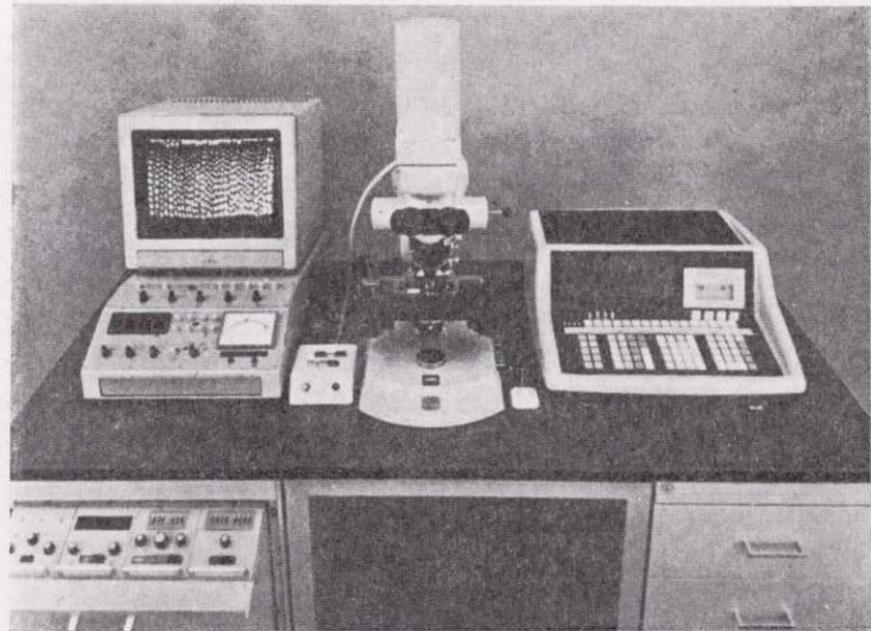


Figura 1

Microscopio televisivo cuantitativo-microvideomat-Zeiss.

La figura 2, corresponde a un esquema del funcionamiento de este aparato.

En el monitor, los detalles del objeto se aíslan de su fondo de acuerdo con su matiz de gris. Una cuña de grises representable en la imagen y que indica toda la gama de contrastes posibles, permite

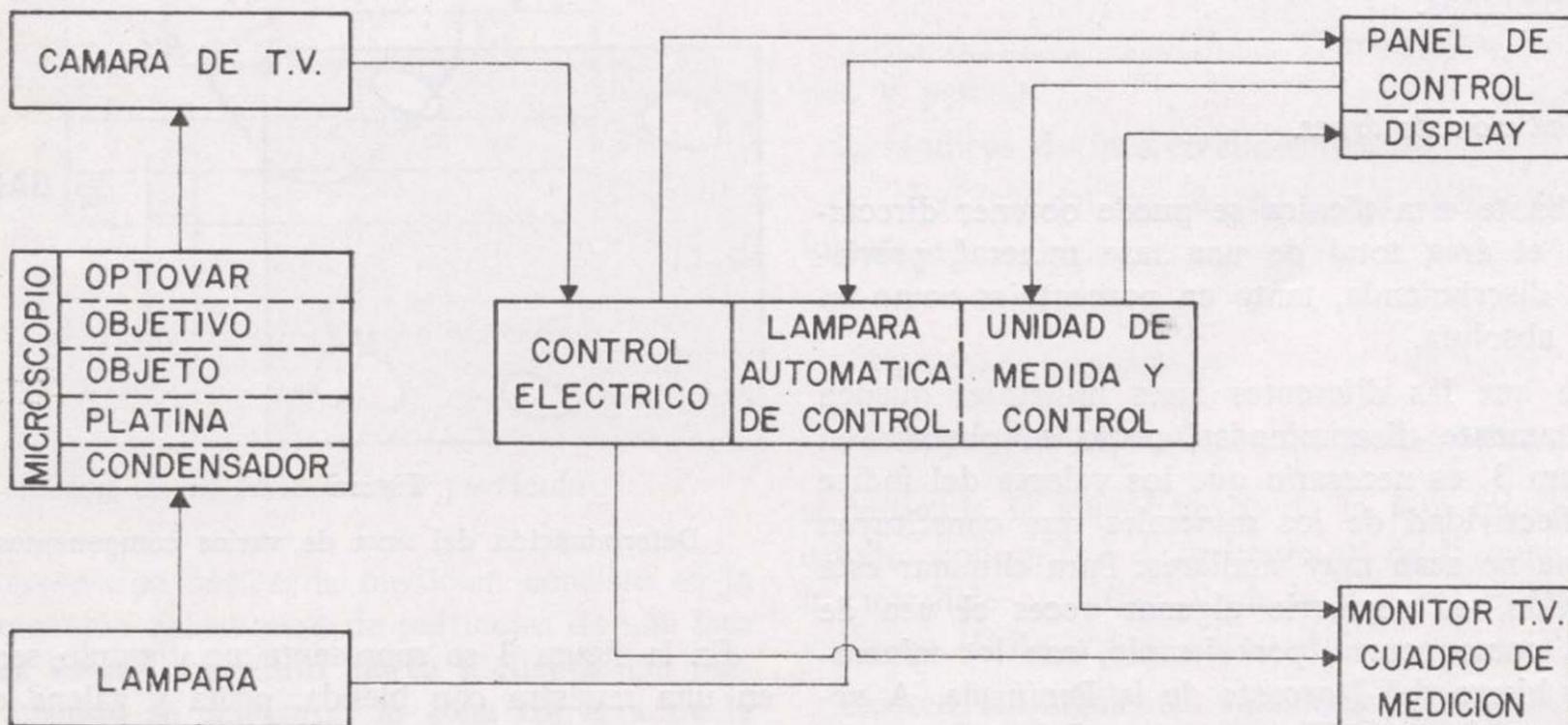


Figura 2

Esquema de funcionamiento.

ORDENACION ALTIMETRICA DE LAS ESTACIONES.

La planificación de la presente investigación se ha visto favorecida por el azar ya que los conjuntos provinciales disponibles permiten que nos podamos desenvolver en una amplia gama de altitudes comprendidas entre el nivel del mar y los 1.823 metros a que fue efectuada (Segovia) la estación más elevada.

Hemos comenzado por establecer una clasificación altimétrica de las estaciones correspondientes a cada conjunto provincial. En un principio decidimos adoptar zonas escalonadas de 50 en 50 metros de altitud que nos condujeron a resultados sumamente homologables con los proporcionados por la reagrupación de las estaciones en zonas escalonadas de 100 en 100 metros que, consecuentemente y para evitar en lo posible los fárragos numéricos, serán las consideradas en la presente investigación.

En el Cuadro II resumimos los datos correspondientes a las provincias de Huelva, las tres Vascongadas y Navarra. En cada una de ellas y para cada zona altimétrica se anotan: el número total de estaciones efectuadas en cada zona, seguido de su altitud media y los valores extremos (máximo y mínimo) correspondientes a las anomalías de BOUGUER inherentes a cada conjunto de estaciones cuyos valores medios—los más significativos a nuestro objeto—figuran en la última columna.

Análogamente, en el Cuadro III hemos resumido los datos inherentes a las provincias de Santander, Gerona y Burgos comportando: el número de estaciones efectuadas en cada zona seguido de sus altitudes medias, los valores extremos (máximo y mínimo) mostrados por las anomalías de BOUGUER en cada zona y, por último, los valores medios mostrados en cada zona por las anomalías de BOUGUER que, en nuestros cálculos, serán vinculados a las respectivas altitudes medias.

Conservando la misma disposición, en el Cuadro IV figuran los resultados obtenidos a partir de las observaciones efectuadas en las provincias de Toledo, Ciudad Real y Avila.

Por último, en el Cuadro V se condensan los datos correspondientes a las dos restantes provincias: Palencia y Segovia.

Conviene retener que, considerando los valores individuales de las anomalías de BOUGUER (Δg) y las altitudes (h) de las respectivas estaciones en los conjuntos de puntos (n) observados en cada pro-

vincia, en los cuadros II a V hemos calculado los promedios, correspondientes a los bloques de estaciones inherentes a las zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros, para los valores de Δg y h , definidos por las ecuaciones:

$$\overline{\Delta g} = n^{-1} \sum_{i=1}^n \Delta g \quad [1]$$

$$\bar{h} = n^{-1} \sum_{i=1}^n h \quad [2]$$

La simple observación de las diversas series de altitudes medias y sus respectivos promedios para las anomalías de BOUGUER evidencia claramente la existencia de una correlación entre altitudes y valores de las anomalías. Para precisar este hecho hemos recurrido al análisis estadístico de las series de promedios inherentes a cada una de las provincias.

EL ANALISIS ESTADISTICO DE LAS CORRELACIONES: VARIACIONES DEL VALOR DE LAS ANOMALIAS DE BOUGUER EN FUNCION DE LA ALTITUD DE LAS ESTACIONES DONDE FUERON OBSERVADAS.

A este respecto, el procedimiento más idóneo consiste en aplicar el método de los mínimos cuadrados a las magnitudes de la desviaciones (d) que, respecto a una recta, curva cuadrática (parábola) o curva cúbica, muestran los puntos definidos por los valores Δg y \bar{h} referidos a un simple sistema de coordenadas (fig. 3).

Se denomina *recta de mínimos cuadrados* a aquella que tiene la propiedad de que la suma de los valores $d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + \dots + d_n^2$, alcanza el valor mínimo. *Tal recta entraña la mejor curva de ajuste.*

De hecho, nada se opone a que el método pueda, asimismo, ser aplicado a otros tipos de líneas (parábola o curva cuadrática, curva cúbica) pues bastará considerar las correspondientes expresiones polinómicas.

1. *Ajuste a una recta.*—Se refiere al caso más sencillo pues se efectúa utilizando polinomios de primer grado:

$$y = a + bx \quad [3]$$

CUADRO II

Zonas de altitudes (metros)	PROVINCIA DE HUELVA					PROVINCIAS VASCONGADAS					PROVINCIA DE NAVARRA				
	N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER		
			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1.200-1.100..											2	1.125	-65	-73	-69
1.100-1.000..											4	1.052	-47	-63	-58
1.000- 900..						4	959	-69	-79	-72	16	933	-50	-83	-68
900- 800..						4	829	-62	-72	-69	48	844	-32	-87	-65
800- 700..						13	752	-49	-74	-65	72	754	-31	-85	-65
700- 600..	4	676	+42	+38	+40	31	641	-11	-75	-56	168	642	+7	-87	-64
600- 500..	11	563	+40	+11	+32	60	554	-12	-76	-54	267	546	-11	-81	-67
500- 400..	13	434	+46	+21	+34	30	457	-9	-67	-46	281	451	+21	-89	-68
400- 300..	23	346	+48	+14	+23	27	357	+10	-62	-19	210	353	+2	-86	-65
300- 200..	20	259	+57	+24	+45	36	242	+8	-61	-20	81	263	+11	-80	-56
200- 100..	29	150	+63	+19	+46	41	149	+14	-50	-12	25	149	+3	-46	-15
100- 0..	39	49	+69	+22	+46	57	45	+9	-34	-7	16	65	-1	-22	-10

CUADRO III

Zonas de altitudes (metros)	PROVINCIA DE SANTANDER					PROVINCIA DE GERONA					PROVINCIA DE BURGOS				
	N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER		
			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1.800-1.700..						2	1.728	-79	-82	-81					
1.700-1.600..						0									
1.600-1.500..						2	1.519	-63	-85	-74					
1.500-1.400..						1	1.450	-97	-97	-97					
1.400-1.300..	1	1.350	-22	-22	-22	1	1.301	-86	-86	-86	5	1.338	-64	69	-66
1.300-1.200..	1	1.234	-32	-32	-32	4	1.249	-75	-112	-93	9	1.240	-56	-69	-63
1.200-1.100..	4	1.158	-26	-29	-27	6	1.145	-62	-110	-99	47	1.147	-28	-82	-61
1.100-1.000..	6	1.034	-34	-45	-37	5	1.071	-61	-107	-81	97	1.046	-30	-79	-63
1.100- 900..	30	956	-13	-49	-36	7	942	-56	-81	-67	239	943	-30	-93	-67
900- 800..	33	851	-20	-60	-39	8	840	-26	-80	-59	327	849	-29	-95	-72
800- 700..	23	740	-15	-55	-39	7	744	-22	-74	-48	141	757	-33	-95	-65
700- 600..	18	655	+1	-63	-32	3	666	-31	-67	-54	117	653	-36	-73	-61
600- 500..	19	539	+6	-36	-20	11	549	-17	-62	-38	52	567	-29	-92	-66
500- 400..	20	445	+17	-32	-21	11	455	-14	-56	-35	17	459	-27	-72	-53
400- 300..	31	351	+9	-32	-17	11	348	+28	-64	-21	8	348	-27	-53	-39
300- 200..	46	253	+26	-25	-11	31	252	+46	-44	-8	7	269	-20	-32	25
200- 100..	91	149	+36	-50	-4	66	140	+44	-46	+1	1	183	-20	-20	-20
100- 0..	183	46	+43	-33	+12	90	44	+61	-5	+17					

CUADRO IV

Zonas de altitudes (metros)	PROVINCIA DE TOLEDO					PROVINCIA DE CIUDAD REAL					PROVINCIA DE AVILA				
	N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			N.º de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER		
			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1.700-1.600..											1	1.680	-84	-84	-84
1.600-1.500..											1	1.586	-84	-84	-84
1.500-1.400..											3	1.448	-81	-120	-96
1.400-1.300..											4	1.352	-83	-114	-95
1.300-1.200..											14	1.239	-55	-101	-85
1.200-1.100..		1.138	-34	-34	-34						14	1.148	-51	-106	-82
1.100-1.000..	0					6	1.006	-38	-47	-42	21	1.054	-33	-128	-85
1.000- 900..	6	938	-34	-49	-41	35	945	-30	-48	-39	9	941	-41	-141	-101
900- 800..	26	833	-29	-70	-40	88	844	-29	-56	-39	17	858	-80	-143	-109
800- 700..	139	735	-27	-86	-49	152	744	-24	-72	-42	6	761	-89	-149	-106
700- 600..	144	655	-23	-109	-58	480	650	-22	-77	-49	7	643	-85	-107	-94
600- 500..	92	549	-24	-96	-68	63	566	-13	-48	-31	3	543	-44	-111	-83
500- 400..	105	452	-44	-94	-68	18	465	-12	-35	-25	6	434	-80	-97	-91
400- 300..	61	359	-48	-76	-60	3	368	-20	-22	-21	1	380	-87	-87	-87
300- 200..	4	294	-63	-65	-64										

CUADRO V

Zonas de altitudes (metros)	PROVINCIA DE PALENCIA					PROVINCIA DE SEGOVIA				
	Nº de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			Nº de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER		
			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1.900-1.800..						1	1.823	-120	-120	-120
1.800-1.700..						0				
1.700-1.600..						0				
1.600-1.500..						2	1.546	-109	-119	-114
1.500-1.400..	3	1.413	-39	-54	-49	2	1.426	-110	-130	-120
1.400-1.300..	8	1.334	-26	-62	-50	3	1.321	-111	-125	-119
1.300-1.200..	21	1.244	-27	-68	-47	5	1.235	-86	-116	-103
1.200-1.100..	44	1.137	-27	-72	-55	21	1.149	-65	-118	-97
1.100-1.000..	60	1.047	-34	-80	-59	24	1.040	-81	-134	-104
1.000- 900..	140	948	-32	-83	-66	38	943	-81	-124	-105
900- 800..	308	846	-32	-84	-70	36	857	-83	-141	-113
800- 700..	293	763	-53	-80	-70	9	776	-113	-128	-120

que, aplicados a nuestro caso, traducirán en una regresión lineal la interdependencia entre los valores de Δg y los de \bar{h} .

La ecuación:

$$\Delta g_{(h)} = a + bh \quad [4]$$

proporcionará los valores medios de las anomalías inherentes a las diversas altitudes: h .

Por su parte, la

$$h_{(\Delta g)} = a' + b'(\Delta g) \quad [5]$$

nos suministrará los valores medios de las altitudes correspondientes a los diversos valores de las anomalías: Δg .

Para aplicar las [4] y [5] es preciso comenzar por calcular los valores de los coeficientes a y b , lo que requiere resolver el sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n h_i = an + b \sum_{i=1}^n \Delta g_i \\ \sum_{i=1}^n \Delta g_i h_i = a \sum_{i=1}^n \Delta g_i + b \sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 \end{cases} \quad [6]$$

Lógicamente, cuando el polinomio persigue el establecimiento de los valores para la variable independiente representada por las anomalías (Δg) correspondientes a las altitudes medias (\bar{h})—es decir: $\Delta g = f(\bar{h})$ — los valores de los coeficientes (a, b, c, \dots)

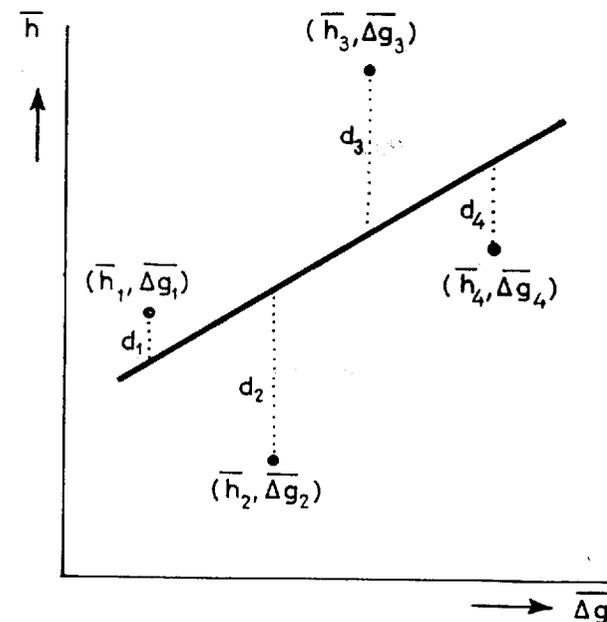


Figura 3

Valores puntuales dispersos a uno y otro lado de una recta ajustado (polinomio de primer orden)

discreparán de los (a', b', c', \dots) correspondientes al caso de que el polinomio pretenda dilucidar el valor de la variables independiente entrañada por las altitudes (h) vinculables a los valores medios (Δg) mostrados por las anomalías, es decir: $h = f(\Delta g)$.

2. *Ajuste por parábola (curva cuadrática).*—Requiere la utilización de polinomios de segundo grado:

$$y = a + bx + cx^2 \quad [7]$$

Para determinar los valores de estos coeficientes genéricos (a, b, c) y (a', b', c') es preciso resolver el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n h_i = an + b \sum_{i=1}^n \Delta g_i + c \sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 \\ \sum_{i=1}^n \Delta g_i h_i = a \sum_{i=1}^n \Delta g_i + b \sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 + c \sum_{i=1}^n \Delta g_i^3 \\ \sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 h_i = a \sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 + b \sum_{i=1}^n \Delta g_i^3 + c \sum_{i=1}^n \Delta g_i^4 \end{cases} \quad [8]$$

3. *Ajuste por curva cúbica.*—Requiere la utilización de polinomios de tercer grado:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad [9]$$

comportando cálculos mucho más laboriosos que—juzgando por los resultados obtenidos en los ensayos efectuados con algunos de nuestras series provinciales—distan muchísimo de merecer aquellas complejidades.

4. *Limitaciones.*—En sentido estricto, los precedentes razonamientos únicamente son válidos para los casos en que todos los datos utilizados tengan *idéntico peso estadístico*; en nuestro caso, promedios obtenidos a partir de un número constante de valores o estaciones para todas las zonas escalonadas de 100 en 100 metros.

Cuando, como sucede en nuestro caso, los promedios han sido obtenidos a partir de muy dispares grupos numéricos de estaciones, los valores medios tienen *distinto peso estadístico* requiriendo una homologación que puede obtenerse multipli-

cando el valor de cada promedio por su respectivo peso estadístico (número de valores puntuales utilizados en cada caso para obtener el promedio).

5. *Variancias y covariancias.*—Las variancias (v) son las desviaciones mostradas por los valores puntuales respecto a sus promedios en cada serie:

$$\begin{aligned} v_{\Delta g}^2 &= (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n (\Delta g_i - \overline{\Delta g})^2 = \\ &= (n-1)^{-1} \left[\sum_{i=1}^n \Delta g_i^2 - n^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \Delta g_i \right)^2 \right] \quad [10] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_h^2 &= (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2 = \\ &= (n-1)^{-1} \left[\sum_{i=1}^n h_i^2 - n^{-1} \left(\sum_{i=1}^n h_i \right)^2 \right] \quad [11] \end{aligned}$$

A partir de las variancias pueden ser calculados los coeficientes a y b [6] si, previamente, han sido calculados los valores de las covariancias (K):

$$\begin{aligned} K_{\Delta g, h} &= (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n (\Delta g_i - \overline{\Delta g})(h_i - \bar{h}) = \\ &= (n-1)^{-1} \left[\sum_{i=1}^n \Delta g_i h_i - n^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \Delta g_i \right) \left(\sum_{i=1}^n h_i \right) \right] \quad [12] \end{aligned}$$

En efecto, el coeficiente de regresión b es proporcionado por la expresión:

$$b = \frac{K_{\Delta g, h}}{v_h^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta g_i - \overline{\Delta g})(h_i - \bar{h})}{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \quad [13]$$

y el coeficiente de regresión b' se obtiene a partir de la:

$$b' = \frac{K_{\Delta g, h}}{v_{\Delta g}^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta g_i - \overline{\Delta g})(h_i - \bar{h})}{\sum_{i=1}^n (\Delta g_i - \overline{\Delta g})^2} \quad [14]$$

Conocidos los valores de b y b' , pueden ser calculados los coeficientes de regresión a y a' , utilizando las:

$$a = \overline{\Delta g} - b\overline{h} \quad [15]$$

$$a' = \overline{h} - b'\overline{\Delta g} \quad [16]$$

6. *Coefficientes de correlación.*—Constituyen índices del grado de perfección con que la curva teórica (calculada) se ajusta a la dispersa serie de datos puntuales que, obtenidos experimentalmente, integran cada serie. Lógicamente, estos coeficientes tienen signo positivo cuando se refieren a correlaciones lineales positivas y signo negativo en las correlaciones lineales negativas.

En general, el coeficiente de correlación (r) resulta definido por la expresión:

$$r = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i \text{ teórico} - \overline{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i \text{ dato} - \overline{y})^2}} \quad [17]$$

que, aplicada al concreto caso de una recta, toma la forma:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2 \right]} \quad [18]$$

y, por lo demás, pueden considerarse como buenas las correlaciones lineales que suministren valores de $r \geq 0,90$.

Los valores obtenidos para las variancias [10] [11] y las covariancias [12] permiten obtener el coeficiente de correlación más ajustado utilizando la expresión:

$$r_{\Delta g, h} = \frac{K_{\Delta g, h}}{v_{\Delta g} v_h} = \frac{\sum_i (\Delta g_i - \overline{\Delta g})(h_i - \overline{h})}{\left[\sum_i (\Delta g_i - \overline{\Delta g})^2 \right]^{1/2} \left[\sum_i (h_i - \overline{h})^2 \right]^{1/2}} \quad [19]$$

Entre los coeficientes de regresión [13] [14] y el

coeficiente de correlación [19] existe la interdependencia cuantitativa expresada por la:

$$bb' = r_{\Delta g, h}^2 \quad [20]$$

Generalmente

$$r_{\Delta g, h}^2 \neq 1 \quad \text{y} \quad b' \neq 1/b$$

permiten colegir dos rectas distintas: $\Delta g(h)$ y $(h \Delta g)$ que, hacia la parte central del campo de correlación considerado, se intersectan en un punto cuyas coordenadas corresponden a los valores medios: $\overline{\Delta g}$ y \overline{h} .

Cuando exista una relación funcional entre valores de las anomalías y de las altitudes se producirá que

$$r_{\Delta g, h} = 1 \quad \text{y} \quad b' = 1/b,$$

produciéndose una convergencia recíproca entre ambas líneas de regresión.

Ordinariamente, tal y como resulta expresado en la [17], el coeficiente de correlación únicamente suele ser utilizado en las relaciones lineales; también puede ser utilizado en no importa cuál tipo de curva de ajuste: por parábolas (curvas cuadráticas), utilizando polinomios de tercer grado (curvas cúbicas), etc., aunque en estos casos de ajustes por curvas suele preferirse el cálculo de los denominados "errores típicos".

Conviene retener que los coeficientes de correlación no expresan en qué sentido varían los valores de las anomalías Δg al variar las altitudes h (o viceversa) pues, como se ha visto, tales interdependencias resultarán expresadas por líneas de regresión que, en el caso más sencillo, abocarán a una regresión lineal.

7. *Errores típicos o desviación standard.*—Suministran una idea más clara sobre la bondad del ajuste efectuado y la precisión obtenida al calcular un valor de y a partir de un dato de x ; en nuestro caso, proporcionarán información sobre la precisión conferible a las anomalías gravimétricas obtenidas a partir de las altitudes y viceversa.

Por lo demás, su interés estriba en que trazando una línea (recta o curva) paralela a la obtenida para el ajuste y situada a la distancia $\pm s$, $\pm 2s$, o $\pm 3s$, entre estas últimas quedarán respectivamente comprendidos el 68 por 100, el 95 por 100 y el 99,7 por 100 de los puntos muestrales o promedios integrantes de la serie considerada.

CUADRO VI
Coeficientes para el supuesto: $\Delta g=f(h)$

Ajustes	1.º GRADO: RECTILINIO			2.º GRADO: PARABOLICO			3.º GRADO: CURVAS CUBICAS			
	a	b		a	b	c	a	b	c	d
Segovia	-101,2	-0,0085	-159,5	0,089	-0,000038	-512,9	0,98	-0,00075	0,00000018	
Avila... ..	-95,88	0,0043	-75,8	-0,043	0,000023	-37,6	-0,18	-0,00018	-0,00000005	
Huelva	46,1	-0,019	52,4	-0,070	0,000071	43,2	0,077	-0,00044	0,00000047	
Toledo	-81,1	0,042	-70,3	0,0054	0,000026	2,05	-0,37	0,0006	-0,0000002	
Navarra... ..	-32,1	-0,04	-3,4	-0,18	0,00012	18,3	-0,39	0,0005	-0,0000002	
Burgos	-30,1	-0,033	5,2	-0,15	0,00008	29,3	-0,29	0,0003	-0,00000009	
Palencia... ..	-100,7	0,039	-132,0	0,099	-0,000027	238,0	-0,97	0,00098	-0,0000003	
Santander ...	5,2	-0,026	15,4	-0,11	0,00006	13,5	-0,098	0,000035	0,00000001	
Gerona	0,40	-0,06	25,47	-0,15	0,00005	17,61	-0,097	-0,000026	0,00000003	
Vascongadas..	-1,89	-0,08	2,38	-0,10	0,000026	-6,64	0,00094	-0,00024	0,00000017	
Ciudad Real	-15,0	-0,03	34,4	-0,19	0,00011	52,3	-0,28	0,00025	-0,00000007	

CUADRO VII
Coeficientes para el supuesto: $h=f(\Delta g)$

Ajustes	1.º GRADO: RECTILINIO		2.º GRADO: PARABOLICO		
	a	b	a	b	c
Segovia	-165,6	-12,3	14.983,0	264,8	1,26
Avila	1.898,5	9,76	5.215,0	80,5	0,37
Huelva	1.264,0	-23,1	-9.998,3	564,3	-7,49
Toledo	1.703,3	19,45	3.083,4	75,8	0,54
Navarra	-47,1	-11,5	50,7	2,9	0,11
Burgos	-202,4	-17,24	-117,3	12,7	0,05
Palencia	2.458,7	23,5	1.932,1	5,2	-0,15
Santander ...	218,4	-20,6	216,4	-24,3	-0,11
Gerona	139,9	-13,1	152,3	-11,6	0,017
Vascongadas ...	5,7	-11,7	89,9	5,0	0,086
Ciudad Real ...	78,4	-17,22	-1.576,6	-120,9	-1,51

CUADRO VIII
SEGOVIA

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.823	-120	-117	-124	1.317	1.356
2	1.546	-114	-114	-113	1.243	1.175
2	1.426	-120	-113	-110	1.317	1.356
3	1.321	-119	-112	-109	1.304	1.319
5	1.235	-103	-112	-108	1.107	1.079
21	1.149	-97	-111	-108	1.033	1.156
24	1.040	-104	-110	-108	1.119	1.075
38	943	-105	-109	-110	1.131	1.074
36	857	113	109	-111	1.230	1.154
9	776	-120	-108	-114	1.317	1.356

El valor de s constituye el algoritmo usualmente utilizado para los errores típicos que resultan definidos por la expresión general:

$$s_{y,x} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i \text{ dato} - y_i \text{ estimado})^2}{n} \right]^{1/2} \quad [21]$$

referida a la estima de y sobre x , donde n continúa representando el número de puntos (valores, promedios, etc.), que en cada serie han sido considerados o ajustados, en el supuesto de que todos ellos tienen el mismo peso estadístico. Cuando las series ajustadas están integradas por un número de puntos inferior a 30, en la [21] se reemplaza el valor n por el de $n-2$:

$$s_{\Delta g, h} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i \text{ calculado})^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta g - \Delta g \text{ ajustado})^2}{n-2}} \quad [22]$$

Tanto la ecuación [21] como la [22] son válidas para cualquiera que sea el tipo de línea ajustada (recta, curva cuadrática, curva cúbica).

Análogamente, las desviaciones standard expresadas por la:

$$v_{\Delta g(h)} = v_{\Delta g} (1 - r_{\Delta g, h}^2)^{1/2} \quad [23]$$

constituyen una medida de las dispersiones puntuales mostradas por las anomalías Δg respecto a la línea de regresión [4]. Por su parte, la desviación standard proporcionada por la:

$$v_{h(\Delta g)} = v_h (1 - r_{\Delta g, h}^2)^{1/2} \quad [24]$$

reflejará la dispersión mostrada por los valores individuales de las altitudes h respecto a la correspondiente regresión lineal [5]. Obviamente

$$v_{\Delta g(h)}^2 \leq v_{\Delta g}^2 \quad \text{y} \quad v_{h(\Delta g)}^2 \leq v_h^2$$

APLICACION DEL ANALISIS ESTADISTICO A NUESTROS 11 CONJUNTOS PROVINCIALES.

Recordando los precedentes razonamientos se comprende que los coeficientes de correlación pueden ser calculados para dos supuestos distintos:

- estimando que el "peso estadístico" de cada uno de nuestros valores esté condicionado por el número de estaciones promediadas en el mismo. A este coeficiente le denominaremos r_n ;
- asignando a todos nuestros valores medios el mismo "peso estadístico" sea cual fuere el número de valores puntuales promediados en ellos. A este coeficiente le denominaremos r .

Naturalmente que sería más ortodoxa la utilización del "peso estadístico" entrañado por la inversa de la "desviación típica" aunque, para nuestra finalidad, pueden considerarse suficientemente representativos los valores de los coeficientes r que calcularemos en las dos alternativas entrañadas por los supuesto de que:

- las altitudes medias constituyen variables independientes: $h(x)$, mientras que los promedios zonales de las anomalías entrañan variables dependientes: $\Delta g(y)$. Es decir, que $\Delta g=f(h)$;
- los promedios zonales de las anomalías constituyen variables independientes: $\Delta g(x)$, mientras que las respectivas altitudes medias entrañan variables dependientes: $h(y)$. Es decir, que $h=f(\Delta g)$.

El primero de estos supuesto es el que más nos interesa y por esta razón iniciamos su cálculo ajustando todas las series provinciales utilizando polinomios de los tres grados:

- 1.º: $\Delta g(h)=a+bh$.
- 2.º: $\Delta g(h)=a+bh+ch^2$.
- 3.º: $\Delta g(h)=a+bh+ch^2+dh^3$.

obteniendo para los coeficientes a, b, c y d los valores enmarcados en el Cuadro VI.

Dado que a medida que aumenta el grado del polinomio va incrementándose la holgura o grado de flexibilidad para los valores puntuales que definen la línea ajustada, se comprende el observado perfeccionamiento progresivo de los ajustes a medida que se incrementa el grado del polinomio utiliza-

CUADRO IX
AVILA

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.680	-84	-89	-82	1.079	1.089
1	1.586	-84	-89	-85	1.079	1.089
3	1.448	-96	-90	-89	962	931
4	1.352	-95	-90	-91	971	940
14	1.239	-85	-91	-93	1.069	1.072
14	1.148	-82	-91	-94	1.098	1.126
21	1.054	-85	-91	-95	1.069	1.072
9	941	-101	-92	-96	913	896
17	858	-109	-92	-96	835	880
6	761	-106	-93	-95	864	881
7	643	-94	-93	-94	981	950
3	543	-83	-94	-92	1.088	1.107
6	434	-91	-94	-90	1.010	984
1	380	-87	-94	-89	1.049	1.039

CUADRO X
HUELVA

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
4	676	+40	+33	+37	341	597
11	563	+32	+36	+35	525	395
13	434	+34	+38	+35	479	535
23	346	+33	+40	+37	502	472
20	259	+45	+41	+39	225	237
29	150	+46	+43	+44	202	120
39	49	+46	+45	+49	202	120

CUADRO XI
TOLEDO

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.138	-34	-34	-31	1.042	1.133
6	938	-41	-42	-42	906	888
26	833	-40	-46	-48	925	920
139	735	-49	-51	-52	750	673
144	655	-58	-54	-56	575	514
92	549	-68	-58	-60	380	440
105	452	-68	-62	-63	380	440
61	359	-60	-66	-65	536	490
4	294	-64	-69	-66	454	456

do. Sin embargo, hemos podido advertir que al pasar del polinomio del 2.º al de 3.º grado las mejoras de ajuste obtenidas resultan:

- prácticamente nula en la serie de Ciudad Real;
- muy pequeñas en las series correspondientes a las provincias de Gerona, Santander, Avila, etcétera.;

y, por esta razón, hemos decidido prescindir del ajuste mediante polinomio de 3.º grado pues, amén de implicar un cálculo más incómodo, se presta a sorpresas en el caso de que no se efectúe un análisis muy detallado.

Por esta razón, para el supuesto de $h=f(\Delta g)$ nos hemos concretado a los ajustes por polinomios de 1.º y 2.º grados, cuyos coeficientes a , b y c figuran en el cuadro VII.

Conocidas estas series de parámetros o coeficientes, los respectivos polinomios nos han permitido el ajuste de las 11 series de valores medios para las altitudes zonales y las anomalías de BOUGUER, proporcionándonos los respectivos valores puntuales ajustados que, tanto para la función $\Delta g=f(h)$ como para las $h=f(\Delta g)$, aparecen enmarcados en los cuadros VIII al XVIII.

A partir de todas estas series de valores ajustados, por recta y parábola para cada una de las once provincias, hemos calculado los correspondientes coeficientes de correlación (r_n y r) y errores típicos (s) que aparecen en el Cuadro XIX.

Como puede advertirse, las correlaciones presentan generalmente signo negativo: incremento, con la altitud, de la intensidad de las anomalías negativas de BOUGUER (o, lo que es igual, disminución del valor absoluto de las anomalías positivas). Sin embargo, debe constatar que en tres provincias acaece todo lo contrario pues, a medida que va incrementándose la altitud, disminuye el valor absoluto de las anomalías negativas.

Independientemente de aquella alternativa de signos, la correlación entre altitudes e intensidad de las anomalías resulta estrechísima—coincidiendo con valores mínimos para los errores típicos—en el conjunto del País Vasco y la provincia de Palencia, seguidos de las de Gerona y Toledo. Tal vinculación es menos acentuada en las provincias de Santander, Burgos, Navarra y Ciudad Real, resultando muchísimo menos ostensible en las tres provincias (Huelva, Segovia y Avila) donde las redes alcanzan la máxima laxitud, pues fueron cubiertas por menos de 150 estaciones.

Lógicamente, la precisión de los ajustes y sus

correlaciones aparecen clamente condicionados por la densidad mostrada por las redes de observaciones. Pero también conviene retener las reservas condicionadas por las grandes discrepancias existentes entre los números de estaciones correspondientes a cada una de las zonas altimétricas establecidas; en efecto, basta que aparezcan alineados dos o tres de los promedios zonales obtenidos a partir de un elevado número de estaciones, para que el coeficiente de correlación inherente a la serie correspondiente se aproxime a los valores máximos: +1 ó -1.

Por lo demás, la gran dispersión mostrada por los valores absolutos de las anomalías promediadas en las sucesivas zonas de cada serie provincial, justifican que los ajustes parabólicos proporcionen coeficientes de correlación sistemáticamente más elevados que en el caso de los ajustes rectilíneos.

Concretándonos a la consideración de los resultados obtenidos (Cuadros VIII a XVIII) para los valores absolutos de las anomalías de BOUGUER en función de la altitud: $\Delta g=f(h)$, en las figuras 4 a 7 aparecen las representaciones gráficas para cada una de las 11 provincias.

Los valores medios observados en cada zona altimétrica aparecen representados por los correspondientes puntos, entre los que aparecen interpoladas las líneas recta (trazo discontinuo) y curva parabólica respectivamente suministradas por el ajuste polinómico del primer y segundo grados. Excepcionalmente, para las provincias de Huelva (fig. 5) y Navarra (fig. 6), a las precitadas recta (r) y parábola (p), adscribimos la curva cúbica (c) proporcionada por el ajuste mediante polinomios de tercer grado; según hemos indicado, el incremento de precisión inherente a estas curvas cúbicas no compensa al aumento de esfuerzo requerido por su cálculo, ni mejora sustancialmente la interpretación de los resultados proporcionados por el análisis estadístico.

Estas representaciones gráficas han sido ordenadas, en las sucesivas figuras, de tal modo que partiendo de las curvas provinciales de más acentuada correlación positiva (fig. 4) se pasa a las que muestran correlaciones negativas de magnitudes cada vez más acentuadas (figs. 5 a 7). De esta guisa se evidencia claramente el amplio abanico desplegado por las características que, coledidas para cada una de las provincias, traducen una paralela gama de factores condicionantes que, sin duda, deben estar esencialmente vinculados a la corteza terrestre.

CUADRO XII
NAVARRA

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
2	1.126	-69	-77	-57	750	774
4	1.052	-58	-74	-63	623	589
16	933	-68	-69	-69	739	756
48	844	-65	-66	-72	704	704
72	754	-65	-62	-73	704	704
168	642	-64	-58	-71	693	687
267	546	-67	-54	-67	727	738
281	451	-68	-50	-61	739	756
210	353	-65	-46	-52	704	704
81	263	-56	-42	-43	600	558
25	149	-15	-38	-28	126	119
16	65	-10	-35	-15	69	91

CUADRO XIII
BURGOS

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
5	1.338	-66	-75	-59	936	939
9	1.240	-63	-72	-64	884	881
47	1.147	-61	-69	-67	849	843
97	1.046	-63	-65	-69	884	881
239	943	-67	-62	-70	953	958
327	849	-72	-59	-69	1.039	1.056
141	757	-65	-56	-66	918	919
117	653	-61	-52	-62	849	843
52	567	-66	-49	-57	936	939
17	459	-53	-46	-49	711	696
8	348	-39	-42	-39	470	454
7	269	-25	-39	-31	229	232
1	183	-20	-36	-21	142	157

CUADRO XIV
PALENCIA

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
3	1.413	-49	-46	-47	1.309	1.305
8	1.334	-50	-49	-49	1.285	1.285
21	1.244	-47	-52	-52	1.356	1.346
44	1.137	-55	-57	-55	1.168	1.177
60	1.047	59	-60	-59	1.074	1.086
140	948	-66	-64	-63	910	914
308	846	-70	-68	68	816	809
293	763	-70	-71	-73	816	809

En las provincias de Toledo, Palencia y Avila, a medida que aumenta la altitud, el valor absoluto de las anomalías de BOUGUER disminuye progresivamente; es decir, que el valor absoluto de la pesantez presenta un incremento de : 0,042 mgls/ metro en Toledo, de 0,039 mgls/ metro en Palencia y de 0,004 mgls/metro en Avila. Estos coeficientes nos permiten establecer las ecuaciones que, en función de la altitud: h (expresada en metros), proporcionan directamente el valor previsible para las anomalías de BOUGUER:

Anomalía de BOUGUER		
Toledo... ..	$= +0,042 h - 82$ mgls	
Palencia.. ..	$= +0,039 h - 101$ mgls	[25]
Avila	$= +0,004 h - 96$ mgls	

Por el contrario, las restantes provincias se caracterizan por coeficientes regresivos que, fluctuando entre $-0,010$ mgls./metro (Segovia) y $-0,081$ mgls/metro (Vascongadas), permiten establecer las ecuaciones que, asimismo en función de

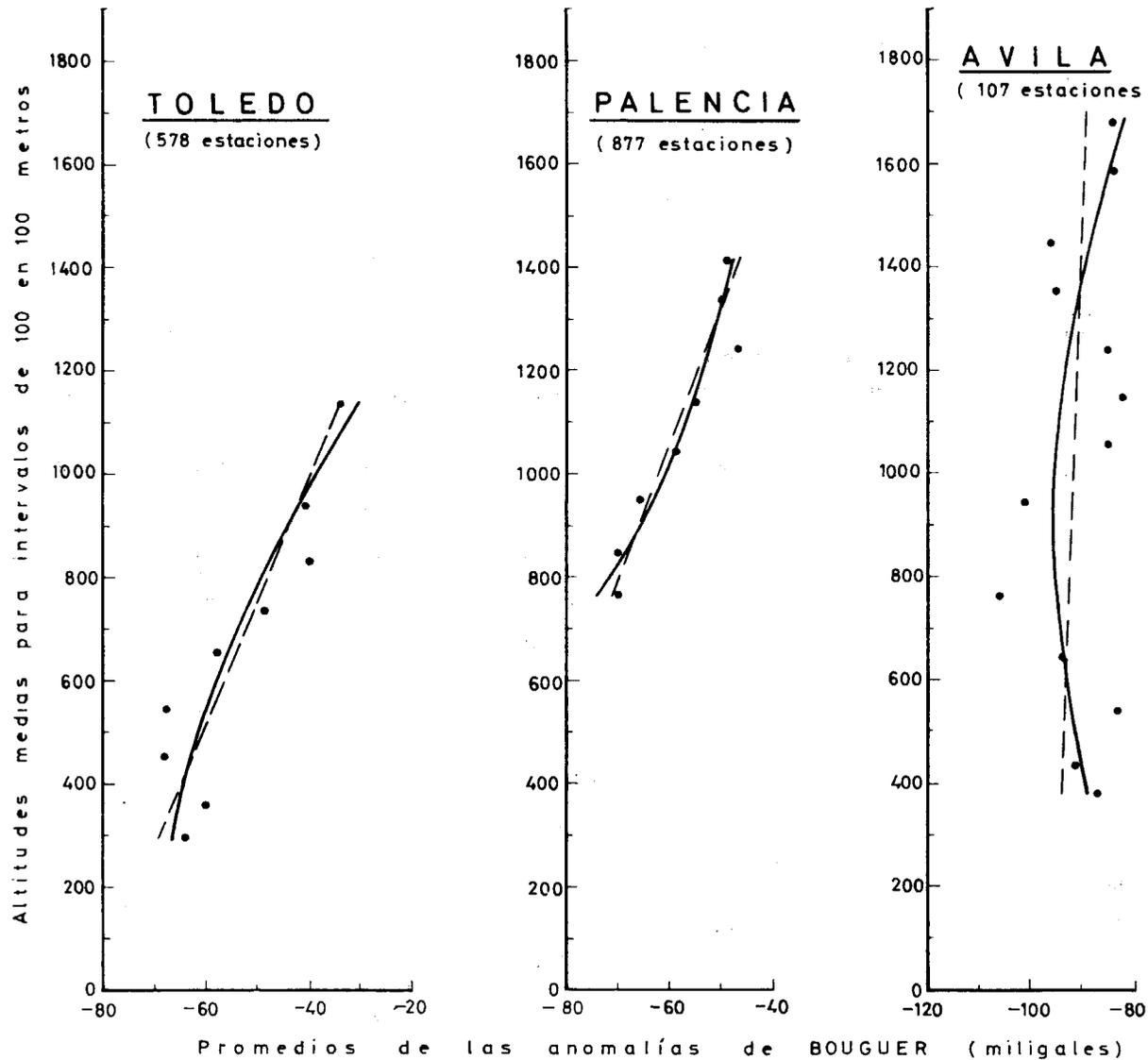


Figura 4

Promedios obtenidos para Toledo, Palencia y Avila con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo) y de segundo orden (parábola)

CUADRO XV
SANTANDER

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g = f(h)$		$h = f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.350	-22	-40	-23	672	697
1	1.234	-32	-37	-29	878	879
4	1.158	-27	-35	-32	775	791
6	1.034	-37	-32	-35	982	962
30	956	-36	-30	-36	961	946
33	851	-39	-27	-36	1.023	993
23	740	-39	-24	-35	1.023	993
18	655	-32	-22	-32	878	879
19	539	-20	-19	-28	631	658
20	445	-21	-17	-23	652	677
31	351	-17	-14	-17	569	597
46	253	-11	-12	-10	445	470
91	149	-4	-9	0	301	312
183	46	+12	-6	+10	-29	-92

CUADRO XVI
GERONA

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g = f(h)$		$h = f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
2	1.728	-81	-111	-85	1.199	1.199
2	1.519	-74	-97	-88	1.107	1.100
1	1.450	-97	-93	-87	1.408	1.431
1	1.301	-86	-83	-86	1.264	1.270
4	1.249	-93	-80	-85	1.356	1.372
6	1.145	-99	-73	-82	1.434	1.461
5	1.071	-81	-68	-79	1.199	1.199
7	942	-67	-60	-72	1.016	1.002
8	840	-59	-54	-66	911	893
7	744	-48	-48	-59	767	746
3	666	-54	-42	-53	846	826
11	549	-38	-35	-43	637	616
11	455	-35	-29	-33	597	578
11	348	-21	-22	-21	414	403
31	252	-8	-16	-10	245	246
66	140	+1	-9	+5	127	141
90	44	+17	-2	+19	-82	-40

CUADRO XVII
VASCONGADAS

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g = f(h)$		$h = f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
4	959	-72	-79	-76	851	893
4	829	-69	-69	-68	815	841
13	752	-65	-62	-63	768	776
31	641	-56	-54	-55	663	637
60	554	-54	-47	-49	639	609
30	457	-46	-39	-41	545	500
27	357	-19	-31	-32	229	215
36	242	-20	-21	-22	240	224
41	149	-12	-14	-13	147	162
57	45	-7	-5	-2	88	129

la altitud: h , proporcionan directamente el valor que puede predecirse para las anomalías de BOUGUER:

	Anomalía de BOUGUER
Segovia	$= -0,010 h - 99$ mgls
Huelva	$= -0,019 h + 46$ mgls
Santander	$= -0,026 h - 5$ mgls
Ciudad Real..	$= -0,030 h - 15$ mgls
Burgos..	$= -0,034 h - 30$ mgls
Navarra	$= -0,040 h - 33$ mgls
Gerona..	$= -0,065 h + 1$ mgls
Vascongadas...	$= -0,081 h - 2$ mgls

INTEGRACION DE LAS REDES PROVINCIALES EN SUS REGIONES MORFOGEOLOGICAS NATURALES

En el Cuadro XIX se advierte que los coeficientes de correlación r_n únicamente presentan signo positivo en las provincias de Avila, Toledo, Palencia y Ciudad Real, todas ellas expandidas por la Meseta. Esto sugiere la posibilidad de que, en algún modo, pudiera existir un condicionamiento morfogeológico que pudiera evidenciarse reagrupando nuestros 11 conjuntos provinciales en las 5 regiones naturales en que se enmarcan:

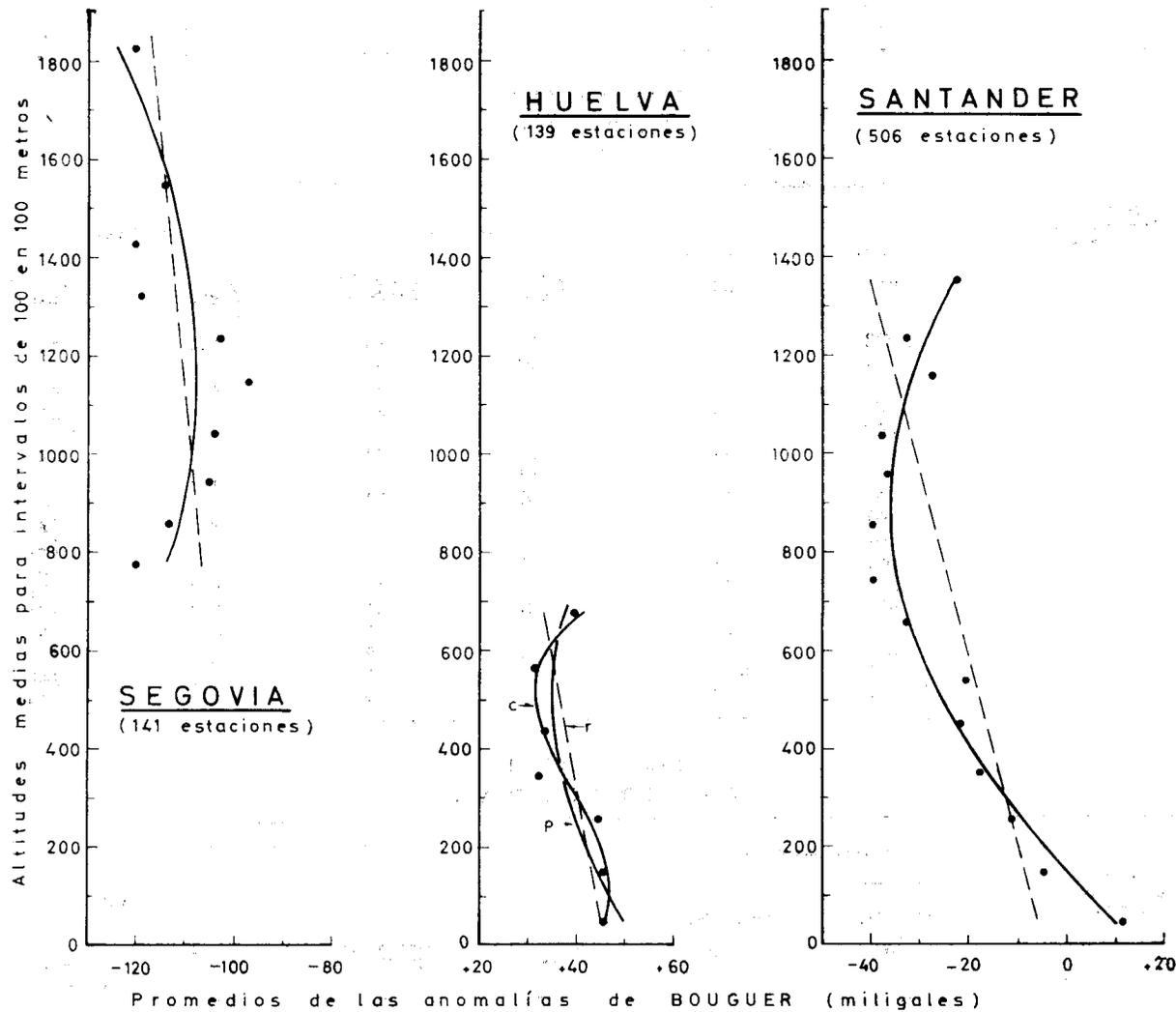


Figura 5

Promedios obtenidos para Segovia, Huelva y Santander con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo) y de segundo orden (parábola). Además de los ajustes rectilíneos (r) y parabólico (p), los valores de Huelva también han sido ajustados por polinomio de tercer orden; curva cúbica (c)

CUADRO XVIII CIUDAD REAL

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g = f(h)$		$h = f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
6	1.006	-42	-45	-39	802	836
35	945	39	-43	-41	750	840
88	844	-39	40	-43	750	840
152	744	-42	-37	-42	802	836
480	650	-49	-35	-40	922	719
63	566	-31	-32	-35	612	719
18	465	-25	-29	-28	509	502
3	368	-21	-26	-19	440	296

CUADRO XIX

Provincias	$\Delta g = f(h)$ mgls.					$h = f(\Delta g)$ m					
	1.º: recta			2.º: parábola		1.º: recta		2.º: parábola			
	r_n	r_g	s_n	r_g	s_g	r_h	s_h	r_h	s_h	r_h	s_h
Segovia	-0,32	-0,32	8,6	-0,57	7,4	-0,32	328	-0,38	322	-0,38	322
Avila	+0,36	+0,20	9,0	+0,46	8,2	+0,20	432	+0,21	431	+0,21	431
Huelva	-0,81	-0,66	5,2	-0,80	4,1	-0,66	183	-0,88	116	-0,88	116
Toledo	+0,80	+0,90	6,0	+0,91	5,6	+0,90	129	+0,93	113	+0,93	113
Navarra	-0,47	-0,68	15,9	-0,90	9,4	-0,68	272	-0,68	271	-0,68	271
Burgos	-0,37	-0,76	11,3	-0,96	5,0	-0,76	256	-0,76	256	-0,76	256
Palencia	+0,94	+0,95	3,0	+0,96	2,7	+0,95	74	+0,96	73	+0,96	73
Santander	-0,94	-0,73	10,5	-0,97	3,5	-0,73	297	-0,73	296	-0,73	296
Gerona	-0,97	-0,92	14,7	-0,98	7,8	-0,92	209	-0,92	208	-0,92	208
Vascongadas	-0,97	-0,97	6,3	-0,97	5,9	-0,97	76	-0,97	68	-0,97	68
Ciudad Real	+0,05	-0,72	7,1	-0,87	5,0	-0,72	171	-0,88	118	-0,88	118

CUADRO XXI

Zonas de altitudes (metros)	REGION PIRENAICA					CORDILLERA IBERICA					MESETA SEPTENTRIONAL				
	Núm. de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			Núm. de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			Núm. de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER		
			Máx.	Mínima	Media			Máx.	Mínima	Media			Máx.	Mínima	Media
1.900-1.800...	2	1.728	-79	-82	-81						1	1.823	120	-120	-120
1.800-1.700...	0										0				
1.700-1.600...	0										1	1.680	-84	-84	-84
1.600-1.500...	2	1.519	-63	-85	-74						3	1.559	-84	-119	-104
1.500-1.400...	1	1.450	-97	-97	-97						8	1.429	-39	-130	-84
1.400-1.300...	1	1.301	-86	-86	-86	6	1.339	-22	-69	-59	15	1.336	-26	-125	-75
1.300-1.200...	4	1.249	-75	-112	-93	10	1.239	-32	-69	-60	40	1.241	-27	-116	-67
1.200-1.100...	8	1.140	-62	-110	-92	51	1.148	-26	-82	-58	79	1.141	-27	-118	-70
1.100-1.000...	9	1.063	-47	-107	-71	103	1.045	-30	-79	-61	105	1.046	-33	-134	-74
1.000-900...	27	939	-50	-83	-68	269	944	-13	-93	-63	187	946	-32	-141	-75
900-800...	60	843	-26	-87	-64	360	849	-20	-95	-68	361	847	-32	-143	-75
800-700...	92	753	-22	-85	-64	164	754	-15	-95	-61	308	763	-53	-149	-71
700-600...	202	643	+7	-87	-63	135	653	+1	-73	-57	7	643	-85	-107	-94
600-500...	338	548	-11	-81	-64	71	559	+6	-92	-53	3	543	-44	-111	-83
500-400...	322	452	+21	-89	-65	37	451	+17	-72	-35	6	434	-80	-97	-91
400-300...	248	353	+28	-86	-58	39	350	+9	-53	-21	1	380	-87	-87	-87
300-200...	148	256	+46	-80	-37	53	255	+26	-32	-12					
200-100...	132	144	+44	-50	-6	92	149	+36	-50	-4					
100-0...	163	46	+61	-34	+6	183	46	+43	-33	+12					

- 1.º *Región pirenaica*: Gerona, Navarra y Vascongadas.
- 2.º *Cordillera ibérica*: Santander y Burgos.
- 3.º *Meseta septentrional*: Palencia, Segovia y Avila.
- 4.º *Meseta meridional*: Toledo y Ciudad Real.
- 5.º *Región bética*: Huelva.

CUADRO XX

Regiones	Extensión superficial Km ²	Número de estaciones	densidad Km ²
Pirenaica..	23.561	1.759	1 Estac.=13
Cordillera Ibérica...	19.558	1.573	1 Estac.=12
Meseta septentrional	23.026	1.125	1 Estac.=20
Meseta meridional...	35.117	1.423	1 Estac.=25
Región bética	10.085	139	1 Estac.=72
Suma total...	111.340	6.019	1 Estac.=18

cuya extensión superficial, número de estaciones que enmarcan y densidad de la red gravimétrica correspondiente aparecen anotadas en el Cuadro XX.

Con miras al análisis estadístico de estas regiones, es preciso comenzar por establecer la ordenación altimétrica de las estaciones que enmarcan según efectuamos en los Cuadros XXI y XXII.

Siguiendo la pauta utilizada para el análisis de las series relativas a cada uno de los once conjuntos provinciales, hemos calculado los coeficientes polinómicos para las dos alternativas: anomalías teóricas en función de las altitudes medias zonales

CUADRO XXII

Zonas de altitudes (metros)	MESEIA MERIDIONAL				REGION BETICA				TOTAL 11 PROVINCIAS						
	Núm. de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			Núm. de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER			Núm. de estac.	Altitud media	Anomalías de BOUGUER		
			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media			Máxima	Mínima	Media
1.900-1.800...										1	1.823	-120	-120	-120	
1.800-1.700...										2	1.728	-79	-82	-81	
1.700-1.600...										1	1.680	-84	-84	-84	
1.600-1.500...										5	1.543	-63	-119	-92	
1.500-1.400...										9	1.432	-39	-130	-86	
1.400-1.300...										22	1.336	-22	-125	-72	
1.300-1.200...										54	1.241	-27	-116	-73	
1.200-1.100...	1	1.138	-34	-34	-34					139	1.144	-26	-118	-67	
1.100-1.000...	6	1.006	-38	-47	-42					223	1.046	-30	-134	-67	
1.000- 900...	41	943	-30	-49	-39					524	945	-13	-141	-66	
900- 800...	114	841	-29	-70	-39					895	847	-20	-143	-68	
800- 700...	291	739	-24	-86	-45					855	752	-15	-149	-60	
700- 600...	624	650	-22	-109	-50	4	676	+42	+38	+40	972	650	+42	-109	-54
600- 500...	155	555	-13	-96	-52	11	563	+40	+11	+32	578	552	+40	-111	-58
500- 400...	123	454	-12	-94	-61	13	434	+46	+21	+34	501	542	+46	-97	-60
400- 300...	64	359	-20	-76	-58	23	346	+48	+14	+33	375	354	+48	-87	-49
300- 200...	4	294	-63	-65	-64	20	259	+57	+24	+45	225	257	+57	-80	-25
200- 100...						29	150	+63	+19	+46	253	147	+63	-50	+1
100- 0...						39	49	+69	+22	+46	385	46	+69	-34	+13

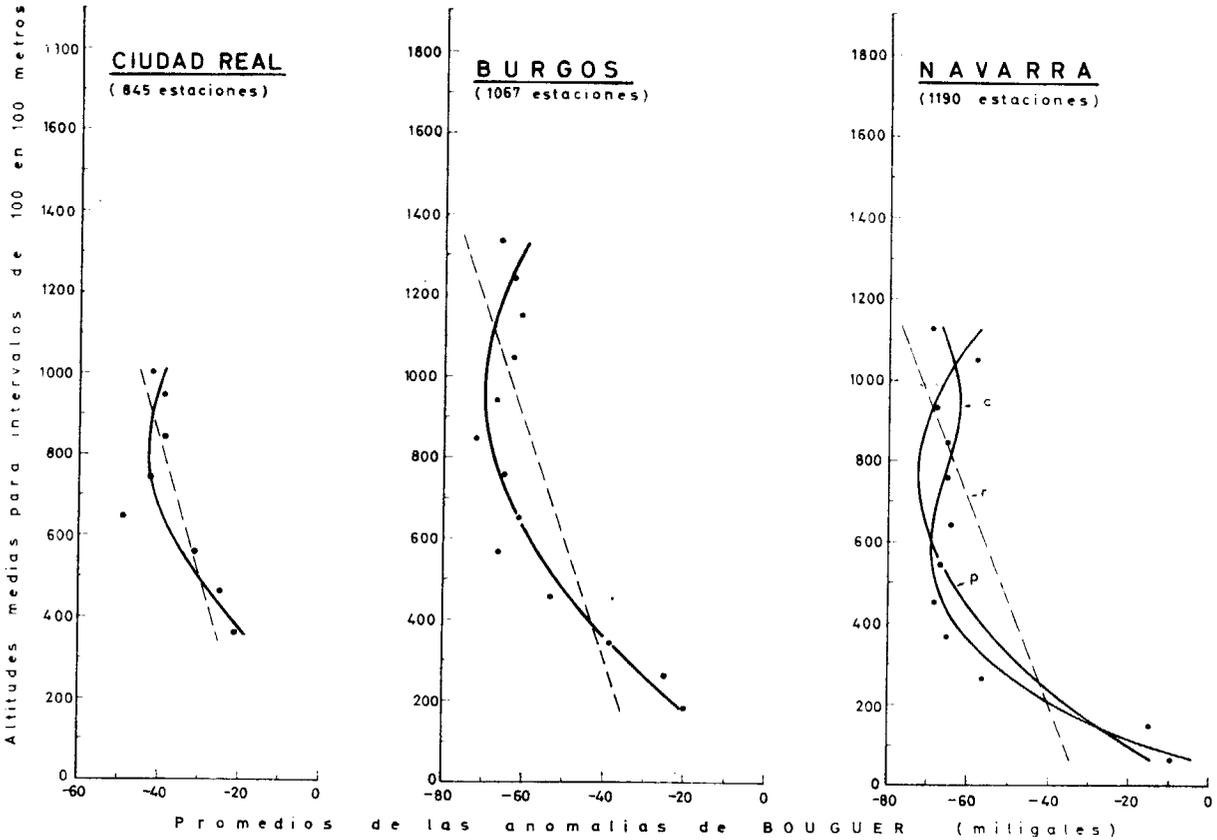


Figura 6

Promedios obtenidos para Ciudad Real, Navarra y Burgos con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo) y de segundo orden (parábola). Además de estos ajustes rectilíneos (r) y parabólico (p), los valores de Navarra también han sido ajustados por polinomios de tercer orden: curva cúbica (c)

CUADRO XXIII
Coeficientes para el supuesto: $\Delta g=f(h)$

Ajustes	1.º grado: rectilíneo			2.º grado: parabólico			3.º grado: curvas cúbicas			
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	d
Pirenaica ...	-24,5	-0,046	0,77	-0,13	0,000005	10,7	-0,20	0,00015	-0,00000036	
Ibérica..	-5,17	-0,054	22,2	-0,17	0,000085	21,4	-0,16	0,00007	0,00000006	
Meseta norte ...	-73,6	-0,0095	-130,7	0,118	-0,00006	-96,8	-0,0021	0,00006	-0,00000004	
Meseta sur...	-72,6	0,035	-79,4	0,057	-0,000016	-72,1	0,02	0,00004	-0,00000003	
Area bética..	46,1	-0,019	52,4	-0,070	0,000071	43,2	0,077	0,00044	0,00000047	
Total general..	-14,9	-0,049	0,30	-0,098	0,000026	30,27	-0,30	0,0003	-0,00000011	

CUADRO XXIV
Coeficientes para el supuesto: $h=f(\Delta g)$

Ajustes	1.º grado: rectilíneo		2.º grado: parabólico		
	a	b	a	b	c
Pirenaica ...	-95,5	-14,9	48,4	-2,78	0,13
Ibérica ...	110,1	-13,7	124,6	-8,7	0,08
Meseta norte ...	244,8	-9,68	7443,1	152,2	0,88
Meseta sur ...	1992,6	26,8	2616,0	53,1	0,27
Aerea bética ...	1264,0	-23,1	-9998,3	564,3	-7,49
Total general ...	-39,9	-16,04	57,7	-8,7	0,075

y altitudes teóricas en función de las anomalías medias zonales.

Los Cuadros XXIII y XXIV compendían ambas series de coeficientes.

Utilizando estas series de parámetros, uno y otro polinomios nos han proporcionado para las sucesivas zonas de cada serie, los correspondiente valores puntuales (Cuadros XXV a XXIX) ajustados para las anomalías de BOUGUER: $\Delta g=f(h)$ y para las respectivas altitudes medias: $h=f(\Delta g)$.

Con objeto de facilitar las comparaciones recíprocas, seguidamente presentamos los valores inherentes al conjunto de las 5 regiones u 11 provincias que, como hemos anotado precedentemente, cubren un área total de 111.340 kilómetros cuadrados equi-

valente al 22,6 por 100 de la extensión correspondiente a la España peninsular.

Por último, hemos calculado los coeficientes de correlación (r_n y r) así como los errores típicos (s) correspondientes a las curvas ajustadas para las 5 regiones y para el total sugerido por las 6.019 estaciones efectuadas en aquellas áreas regionales. Los valores obtenidos aparecen en el Cuadro XXXI.

La comparación recíproca de las series de coeficientes obtenidos en los Cuadros XIX y XXXI permite confirmar la previsión teórica en el sentido de que los coeficientes colegidos para las regiones morfogeológicas distan considerablemente de constituir simples promedios de los obtenidos (Cuadro XIX) para cada una de las provincias integradas en las

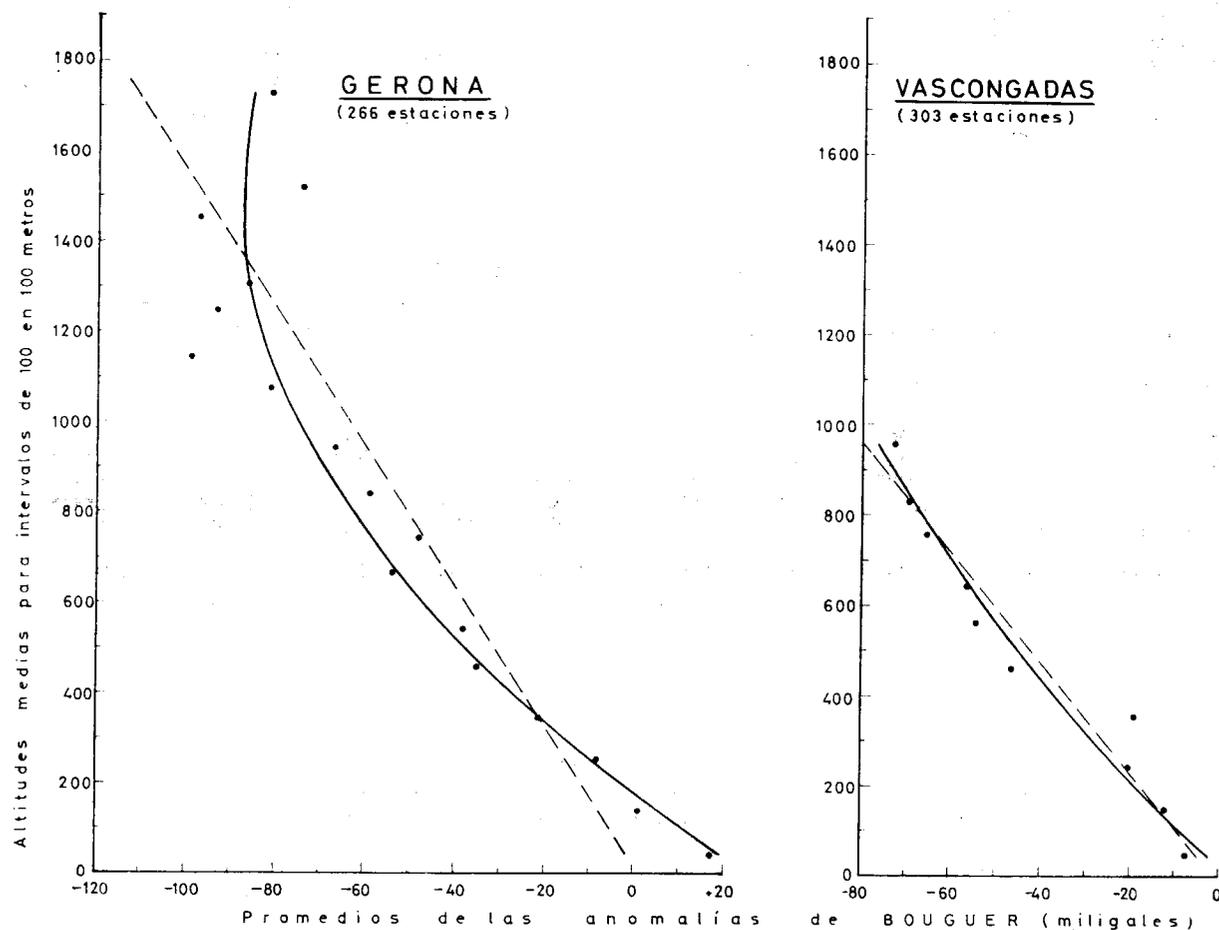


Figura 7

Promedios obtenidos para Girona y las tres provincias Vascongadas con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo) y de segundo orden (parábola)

CUADRO XXV

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g = f(h)$		$h = f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
2	1.728	-81	-104	-78	1.112	1.134
0	—	—	—	—	—	—
2	1.519	-74	94	-84	1.007	972
1	1.450	-97	91	-85	1.350	1.552
1	1.301	-86	84	-86	1.186	1.257
4	1.249	-93	82	-86	1.291	1.441
8	1.140	-92	77	-85	1.276	1.414
9	1.063	-71	73	-83	963	907
27	939	-68	68	-79	918	844
60	843	-64	63	-75	858	764
92	753	-64	59	-71	858	764
202	643	-63	54	-64	843	744
338	548	-64	50	-57	858	764
322	452	-65	45	-49	873	783
248	353	-58	41	-40	769	651
148	256	-37	36	-30	456	331
132	144	6	31	-17	6	70
163	46	+6	27	-5	-185	36

CUADRO XXVI

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g = f(h)$		$h = f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
6	1.339	-59	-77	-56	920	922
10	1.239	-60	-72	-60	934	941
51	1.148	-58	-67	-63	907	904
103	1.045	-61	62	-65	948	959
269	944	-63	56	-64	975	997
360	849	-68	51	-63	1.044	1.094
164	754	-61	46	-59	948	959
135	653	-57	40	-54	893	886
71	559	-53	35	-47	838	815
37	451	-35	30	-38	591	529
39	350	-21	24	-28	399	343
53	255	-12	19	-16	275	241
92	149	-4	13	-2	165	161
183	46	+12	8	+15	-55	32

regiones establecidas; este hecho lógico aconseja enfatizar en el análisis de los valores regionales.

Refiriéndonos a los valores obtenidos en el Cuadro XXXI para las anomalías: $\Delta g=f(h)$, en los coeficientes de correlación proporcionados por el ajuste rectilíneo se advierten nuevas peculiaridades.

En la región pirenaica, los valores de r_n y r resultan casi idénticos (a diferencia de lo que acontece para Navarra y Gerona) presentando valores próximos a los de sus respectivos promedios (-0,80 y -0,86), mientras que la desviación o error típico es netamente superior al promedio de las tres provincias (12,7) evidenciando el lógico incremento de dispersión mostrado por el total de las referencias puntuales.

Los coeficientes de correlación obtenidos para la Ibérica resultan, particularmente en el caso de r_n , netamente superiores a los promedios sugeridos por ambas provincias (-0,65 y -0,84) mientras que la desviación colegida para la pléyade puntual es superior al valor medio (10,9) sugerido por las provincias.

En la Meseta septentrional las variaciones son mucho más importantes pues llegan a implicar, sorprendentemente, a los propios signos de los coeficientes de correlación. Efectivamente, para r_n se obtiene el valor regional de -0,01 notablemente dispar del promedio (+0,33) sugerido por las tres provincias, siendo todavía mayor la discrepancia existente entre el valor regional mostrado por r : -0,30 y el promedio sugerido (+0,28) por los valores obtenidos para cada provincia. Por lo demás, en la pléyade regional, el error típico prosigue siendo superior al promedio (6,9) de las desviaciones colegidas para cada provincia.

Análogamente, los valores de los coeficientes obtenidos para la Meseta meridional revelan notables discrepancias respecto a los valores medios sugeridos por las dos provincias manchegas para r_n (+0,43) y r (+0,09), mejorando considerablemente la correlación hasta situarla en 0,96 (próxima a su valor máximo) a la par que compensa las desviaciones puesto que el error típico se reduce desde 6,6 (promedio) hasta 2,9.

Por lo que atañe al área Bética, no se produce aportación alguna dado que está exclusivamente representada por la provincia de Huelva y, consiguientemente, se repiten los valores ya obtenidos en el Cuadro XIX.

Finalmente, los coeficientes totales o generales obtenidos para el conjunto de las 11 provincias tam-

bién discrepan de los respectivos promedios sugeridos por los 5 conjuntos regionales y, lógicamente, de los colegibles a partir de los 11 valores inherentes a las provincias. Efectivamente, para r_n se obtiene el valor general de -0,92, muy distanciado del promedio sugerido por las 5 regiones (-0,32) y por las 11 provincias (-0,24); para r , el valor general resulta ser -0,89, asimismo distanciado del promedio sugerido por las 5 regiones (-0,34) casualmente coincidente con el proporcionado por las 11 provincias; por lo que respecta a la desviación puntual o error típico, se obtiene el valor de $\pm 14,7$ mgls., lógicamente superior al promedio de las 5 regiones ($\pm 10,5$ mgls.) y, por supuesto, al valor medio de las 11 provincias ($\pm 8,9$ mgls.). Resumiendo, la curva general presenta coeficientes de correlación más elevados y sumamente aceptables, con error típico $< \pm 15$ mgls.

Por lo que respecta a los coeficientes de correlación y errores típicos obtenidos para los valores de las anomalías de BOUGUER mediante ajuste polinómico de segundo grado, la comparación recíproca entre los Cuadros XIX y XXXI sugiere las consideraciones siguientes.

Para la región pirenaica se obtiene un buen coeficiente de correlación (-0,93) ligeramente inferior al promedio (-0,95) de los suministrados por Gerona (-0,98), Navarra (-0,90) y Vascongadas (-0,97). Paralelamente se advierte un incremento de la dispersión puntual respecto a la parábola de ajuste pues el error típico para la región pirenaica (10,8) rebasa el promedio (7,7) de los correspondientes a aquellas tres provincias.

Contrariamente, los excelentes coeficientes de correlación obtenidos para Santander (-0,97) y Burgos (-0,96) resultan mejorados al conjugar ambas series de valores, conduciendo a un coeficiente prácticamente insuperable -0,99. En este contexto se mantiene la dispersión puntual respecto a la parábola de ajuste, pues el error típico obtenido para la Ibérica (4,2) equivale al promedio de los proporcionados por Burgos (5,0) y Santander (3,5).

En la Meseta septentrional vuelve a tradujirse la notable reordenación introducida, en la dispersión de valores puntuales, por la superposición de las series provinciales. En efecto, los coeficientes de correlación inherentes a Palencia (+0,96), Segovia (-0,57) y Avila (+0,46) conducen a una correlación media muy mediocre (+0,28) que se transmuta en una correlación de signo opuesto y valor muy aceptable (-0,83) para el conjunto de las tres provincias. Por lo demás, la dispersión puntual expe-

CUADRO XXVII

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.823	-120	-91	-112	1.406	1.885
0	—	—	—	—	—	—
1	1.680	-84	-90	-100	1.058	885
3	1.559	-104	-88	-91	1.252	1.158
8	1.429	-84	-87	-83	1.058	885
15	1.336	-75	-86	-79	971	992
40	1.241	-67	-85	-76	893	1.207
79	1.141	-70	-84	-73	922	1.113
105	1.046	-74	-84	-72	961	1.013
187	946	-75	-83	-72	971	992
361	847	-75	-82	-73	971	992
308	763	-71	-81	-75	932	1.086
7	643	-94	-80	-79	1.155	933
3	543	-83	-79	-84	1.048	890
6	434	-91	-78	-91	1.126	900
1	380	-87	-77	-94	1.087	881

CUADRO XXVIII

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.138	-34	-33	-35	1.083	1.120
6	1.006	-42	38	-38	869	858
41	943	-39	-40	-40	949	952
114	841	-39	-43	-43	949	952
291	739	-45	-47	-46	789	768
624	650	-50	-50	-49	655	630
155	555	-52	-53	-53	602	578
123	454	-61	-57	-57	361	372
64	359	-58	-60	-61	441	436
4	294	-64	-62	-64	281	312

CUADRO XXIX

Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
4	676	+40	+33	+37	341	597
11	562	+32	+36	+35	525	395
13	434	+34	+38	+35	479	535
23	346	+33	+40	+37	502	472
20	259	+45	+41	+39	225	237
29	150	+46	+43	+44	202	120
39	49	+46	+45	+49	202	120

rimenta un ligero incremento puesto que el valor del error típico (8,2) sugerido por el conjunto de las tres provincias resulta algo superior al promedio de 6,1 proporcionado por los errores típicos de Palencia (2,7), Segovia (7,4) y Avila (8,2).

También se produce una notable revulsión en el caso de la Meseta meridional cuando se entremezclan los valores de las series inherentes a las dos provincias manchegas cuyos antagónicos coeficientes de correlación: Toledo=+0,91 y Ciudad Real=-0,87, conducen al promedio de +0,02, mientras que la serie global proporciona un óptimo coeficiente de correlación positiva: +0,97. Paralelamente a este gran incremento de correlación, se produce un incremento de reajuste de los valores puntuales a la parábola pues, no obstante ser reducidos, los errores típicos de Toledo (5,6) y Ciudad Real (5,0) conducen al promedio de 5,3 que duplica al valor (2,7) proporcionado por la serie conjunta.

Ya hemos anotado que la región Bética queda concretada a la provincia de Huelva, razón por la cual el Cuadro XXXI se limita a reiterar los valores obtenidos en el Cuadro XIX.

Por último, en la serie Total o General (compendio de las 11 provinciales o de las 5 regionales) prosigue traduciéndose una reorganización de los valores puntuales ciñéndose más y más a la parábola ajustada. En efecto, los coeficientes de correlación parabólica mostrados por las 11 provincias conducen al promedio de -0,43 que, mejorado por el promedio (-0,52) sugerido por los 5 coeficientes regionales, termina alcanzando un valor óptimo en la serie general: -0,91. Lógicamente, la elongación de las desviaciones individuales va incrementándose a medida que aumenta el número de series consideradas; así se comprende que el valor medio (5,9) de los errores típicos colegidos para las 11 provincias, es incremente hasta 12,8 en la serie total o general.

Consideraciones análogas podríamos describir a propósito de la comparación entre los coeficientes y desviaciones anotadas en los Cuadros XIX y XXXI para las altitudes ajustadas: $h=f(\Delta g)$. Consiguientemente, estimamos suficiente limitarnos a dejar constancia de sus correlaciones y desviaciones, máxime habida cuenta del escaso interés entrañado por la posibilidad de predicción de la altitud a partir de los valores observados para la pesantez.

Concretándonos, cuál precedentemente, a considerar los valores de las anomalías de BOUGUER en función de la altitud: $\Delta g=f(h)$ obtenidos para cada

una de las 5 regiones establecidas (Cuadros XXV a XXIX) y para el total de las 11 provincias o 5 regiones establecidas, en las figuras 8 y 10 aparecen las correspondientes representaciones gráficas conservando la disposición ya descrita a propósito de las curvas provinciales. En las 4 curvas regionales (no se incluye la Bética pues, únicamente representada por la provincia de Huelva, sería reiterar la figura 5) nos hemos limitado a la consideración de los ajustes rectilíneo y parabólico. En el gráfico relativo a la correlación global colegida a partir de

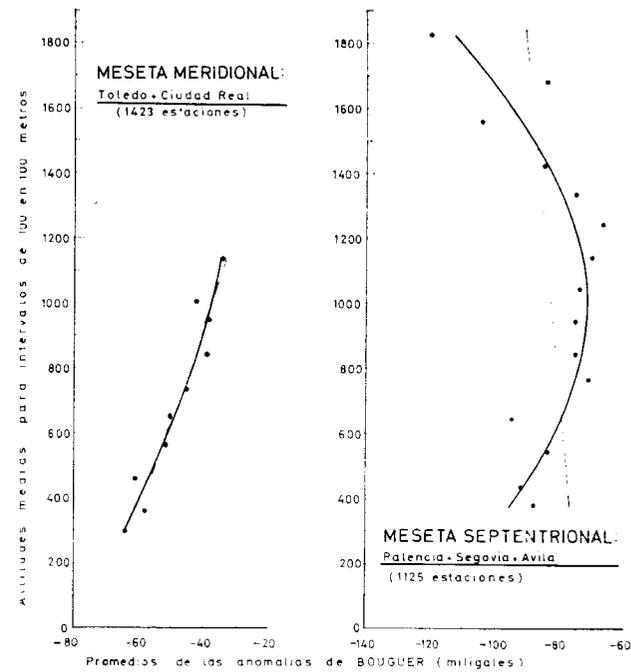


Figura 8

Promedios obtenidos para la Meseta Meridional y la Meseta Septentrional con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo) y de segundo orden (parábola)

las 11 provincias (fig. 10), hemos adscrito la curva cúbica proporcionada por el ajuste polinómico de tercer grado.

Cual precedentemente, teniendo en cuenta el signo y valor absoluto de las correlaciones regionales, estos gráficos aparecen reordenados comenzando por las curvas que reflejan correlaciones positivas y pasando a las que muestran correlaciones negativas de magnitud progresivamente creciente.

En la Meseta meridional, el valor absoluto de las anomalías negativas de BUGUER disminuye progresivamente a medida que aumenta la altitud; es decir,

que el valor absoluto de la pesantez presenta un incremento cuya magnitud media es de +0,034 mgls/metro.

Por el contrario, las cuatro regiones restantes presentan coeficientes regresivos; es decir, a medida que aumenta la altitud disminuye el valor absoluto de la pesantez a razón de: -0,009 mgls/metro en la Meseta Septentrional, de -0,019 mgls/metro en la Región Bética (Huelva), de -0,046 mgls/metro en la Región Pirenaica, y de -0,053 mgls/metro en la Ibérica. También es regresivo el coeficiente general (sugerido por el conjunto de las 6.019 estaciones consideradas en este trabajo) cuyo elevado valor absoluto; -0,050 mgls/metro, se emplaza entre los inherentes a las cordilleras pirenaica e ibérica.

Resumiendo, conocida la altitud de un punto (expresada en metros), estos coeficientes permiten establecer las siguientes ecuaciones que suministran directamente los signos y valores absolutos predecibles para las anomalías de BOUGUER de la pesantez:

Anomalia de BOUGUER

- Meesta meridional ... = +0,034 h - 71 mgls
- Meseta septentrional... = -0,009 h - 74 mgls
- Región bética = -0,019 h + 46 mgls [27]
- Región pirenaica... .. = -0,046 h - 24 mgls
- Región ibérica = -0,053 h - 6 mgls
- Area total estudiada = -0,050 h - 14 mgls

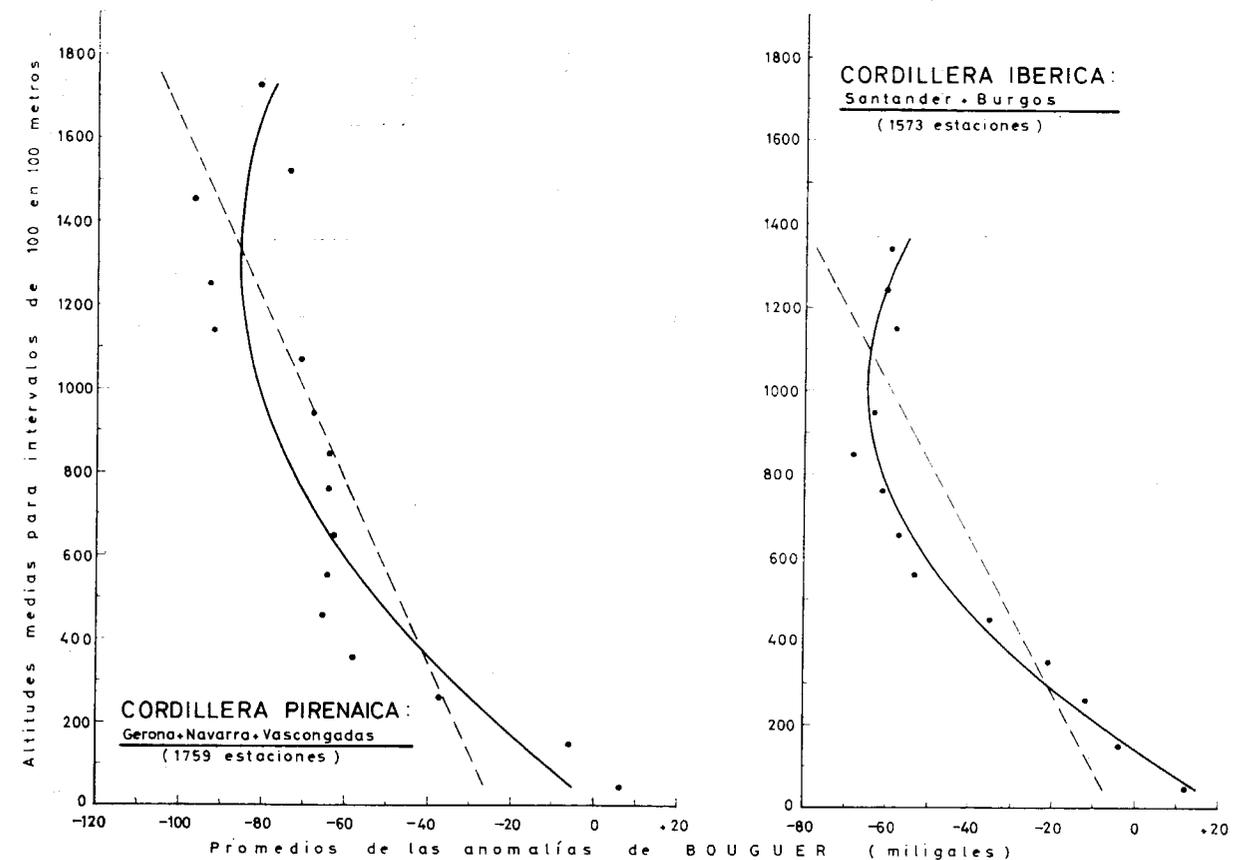


Figura 9

Promedios obtenidos para la Cordillera Pirenaica y la Cordillera Ibérica con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo) y de segundo orden (parábola)

16,9 Å, que después del tratamiento térmico pasa a 10 Å, haciéndose esta última línea mucho más aguda.

Análisis térmico diferencial.—Para ilustrar los resultados obtenidos mediante el estudio por A. T. D. se han elegido una serie de diagramas correspondientes a muestras tomadas en diferentes puntos de la cuenca (fig. 5).

El primero de ellos, D-371A se ha realizado sobre una muestra cuyos diagramas de difracción de rayos X se han representado en la figura 2. La curva refleja su composición casi exclusivamente clorítica. Presenta un ligero endotérmico a 150° C; un segundo endotérmico mucho más agudo a 630° C; y un tercer endotérmico a 830° C, seguido de un efecto exotérmico a 850° C.

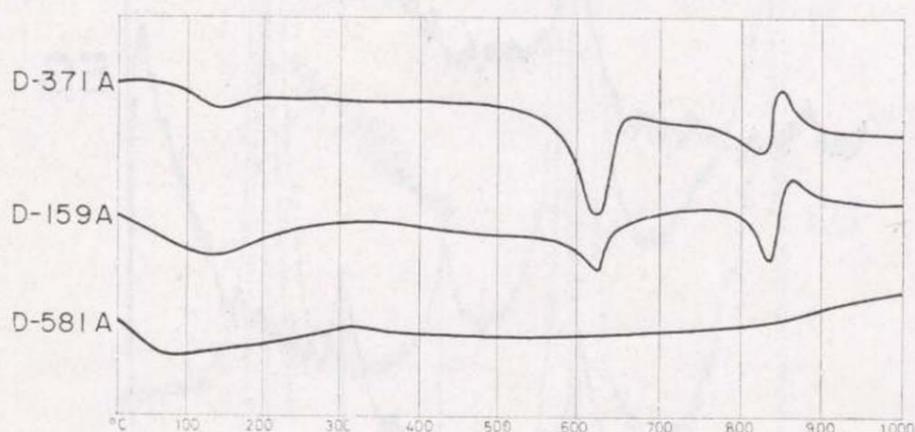


Figura 5

Diagramas de A. T. D. realizados sobre muestras tomadas en diversos puntos de la cuenca, constituidas por clorita (D-371A), clorita con láminas de montmorillonita interstratificada (D-159A), e illita y montmorillonita (D-581A).

El segundo diagrama, D-159A, realizado sobre la fracción arcilla de una muestra del Keuper (serie de Cuevas de Ayllón) presenta picos semejantes al anterior, siendo la diferencia más notable entre ellos la disminución de la intensidad del endotérmico a 630° C debido a un aumento de la proporción de láminas de montmorillonita interstratificada con la clorita.

La vermiculita y la montmorillonita, dada la escasez con que aparecen en esta cuenca, no son claramente diferenciables en las curvas de A. T. D. El diagrama D-581 A se ha realizado sobre la misma muestra cuyos diagramas de difracción de rayos X se representan en la figura 4. A pesar de que la proporción de montmorillonita es superior al 20 por 100, la curva presenta las características de las curvas de la illita.

Microscopía electrónica.—Tanto la montmorillonita como la vermiculita son difíciles de identificar con el microscopio electrónico debido a la escasez con que aparecen y al pequeño tamaño de sus cristales. Mucho más llamativos son los cristales de clorita, sobre todo por aparecer con hábitos perfectos rómbicos y exagonales.

Un aspecto de estas cloritas se muestra en las figuras 6 y 7. La primera corresponde a una clorita de alta cristalinidad que ya se ha descrito al tratar del estudio por difracción de rayos X y por A. T. D.

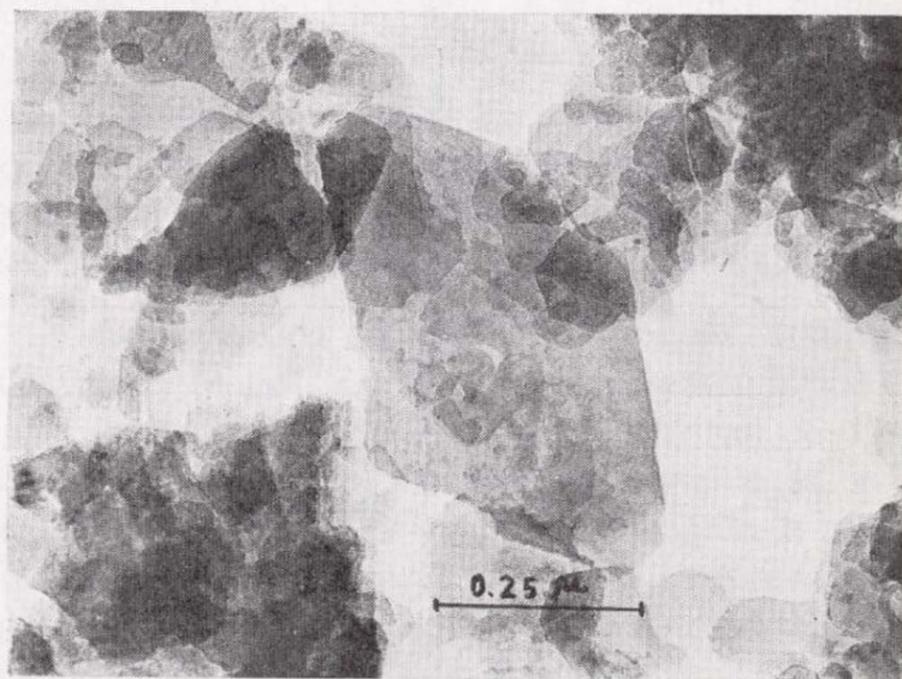


Figura 6

Clorita de alta cristalinidad observada al microscopio electrónico.

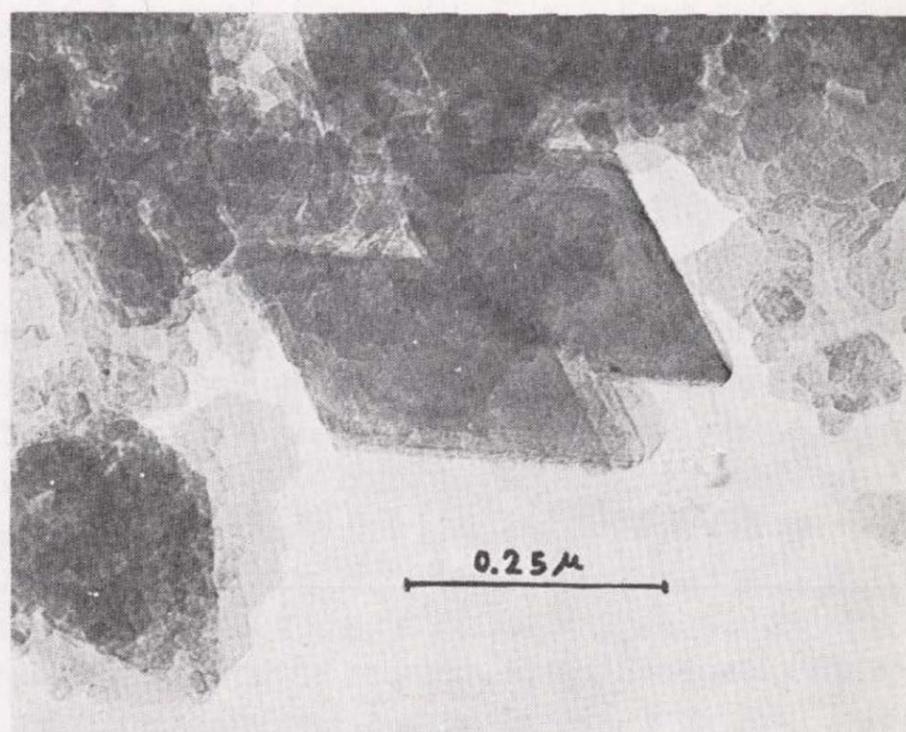


Figura 7

Clorita con láminas de montmorillonita interstratificadas, observada al microscopio electrónico.

CUADRO XXX

CONJUNTO DE LAS 5 AREAS REGIONALES U 11 PROVINCIALES						
Número de estaciones por zona	VALORES OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes (m)	Anomalías (mgls)	$\Delta g=f(h)$		$h=f(\Delta g)$	
			Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola	Grado 1.º Recta	Grado 2.º Parábola
1	1.823	-120	-105	-92	1.886	2.189
2	1.728	-81	-100	-92	1.260	1.258
1	1.680	-84	98	-91	1.308	1.322
5	1.543	-92	-91	-89	1.436	1.497
9	1.432	-86	-85	-87	1.340	1.365
22	1.336	-72	-81	-84	1.115	1.076
54	1.241	-73	-76	-81	1.132	1.096
139	1.144	-67	-71	-78	1.035	980
223	1.046	-67	-66	-74	1.035	980
524	945	-66	-61	-69	1.019	961
895	847	-68	-57	-64	1.051	999
855	752	-60	-52	-59	923	852
972	650	-54	-47	-52	827	748
587	552	58	-42	-46	891	817
501	452	-60	-37	-39	923	852
375	354	-49	-32	-31	746	666
225	257	-25	-28	-23	361	323
253	147	+1	-22	-14	56	49
385	46	+13	-17	-4	-249	-43

CUADRO XXXI

Regiones	$\Delta g=r(h)$ mgls					$h=f(\Delta g)$ m				
	Primer grado: recta			Segundo grado:		Primer grado: recta		Segundo grado:		
	r_0	r_c	s_k	r_R	s_k	r_0	s_0	r_0	s_0	
Pirenaica	-0,82	-0,83	16,4	-0,93	10,8	-0,83	295	-0,86	269	
Ibérica	-0,93	-0,86	13,8	-0,99	4,2	-0,86	220	-0,87	216	
Meseta norte	-0,01	-0,30	14,1	-0,83	8,2	-0,30	451	-0,56	394	
Meseta sur	+0,96	+0,96	2,9	+0,97	2,7	+0,96	82	+0,97	79	
Aerea bética	-0,81	-0,66	5,2	-0,80	4,1	-0,66	183	-0,88	116	
Total general	-0,92	-0,89	14,7	-0,91	12,8	-0,89	264	-0,91	242	

APORTACION DE NUESTROS RESULTADOS AL CONOCIMIENTO DE LOS ESPESORES Y GRADOS DE EQUILIBRIO ISOSTATICO CONFERIBLES A LA CORTEZA TERRESTRE ESPAÑOLA.

Ordinariamente, las anomalías de BOUGUER presentan signos negativos sobre las áreas continentales emergidas y signo positivo en las áreas oceánicas, islas y orlas continentales o planicies litorales emergidas. Insinuando una estrecha relación entre

el signo de las anomalías y el espesor crustal, tales vinculaciones resultan plenamente confirmadas por el hecho de que, habitualmente, los valores absolutos de las anomalías negativas aumentan paralelamente al incremento de las altitudes topográficas, mientras que los de las anomalías positivas aumentan progresivamente a medida que se incrementa la profundidad oceánica. De hecho, en el ámbito de la Península Ibérica, los grandes rasgos de estas correlaciones altimétricas resultan claramente sugeridos por la simple comparación recíproca entre los

mapas hipsométrico y de anomalías de BOUGUER (figs. 1 y 2); en el presente trabajo estimamos haber logrado matizar, con bastante precisión, los aspectos cuantitativos imputables a tal correlación en el área de 111.340 kilómetros cuadrados (=22,6 por 100 de la extensión ocupada por la España peninsular) donde se integran las 11 provincias (Cuadro I) en las que se dispone de una red de observaciones gravimétricas generalmente idónea.

El incremento del valor absoluto de las anomalías negativas asociado al de la altitud, sugiere su

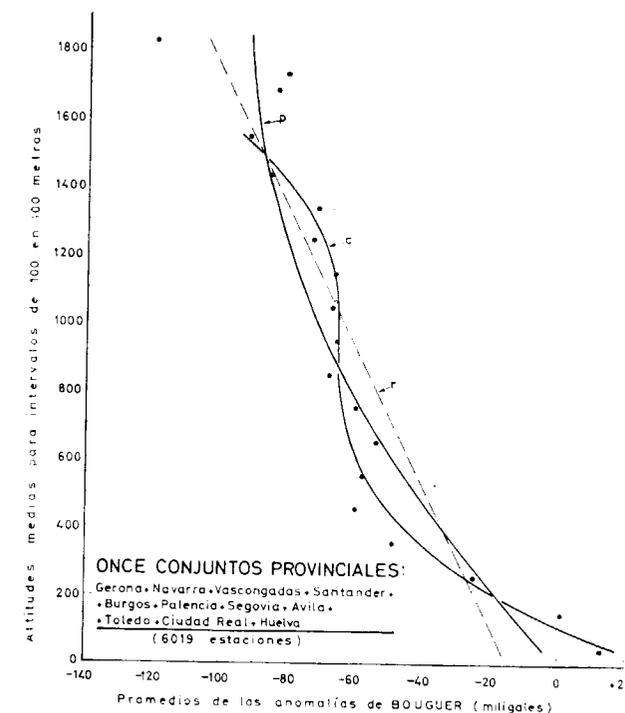


Figura 10

Promedios obtenidos para el conjunto del área estudiada con sus correspondientes líneas ajustadas por polinomios de primer orden (recta de trazo discontinuo: r), de segundo orden (parábola: p) y de tercer orden (curva cúbica: c)

clara vinculación con el espesor crustal. En efecto, las altitudes máximas suelen asociarse a las culminaciones superficiales de los orógenos generalmente enraizados en el manto superior, traduciéndose en un progresivo incremento del espesor crustal, cuyo valor máximo debe coincidir, aproximadamente, con las crestas de las cordilleras generadas por los ple-

gamientos. Este progresivo aumento del espesor de los livianos materiales integrantes de la corteza, concomitantemente con el correlativo hundimiento de los materiales más densos integrantes del manto infracrustal, justifican plenamente la observada disminución del valor de la pensantez traducido en el incremento mostrado por la intensidad de las anomalías negativas de BOUGUER.

Tales vinculaciones han sugerido la posibilidad de llegar a determinar el espesor crustal partiendo de las magnitudes mostradas por las anomalías negativas de la pensantez: en este sentido, es prudente apoyarse en puntos de partida donde previamente haya sido determinado el espesor de la corteza a partir de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas. En este sentido, ASADULLAH KHAN, WOOLLARD y DAUGHERTY (entre otros) han establecido que la correlación entre las altitudes (h) alcanzadas por las masas continentales emergidas y la profundidad (p) a que se ubica la superficie de discontinuidad de MOHOROVICIC resulta expresada, para amplios sectores de la corteza terrestre, por la siguiente función lineal:

$$p=33,2+(7,5 \times h) \text{ Km} \quad [28]$$

donde p y h se expresan en kilómetros. Por nuestra parte, utilizando los datos obtenidos por dichos investigadores, hemos podido concretar que el espesor crustal (e) vinculable a la altitud h) de aquellas áreas, resulta expresado por la función lineal:

$$e=33,2+(9 \times h) \text{ Km} \quad [29]$$

Concretándonos a España y utilizando los espesores crustales obtenidos por PAYO (8) hemos llegado a colegir las siguientes vinculaciones altimétricas:

$$\begin{cases} e=32+(9 \times h) \text{ Km} \\ p=32+(7,5 \times h) \text{ Km} \end{cases} \quad [30]$$

Entroncando estos resultados con las correlaciones, evidenciadas en este trabajo entre altimetría y valores absolutos predecibles para las anomalías de BOUGUER, el espesor de la corteza terrestre (expresado en kilómetros) debe variar entre los valores máximos y mínimos que, para cada provincia y

región, así como para el conjunto del área estudiada, se anotan en el Cuadro XXXII.

CUADRO XXXII

Espesores conferibles a la corteza terrestre de España

Sectores	Espesor mínimo	Espesor máximo
Provincia de Huelva	28 km	29 km
Provincia de Gerona	30 km	43 km
Provincia de Santander	31 km	36 km
Cordillera Ibérica	31 km	40 km
Cordillera Pirenaica	32 km	43 km
Provincia de Navarra	33 km	40 km
Provincias Vascongadas	33 km	40 km
Provincia de Ciudad Real	34 km	38 km
Provincia de Burgos	35 km	40 km
Meseta meridional	36 km	39 km
Provincia de Toledo	36 km	40 km
Provincia de Palencia	37 km	40 km
Meseta septentrional	40 km	46 km
Provincia de Avila	41 km	44 km
Provincia de Segovia	43 km	46 km
Area total estudiada	33 km	48 km

Teniendo en cuenta el signo de la correlación altitud-pesantez, así como la evolución de la intensidad de las anomalías en función de la altitud, se evidencian hasta 4 tipos de deformación o estructuras crustales (fig. 11).

El primer tipo responde a la clásica imagen de la "raíz siálica" vinculada a deformaciones crustales recientes. La magnitud del enraizamiento se concreta a 1 kilómetro en Huelva, aumentando hasta 5 kilómetros en Burgos y alcanzando 7 kilómetros en Vascongadas y Navarra. Consideradas conjuntamente, las 11 provincias estudiadas se adaptan a este tipo de estructura crustal con enraizamiento de 15 kilómetros.

El segundo tipo puede, en cierto modo, ser considerado como incipiente estructura vinculable al primer tipo. Bajo las máximas elevaciones topográficas, la corteza experimenta un ligero enraizamiento (Segovia=3 kilómetros, Meseta septentrional=6

kilómetros) pero en las altitudes intermedias se eleva el manto superior delaminándose la corteza, cuyo espesor aumenta ligeramente hacia las planicies de la Meseta. Coincide con el máximo espesor (46 kilómetros) cogido para la corteza española.

El tercer tipo aparece revelado con la máxima frecuencia y, esencialmente, consiste en un pandeo positivo del yacente crustal (manto superior) que

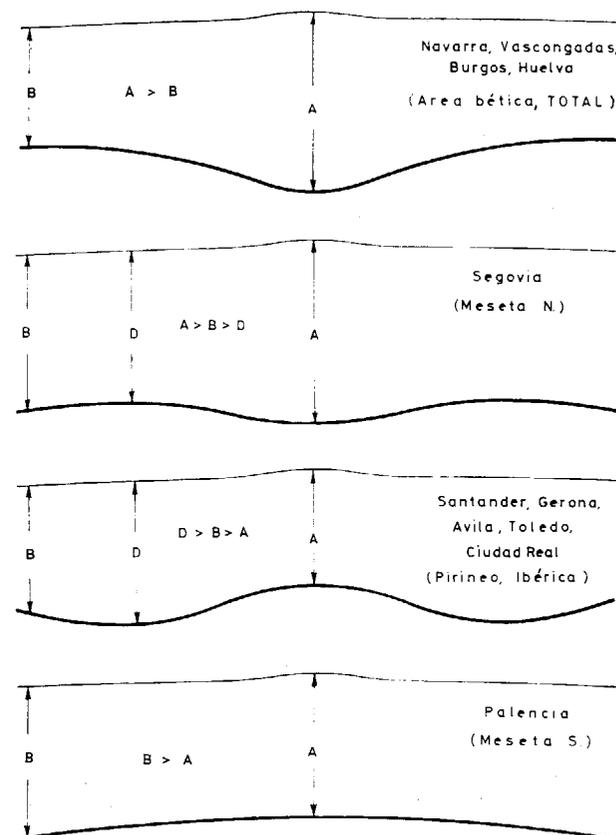


Figura 11

Esquemas de los 4 tipos de estructura crustal sugeridos por las referencias obtenidas para las diversas provincias, conjuntos geomorfológicos o regionales y para el área total estudiada

culmina coincidentemente con las máximas elevaciones topográficas bajo las cuales aparece delaminada la corteza (espesores comprendidos entre los 30 kilómetros de Gerona y los 41 kilómetros de Avila). La característica principal de este tipo es triba en la presencia de ligeros enraizamientos crustales, coincidentes con las áreas caracterizadas

por altitudes intermedias, que alcanzan magnitudes de 4 kilómetros (Toledo), 3 kilómetros (Avila), 2 kilómetros (Gerona, Santander y regiones en que se enmarcan: cordilleras Pirenaica e Ibérica), y de 1 kilómetro (Ciudad Real). Hacia las altitudes mínimas, luego de rebasado el ligero ascenso del manto que delimita aquel modesto engrosamiento crustal, se opera un progresivo hundimiento del yacente crustal correlativo a un aumento del grosor de la corteza que refleja valores comprendidos entre 36 kilómetros (Santander) y 44 kilómetros (Avila).

El cuarto tipo se asemeja bastante al precedente, discrepando a causa de la ausencia de aquellos pequeños enraizamientos bajo las altitudes intermedias. Es decir, que este último tipo refleja la existencia de una verdadera "antirraíz" puesto que el manto se abomba con flecha bajo las máximas culminaciones topográficas a las que, por ende, corresponde el espesor crustal mínimo: 36 kilómetros en la Meseta meridional y 37 kilómetros en Palencia. Hacia las altitudes mínimas se hunde progresivamente la Moho con el concomitante engrosamiento de la corteza que llega a alcanzar espesores de 39 kilómetros (Meseta meridional) y 40 kilómetros (Palencia). Diríase que la corteza ha venido experimentando un pandeo positivo mientras su culminación topográfica ha estado sometida a los procesos erosivos de los agentes exógeos.

Parece interesante recalcar que, para el conjunto de las 11 provincias estudiadas, el espesor de la corteza terrestre varía entre 33 y 48 kilómetros; paralelamente, la profundidad de la Moho fluctúa entre 32 y 46 kilómetros.

Finalmente, todavía podemos obtener alguna información respecto al estado del equilibrio isostático o grado de compensación actualmente alcanzado por la corteza en las diversas provincias o compartimentos estudiados.

En el caso general, la corteza presenta una densidad más o menos homogénea; sin embargo, no faltan los sectores donde los materiales que integran la corteza presentan sendas variaciones laterales que, muchas veces, se traducen por una densidad crustal heterogénea. Pero, en cualquiera de los casos, la magnitud de los coeficientes de correlación debe estimarse directamente proporcional al grado de compensación isostática, pudiendo considerarse compensadas aquellas áreas donde los coeficientes de correlación entre altimetría y anoma-

lías de BOUGUER sea > -70 . Contrariamente, distarán bastante de haber alcanzado su equilibrio isostático aquellas áreas o bloques crustales que proporcionen coeficientes < -50 .

Ampliando nuestro análisis estadístico podríamos haber llegado a discriminar entre uno y otro tipos de corteza terrestre compensada; es decir, los sectores donde presenta una densidad normal u homogénea y aquellos otros donde muestra una densidad heterogénea a causa de variaciones laterales en su naturaleza litológica relacionadas con la mera petrología o con la presencia de masas minerales dotadas de densidades dispares respecto al valor medio (2,67) conferido a la corteza normal.

Consecuentemente, nuestras referencias únicamente permiten colegir el grado de compensación isostática en el supuesto de una corteza homogénea que, por lo demás, constituye el caso normal o más generalizado.

En este contexto se colige una compensación isostática casi perfecta para las provincias Vascongadas y Gerona, siendo muy aceptable para las provincias de Burgos, Santander y Ciudad Real, así como para las cordilleras Ibérica y Pirenaica y, finalmente, para el conjunto del área (13 provincias) estudiada en este trabajo.

Muy próximas al logro de su equilibrio isostático deben considerarse las provincias de Navarra y Huelva.

Por último, parecen distar todavía considerablemente de alcanzar su compensación isostática los sectores inherentes a las provincias de Segovia, Avila y, todavía más, las de Toledo y Palencia con sus correspondientes mesetas: septentrional y meridional.

CONCLUSIONES.

I. En el presente trabajo son utilizados las altitudes y valores de las anomalías BOUGUER proporcionados por 6.019 estaciones efectuadas en los 111.340 kilómetros cuadrados ocupados por 13 provincias de la España peninsular. La densidad media es de una estación por cada 18 kilómetros cuadrados, pero presenta amplias variaciones entre unas y otras redes provinciales, siendo óptima en las de Navarra, Palencia, Santander y Burgos donde, por término medio, cada estación cubre áreas de 8 a 13 kilómetros cuadrados; también puede

considerarse aceptable la densidad mostrada por las redes de Gerona, Vascongadas, Ciudad Real y Toledo donde, por término medio, cada estación cubre áreas de 22 a 26 kilómetros cuadrados; mucho menor garantía ofrece la red de Segovia, donde, cada estación cubre 49 kilómetros cuadrados; finalmente, todavía merecen mayores reservas las redes de Huelva y Avila donde, respectivamente, cada estación cubre 72 y 75 kilómetros cuadrados por término medio.

II. Las 6.019 estaciones han sido efectuadas a altitudes diversas comprendidas entre el nivel del mar y la de 1.823 metros. Considerados aisladamente, cada uno de los 11 conjuntos provinciales de estaciones ha sido clasificado altimétricamente, promediándose las altitudes y valores de las anomalías de BOUGUER para los cupos de estaciones implicados en las sucesivas zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros. Sometidas al análisis estadístico, estas 11 series de valores nos han proporcionado las correspondientes series ajustadas mediante polinomios de órdenes primero (rectas) y segundo (parábolas); a título de ensayo, algunas series han sido asimismo ajustadas a curvas cilíndricas o cúbicas (polinomios de tercer orden). Los ajustes han sido efectuados considerando como variables independientes tanto el valor de las altitudes medias: $\Delta g = f(h)$, como el de las anomalías medias: $h = f(\Delta g)$ aunque, como es lógico, nos interesa esencialmente la primera de estas alternativas. Dado que el número de estaciones implicadas en cada zona altimétrica es muy variable, sus promedios pueden repercutir en los coeficientes de correlación (r) que, por esta razón, hemos calculado en las dos alternativas: considerando (r_n) o desconsiderando (r) su repercusión en el peso estadístico conferible a cada número de valores puntuales promediados. Finalmente, también han sido calculados los errores típicos o desviaciones (s) correspondientes a cada una de las series.

III. Es presumible que la precisión de los ajustes y sus correlaciones resulten condicionados por la densidad de las redes provinciales de observaciones, lo que debe ser retenido por implicar las correspondientes reservas para los resultados cogidos sobre las provincias de Segovia, Avila y Huelva. Las correlaciones (r_n) entre altitud y valor absoluto de las anomalías resultan: estrechísimas en Vascongadas y Palencia, seguidas de Gerona y Toledo; simplemente buenas en Santander, Burgos,

Navarra y Ciudad Real; y, finalmente, problemáticas en las más laxas redes de Segovia, Huelva y Avila. Los coeficientes son de carácter regresivo en 8 provincias mientras que presentan signo positivo en las tres provincias restantes: Toledo, Palencia y Avila. Partiendo de los resultados obtenidos se establece, para cada provincia, la ecuación que permite predecir el valor de las anomalías de BOUGUER para cualquier punto de altitud (h) conocida

IV. Reagrupadas en las 5 regiones geomorfológicas a que pertenecen, las precisadas referencias permiten establecer 5 nuevas series de valores que traducen nuevos aspectos densimétricos pues, por término medio, cada estación cubre superficies de extensión: óptima=12 y 13 kilómetros cuadrados (Cordilleras Pirenaica e Ibérica), discreta=20 y 25 kilómetros cuadrados (Mesetas Septentrional y Meridional) y muy mediocre=75 kilómetros cuadrados (Area Bética). Sometidas al análisis estadístico, aquellas series se transmutan en las respectivas series ajustadas que proporcionan nuevos coeficientes evidenciando correlaciones: óptimas para la Meseta Meridional, Cordillera Ibérica y Pirenaica; discreta para el Area Bética, y bastante problemática para la Meseta Septentrional que —no se olvide— enmarca dos de las redes provinciales más laxas (Segovia y Avila). Los nuevos coeficientes regionales son regresivos, excepto en el caso de la Meseta Meridional que evidencia una fuerte correlación positiva: aumento de la intensidad de la pesantez proporcional al incremento de la altitud. A partir de estos nuevos resultados se establecen, para cada una de las 5 regiones, las ecuaciones que permiten predecir el valor correspondiente a la anomalía de BOUGUER en un punto, no importa cual, de altitud (h) conocida.

V. Reagrupando en una sola serie la totalidad de referencias correspondientes a las 13 provincias (densidad media aceptable: 1 estación/18 kilómetros cuadrados), se obtiene la serie global de valores que, sometidos al análisis estadístico, proporcionan las series ajustadas y sus correspondientes coeficientes (—0,89 a —0,92) que evidencian una correlación francamente buena y de signo regresivo: disminución de la intensidad de la pesantez proporcional al incremento de altitud=—0,050 mgls/metro. Estos resultados permiten predecir, para cualquier punto del área estudiada, que el valor de la anomalía de BOUGUER (Δ_B) resulta proporcionado

por la ecuación $\Delta_B = -0,050 h - 14$ mgls donde, expresada en metros, h representa la altitud del punto en cuestión.

VI. Teniendo presentes las relaciones existentes entre el valor absoluto de las anomalías de BOUGUER y el espesor de la corteza terrestre, los datos obtenidos en el presente trabajo nos han permitido deducir los espesores máximo y mínimo conferibles a la corteza terrestre en cada una de las 13 provincias, en cada una de las 5 regiones morfogeológicas, y para el conjunto del área estudiada en la que fluctúa entre 33 y 48 kilómetros.

VII. Considerando el signo de la correlación altitud-pesantez y la evolución de la intensidad de las anomalías en función de la altitud, se evidencian para la corteza terrestre española hasta 4 tipos de estructura: enraizamiento normal en el yacente (Navarra, Vascongadas, Burgos y Huelva); enraizamiento incipiente bajo las altitudes máximas frenado hacia las altitudes intermedias por ligeros abombamientos del manto (Segovia y Meseta Septentrional); ligero abombamiento del manto bajo las altitudes máximas frenado por ligeros enraizamientos crustales hacia las altitudes intermedias (Toledo, Avila, Gerona, Santander, Ciudad Real, Pirineo y Cordillera Ibérica); y, por último, abombamiento generalizado del manto con amplitud creciente hacia las altitudes máximas donde, consecuentemente, aparece la más acentuada delaminación crustal (antirraíz) tal y como sucede en Palencia y la Meseta Meridional. En su conjunto, el área estudiada corresponde al primer tipo presentando una raíz crustal que penetra 15 kilómetros en su yacente; concomitantemente, la profundidad de la Moho aumenta desde 32 a 46 kilómetros.

VIII. Finalmente, nuestros coeficientes de correlación permiten colegir el estado actual de la compensación isostática conferible a cada sector, sugiriendo que el equilibrio isostático es: casi perfecto en las provincias Vascongadas y Gerona; muy aceptable en las de Burgos, Santander, Ciudad Real, Cordillera Ibérica y Pirineo; bastante aceptable en las de Navarra y Huelva; deficiente en las de Segovia, Avila y Meseta Septentrional; por último parece sumamente deficiente en las de Toledo, Palencia y Meseta Meridional. En su conjunto, el área estudiada es caracteriza por haber alcanzado un equilibrio isostático muy aceptable.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ESPINOSA DE LOS MONTEROS (J. M.) y LOZANO CALVO (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Huelva*. "Mem. Inst. Geogr. y Cat.", con 31 págs. y 1 mapa, Madrid, 1950.
- (2) GAIBAR-PUERTAS (C.): *Sobre el cálculo, dificultades interpretativas y punto de aplicación de las anomalías de la pesadez*. "Bol. Geol. y Min.", T. XXXVII (2.º Fasc.), pp. 144-169, con 10 cuadros numéricos y 5 figs., Madrid, 1976.
- (3) LOZANO CALVO (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Avila*. "Mem. Inst. Geogr. y Cat.", con 21 págs. y 3 mapas, Madrid, 1950.
- (4) LOZANO CALVO (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Toledo*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 10 págs. y 1 mapa, Madrid, 1963.
- (5) LOZANO CALVO (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Navarra*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 22 págs. y 3 mapas, Madrid, 1963.
- (6) LOZANO CALVO (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Burgos*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 17 págs. y 1 mapa, Madrid, 1963.
- (7) LOZANO CALVO (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Palencia*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 31 págs. y 3 mapas, Madrid, 1966.
- (8) PAYO (G.): *Crust-Mantle Velocities in the Iberian Peninsula and Tectonic Implications of the Seismicity in this Area*. "Geoph. J. R. astr. Soc.", Vol. 30, págs. 85-99, con 8 figs., 1972.
- (9) RUIZ LÓPEZ (J.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Santander*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 36 págs. y 3 mapas, Madrid, 1968.
- (10) RUIZ LÓPEZ (J.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Gerona*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 36 págs., 5 figs. y 3 mapas, Madrid, 1969.
- (11) RUIZ LÓPEZ (J.): *Mapas gravimétricos de las provincias de Alava, Guipúzcoa y Vizcaya*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 47 páginas, 12 figs. y 3 mapas, Madrid, 1969.
- (12) RUIZ LÓPEZ (J.): *Red de observaciones con gravímetro de la provincia de Ciudad Real*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 66 páginas, 6 figs. y 3 mapas, Madrid, 1970.
- (13) SANS HUELIN (G.) y LOZANO CALVO, (L.): *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Segovia*. "Mem. del Inst. Geogr. y Cat.", con 42 páginas, 1 fig. y 1 mapa, Madrid, 1947.

Recibido: Julio-Febrero 1976

Reactores nucleares fósiles.

Por L. GARZON RUIPEREZ (*)

RESUMEN

Después de una breve introducción bibliográfica, se exponen los resultados de los cálculos neutrónicos realizados sobre un modelo adecuado de yacimiento de uranio. Los valores obtenidos para la constante de multiplicación neutrónica se han estudiado en función de diversos parámetros.

SUMMARY

After a brief bibliography introduction, we have exposed the results of the neutron-calculations realised on an adequated uranium deposit model.

The obtained values for the multiplication constant, as a function of certain parameters, have been studied.

Los primeros estudios relativos a la posible existencia de reactores nucleares fósiles, es decir, de yacimientos de uranio que se comportaron en tiempos remotos como reactores nucleares, se deben a WETHERILL e INGRAM, por una parte, y a KURODA, por otra. La hipótesis de dicha existencia se basa en que, debido a que el período de desintegración del U-235 es inferior al correspondiente al U-238, en un pasado remoto el uranio natural era enriquecido, lo cual podría haber permitido, bajo la concurrencia de otros factores, que la producción de neutrones por las fisiones en el U-235 fuesen compensadas por las absorciones en el resto de los componentes del yacimiento y por las fugas, fuera de los límites del sistema.

El fenómeno de la fisión nuclear, del cual se hablará más adelante, caso de haber tenido lugar en un determinado yacimiento, hubiera dejado en éste una serie de "huellas", de las cuales, sin duda, sería la más importante la correspondiente a la composición isotópica actual del uranio contenido en aquél, uranio que debería poseer un con-

tenido de U-235 inferior al correspondiente al uranio no irradiado. Los autores citados estimaron, en base al enriquecimiento requerido, una edad comprendida entre 2 y 2,8 Ga. Se pensó que durante espacios tan dilatados de tiempo, las huellas a las que hicimos referencia habrían desaparecido a favor de movimientos tectónicos y/o movilizaciones del uranio, elemento que, como es conocido, una vez oxidado, es fácilmente transportado por las aguas bajo la forma de complejos uranil tricarbonato o trisulfato, extraordinariamente compactos.

Estas previsiones de tipo especulativo determinaron que no se concediese importancia a la hipótesis mencionada y quedara prácticamente olvidada.

Sin embargo, no muchos años después, en 1972, se puso de manifiesto, en forma que no dejaba lugar a dudas, la existencia de un reactor nuclear fósil. Como el descubrimiento se refiere al yacimiento de Oklo, dicho fenómeno ha recibido la denominación de aquella localidad, situada en el Gabón. A continuación se relatará brevemente la historia de este sensacional descubrimiento, que viene a confirmar la hipótesis de WETHERILL y Ku-

(*) Departamento de Energía Nuclear. Escuela Técnica Superior Ingenieros de Minas. Universidad de Oviedo.

RODA. Todo comenzó con la observación en Pierratte de una pequeña anomalía en la composición isotópica de una muestra de uranio natural procedente de aquel yacimiento. Una vez demostrado que no se trataba de un error de medida ni de manipulación, se procedió a realizar una campaña de análisis encaminados a descubrir el origen de lo que se suponía era una fuente de contaminación artificial. Se hicieron análisis en todas las etapas de la cadena, desde el F_6U hasta la fabricación de concentrados, demostrándose que las anomalías citadas no se debían a ningún tipo de contaminación artificial, sino que había que buscarlas en el propio mineral. Los análisis realizados en muestras procedentes de lotes de uranio fabricados durante los dos años anteriores permitió constatar que la anomalía la presentaban más de 200 toneladas de uranio, y que el déficit total de U-235 alcanzaba la importante cantidad de 200 kilogramos, lo que ponía de manifiesto la enorme amplitud del fenómeno. Finalmente, una serie de análisis sistemáticos realizados en muestras mineralógicas procedentes del sector explotado demostraron asimismo la existencia de anomalías. Posteriormente, la comprobación de cantidades detectables de ciertos elementos (los denominados productos de fisión estables) vino a confirmar la hipótesis inicial de trabajo, según la cual dicho yacimiento había sido en tiempos remotos la sede de una reacción nuclear de fisión automantenida. Para comprender el fenómeno y poder posteriormente establecer las condiciones bajo las cuales pudo haber operado en el seno de una acumulación de uranio, será conveniente exponer, aunque sea brevemente, las condiciones generales que permiten que una reacción nuclear en cadena pueda automantenerse (BODU, NEUILLY, BAUDIN).

Una puesta al día sobre el citado fenómeno puede verse en B. I. S. T.

La fisión nuclear es un proceso que consiste en que un núcleo, por la acción de una partícula, puede escindir en dos fragmentos de masas comparables. Desde el punto de vista práctico, la partícula utilizada es el neutrón. Los elementos que son más fácilmente fisionables son los pesados. Con neutrones de energías bajas, menores de 1,5 Mev, los únicos elementos fisionables son el U-233, U-235 y Pu-239. De éstos, el único que existe en la Naturaleza es el U-235; los otros dos son artificiales. El U-238 y Th-232 son fisionables por neutrones de energías superiores a 1,5 Mev.

En la reacción de fisión, los dos fragmentos resultantes se llevan la casi totalidad de la energía del proceso bajo la forma de energía cinética, la cual es disipada a su paso a través de la materia. Simultáneamente a la rotura del núcleo aparece radiación gamma inmediata (existe otra, llamada diferida, la cual procede de los fragmentos de fisión y descendientes de ellos) y un número de neutrones de 1 a 3. Considerando una gran cantidad de fisiones, el promedio de los neutrones originados es, aproximadamente, 2,5. Quiere decirse, por tanto, que por cada neutrón consumido en el proceso se generan 2,5, existiendo un excedente de 1,5. De los 2,5 hasta 1 para propagar la reacción (reacción en cadena).

Los neutrones producidos en las fisiones son rápidos y su probabilidad de producir nuevas fisiones es pequeña, no siendo posible por esta circunstancia que una masa de UN, por muy grande que sea su tamaño, pueda automantener una reacción de fisión. Por el contrario, si el uranio en forma de barras (elementos combustibles) se introduce en el seno de una sustancia que permita rebajar la energía de los neutrones y que al mismo tiempo no los absorba apreciablemente, al aumentar las probabilidades de la fisión, puede conseguirse automantener la reacción. Dicha sustancia recibe el nombre de moderador. La disminución de energía de los neutrones se realiza a favor de los sucesivos choques elásticos, interesando que, con el menor número posible de choques, los neutrones vean su energía reducida a valores comparables a la energía térmica de los átomos del moderador, porque a estos valores de la energía la probabilidad de fisión es muy superior a la correspondiente a las energías de fisión.

Por consiguiente, el moderador deberá estar constituido por elementos de bajo número másico y, además, su capacidad para absorber neutrones deberá ser pequeña. También será conveniente que dicho moderador se halle en un estado condensado (pe, sólido o líquido). Entre las sustancias que satisfacen los requisitos señalados están el H, el D, el C y el Be, y ciertos compuestos orgánicos.

La capacidad de un sistema de esta clase (denominado, en general, sistema automultiplicativo) para automantener una reacción de fisión en cadena depende de la importancia relativa de los siguientes procesos competitivos: a) fisión de núcleos de U (proceso acompañado de emisión de neutrones); b) absorción de neutrones por el U, sin causar fisión; c) absorción de neutrones por el moderador

y materiales estructurales (vainas del combustible, conductos para el refrigerante, etc., y d) fuga de neutrones a través de los límites del sistema.

Si el número de neutrones de fisión producidos en cada generación es igual o superior al número de los perdidos en todos los procesos mencionados, se podrá mantener la reacción; en otro caso, no será posible.

Un método muy utilizado en la descripción de las pérdidas y ganancias de neutrones que tienen lugar dentro de una secuencia es mediante la utilización de un ciclo neutrónico.

1) Comenzando con un cierto número de neutrones térmicos presentes en una determinada generación, estos neutrones pueden experimentar uno de los dos posibles acontecimientos: a) pérdida por fugas, o b) absorciones.

2) De los neutrones que son absorbidos: a) algunos son absorbidos en materiales distintos del combustible, y b) el resto son absorbidos en el combustible.

3) De los que son absorbidos en el combustible: a) algunos no producen fisiones, y b) el resto origina fisiones produciendo 2,5 nuevos neutrones por cada fisión.

4) Los neutrones originados en las fisiones son, principalmente, neutrones rápidos (la energía media es de 2 Mev) y, por consiguiente, y según lo dicho anteriormente, no son muy eficientes en producir nuevas fisiones en el U-235. Partiendo de una mezcla homogénea de U-235 y U-238, los neutrones rápidos nacidos en las fisiones pueden experimentar uno de los tres siguientes procesos: a) escape del sistema (en cuyo caso ya no intervendrán en sucesivos procesos); b) causar fisiones rápidas en el U-238 (si su energía es superior a 1,5 Mev), incrementándose el número de neutrones de fisión originales, o c) pérdida de energía a favor de colisiones, principalmente en el moderador (moderación).

5) Considerando los neutrones que se están moderando: a) una fracción será absorbida parásitamente por el combustible moderador y materiales estructurales, principalmente en el U-238, la cual se perderá a efectos de producir nuevas fisiones; b) el resto llegará a alcanzar las energías térmicas, habiéndose con ello cerrado el ciclo.

El cociente entre el número de neutrones térmicos y los que iniciaron el ciclo recibe el nombre de

constante de multiplicación. Si ésta es inferior a la unidad no podrá mantenerse la reacción; si su valor se mantiene igual a la unidad, la reacción se mantendrá en estado estacionario, y si es mayor, la densidad neutrónica aumentará exponencialmente con el tiempo.

Trataremos de expresar en forma matemática el valor de la constante de multiplicación. Se consigue una gran simplificación considerando un sistema de tamaño infinito, ya que en tal caso se puede prescindir de la consideración de la pérdida de neutrones por escape. Si partimos de n neutrones térmicos, y llamamos f (factor de utilización térmica) la fracción de los que son absorbidos en el uranio, se tendrá un total de nf neutrones absorbidos en el combustible (el resto $n(1-f)$ son absorbidos en los demás materiales). De los nf neutrones absorbidos en el uranio, una fracción, a , origina fisiones; el resto son capturas no seguidas de fisión (capturas radiactivas): por lo que los nf neutrones provocan nfa fisiones. Si en cada acto de fisión se originan en promedio ν neutrones (número próximo a 2,5), se tendrá un número de neutrones de $nfa\nu = nf\eta$; ($\eta = a\nu$).

Estos neutrones son rápidos y alguno de ellos podrá provocar fisiones, principalmente el U-238, consiguiéndose una multiplicación de los neutrones rápidos originales, multiplicación que se describe mediante el llamado factor de fisión rápida, ϵ , que es pocas centésimas superior a la unidad. Por ello se tiene ahora un número de neutrones rápidos, $nf\eta\epsilon$. Estos neutrones, con su energía por debajo de 1,5 Mev, experimentarán el proceso de moderación a través del cual algunos se pierden, principalmente por ser absorbidos por el U-238, en torno a unos valores particulares de la energía para los cuales la capacidad de absorción de aquel nucleído es muy alta (resonancia). Este proceso de eliminación de neutrones en el curso de su moderación se describe mediante la introducción de un cuarto factor, p , denominado probabilidad de escapar a las resonancias del U-238. Por consiguiente, los $nf\eta\epsilon$ neutrones de transformarán finalmente en $nf\eta\epsilon p$ neutrones térmicos. Así, pues, la constante de multiplicación para un medio infinito es

$$K = f\eta\epsilon p$$

Para el cálculo de K se precisa conocer las expresiones de los diferentes factores que figuran en su expresión. Estos se deducen fácilmente de su

definición, dada implícitamente anteriormente). Las expresiones de f y η son las siguientes:

$$f = \frac{\Sigma_{a(u)}}{\Sigma_{a(u)} + \Sigma_{a(m)}}$$

$$\eta = \nu \Sigma_f / \Sigma_a$$

en las cuales las Σ representan las secciones eficaces macroscópicas (a =absorción, f =fisión) deducidas de los valores de las secciones microscópicas (σ) que aparecen tabuladas. La relación entre las dos secciones eficaces es $\Sigma = \sigma N$, siendo N la concentración del elemento a que se refieren las secciones eficaces. En $\Sigma_a(m)$ se debe incluir no solamente el moderador, sino todos los materiales distintos del U.

Las expresiones de ϵ y p son algo más complicadas por cuya razón no se van a consignar, limitándonos únicamente a mencionar que para ϵ se puede tomar el valor unidad, sin que ello suponga (en los sistemas térmicos) error apreciable en el valor de K . Para calcular p se utiliza una expresión semiempírica, que puede verse en un trabajo del autor.

A partir de las expresiones anteriores se puede demostrar que para una masa de uranio metálico natural es $K < 1$, lo cual es debido al bajo valor de p .

Con objeto de aumentar este factor, el uranio en forma de barras, debe rodearse de un moderador (grafito, D_2O), que al rebajar drásticamente y rápidamente la energía de los neutrones, permita que solamente una fracción pequeña de los mismos sea absorbida en las resonancias. Se tiene así un sistema heterogéneo de reactor que requiere una gran masa de uranio (especialmente con el grafito) para permitir que K sea ligeramente superior a la unidad.

Después de esta introducción se van a establecer, de una manera general, las condiciones que debieron haber concurrido en un yacimiento de uranio para que en él tuviera lugar una reacción de fisión en cadena automantenida.

Como es sabido existe una gran diversidad de yacimientos de uranio (pegmatíticos, hidrotermales, sedimentarios). En ellos las diversas especies mineralógicas bajo las que suele presentarse el U (se conocen más de un centenar) van asociadas a una ganga cuya composición y modo de presentación es muy diversa.

Por estas razones resulta obligado generalizar el problema adoptando un modelo de yacimiento que permita, en lo posible, disponer de una referencia para los yacimientos reales y al mismo tiempo consienta un tratamiento neutrónico sencillo.

El modelo construido consiste en la especie UO_2 (uraninita) dispersada uniformemente en una matriz geológicamente conveniente y cuya composición sea conocida con suficiente precisión.

Ambos requisitos han determinado que la elección de la ganga haya recaído sobre una matriz de un granito tipo. Comparada con otras posibles matrices, la composición correspondiente a la que se considera es la que se ha establecido sobre bases más firmes.

La composición de la matriz incluye un total de 66 elementos químicos. Los mayoritarios, O, Si, Al que suponen el 83,6 por 100 del total, poseen de acuerdo con sus masas atómicas relativamente bajas, buenas propiedades moderadoras, lo que permite suponer que el reactor operó prácticamente en la banda térmica. Otros elementos cuyos porcentajes se sitúan en unidades de partes por millón son fuertes absorbentes de neutrones, destacándose el boro (que puede encontrarse sobre todo en las arcillas) y los lentánidos, en especial el Gd (concentración $\approx 9,4$ ppm) con una sección eficaz de absorción para los neutrones térmicos de 46.000 unidades (barnios).

Las condiciones que determinaron se desencadenase el fenómeno se pueden expresar por la desigualdad $K > 1$, siendo K la constante de multiplicación correspondiente a una acumulación de uranio de suficiente extensión para que pueda prescindirse de las fugas de neutrones fuera de los límites del sistema.

A partir de los valores de las secciones eficaces de los diversos elementos que componen la matriz, de sus concentraciones en ella, de la concentración de $UO_2 = X$ de la relación $J = N_s/N_u$, se pueden deducir las expresiones matemáticas de f , η y p (el valor de ϵ se toma como unidad) en función de X y de J , a partir de los cuales se obtiene la correspondiente a K . El desarrollo del cálculo se ha publicado en (Garzón) por lo cual remitimos al lector a dicho trabajo. En éste nos centraremos en la exposición de los resultados obtenidos.

Se ha escrito un programa Fortran que permite obtener para cada J los diferentes valores de K para concentraciones de UO_2 variando desde 1 a 100 por 100 por incrementos sucesivos de una uni-

dad. A su vez J se ha hecho variar desde 0,01 a 0,10 por pasos de 0,01, correspondiendo el último de los citados a una edad de $3189 \cdot 10^6$ años, más allá de la cual se considera "grosso modo" que se entra en la etapa pregeológica.

Para el modelo considerado, en cuya composición, según se indicó oportunamente, no interviene el H , el máximo valor encontrado para K resulta ser 0,39. Incluso para un enriquecimiento del 50 por 100 dicho valor de K se mantiene por debajo de 0,8, lo que significa que en ausencia de aquel elemento no se puede alcanzar la criticidad (al menos para un reactor térmico) aún para un enriquecimiento tan elevado como el mencionado y al que correspondería una edad de $5140 \cdot 10^6$ años, superior a la admitida para la formación de la tierra.

Sin embargo, introduciendo hidrógeno en la composición de la matriz, los resultados cambian drásticamente, resultando que se obtienen valores de $K > 1$ para valores del enriquecimiento del U compatibles con la edad de los yacimientos de dicho elemento. Este importante resultado se explica en base a las buenas propiedades moderadoras del H , en especial cuando se halla combinado, como es el caso de los minerales. Dicho elemento se encuentra generalmente bajo la forma de H_2O (en algunos casos puede hallarse combinado bajo la forma de compuestos carbonados). El H_2O puede encontrarse como humedad (agua de inhibición), agua de hidratación de iones, agua zeolítica —como es el caso de los materiales arcillosos— y, finalmente puede formar parte del radical OH presente en algunas especies mineralógicas del U .

En consecuencia con lo anterior se ha admitido que el H se encuentra combinado en forma de H_2O , por lo que la sección eficaz de dispersión del H alcanza un valor relativamente alto, consiguiéndose que el llamado poder moderante aumente considerablemente sin que, paralelamente, la disminución de f (al aumentar Σa) contrarreste el mejor grado de moderación alcanzado.

En la expresión de K , el aumento del poder moderante se manifiesta en el aumento de p , probabilidad de escapar a las capturas resonantes. En efecto y según se señaló oportunamente, una moderación efectiva, al provocar rápidamente la disminución de energía de los neutrones, permite que una mayor fracción de ellos pueda eludir las capturas resonantes en el $U-238$. Al aumentar p y no

disminuir prácticamente el valor de f , el valor de K podrá alcanzar valores superiores a la unidad.

Teniendo en cuenta que K depende de J , X y C (C , concentración de agua), son posibles diversas maneras de presentación de los datos obtenidos. Entre las diferentes posibilidades se han elegido las que permiten visualizar mejor los resultados. Comenzaremos con la función $K=K(X, J)$ (J , parámetro). En la figura 1 se ha representado dicha función para una concentración de H_2O de 3,6 por 100 referida a la matriz. En beneficio de la claridad se han dibujado solamente las curvas correspondientes a cuatro de los diez valores de J . Se ha incluido, a efectos comparativos, la curva correspondiente a una concentración nula de H_2O para el valor mayor de J .

Con excepción de esta curva, las demás presentan el mismo hábito.

De la contemplación de dichas curvas se observa que a partir de un cierto valor de J existe un intervalo de concentración de UO_2 , dentro del cual se verifica $K > 1$, conclusión que es aplicable para todos los valores de la concentración de H_2O superiores al 1,8 por 100. Con respecto a las amplitudes de los sucesivos intervalos de concentración de UO_2 para los que $K > 1$, la mencionada figura pone de manifiesto que cada una de ellas se halla contenida en la siguiente de mayor valor de J . El inconveniente que ofrece la representación anterior reside en el hecho de que la concentración de H_2O referida al mineral disminuye sucesivamente a medida que aumenta la concentración de UO_2 . Por esta razón resulta más útil proceder a representar la función $K=K(C, X)$ (X , parámetro) para un determinado J . La concentración de H_2O se refiere en cada caso al mineral. En las figuras 2, 3 y 4 se han representado las curvas correspondientes a valores de J iguales, respectivamente, a 0,02, 0,03 y 0,04.

La observación de dichas curvas pone de manifiesto los siguientes hechos:

1.º La gran influencia que ejerce la concentración de H_2O en el valor de K . En efecto, se puede observar que en la zona de bajas concentraciones de dicha sustancia los valores de K se mantienen muy alejados de la unidad. Pequeños incrementos de dicha concentración en torno al valor cero (que correspondería a un mineral prácticamente seco) provocan un ascenso inicial muy rápido, con el resultado de que los valores de K alcanzan el valor unidad para concentraciones de H_2O de pocas unidades por ciento.

2.º Para cada valor de J existe un umbral para la concentración de UO_2 por debajo del cual es $K < 1$, cualquiera que sea la concentración de H_2O .

3.º Los intervalos de concentración de H_2O para los que se verifica $K > 1$ poseen extremos inferiores cuyos valores son poco sensibles a las variaciones de la concentración de UO_2 , no sucediendo lo mismo con los extremos superiores, los cuales crecen muy de prisa con el aumento de dicha concentración.

Por coniguiente, y como resumen de lo anterior, concentraciones de H_2O superiores, "grosso modo", al 5 por 100 permiten verificar la condición $K > 1$ a partir de concentraciones de UO_2 cuyos valores dependen de J , esto es, del enriquecimiento del mineral. Para las tres familias de curvas que se vienen considerando, los valores umbrales de dichas concentraciones son aproximadamente del 40, 25 y 18 por 100, respectivamente. Como era lógico esperar, sucede que al aumentar J disminuyen las exigencias en la concentración de UO_2 para que sea $K > 1$.

Como corolario de lo anterior puede establecerse que si, por ejemplo, un yacimiento se formó hace $1230 \cdot 10^6$ años (edad a la que corresponde un valor de $J=0,02$), no pudo alcanzar la condición crítica a menos que la concentración de UO_2 hubiese superado el valor de 40 por 100 aproximadamente.

Finalmente, se ha procedido a estudiar la influencia en el valor de K de las variaciones de la concentración de un elemento con una gran sección eficaz microscópica de absorción neutrónica. La elección ha recaído sobre el boro, por satisfacer el requisito anterior y por tratarse de un elemento cuyas variaciones de concentración en los minerales pueden abarcar amplios intervalos. En las figuras 5 y 6 se han representado los valores de K frente a la concentración de B . Las dos familias de curvas se refieren a la misma concentración de H_2O (5,4 %) referida a la matriz y valores de J iguales, respectivamente, a 0,03 y 0,04.

La observación de dichas figuras pone claramente de manifiesto la disminución de K con la concentración creciente de B . Para un valor del enriquecimiento del 3 por 100, concentraciones de este elemento superiores a unas 40 ppm impiden el proceso aún para concentraciones de UO_2 tan elevadas como el 50 por 100. Para el enriquecimiento del 4 por 100 lógicamente aumenta la concentración de B , a partir de la cual es $K > 1$, situándose en unas 100 ppm. Para concentraciones de B superiores

al valor máximo utilizado para dibujar las curvas mencionadas, se han calculado los enriquecimientos mínimos necesarios para que se verifique la condición $K > 1$. Como resumen de dichos cálculos se indicará que para la concentración de 500 ppm el enriquecimiento mínimo es del 7 por 100, elevándose al 10 por 100 cuando la concentración se sitúa en 900 ppm. Finalmente, para 1.200 ppm de B resulta $K < 1$ incluso para $J=0,10$. Ahora bien, como desde el punto de vista de la geología y geoquímica del U no cabría considerar enriquecimientos superiores al 6 por 100 resulta que bastarían unas 700 ppm de B para impedir, cualquiera que fuesen las demás condiciones, se hubiese iniciado una reacción de fisión en cadena.

Se debe llamar la atención sobre el hecho de que la introducción en la matriz del H y del B habrán alterado la expresión de la densidad del mineral y los porcentajes iniciales. En el caso del B los cambios operados, en virtud de las pequeñas cantidades introducidas, son despreciables. En el caso del H el mayor efecto operará sobre la densidad, si bien teniendo en cuenta que la máxima concentración introducida ha sido la del 2 por 100, pues la del 4 por 100 se ha utilizado únicamente a efectos orientativos que permitan realizar una extrapolación aproximada de los resultados, no parece probable, en relación con otro tipo de imprecisiones, que el mencionado efecto de la presencia del H sobre la densidad modifique esencialmente los resultados. Con respecto al cambio operado en los porcentajes de los diversos elementos que intervienen en la composición de la matriz, el factor de corrección sería igual a $100/(100+X)$ (X , concentración de H o de B) que es prácticamente igual a la unidad, aún para el caso de $X=4$.

Antes de terminar se debe poner de manifiesto que los resultados que se han deducido concuerdan, en líneas generales, con los obtenidos mediante el estudio del yacimiento de Oklo y con aquellos otros que proceden de los cálculos realizados por R. Naudet. En particular, y como resumen de la cuestión, se mencionará que los valores de las concentraciones de uranio que originaron la reacción nuclear, así como la correspondiente edad en que se inició el fenómeno, están de acuerdo con los deducidos en este trabajo. Como es lógico suponer, los yacimientos reales difieren del que se ha utilizado como modelo. Las diferencias se refieren a la distribución del mineral, composición de la ganga asociada, dimensiones de las zonas mineralizadas, naturaleza y dimensiones de las zonas mar-

ginales. Se examina brevemente cada uno de los aspectos mencionados.

Por lo que se refiere a la distribución del mineral, ésta no es homogénea ni en la repartición de la especie o especies mineralógicas ni en la concentración del uranio en ellas. En principio, la heterogeneidad asociada consentiría un aumento del factor p y una disminución del f , con el resultado de que el producto pf probablemente sería mayor que para el sistema homogéneo de la misma composición. Las circunstancias señaladas anteriormente permiten suponer la inviabilidad de establecer un modelo de yacimiento que recogiese toda la casuística que se da en un yacimiento genérico. Incluso, admitiendo la posibilidad de su establecimiento, no se mejorarían sensiblemente los resultados obtenidos, y en cambio habría que enfrentarse con un tratamiento matemático de mayor complejidad que el utilizado en este trabajo.

En cuanto a la composición de la ganga caben las siguientes posibilidades: o bien se parte de la composición media deducida de una serie de análisis, en cuyo caso se está tratando de interpretar un caso particular, o se toma como muestra representativa de la ganga la correspondiente a un material cuya composición sea conocida, "a priori", como es el caso de la composición media de la corteza terrestre o la de un granito tipo. Como posible solución de compromiso queda la de tomar una ganga tipo y proceder a modificar su composición para tratar de aproximarse a la ganga real, considerando especialmente aquellos elementos que por sus propiedades neutrónicas pueden ejercer mayores influencias en los resultados.

Las dimensiones de las zonas mineralizadas deben ser superiores a un cierto valor —el tamaño crítico— para que se satisfaga la condición $k \gg 1$. Para una ganga dada, dichas dimensiones dependerán de la concentración de uranio y de su enriquecimiento. Las zonas marginales o aquellas mineralizadas con contenidos más bajos en uranio actuarán como reflectores y contribuirán consecuentemente a disminuir el tamaño crítico.

En un trabajo posterior se estudiarán las dimensiones críticas del reactor y los aspectos de su dinámica, es decir, los mecanismos que permitieron la puesta inicial y su regulación posterior.

BIBLIOGRAFIA

- BAUDIN, G. y otros: *Comptes rendus*, 275 Ser. D. 2291 (1972).
- B. I. S. T.: *CEA*, 193 (1974).
- BODU, R. y otros: *Comptes rendus*, 275. Ser. D 1731 (1972).
- GARZÓN RUIPÉREZ, L.: *An. Fis.*, 71, 75 (1975).
- KURODA, P. K.: *J. Chem. Phys.*, 25, 781. (1956).
- KURODA, P. K.: *J. Chem. Phys.*, 25, 1295 (1956).
- NEUILLY, M. y otros: *Comptes rendus*, 275, Ser. D. 1847 (1972).
- WETHERILL, G. W. and INGRAM, M. G.: *Proc. Conf. Nuclear Processes in Geologic Settings*, p. 30 (1953).

Recibido noviembre 1975.

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

IV) Minerales interestratificados.

Por M.^a DOLORES RUIZ CRUZ (*) y M. ANTONIO CABALLERO LOPEZ-LENDINEZ (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio sobre los minerales interestratificados presentes en los sedimentos triásicos de la cordillera Ibérica. En él se expone su determinación por difracción de Rayos X y otros métodos y se establece su distribución y génesis en la cuenca.

ABSTRACT

The present paper studies the interstratified minerals present in the triassic sediments in the Iberian Basin. Their presence is determined by X-Ray and other methods and their distribution and formation in the basin is established.

INTRODUCCION.

Uno de los aspectos más interesantes de la mineralogía de la fracción fina del Trías es, sin duda, la gran variedad de minerales interestratificados presentes en el mismo.

Hasta el momento, en el Trías de la Cordillera Ibérica, los minerales interestratificados habían pasado desapercibidos, en gran parte debido a que los estudios realizados eran parciales. MARFIL (1969), hace notar en el Keuper del sector meridional de esta cuenca la presencia de un interestratificado tipo corrensita. CABALLERO (1972) encuentra asimismo interestratificados (14_c-14_m) en el Keuper de la zona occidental de la cuenca.

Tras este estudio, realizado sobre catorce series triásicas han podido ponerse de manifiesto diferentes tipos de minerales interestratificados, generalmente repartidos de forma poco uniforme en el espacio y en el tiempo: durante el Trías inferior aparecen,

sólo de forma localizada en ciertas zonas de la cuenca interestratificada (10_i-14_c) y (10_i-14_m), siendo el segundo mucho menos frecuente. A partir del Trías medio comienzan a aparecer en ciertas zonas de la cuenca interestratificados del tipo (14_c-14_m), que van siendo progresivamente más abundantes hacia la parte superior del Trías, a la vez que se hacen cada vez más regulares. Durante el Trías superior es además muy frecuente el interestratificado (14_c-14_c), y, en una posición estratigráfica semejante, aunque sólo en contadas ocasiones, ha podido identificarse también (14_m-14_c). Por último, limitados a la zona occidental de la cuenca, a lo largo de todo el Trías, aparecen una serie de edificios interestratificados que presentan una serie de líneas alrededor de 16 Å.

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

La identificación de los diferentes tipos de minerales interestratificados que acabamos de citar se ha llevado a cabo fundamentalmente mediante

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

el estudio por difracción de rayos X. La mayor parte de estos minerales, exceptuando aquellos cuya proporción es muy pequeña, han podido ser caracterizados igualmente mediante el estudio por A.T.D., y sólo de forma ocasional han podido identificarse en el estudio por microscopía electrónica.

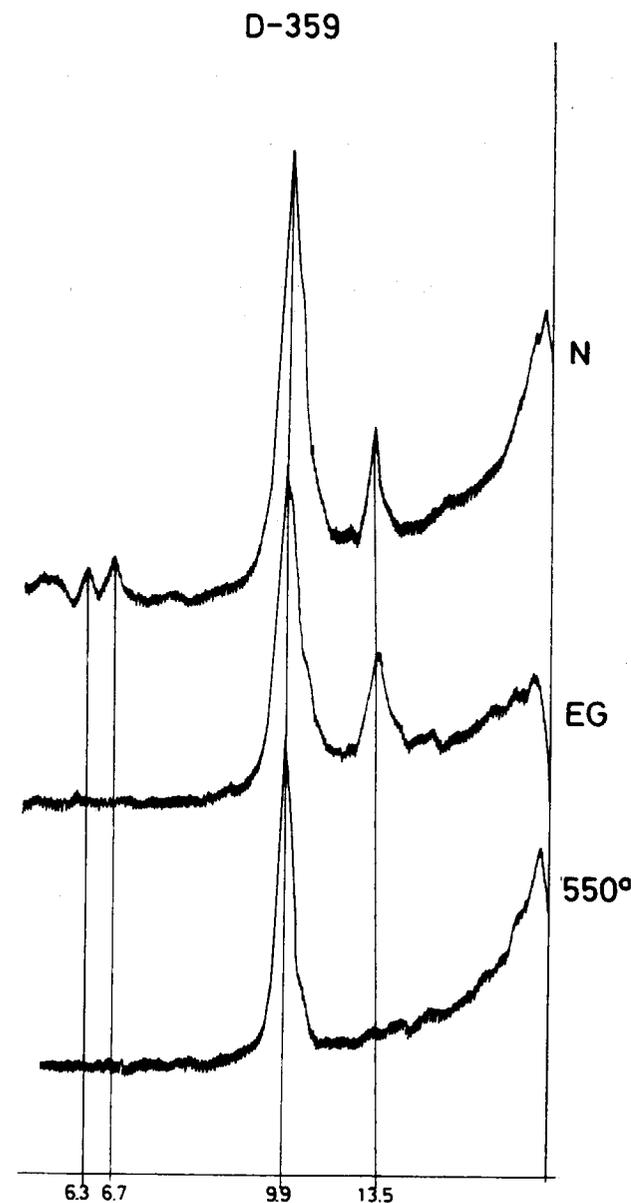


Figura 1

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550°C (550°) de la fracción arcilla de una muestra formada por illita y (10_i-14_v). Serie de Noviercas.

Difracción de rayos X.

Interestratificado (10_i-14_v):

Este interestratificado aparece en ciertas zonas de la cuenca estudiada en gran proporción. Se trata en todos los casos de un interestratificado irregular que presenta su primera línea alrededor de 13 o de 11,5 Å, aunque a veces, en una misma muestra son visibles las dos. Otras reflexiones suelen aparecer a 6,7 Å, 6,3 Å, 6 Å, 5,7 Å...

En la figura 1, correspondiente a la fracción arcilla de una muestra del Buntsandstein de la serie de Noviercas, se exponen los diagramas de difracción realizados sobre los agregados orientados sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550°C (550°). En este caso la primera línea que aparece a 13,5 Å permanece inalterable tras el tratamiento con etilenglicol y desaparece tras el tratamiento térmico.

En la figura 2 se exponen los diagramas, realizados en las mismas condiciones, de una muestra perteneciente, como la anterior, a la serie de Noviercas. En este caso aparecen líneas 13,5 y 11,1 Å, cuyo comportamiento frente a los diferentes tratamientos es semejante.

Interestratificado (10_i-14_m):

Este interestratificado aparece sólo ocasionalmente en las muestras estudiadas y siempre que se ha podido identificar está mezclado con (10_i-14_v), este último mucho más abundante. La línea inicial alrededor de 13 Å, tras el tratamiento con etilenglicol da lugar a una banda con dos pequeños máximos a 13 y 14,2 Å. El tratamiento térmico hace desaparecer estas líneas, que pasan a 10 Å.

Interestratificado (14_c-14_v):

Es bastante frecuente la presencia de este mineral en las series estudiadas, pero aparece exclusivamente en el Triás superior.

Presenta, en el diagrama realizado a la muestra sin tratar (N), una línea alrededor de los 14 Å, que permanece inalterable tras el tratamiento con etilenglicol, al igual que la reflexión a 7 Å. Por el contrario, el tratamiento térmico determina el desplazamiento de la primera de ellas hacia la zona de menores ángulos, dependiendo su posición del porcentaje de láminas de una y otra clase. En algunas de las muestras estudiadas se trata de un interestratificado regular en el que es posible observar la primera reflexión en el diagrama realizado tras el tratamiento térmico, ya que en estas condiciones

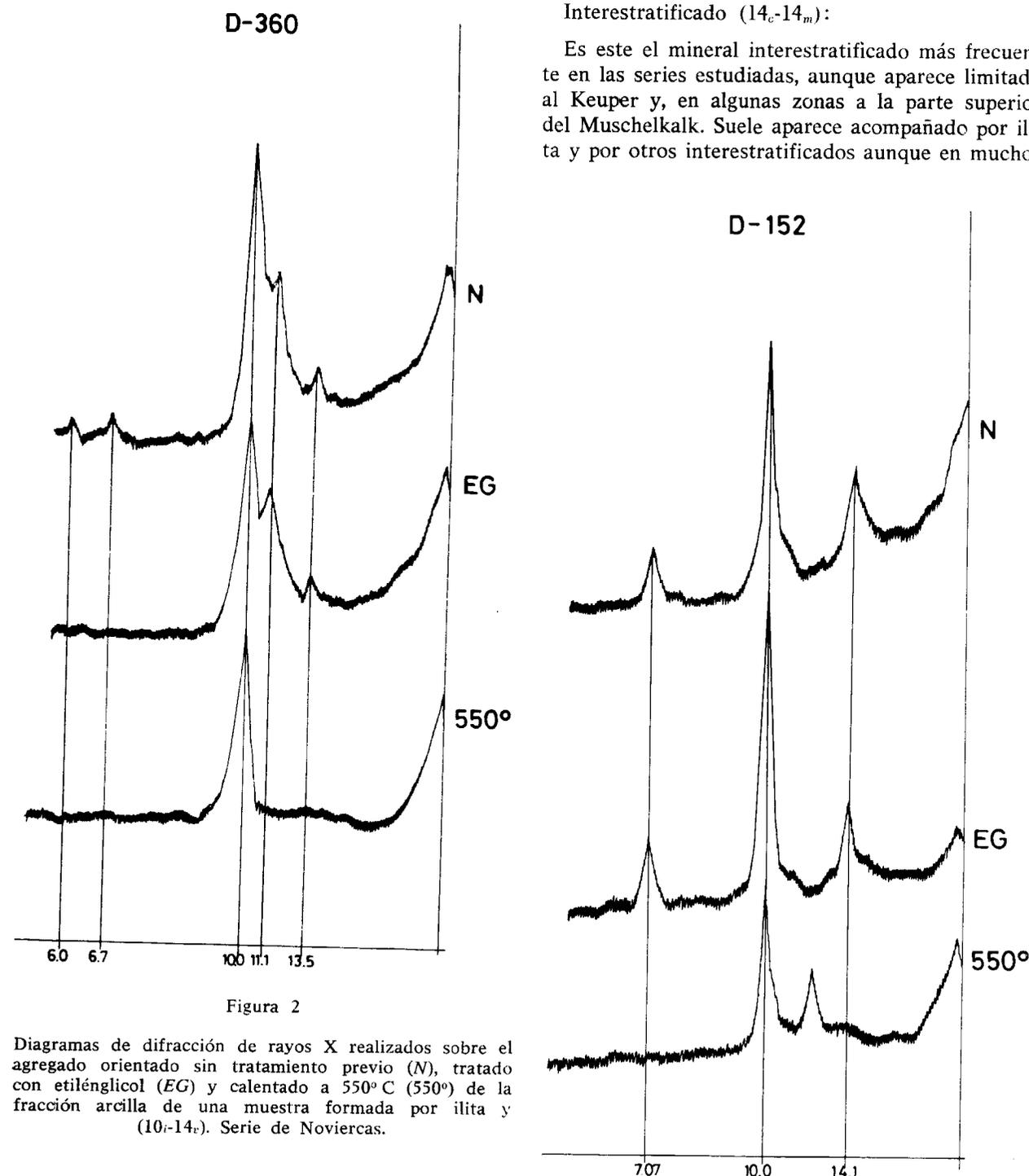


Figura 2

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550°C (550°) de la fracción arcilla de una muestra formada por illita y (10_i-14_v). Serie de Noviercas.

descienden los espaciados. En la figura 3 se expone un ejemplo en el que la línea a 14,1 Å en los dos primeros diagramas desciende en el tercero a 12,9 Å, lo que indica que el porcentaje de láminas de clorita es mayor que el de vermiculita.

Interestratificado (14_c-14_m):

Es este el mineral interestratificado más frecuente en las series estudiadas, aunque aparece limitado al Keuper y, en algunas zonas a la parte superior del Muschelkalk. Suele aparecer acompañado por illita y por otros interestratificados aunque en muchos

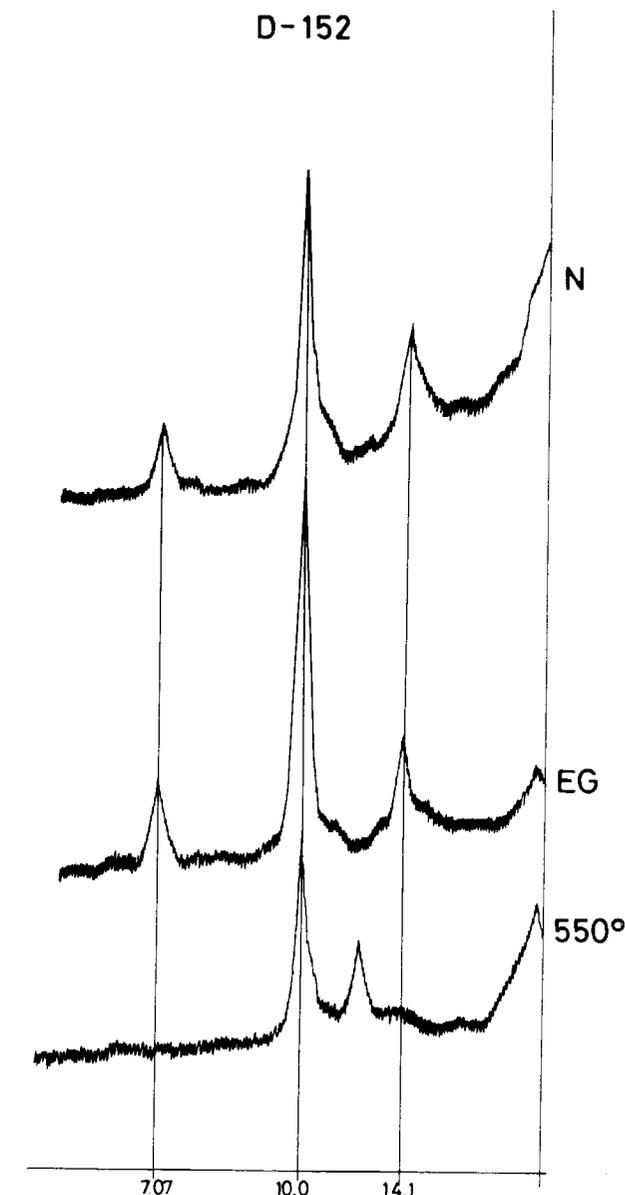


Figura 3

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550°C (550°) de la fracción limo de una muestra que contiene mica y (14_c-14_v). Serie de Cuevas de Ayllón.

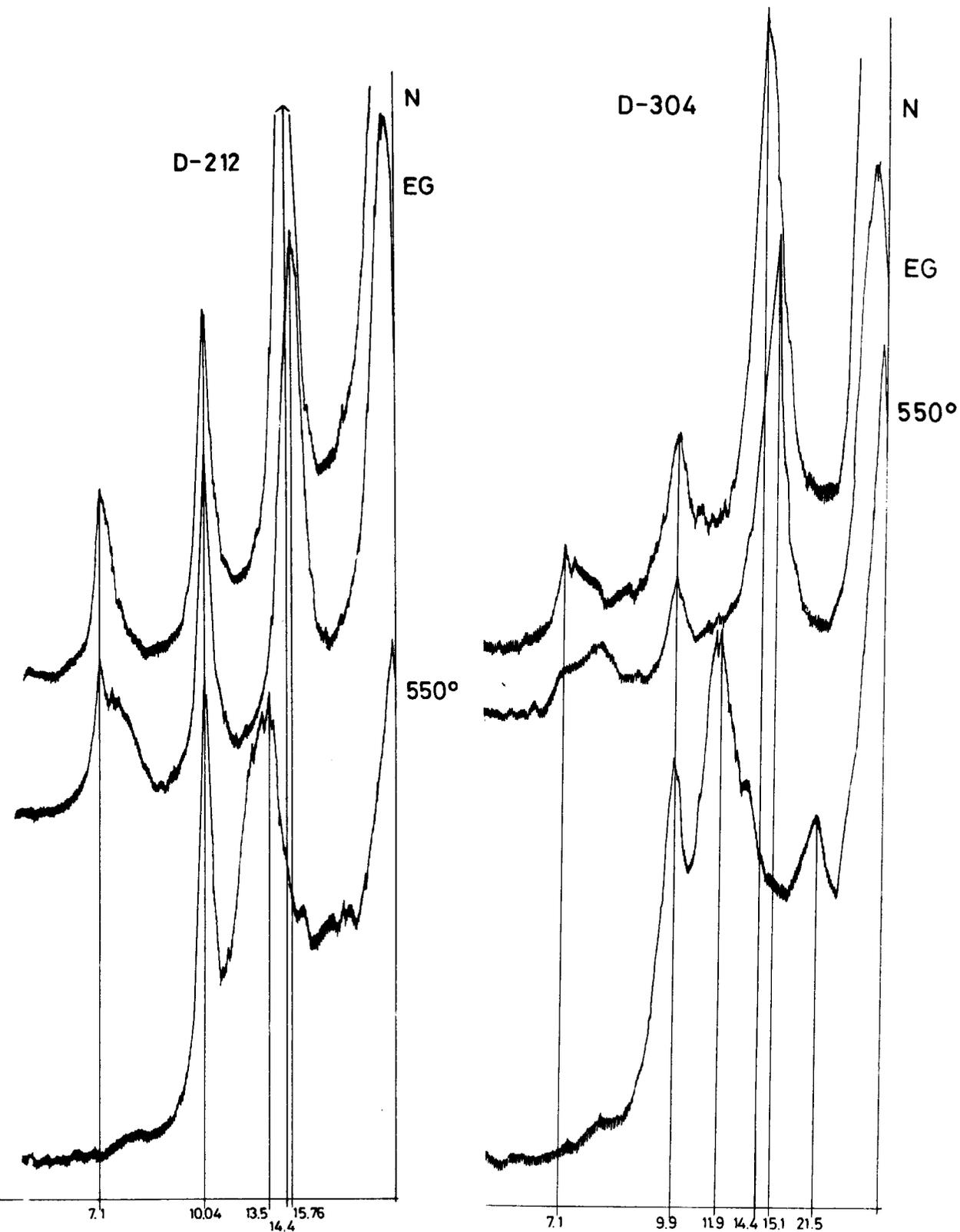


Figura 4

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550° C (550°) de la fracción arcilla de una muestra formada por (14_r-14_m) e illita. Serie de Albarracín.

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol y calentado a 550° C (550°) de la fracción de arcilla de una muestra constituida por illita y (14_r-14_m). En el diagrama (550°) es posible ver el primer orden de reflexión del mineral interestratificado.

casos es el componente mayoritario de la fracción arcilla y, en gran proporción también, lo encontramos en la fracción limo.

En los diagramas de difracción de rayos X realizados a las muestras sin tratar suele presentar líneas a 14,4 y 7,1 Å) que se desplaza hacia ángulos menores alrededor de 15,7 Å) al tratar la muestra con etilenglicol, y hacia ángulos mayores después del tratamiento térmico (alrededor de 12 ó 13 Å). En la mayor parte de los casos, como puede observarse en la figura 4, se trata de un interestratificado próximo a la corrensitita, aunque no es visible la primera reflexión. En otros casos, tras el tratamiento térmico es también visible la primera reflexión del mismo, alrededor de 21,5 Å (fig. 5).

Interestratificado (14_m-14_r):

Este interestratificado aparece en pocas ocasiones en las muestras estudiadas y sólo en pequeña proporción. En aquellas que lo presentan está mezclado con vermiculita, montmorillonita o con ambos. La línea inicial a 14 Å, normalmente muy ancha, abierta hacia pequeños ángulos, tras el tratamiento de la muestra con etilenglicol forma una banda de 14 a 17 Å, que desciende a 10 Å tras el tratamiento térmico.

Interestratificado a 16 Å:

Este mineral se ha encontrado sólo en las series de la zona occidental de la cuenca (Sigüenza y El Cercadillo), a todo lo largo del Trías.

En la figura 6 se expone un ejemplo que corresponde a la serie de Sigüenza. En ella puede observarse que la muestra sin tratar ofrece líneas a 19; 16,2 y 14,2 Å. Aparecen también líneas en la zona de 6 a 7 Å. Además, a 10 Å puede observarse la línea de la illita, componente mayoritario. Tras el tratamiento con etilenglicol se observa una desorganización de las líneas anteriores, apareciendo gran cantidad de picos en la zona de 14 a 19 Å. Después del calentamiento a 550° C las líneas tienden a reorganizarse de nuevo, manteniéndose un máximo alrededor de 16 Å y conservándose una línea a 14,2 Å. Las líneas a 14 y 7 Å se interpretan como pertenecientes a clorita; las líneas a 19, 16,2 6,6, 6,4, etc., deben corresponder a edificios interestratificados de los que forman parte más de dos tipos de láminas diferentes.

Estudio por A.T.D.

El estudio por análisis térmico diferencial ha permitido caracterizar algunos de los mienrales inter-

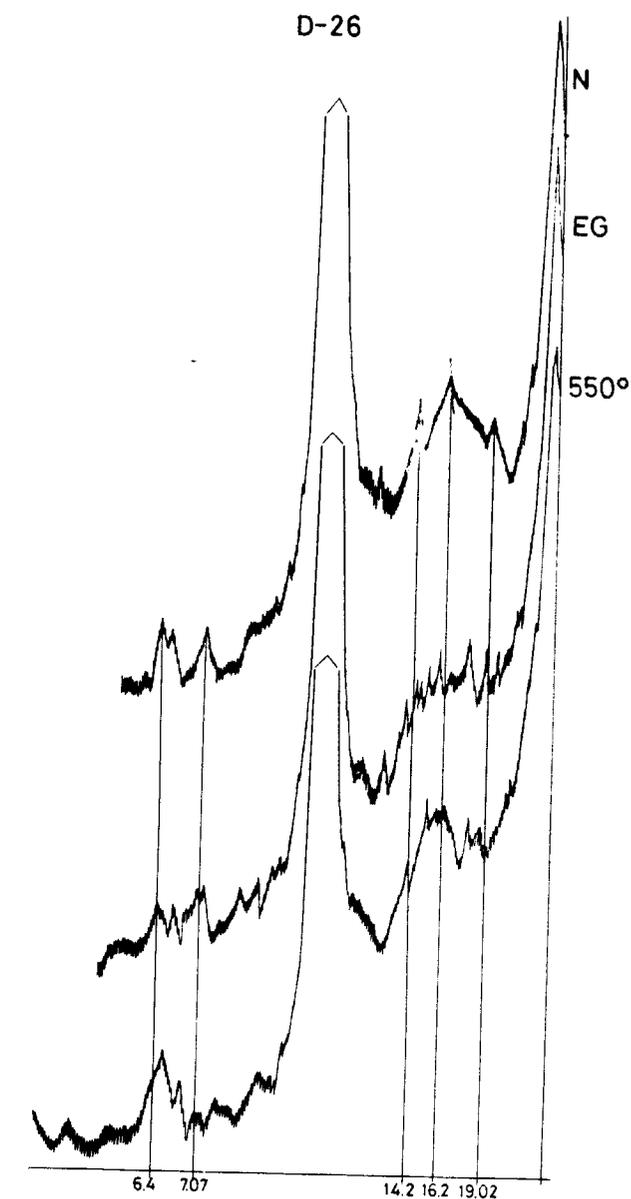


Figura 6

Diagramas de difracción de rayos X realizados sobre el agregado orientado sin tratamiento previo (N), tratado con etilenglicol (EG) y calentado a 550° C (550°) de la fracción arcilla de una muestra en la que se puede observar el comportamiento del mineral interestratificado a 16 Å frente a los diferentes tratamientos. Serie de Sigüenza.

estratificados identificados mediante difracción de rayos X, especialmente (10_r-14_r), (14_r-14_m) y (14_r-14_r), cuyo porcentaje en gran parte de las muestras es bastante elevado. En la figura 7 se exponen algunos de los diagramas más característicos.

Las curvas D-355 A, D-366 A y D-369 A corres-

ponden a la fracción arcilla de varias muestras de la serie de Noviercas, constituidas por illita y el interstratificado (10_i-14_v). Lo más significativo de los dos primeros registros en un endotérmico muy profundo a 190°C , correspondiente a la pérdida de agua de la vermiculita (WALKER y COLE, 1957) y un pequeño exotérmico a 680°C . El diagrama D-369 A pre-

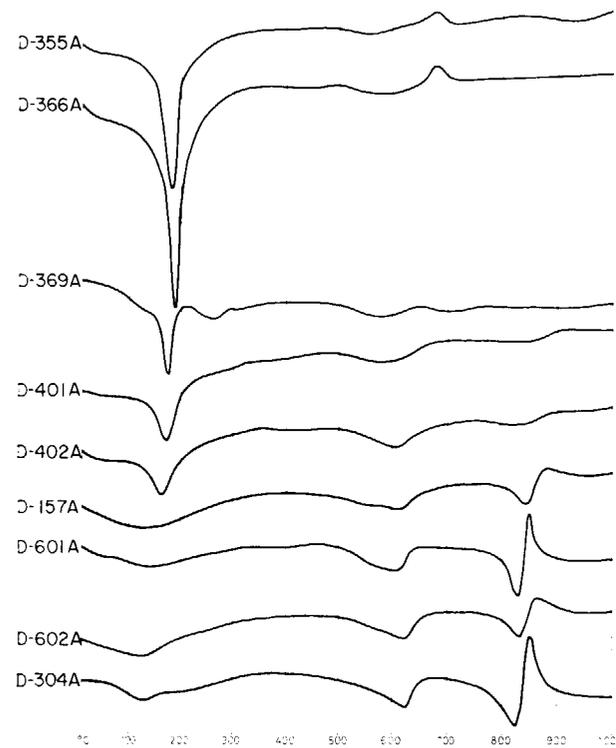


Figura 7

Diagramas de A.T.D. realizados a la fracción arcilla de muestras de diferentes puntos de la cuenca, en los que ha sido posible caracterizar diferentes minerales interstratificados. Curvas D-355 A, D-366 A y D-369 A; (10_i-14_v). Curvas D-401 A y D-402 A: (14_c-14_v) y (14_c-14_m). Curvas D-157 A, D-601 A, D-602 A y D-304 A: (14_c-14_m).

senta un aspecto parecido aunque puede observarse que, a bajas temperaturas aparecen tres endotérmicos, entre 100 y 300°C . El efecto exotérmico, a 670°C aparece en este caso mucho menos pronunciado.

Los diagramas D-401 A y D-402 A corresponden a la fracción arcilla de dos muestras del Trías superior de la serie de Aranda de Moncayo. Están constituidas por illita y los interstratificados (14_c-14_v) y (14_c-14_m). Lo más característico de estas curvas es el primer endotérmico a $180-190^\circ\text{C}$, simétrico

co y agudo, característico de la vermiculita. Un segundo endotérmico bastante ancho aparece a 600°C y un ligero escalón endo-exotérmico a 870°C .

Las restantes curvas corresponden a muestras en que el constituyente más importante es el interstratificado (14_c-14_m). El diagrama D-157 A pertenece a la fracción arcilla de una muestra del Trías superior de la serie de Cuevas de Ayllón. Los diagramas D-601 A y D-602 A se han realizado sobre muestras pertenecientes también al Trías superior, tomadas en Molina de Aragón, y el D-304 A se ha realizado sobre la fracción arcilla de una muestra del Keuper de Huélamo. Todos ellos presentan un primer endotérmico muy ancho a 130°C ; un segundo endotérmico mucho más pronunciado aparece a 630°C y, por último, a 830°C aparece otro endotérmico, seguido de un exotérmico a 870°C . Estas curvas presentan características muy semejantes a las que muestran COLE y HOSKING (1957) para interstratificados de tipo clorita-clorita hincable; son asimismo semejantes a las dadas por CABALLERO (1972) para interstratificados clorita-montmorillonita, del mismo tipo de los presentes en estas muestras. Un diagrama de difracción de polvo realizado sobre las muestras calentadas a 900°C revela que el exotérmico final es debido a la formación de enstatita.

Estudio por microscopía electrónica.

En el estudio mediante el microscopio electrónico no ha sido posible diferenciar las micas de la mayor parte de los interstratificados, especialmente de (10_i-14_v), muy abundante en gran número de muestras, por presentarse ambos con un aspecto similar. Hemos podido, no obstante, identificar el interstratificado (14_c-14_m), dos aspectos del cual se exponen en las figuras 8 y 9, correspondientes a las series de Huélamo y Aranda de Moncayo. El tamaño de los cristales de este interstratificado es normalmente bastante mayor que el de las cloritas que le acompañan. En la figura 9 es posible observar las formas rómbicas existentes en los bordes del cristal del interstratificado.

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

En el Trías de la Cordillera Ibérica son muy abundantes los minerales interstratificados, cuya variación puede seguirse en el espacio y en el tiempo con cierta facilidad y es debida, por una parte a un origen diferente y por otra a diferentes características del medio de sedimentación a lo largo del Trías y de unos puntos a otros de la cuenca.



Figura 8

Aspecto del interstratificado (14_c-14_m) al microscopio electrónico. Serie de Huélamo.



Figura 9

Aspecto del interstratificado (14_c-14_m) al microscopio electrónico. Serie de Aranda de Moncayo.

Herencia:

De acuerdo con la mineralogía encontrada es posible suponer que gran parte de los interstratificados presente en la cuenca estudiada se han heredado de las áreas fuentes como producto de las degradaciones continentales. Estas degradaciones que conducen a la formación de vermiculita y montmorillonita (RUIZ CRUZ y CABALLERO, 1975), pueden dar lugar al mismo tiempo a edificios interstratificados (CÁMEZ, 1962; REYNOLDS, 1971; etc.).

Durante la mayor parte del Trías inferior han debido llegar a la cuenca illitas abiertas, acompañadas ocasionalmente por el interstratificado (10_i-14_v), en determinadas áreas. Este interstratificado representaría un paso intermedio en las degradaciones de las micas continentales, que más adelante conducirán a vermiculita.

Al transcurrir el tiempo y evolucionar los continentes, posiblemente llegan a la cuenca productos

más degradados, montmorillonita y vermiculita, acompañados además por una serie de minerales interstratificados intermedios: (10_i-14_m) (14_c-14_m), (14_c-14_v) y (14_m-14_v). Esta herencia tan variada se conservará como tal en las zonas más próximas al borde de la cuenca, donde estos minerales heredados no han podido evolucionar hacia minerales más cerrados por ser la concentración iónica más baja que en las zonas centrales. Este es el caso de la serie de Cuevas de Ayllón.

Transformación:

Cualquiera de los minerales interstratificados que se ha heredado como tales, al llegar a la cuenca sedimentaria pueden sufrir una serie de transformaciones, sobre todo debido al efecto de las aguas cargadas de cationes.

Los interstratificados (10_i-14_v) y (10_i-14_m) tienen en su mayor parte un origen heredado, apareciendo

limitados al Buntsandstein. La ausencia de los mismos en los términos superiores puede ser debida, en parte, al menos, a que hayan sufrido transformaciones del tipo

$(10_i-14_v) \rightarrow \text{ilita}$

$(10_i-14_m) \rightarrow \text{ilita}$

Los interestratificados (14_m-14_v) , (14_c-14_m) y (14_c-14_v) con un origen heredado aparecen en las zonas de borde de cuenca, ya que de la secuencia existente en estas series no es posible deducir que hayan ocurrido transformaciones importantes. Por el contrario, en las zonas internas de la cuenca pueden observarse evoluciones en estos minerales al ascender en las series, tales como las siguientes:

$(14_m-14_v) \rightarrow (14_c-14_m)$

$(14_c-14_m)_{ir.} \rightarrow (14_c-14_m)_{rep.} \rightarrow \text{clorita}$

$(14_c-14_v) \rightarrow \text{clorita}$

Distribución:

Durante el Trías inferior, acompañando a la ilita encontramos al interestratificado (10_i-14_v) y, en menor proporción (10_i-14_m) . La distribución en la cuenca de estos minerales se representa en la figura 10. Aparecen en proporción elevada en la zona oriental de la cuenca (series de Novierca-Borobia y Aranda de Moncayo), pero el primero de ellos es también frecuente al oeste, en Albendiego. Como puede observarse, la presencia de estos interestratificados está limitada a la zona norte de la cuenca, exceptuando la Sierra de la Demanda, donde no aparecen.

La desaparición de estos dos interestratificados, especialmente (10_i-14_v) hacia el sur y sureste de la cuenca parece encontrar explicación precisamente en su origen heredado, ya que es posible que sólo se haya depositado en ciertas zonas de la cuenca. Así, en la zona NW coinciden la caolinita y (10_i-14_v) , pero en la zona NE es muy abundante el interestratificado y no existe caolinita. Su ausencia en la parte sur y SE de la cuenca se explicaría simplemente porque este mineral no formara parte de los aportes detríticos.

La distribución de los minerales interestratificados durante el Trías superior es bastante monótona a través de toda la cuenca, especialmente la de (14_c-14_m) . Puede observarse, sin embargo, una tendencia a la regularidad al ascender en las series, más mar-

cadadas en la zona centro y SW de la cuenca (Molina de Aragón, Albarracín, Tramacastilla, etc.).

El interestratificado (14_c-14_v) se encuentra mezclado normalmente con (14_c-14_m) y clorita. Sin embargo, la distribución de este mineral en la cuenca coincide aproximadamente con la de (10_i-14_v) , expuesta en la figura 10. Se trataría de un paso intermedio en las agradaciones que conducen a clorita, por lo que suponemos que en esta zona de la cuenca los aportes debían contener cierta cantidad de vermiculita.

La presencia del mineral interestratificado a 16 Å queda reducida exclusivamente al borde NW de la cuenca, estando presente durante todo el Trías. Esta limitación en el espacio sugiere un origen detrítico para este mineral, que sólo debió heredarse en esta zona de la cuenca.

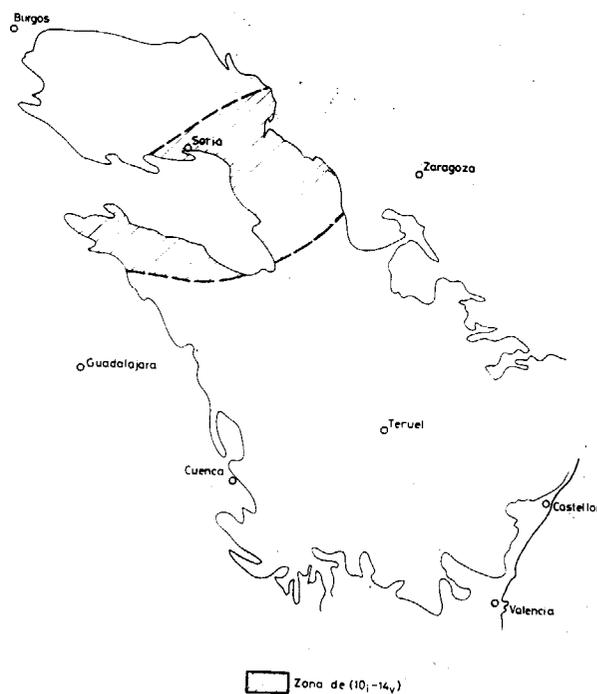


Figura 10

Mapa esquemático de la Cordillera Ibérica en el que se muestra la distribución del interestratificado (10_i-14_v) .

Conclusiones.

Las conclusiones más importantes que han podido deducirse de los minerales interestratificados presentes en el Trías de la Cordillera Ibérica, así

como de su distribución en la misma, son las siguientes:

1. Los minerales interestratificados identificados en el Trías de la Cordillera Ibérica han sido: (10_i-14_v) , (10_i-14_m) , (14_c-14_v) , (14_c-14_m) y (14_m-14_c) . Existen además minerales interestratificados a 16 Å, que no ha sido posible identificar.

2. El origen de estos minerales ha podido ser: Herencia continental o transformación en la cuenca de sedimentación.

3. Entre los minerales interestratificados que se han heredado como tales, el más abundante es (10_i-14_v) , asociado solamente a la facies detrítica de la parte inferior del Trías. En las mismas condiciones aunque en menor proporción se encuentra (10_i-14_m) . Ambos minerales aparecen concentrados en la fracción menor de 2 μ .

En el borde NW de la cuenca se han heredado además (14_m-14_v) , (14_c-14_v) , (14_c-14_m) y el interestratificado a 16 Å.

4. Gran parte de los minerales interestratificados presentes, sobre todo (14_c-14_m) y (14_c-14_v) son productos de la transformación en la cuenca de minerales heredados, montmorillonita y vermiculita esencialmente. Estas transformaciones van a tener como término la clorita. Este proceso comienza en ciertas zonas durante el Trías medio, pero cuando alcanza verdadera importancia es durante el Trías superior.

5. La limitación de (10_i-14_v) , (10_i-14_m) y (14_c-14_v) , expuesta en la figura 10 es debida probablemente a la diferente naturaleza de los aportes a lo largo de toda la cuenca.

Esta ha debido ser también la causa de la limitación del interestratificado a 16 Å a la zona NW de la cuenca.

6. La distribución de (14_c-14_m) es bastante uniforme; al tratarse de un producto de transformación, sobre todo de montmorillonita, ha comenzado a formarse cuando la concentración iónica ha sido suficiente.

BIBLIOGRAFÍA

CABALLERO, M.: *Estudio mineralógico y genético de la fracción fina del Trías español*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid (1972).

CÁMEZ, T.: *Etude sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des régions tempérées*. "Mém. Serv. Carte Geol. Als. Lorr.", 20, 90 pp. (1962).

COLE, W. F. y HOSKING, J. S.: *Clay minerals mixtures and interstratified mineral*. En: R. C. MACKENZIE: "The Differential Thermal Investigations of Clays". Min. Soc. London (1957).

MARFIL, R.: *Estudio petrogenético del Keuper en el sector meridional de la Cordillera Ibérica*. "Estudios Geológicos", vol. 26, núm. 2, pp. 113-162 (1969).

REYNOLDS, R.: *Clay Mineral Formation in an Alpine environment*. "Clays and Clay Min.", vol. 19, pp. 361-374 (1971).

RUIZ CRUZ, M. D. y CABALLERO, M.: *Características mineralógicas, genéticas y distribución de los minerales de la fracción fina del Trías de la Cordillera Ibérica. III) Clorita, montmorillonita y vermiculita*. "Bol. Geol. y Min." (en prensa).

WALKER, C. E. y COLE, W. F.: *The Vermiculite minerals*. En R. C. MACKENZIE: "The Differential Thermal Investigations of Clays". Min. Soc. London (1957).

Recibido: Septiembre 1975.

INFORMACION

Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXI Campamento para Prácticas de Geología "Benasque 1975"

Por F. BODEGA y L. M. RIOS

1. AGRADECIMIENTO

En la Memoria correspondiente al XX Campamento, se incluía un cuadro resumen económico, en el que se expresaban los valores de las aportaciones anuales recibidas desde la iniciación de los Campamentos, los costos de estancia y alimentación, el número de participantes y, como consecuencia, el costo por plaza, sin incluir transporte.

Esta actividad corría un serio peligro por falta de recursos económicos, y hubo que solicitar de las empresas que enviaban su ayuda que aumentaran su cuantía, a la vez que se intentaba conseguir nuevas aportaciones.

Tanto unas como otras respondieron con generosidad a esta llamada, y, aunque ya se ha hecho individualmente, es justo manifestar de nuevo el agradecimiento a todas estas empresas, sin cuya ayuda se habría cesado, o al menos restringido, la celebración de los Campamentos.

Se ha podido continuar en la idea de ir reponiendo poco a poco el material, y se han eliminado todos los sacos de dormir y mochilas que, tras veinte años de uso, habían quedado prácticamente inutilizables; también, y dado que la asistencia al último Campamento ha sido más numerosa, hubo necesidad de adquirir otras cuatro tiendas.

También agradecer a José María Oliveros, Director General de Minas, su decisiva ayuda al conseguir un Land-Rover para el traslado de los equipos en el campo, y a todos los participantes de diversos Campamentos que siguen escribiendo, recordando con agrado su estancia en los Pirineos, el aliento que ello significa para seguir luchando por su continuidad y eficacia.

2. INTRODUCCION

El XXI Campamento para Prácticas de Geología, organizado por la Cátedra de Geología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid y la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A., tuvo lugar entre los días 5 y 22 de julio de 1975.

Por cuarto año consecutivo, se estableció la base en Benasque, y, para charlas y otras actividades de trabajo, se volvió a contar con la colaboración de don José Pardos, Maestro Nacional, que puso a nuestra disposición las aulas de la escuela.

Asistió un total de 22 participantes, de la siguiente procedencia: dos de la Universidad de Madrid (uno de ellos licenciado); tres, de la de Oviedo; tres, de la de Zaragoza; uno, de la de Salamanca; uno, de la de Helsinki (Finlandia); uno de la de Carleton (Canadá); uno de la de Salónica (Grecia); uno, de la de Varsovia (Polonia); uno, de la Escuela de Ingeniería Técnica de Belmez; dos, de la Escuela de Ingeniería Técnica de Cartagena, y, seis de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

La asistencia femenina, ocho participantes, que recordamos la más numerosa desde la iniciación de las actividades de los Campamentos, influyó decisivamente en crear un clima de cordialidad que venció los teóricos obstáculos que hubieran podido existir por las procedencias y, sobre todo, por el idioma.

Y un recuerdo para la simpatía y paciencia de la mujer de César Casquet, y para el marido de Cristina Castán—Antonio, el "bichólogo" para nosotros—a quien encontramos en los sitios más insospechados, realizando estudios entomológicos de insectos circunscritos a los macizos pirenaicos del Norte de Benasque.

Fue Codirector de Campamento Adriano García-Loygorri, Doctor Ingeniero de Minas, Profesor encargado de Campamentos y Prácticas de Geología de la Escuela de Minas de Madrid.

Como instructores, estuvieron Fernando Bodega Barahona, Doctor Ingeniero de Minas, Luis María Ríos Aragüés, Doctor Ingeniero de Minas, y Enrique Orche García, Ingeniero de Minas. El primero de la Empresa Nacional Adaro, y, los otros dos, del Equipo de Trabajo de la Cátedra de Geología de la Escuela de Minas de Madrid.

Al no poder asistir al Campamento por motivos familiares Julián Vega Esteban, fue Secretaria Teresita Melgar Pacheco, de la Empresa Nacional Adaro, que resolvió a satisfacción de todos los problemas que se presentaron antes, durante y después del desarrollo de esta actividad.

Un tiempo, casi siempre despejado y sin tormentas, al menos coincidiendo con las salidas al campo, contribuyó a facilitar y a hacer más agradables los, muchas veces, duros itinerarios.

Hubo que atender algunos casos de torceduras y enfriamientos sin importancia, y otro de picadura, afortunadamente más aparatoso que grave.

3. DESARROLLO DEL CAMPAMENTO

Habiéndose dado por terminados los estudios del paleozoico de la hoja número 179—BIELSA— se propuso como objetivo continuarlos al Norte, Sur y Este de dicha hoja.

Por ello, los recorridos se han centrado principalmente en las zonas de Batisielles y Liri y en los Valles de Estós, Remuñe y Vallibierna.

Para las excursiones de entrenamiento, se realizaron de nuevo los itinerarios del valle del Esera, Montaña Negra y pista de Cerler; también, el día de la clausura, se visitó la zona del Collado de Sahún con el Profesor Ríos, y el Profesor Hill de la Universidad canadiense de Carleton.

4. RESULTADOS

La superficie estudiada se presenta dividida en cuatro zonas para mayor facilidad de exposición:

- La zona del río Estós, incluyendo las áreas de los barrancos de Literola y de Remuñe.
- La zona del río Esera entre Benasque y Baños de Benasque.
- La zona del barranco de Villibierna y Sierra Negra hasta el pico de Vallibierna.
- La zona de la falda sur de la Sierra de Santa Margarita-Llabert, entre Villanova y Liri.

4.1. ZONA DEL RÍO ESTÓS.

Está constituida por materiales devónicos intensamente plegados y comprendidos entre el macizo granítico del Posets al Sur, y el de Lys-Caillaouas al Norte.

La composición petrográfica del granitoide del Posets en su borde norte (muestra tomada 250 metros al norte del lago de Perramó), es idéntica a la del borde sur estudiada en anteriores campamentos. Se trata de una granodiorita con hornblenda. Los componentes principales son cuarzo, plagioclasa (oligoclasa-andesina), feldespato potásico en menor proporción que la plagioclasa, biotita y hornblenda. Hay saururita pseudomórfica de las plagioclasas y clorita pseudomórfica de la biotita. Los componentes accesorios son rutilo, apatito, circón y opacos. La textura es granunuda hipidiomórfica.

Las pizarras carburadas del Silúrico aparecen en los núcleos de los anticlinales devónicos, en el límite oeste de la zona estudiada, presentándose, como en otras zonas ya cartografiadas, el nivel de calizas negras con *ortoceras* hacia el techo.

En la cartografía del Devónico se pretendía seguir utilizando las mismas formaciones que en la zona del Box y parte occidental del Posets (Memoria del XIX Campamento):

- Pizarras silúricas.
- Alternancia de pizarra y caliza grises oscuras en bancos de 5 a 30 centímetros. Formación Gelada, D₁, Gediense-Siegeniense.
- Conjunto predominantemente de caliza gris oscura de aspecto masivo. Formación Basibé, D₂, Siegeniense-Emsiense.
- Pizarras negras. Formación Fonchanina, D₃.
- Caliza gris de patina parda con pasadas centimétricas de pizarra. Presencia de tonos claros verdosos y beige preferentemente en el techo. Formación Mañanet, D₄, Couviniense.
- Pizarras negras. Formación Eriste, D₅. Presencia de recurrencias de extensión lateral discontinua, por cambio lateral, de misma facies que D₄ que se denominaban D₅.

Sin embargo, debido a la intensidad del plegamiento con esquistosidad de flujo y pliegues isoclinales en los que por estiramiento llega a romperse la continuidad de las bandas de caliza, no ha sido posible diferenciar en esta zona las pizarras de la formación Fonchanina (D₃) de las de Eriste (D₅), ni tampoco saber si las bandas calizas intercaladas en pizarra pertenecen a la formación Mañanet (D₄) o a alguna de las recurrencias D₅. Por ello, en la cartografía se distinguen solamente la alternancia inferior D₁, la caliza de Basibé D₂ y, luego, un conjunto indiferenciado de pizarras que se denominan D₃ dentro del cual cartografiamos las bandas discontinuas de caliza que denominamos D₄.



el río Estós conservan la dirección N 120° E, por el Norte del macizo granodiorítico del Posets; en la montaña de las Tucas de Ixea tuercen a N 60° E, bordeando por el Sureste dicho macizo. Se vuelve a observar, por lo tanto, la influencia del macizo del Posets en la tectónica, hecho del que ya se ha hablado refiriéndose a la parte noroeste y norte del mismo.

Hacia el Este, las charnelas de los sinclinales del Devónico inferior emergen, dando lugar a la gran extensión de pizarras del Silúrico de la Sierra Negra.

A partir de la confluencia del barranco de Vallibierna con el río Esera, hacia el Norte, se entra en la zona de metamorfismo de contacto del macizo granítico de la Maladeta, encontrándose las pizarras del Devónico transformadas en corneanas. Dentro del Devónico hay apófisis y diques de granitoide oscuro. Petrográficamente se ha estudiado la apófisis del pico Estós que consiste en una tonalita (diorita cuarcífera) constituida por cuarzo alotriomorfo, plagioclasa hipidiomorfa (oligoclasa-andesina) y biotita. Las plagioclasas se presentan parcialmente transformadas en material sericítico-arcilloso, calcita y epidota, y la biotita en clorita; como componentes accesorios existen apatito, circón, alanita y opacos.

4.3. ZONA DE VALLIBIERNA Y SIERRA NEGRA.

El valle de Vallibierna constituye el flanco norte devónico del anticlinorio silúrico de la Sierra Negra, prolongación de los pliegues del río Esera a que se ha hecho referencia antes. El nivel de caliza negra con ortoceras en la parte alta de las pizarras del Silúrico se presenta de manera prácticamente constante. En Vallibierna hay un aumento considerable del espesor de los niveles carbonatados del Devónico inferior, pudiendo estimarse como de 250 metros para la alternancia D₁ y 200 metros para la caliza D₂.

Al Norte de la faja calcárea, que tiene un buzamiento de unos 60°-80° al Norte, se encuentra la serie pelítica del Devónico transformada en corneanas por la proximidad del macizo granítico de la Maladeta. Intercalado en las corneanas hay en la ladera norte del valle, un nivel de caliza D₄ replegado y de extensión lateral discontinua, probablemente por causa tectónica. A pesar de la recristalización propia del metamorfismo se distinguen en él coloraciones verde claro y beige claro.

La aureola de metamorfismo tiene una anchura de 1-2 kilómetros, pero las pizarras del Silúrico no se han visto transformadas en corneanas, ni en este caso ni en relación con otros granitos, sino que conservan la pizarrosidad apareciendo un mosqueado de cristales de chiasolita y andalucita. Esta diferencia con las pizarras del Devónico hay que atribuir a una composición química particular: alto contenido en carbono orgánico, sulfuros, alúmina y potasio (Kleinsmiede, 1960).

Al N del collado de Castanesa hay una serie de apófisis intruidos en las pizarras del Silúrico (dimensiones 100

por 400 metros). Se trata de una tonalita (diorita cuarcífera) de la misma composición petrográfica que la apófisis del pico Estós.

En toda la Sierra Negra hay abundancia de diques de 0,5 a 3 metros de potencia, entre los que se pueden distinguir:

- Diques cortados por la esquistosidad de flujo y deformados texturalmente por ella. Se compone de fenocristales orientados, de plagioclasa (parcialmente transformada en sericita y carbonato) y ferromagnesiano (transformado en clorita) en una matriz orientada de sericita, clorita, albita, feldespato potásico, cuarzo y opacos. En realidad se trata de sills anteriores a la tectónica y por consiguiente a los granitos. Originalmente pueden provenir de una riolita o toba riolítica.
- Diques intruidos en general paralelamente a la esquistosidad de flujo. Se trata de pórfidos dioríticos, cuarzo-dioríticos, y diques cuarzo-muscovíticos, relacionados con los macizos graníticos. Mey (1967) señala en la zona del pico Castanesa la existencia de pliegues en estos diques en relación con una fase de esquistosidad de fractura posterior a la de flujo.
- Otro tipo de diques de origen bien diferente están señalados por este mismo autor al E de nuestra zona, al Sur del macizo de la Maladeta entre los ríos Llauset y Ribagorzana, Intruyen en el Paleozoico, pero también en el Triásico. En la proximidad de los contactos cabalgantes alpinos se disponen paralelamente a los mismos. No cabe duda de que son posthercénicos y probablemente relacionados con las fases alpinas de plegamiento. Se designan en la leyenda del mapa de Mey como "aplitas y pórfidos cuarcíferos" y su composición varía entre la de un pórfido cuarzo-diorítico y un pórfido granítico.

En el flanco norte devónico del anticlinorio de la Sierra Negra se distinguen dos tipos de repliegues de dirección NO-SE (fig. 1).

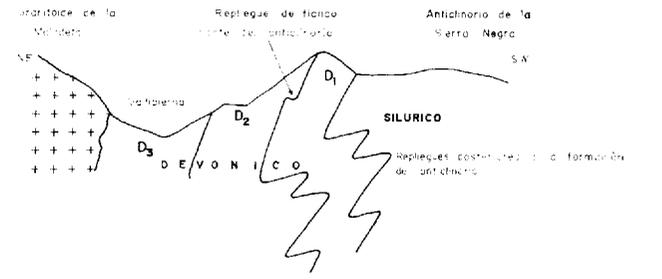


Figura 1

Por una parte, repliegues que están de acuerdo con su situación de flanco norte del anticlinal y que deben ser contemporáneos de la formación del anticlinorio en la fase de esquistosidad de flujo.

Por otra parte, repliegues que por su geometría no pueden haberse formado a la vez que el anticlinorio. Estos últimos son contemporáneos de una esquistosidad de plano axial, que es de flujo en los niveles de caliza, buzando 45° al NE, y es de fractura en los niveles de corneana. Hay una refracción de la esquistosidad que tiende a llegar a ser paralela con la estratificación en los niveles de caliza, y a ser oblicua a ella en los niveles de corneana. Esto indica que, previamente a esta deformación, ha tenido lugar el metamorfismo de contacto del granitoide de la maladeta, por lo que pudiera tratarse de una fase de deformación alpina.

En el Devónico de Vallibierna, MEY (1967, fig. 18) indica la presencia de diques que cortan rectos estos segundos repliegues. Desgraciadamente no se han muestreado estos diques para saber si son hercínicos o posteriores, es decir, del tipo "aplitas y pórfidos cuarcíferos" a que se hacía mención antes. En el primer caso habría una contradicción con la hipótesis de una fase alpina para estos repliegues y esquistosidad, pero no así en el segundo caso.

En las pizarras del Silúrico, que conservan la esquistosidad en la aureola de metamorfismo de contacto, se

distinguen al microscopio dos fases de deformación: una fase de esquistosidad de flujo y otra posterior de crenulación (fotografía núm. 5).

4.4. ZONA ENTRE VILLANOVA Y LIRI.

La falda sur de la sierra de Santa Margarita-Llabert, está ocupada por materiales fundamentalmente pizarreños de Silúrico, Devónico y probablemente Carbonífero, situados al N de la banda permotriásica autóctona.

La similitud de facies y la falta de contrastes morfológicos obligan a una mayor densidad de observaciones que en otras zonas, por lo que no es posible presentar todavía una cartografía definitiva.

Se señala, solamente, que en la zona de Eresué-Liri la parte basal de la formación *D₁*, constituida por alternancias centimétricas de caliza negra con crinoides y pizarras negras, presenta la siguiente fauna del Silúrico:

Scyphocrinus elegans, ZENKER.

Parallelodon sp.

Michelinoceras sp.

posible *Merista herculea*, BARR.

Noticias

ENERGIA

LAS CENTRALES ELECTRONUCLEARES DEBERIAN SER SUBTERRANEAS

Si se crea una industria nuclear civil, los grandes reactores deberían ser instalados bajo tierra, era la opinión que sustentaba Edward Teller.

Dado que resultará sumamente difícil mejorar el sistema de seguridad de un reactor, teniendo en cuenta un caso de emergencia, la única alternativa que queda es la de reducir las consecuencias que un tal accidente pudiese tener, mediante la aplicación de medidas que no dependen del funcionamiento de la instalación técnica. Un medio a elegir, que está siendo discutido actualmente por los expertos de seguridad y que se consideran también como deseable para "el caso final de la concepción de un reactor" es el sistema de construcción subterránea.

Esto no será posible sin un gran movimiento de tie-

rras: para el "sistema de construcción en cámara", con la instalación total bajo tierra, se requiere una profundidad de entre cincuenta y setenta metros. En esta profunda excavación se empotra el cilindro de hormigón, que es tapado con una cubierta sobre la que se vuelve a echar la tierra. Mas las ventajas se ven reducidas por el peligro que existe de contaminación de las aguas subterráneas en el caso de que se produzca una catástrofe.

En el "sistema de construcción de colina", se elevaría esta excavación de una forma tal que no pudiese representar ningún peligro para las aguas subterráneas. Seguidamente se construye el reactor en la cueva, con su cubierta de seguridad en forma de media esfera, y todo ello se vuelve a cubrir con tierra hasta formar una impresionante colina. De la existencia de este reactor sólo darían cuenta la torre de refrigeración, la chimenea, el edificio de la turbina y la galería de entrada así como, quizá, un lago artificial como reserva de agua.

En el caso de que en un accidente saltase el recipiente

de seguridad y perdiese su impermeabilidad, las consecuencias de este accidente se verían muy disminuidas por los diez metros de tierra que rodean al reactor. Una gran parte del material fisible como el yodo, cesio y estroncio quedarían retenidos en la tierra y la cantidad escapada sólo llegaría a alcanzar la atmósfera con un retraso de algunos días o, incluso, semanas. Este retraso se elevaría incluso a algunos años si se tratase de gases puros radiactivos, como el criptón.

Este sistema de construcción debe de ser de importancia especial para aquellos aspectos de seguridad que de una forma reservada se califican de "repercusiones del exterior", como caída de un avión, actividades terroristas e implicaciones de guerra.

Ciertamente que el hormigón de la cubierta protectora puede hacerse tan resistente que no sufra daños en el caso de que un avión choque contra la misma. Empero los otros problemas dan a los responsables muchos motivos de quebraderos de cabeza.

Especialmente la capacidad de defensa con una densa red de reactores, se hace cada vez más dudosa.

En las centrales electronucleares un agresor puede hacer daños, mediante el sólo empleo de armas convencionales, cuyas consecuencias pueden ser parcialmente similares a las de una guerra nuclear. También la desconexión de los reactores en épocas de crisis, no modificaría mucho las cosas ya que el inventario radiactivo sigue siendo una meta codiciada aunque se desconecte el reactor. Sin embargo, una capa suficiente de tierra sobre el reactor le convertiría en una fortaleza no asequible con armas convencionales.

Casi inalcanzable para las tropas terroristas sería un reactor cuya galería de acceso puede ser asegurada de una forma mucho más fácil de lo que ocurre en las instalaciones a nivel de tierra.

Además, estas ventajas pueden obtenerse a muy reducido precio: Una central nuclear sumergida en una profunda fosa de tierra sólo costaría un diez por 100 más y tratándose del sistema de colina sólo un cuatro por 100. Mediante este ligero encarecimiento la industria obtendría además la ventaja de poder contar con una mayor condescendencia por parte de las autoridades a la hora de designar el punto para la construcción.

A pesar de todas las ganancias obtenidas en lo que a la seguridad se refiere no se debería ahora perder tiempo postergando la planificación de las centrales subterráneas hasta que este sistema resulte ya dudoso.

CENTRALES ELECTRICAS NUCLEARES

En la próxima década los países de Europa occidental invertirán 100.000 millones de dólares en la construcción de centrales eléctricas nucleares. Con estas medidas se

intentará que para 1990 la energía eléctrica obtenida de combustibles fósiles quede reducida del 80 por 100 actual a menos de un 30 por 100. Disminuirán simultáneamente las importaciones europeas de petróleo de los países árabes y, por tanto, la dependencia energética de las naciones de nuestro continente.

RIESGOS DE LAS CENTRALES NUCLEARES

Un equipo de científicos dirigido por el D. Rasmussen y cuya labor ha sido patrocinada por la "Atomic Energy Agency" y por su sucesora, la "Nuclear Regulatory Commission", ha redactado un informe según el cual, aun cuando el número de 50 centrales nucleares existente actualmente en Estados Unidos se duplicara en los próximos cinco años, la probabilidad de que 100 personas puedan morir por efecto de un accidente nuclear es tan baja como la de que 100 personas pueden morir por causa de un meteorito.

RESERVAS HIDRAULICAS MUNDIALES

El Presidente del CIER (Comité de Integración Eléctrica Regional), ha manifestado que en Iberoamérica se encuentran la cuarta parte de las reservas hidráulicas de todo el mundo, siendo, por lo tanto, la zona una de las que posee mejores perspectivas futuras para la producción de electricidad. El problema reside en disponer de los medios técnicos y económicos necesarios para su aprovechamiento. Con ocasión de la 10ª asamblea del CIER se adoptó la decisión de buscar capital extranjero, en cantidad creciente, para la realización de proyectos supra-regionales mancomunados en el sector de la producción y distribución de energía eléctrica.

CONVERSION DE LA ENERGIA EOLICA EN CALOR

La firma británica "Wind Energy Supply Comp." (Wesco), está experimentando un sistema para convertir la energía eólica en calor utilizable directamente para fines de calefacción de invernaderos. Consiste en un rotor de dos palas, con un diámetro de giro de 18,3 metros, montado sobre un mástil de 13 metros de altura, y capaz de mantener un número de revoluciones constante, incluso con ráfagas de viento violentas. En el centro del rotor se encuentra el mecanismo que transforma energía mecánica en hidráulica, y ésta, por intermedio de un líquido hidráulico, se transmite hacia abajo, a alta presión, donde por fricción se convierte en calor, que se aprovecha directamente para calefacción. También es posible emplear

esta energía hidráulica para mover un motor hidráulico que accione a su vez una bomba de calor.

EL DESARROLLO NUCLEAR

Más de 2.000 científicos, entre los que se cuentan el químico Harold C. Urey, laureado con el Premio Nobel y George B. Kistiakowsky, que fue asesor científico del Presidente Eisenhower, han firmado un escrito, dirigido al Presidente y a los miembros del Congreso, en el que solicitan un aplazamiento del desarrollo nuclear hasta tanto no se hayan resuelto los problemas sobre seguridad de las instalaciones, evacuación de residuos radiactivos y almacenamiento de plutonio, así como que la política energética de Estados Unidos se concentre en las cuestiones de conservación de fuentes de energía y aprovechamiento de combustibles no nucleares.

SUSTITUCION DEL PETROLEO COMO COMBUSTIBLE

El "Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung" realizó un estudio sobre las posibilidades de la industria alemana para sustituir el combustible de origen petrolífero destinado a fines de calentamiento por otros tipos de combustión. El resultado de este estudio indica que la industria siderúrgica puede sustituir el 61 por 100 del combustible petrolífero que consume por coque de hulla. En otros sectores industriales el 40 por 100 del aceite combustible podría sustituirse por gas natural. El combustible más fácil de sustituir parece ser el gasóleo, que puede reemplazarse en un 70 por 100 por gas natural.

HIDROCARBUROS

EL PETROLEO DEL MAR DEL NORTE.

En el sector noruego del Mar del Norte, al sur del paralelo 62°, se acaba de descubrir 750 millones de toneladas de petróleo. Las investigaciones sísmicas realizadas al norte de esta latitud indican que pueden existir zonas que contengan siete veces esa cantidad de petróleo. Las prospecciones en este sector empezarán en 1977. A causa de las duras condiciones meteorológicas y de las superiores profundidades marinas, los costes serán considerablemente más elevados que en las perforaciones realizadas en aguas situadas más al sur. Se estima que para explotar los 750 millones de toneladas que se han descubierto ahora en el Mar del Norte, será necesaria una inversión del orden de los 70-80 billones de coronas noruegas.

MAS PETROLEO EN EL MAR DEL NORTE

El sondeo efectuado, a título de ensayo, en el yacimiento petrolífero submarino descubierto en el fiordo noruego de Statfjord (Mar del Norte) ha confirmado la importancia de sus reservas, que se cifran en 3.000 millones de barriles. Esto hace que el citado yacimiento sea el cuarto del mundo en orden de importancia, es decir, se halla situado inmediatamente después de los tres gigantes yacimientos de la plataforma submarina de la Arabia Saudita.

El pozo de sondeo produjo 6.225 barriles/día y los ocho pozos adicionales perforados hasta ahora para determinar la extensión del yacimiento han demostrado que éste se extiende hasta más al norte de lo que inicialmente se pensaba.

MINERALURGIA

CONSUMO Y PRODUCCION DE ACERO EN EL PRIMER TRIMESTRE DEL AÑO

Según informa UNESID, Unión de Empresas Siderúrgicas, el consumo aparente de acero en el período enero-marzo se estima en 2,2 millones de toneladas, lo que supone un descenso del 27,3 por 100 con respecto a igual período del año anterior, y tan sólo un 2 por 100 de aumento en relación con el último trimestre de 1975.

A su vez, la producción de acero del trimestre ha sido de 2,6 millones de toneladas, inferior en un 5,5 por 100 a la de igual período de 1975 y un 7,5 por 100 menor que la del último trimestre del pasado año.

A pesar del descenso de la producción, ha habido un superávit, dado el bajo nivel del consumo, que se ha compensado con un saldo positivo del comercio exterior.

LA PRODUCCION SIDERURGICA EN EL PRIMER TRIMESTRE DE 1976

La producción de acero correspondiente a marzo se estima en 825.000 toneladas, con un descenso del 17,6 por 100 respecto al tonelaje producido en el mismo mes del año anterior, según datos facilitados por la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID).

En dicho mes, la producción de laminados en caliente ha sido de 700.000 toneladas de productos, cifra que representa una disminución del 4,5 por 100 con relación a marzo de 1975.

En el primer trimestre del año, la producción de acero ha totalizado 2.540.000 toneladas, y la de laminados en caliente 2.045.000 toneladas de productos. Estos datos acumulados se mantienen por debajo de los de igual período del año anterior en un 6,6 y un 0,8 por 100, respectivamente.

PRODUCCION

Unidad: miles de t

PRODUCTOS	MENSUAL			ACUMULADA		
	Marzo 1975	Marzo 1976	% variación 1976/1975	Enero/marzo 1975	Enero/marzo 1976	% variación 1976/1975
Arrabio	632	481	-23,90	1.594	1.532	- 3,89
Acero	1.001	825	-17,59	2.719	2.540	- 6,59
Bobinas	252	200	-20,64	636	612	- 3,78
Chapa gruesa convencional	124	94	-24,19	328	284	-13,42
Total laminados en caliente	733	700	- 4,51	2.061	2.045	- 0,78
Total lam. en cal. acero equiv.	942	900	- 4,51	2.648	2.628	- 0,78
Chapa lami. en frío	138	113	-18,12	408	307	-24,76
Chapas recubiertas	28	36	+28,57	104	92	-11,54

CONTAMINACION

EL OZONO Y LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

En noviembre de 1975 los Estados Unidos han lanzado a la atmósfera un nuevo satélite con la misión de estudiar los posibles efectos sobre el ozono estratosférico de determinados contaminantes atmosféricos procedentes de una serie de actividades humanas.

Este satélite, denominado "Atmosphere Explorer E" o "Explorer 55", realizará la medida del ozono registrando la cantidad de luz ultravioleta dispersada en el espacio. Una mayor dispersión significa una menor absorción por la capa de ozono, lo que indica una reducción del ozono atmosférico. La NASA, ha diseñado este satélite y proyecta el lanzamiento de otro de la serie Nimbus en 1978, para completar estas mediciones del ozono estratosférico.

REUNIONES CIENTIFICAS

SYMPOSIUM INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA EN LA MINERIA Y OBRAS SUBTERRANEAS

El Grupo Especial de Aguas Subterráneas, de la ANIM, ha iniciado la organización, con carácter internacional, del referido Symposium, cuyo anuncio ha experimentado la mejor acogida entre los especialistas en Hidrogeología.

Se ha difundido ampliamente una encuesta, para concretar el futuro temario del Symposium, que tratará seguramente de los problemas que plantea el agua para la explotación de los yacimientos, y de la utilidad que

puede obtenerse del agua en un yacimiento, así como la determinación de la dinámica de las aguas en la mina, su agresividad, las perturbaciones que pueden producirse en las excavaciones, y las técnicas aconsejables, para resolver todos los problemas que plantea el agua en una explotación u obra subterráneas.

Los intereses en conocer detalles del referido symposium, pueden dirigirse al Grupo Especial de Aguas Subterráneas de la ANIM, Almagro, 11. 1.º, Madrid-4, o al Ponente General don Rafael Fernández Rubio, Emperatriz Eugenia, 6, Granada.

NOVEDALES CIENTIFICAS Y TECNICAS

SEPARACION DEL HIDROGENO DEL AGUA

En el Instituto de Tecnología de Massachusetts (Estados Unidos), se investiga un nuevo procedimiento de separación del hidrógeno del agua en forma suficientemente rentable para la utilización de aquél como combustible. El agua por acción de la luz ultravioleta solar, puede descomponerse en sus dos constituyentes, hidrógeno y oxígeno, y aunque el rendimiento de este proceso es todavía pequeño, pues sólo el 1 por 100 de la energía luminosa se transforma en energía química, los investigadores confían en mejorarlo empleando luz de menor energía. Están trabajando con un potencial eléctrico débil, de unos 0,2 V, un cristal de dióxido de titanio, que es irradiado por un láser y una sustancia soluble en el agua e iónicamente inerte capaz de conducir la corriente eléctrica.

Mercado de Minerales y Metales

Cotizaciones en el Mercado Internacional en pesetas por unidad métrica

Metales preciosos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
ORO			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	n. a
Bolsa de Nueva York	N	g	277
PLATA			
Metal:			
Bolsa de Londres	L	g	9,50
Bolsa de Nueva York	N	g	9,78
PLATINO			
(Dependiendo del tamaño del lote)			
Metal:			
Refinado, mercado interior del Imperio Británico	L	g	321 D-RU
Mercado de los EE. UU.	N	g	338 FOB N.Y.
Mercado libre	L	g	—
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 mayo
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	1.285 FOB-Lago
Old range	N	t	1.302 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	33,38 FOB-Lago
El mineral en trozos tiene un premio	N	t	53,41 FOB-Lago
Los finos tienen una penalización	N	t	30,04 FOB-Lago

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
COBALTO			
Metal:			
Bajo contrato con los consumidores, en el R. U.	L	kg	628 D-RU
Precio, productor, en el R. U.	L	kg	658 CIF
Granalla, 99 % Co:			
Lotes de menos de 50 kg en bidones	N	kg	673 FOB-NY
Lotes de 50-249 kg en bidones	N	kg	666 FOB-NY
Lotes mínimos de 250 kg	N	kg	658 FOB-NY
Polvo, 300-400 mallas ASTM, en bidones de 50 kg.	N	kg	1.122 FOB-NY
Polvo, extra tipo, bidones de 125 kg	N	kg	1.114 FOB-NY
Polvo, grado S, en lotes de 10 t	N	kg	696 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	89,75 FOB-ON
Menas de 11 % de Co	N	kg Co cont	105 FOB-ON
Menas de 12 % de Co	N	kg Co cont	120 FOB-ON
CROMO			
Metal:			
En gránulos, mín. 99 % Cr, lotes de 5 a 10 t	L	t	233.200-257.118 D-RU
Alumino térmico, 99,25 % Cr	N	kg	365 D
Electrolítico, 99,1 % Cr	N	kg	365 D
Fundido al vacío, mín. 99,5 % Cr	N	kg	375 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	10.176-11.533 CIF-E
Turco, fragmentos 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1 en 90 C	L	t	8.819-9.498 FOB
Turco, concentrado 48 % Cr ₂ O ₃ tomando como base el de ratio 3:1 en 90 C	L	t	6.106-7.462 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	10.176 FOB-At
Turco, 48 % Cr ₂ O ₃ , ratio 3:1	N	t	8.814-9.481 FOB-At
Transvaal, 44 % Cr ₂ O ₃ , sin ratio	N	t	2.404-2.804 FOB-At
MANGANESO			
Metal:			
Electrolítico, mín 99,9 % Mn, lotes de 1 a 5 t	L	t	71.754 D-RU
Regular, 99,9 % Mn, empaquetado	N	kg	80,77 FOB
Deshidrogenado, 99,9 % Mn, empaquetado, 6 % N	N	kg	85,26 FOB

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Menas y concentrados:			
Calidad metalúrgica:			
48/50 % Mn, máx. 0,1 % P	L	t. u. Mn	91,58-98,36 CIF-E
38/40 % Mn	L	t. u. Mn	(n) CIF-E
48 % Mn (bajas impurezas)	N	t. u. Mn	98,15-102 CIF-USA (e)
46 % Mn	N	t. u. Mn	— CIF-USA (e)
Calidad para baterías:			
70/85 % MnO ₂ , en gránulos	L	t	5.621-6.338 CIF-E
70/75 % MnO ₂ , en terrones mezclados	L	t	7.773-8.969 CIF-E
MODIBDENO			
Metal:			
Polvo en el R. U.	L	kg	771-795
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	434 FOB
Concentrado de otros orígenes	L	kg Mo cont	389-396 CIF-E
Obtenido como subproducto o coproducto en fun- ción del grado	N	kg Mo cont	356-431 FOB
NIQUEL			
Metal:			
Refinado, en lotes mínimos de 5 t	L	t	331.982 D-RU
"F" granalla, en lotes mínimos de 5 t	L	t	336.407 D-RU
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	312.847 D-RU
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	L	t Ni cont	— D-RU
Cátodos 99,9 % Ni	N	kg	329 FOB f. (i)
Sinterizado 75 (óxido de níquel)	N	kg	310 FOB-f
Sinterizado 90 (óxido de níquel)	N	kg	— FOB-f
Refinado, en el mercado libre	L	kg	310-325 CIF-E
Canadiense, 99,9 % Ni	C	kg	— FOT-f
Francés refinado	F	kg	337 FOT
Italiano, cátodo y granalla, 99,5 % Ni	I	kg	386 410 e-w
Janonés	J	kg	396 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	323 CIF-E
Pentóxido, fundido mín. 98 % V ₂ O ₅	N	kg V ₂ O ₅ cont	367-458 FOB-f
Calidad técnica química, secado por aire	N	kg V ₂ O ₅ cont	446-458 FOB-f
Pentóxido, por medio de agente (exportador USA).	N	kg V ₂ O ₅ cont	— FOB-f

Metales férricos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
VOLFRAMIO			
Metal:			
Polvo 98/99 % W, en el R. U.	L	kg W cont	1.251 D-RU
Reducción al carbón 98,8 %, lotes de 1000 lb	N	kg	— D
Reducción hidrogénica 99,99 % W	N	kg	1.527-1.197 FOB
Menas y concentrados:			
Menas indiferenciadas, calidad normalizada, mínimo 65 % WO ₃	L	t. u. WO ₃	7.265-7.504 CIF-E
Wolframita I:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	6.817 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	6.864 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	6.888 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	6.135 CIF-E
Scheelita II:			
Comprador	L	t. u. WO ₃	6.781 CIF-E
Vendedor	L	t. u. WO ₃	6.243 CIF-E
Ferroaleaciones:			
Ferro-volframio, 80/85 % W	L	kg W cont	1.052-1.076 D-RU
Carburo de volframio en polvo, micronizado	L	kg	1.316-1.375 D-RU

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
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	61,33 CIF-E
Alemán del oeste, en lingotes, mín 99,5 % Al	G	t	65.750
Australiano, en lingotes, mín. 99,5 % Al	A	kg	76,10 e-w
Canadiense: Para EE. UU. RU.			
Lingotes vírgenes, mín. 99,5 % Al	L y N	t	54.533 D-RU
Lingotes vírgenes, mín 99,7 % Al	L y N	t	56.088 D-RU
Para el resto del mundo, mín. 99,5 % Al	L	kg	64,32 CIF
Mercado internacional:			
Mín. 99,6 % Al	L	t	55.609-57.403 CIF-E
Mín. 99,7 % Al	L	t	59.197-60.991 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	14.351-14.949 D-RU
Alumina calcinada, con contenido medio en sosa, en lotas de 50 t	L	t	15.891-16.479

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Bauxita, calidad abrasivos, mín. 86 % Al_2O_3 , a granel.	L	t	4.944-5.768 CIF-E
Bauxita, calidad refractarios, mín. 86 % Al_2O_3 , a granel	L	t	7.298 CIF-E
CINC			
Metal:			
Lingotes, tipo LME normalizado, mín. 98 % Zn	L	t	51.065 CIF-E
Calidad "GOB" base del productor, 98/98,5 % Zn.	L	t	53.933 CIF-E
Lingotes de cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn (con un premio 5 £/t)	L	t	51.663 D-RU
Lingotes de cinc fino, mín. 99,99 % Zn (con un premio 8 £/t)	L	t	52.022 D-RK
Calidad "Prime Hestern", mín. 98 % Zn	N	kg	55,34 D-USA
Lingotes de alto grado (HG), mín. 99,9 % Zn (con un premio 0,85 c/lb)	N	kg	55,34-56,84 D-
Lingotes especiales de alto grado (SHG), mínimo 99,99 % Zn (con un premio 316 c/lb)	N	kg	56,84 D-
Alemán del oeste:			
Cinc virgen, mín. 97,5 % Zn	G	t	52.600-54.178
Cinc refinado, mín. 99,95 % Zn	G	t	62.600-54.441
Canadiense, calidad "Prime Hestern"	C	kg	56,53 FOB-D
Francés:			
Lingotes vírgenes, mín. 97,75 % Zn	F	kg	55,49 FOT
Cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn	F	kg	56,64 FOT
Italiano:			
Lingotes vírgenes, mín. 98,25 % Zn	I	kg	59,27-61,92 e-w
Cinc electrolítico, mín. 99,95 % Zn	I	kg	59,51-61,92 e-w
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del productor.			
Sulfuro del 52 % Zn	L	t	12,123 CIF-E
Sulfuro del 55 % Zn	L	t	14,450 CIF-E
COBRE			
Metal:			
Bobinas (L.M.E.)	L	t	99.977 CIF-E
Cátodos (L.M.E.)	L	t	99.020 CIF-E
Productores de los EE. UU.	N	kg	106 FOB-f
Alemán del oeste:			
Electrolítico	G	t	103.885-104.937
Cátodo	G	t	100.203-100.992
Menas y concentrados:			
Los minerales de cobre se compran según una fórmula internacional.			
Menas del 15 % Cu	L	t	11.400 CIF-E
Menas del 20 % Cu	L	t	16.145 CIF-E
Menas del 25 % Cu	L	t	21.048 CIF-E

Metales no férricos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
ESTAÑO			
Metal:			
Lingotes tipo normalizado, mín. 99,75 % Sn (LME).	L	t	492.711 CIF-E
Calidad A, mín. 99,8 % Sn	N	kg	519 D
Procedentes de los países del este, mín. 99,8 % Sn	L	kg	503 e-s
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional.			
Menas de estaño del 20 % Sn	L	t	67.449 CIF-E
Menas de estaño del 30 % Sn	L	t	121.503 CIF-E
Menas de estaño del 40 % Sn	L	t	— CIF-E
Menas de estaño del 65 % Sn	L	t	295.746 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	31.811 CIF-E
Producción en los EE. UU.	N	kg	34,40 D
Menas y concentrados:			
El precio de venta del mineral se calcula mediante fórmula internacional, tomando como punto de partida la base del producto. Estos precios están calculados considerando que esas menas no tienen nada de plata.			
Concentrados de 70 % Pb	L	t	13.155 CIF-E
Concentrados de 80 % Pb	L	t	15.666 CIF-E
Metales secundarios			
ANTIMONIO			
Metal:			
Regulos inglés, 99 % Sb, lotes 5 t	L	t	187.158 D-RU
Regulos inglés, 99,6 % Sb, lotes 5 t	L	t	190.148 D-RU
Mercado libre, regulus 99,6 % Sb	L	t	242.170-251.139 CIF-E
Calidad RMM, mín. 99,5 % Sb	N	kg	236 FOB-Laredo
Calidad Lone Star, mín. 99,8 % Sb	N	kg	284 FOB-Laredo
Importado, mín. 99,5/99,6 % Sb, lote 5 t	N	kg	254-262 CIF-NY (e)
Francés, mín. 99 % Sb	F	kg	299 FOT
Italiano regular, mín. 99,6 % Sb	I	kg	265-281 e-w
Japonés	J	t	282.875 e-w
Menas y concentrados:			
Fragmentos sulfurosos, mín. 50/55 % Sb	L	t. u. Sb	1.425-1.560 CIF-E
Fragmentos sulfurosos, mín. 60 % Sb	L	t. u. Sb	1.662-1.798 CIF-E
Crudo, mín. 70 % Sb, en fragmentos	L	t	167.426 D-RU
Crudo, mín. 70 % Sb, en polvo negro	L	t	174-601 D-RU
BERILIO			
Metal:			
Barras 98 % Be, dependiendo de tamaño de los lotes.	N	kg	23.037-23.186 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	6.219 D

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Menas y concentrados:			
En fragmentos escogidos a mano, mín. 10 % BeO ...	L	t. u. BeO	2.094-2.319 CIF-E
Importado, 10/12 % BeO ...	N	t. u. BeO	2.992-3.142 CIF-EE.UU
BISMUTO			
Metal:			
Mercado interior inglés, mín. 99,99 % Bi, en lotes tonelada ...	L	kg	1.122 e-w
Mercado interior USA mín. 99,99 % Bi, en lotes de tonelada ...	N	kg	1.122 e-w
Francés, mín 99,99 % Bi ...	F	kg	1.118 CIF-E
Mercado libre, en lotes de tonelada ...	L y N	kg	905-942 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 tonelada ...	N	kg	411 D
Lingotes en el mercado libre ...	L	kg	393-401 CIF-E
Barras en el mercado libre ...	L	kg	396-404 CIF-E
Francés, electrolítico, en lotes de 1.000 kg ...	F	kg	409 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 minerales de cinc y el resto de otras metalurgias similares.			
CIRCONIO			
Metal:			
Esponja, polvo o placas:			
Bajo contenido Hf ...	N	kg	— FOB-Ab
Calidad comercial ...	N	kg	— FOB-Ab
Menas y concentrados (Zircon):			
Calidad normalizada, mín. 66/67 % ZrO ₂ ...	L	t	13.486-15.413 FOB
Calidad con premio, máx. 0,1 % TiO ₂ ...	L	t	15.413-18.303 FOB
LITIO			
Metal:			
Lingotes, mín. 99 % Li, en lotes de 100 lb ...	N	kg	1.735-2.244 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	1.412-1.766 CIF-E
Espodomena 4/7 % Li ₂ O, en base al 6 % ...	L	t. u. Li ₂ O	1.412-1.766 CIF-E
MAGNESIO			
Metal:			
Mercado libre, lingotes, mín 99,8 % Mg ...	L	t	124.374-126.765 CIF-E

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Lingotes mín. 99,95 % Mg, en lotes mínimos de 10 t.	L	t	— D-
Lingotes electrolíticos, mín. 99,8 % kg, en lotes de 4 kg ...	L	t	118.274 D-RU
Polvo de "calidad 4", mín. 99,85 % Mg, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	122.699-123.895 e-w
Lmaduras, en lotes mínimos de 1 t ...	L	t	108.229 D-RU
Lingotes electrolíticos, mín 99,8 % Mg, en lotes de 8/9 kg ...	L	t	121.982-123.178 CIF
Lingotes en bruto, mín. 99,8 % Mg, en lotes de 10.000 lb ...	N	kg	130 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, mín 99,99 por 100 Hg ...	L	f	5.563-5.902 CIF-E
Mercado americano, en frascos de 76 lb, mín 99,99 por 100 Hg ...	N	f	7.327-7.666 CIF-NY
Menas y concentrados.			
Las menas no se comercian, ya que son siempre tratadas por los países productores.			
NIOBIO O COLUMBIO			
Metal:			
Calidad metalúrgica 99,5/99,8 % Nb, dependiendo del tamaño de los lotes:			
Polvo y perdigones ...	N	kg	4.488-6.731 FAS
Lingotes rugosos ...	N	kg	2.693-3.740 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	329-374 CIF-E
Pirocloro, mín. 50 % Nb ₂ O ₅ ...	N y L	kg Nb ₂ O ₅ cot	262-277 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	359-404 CIF-EE.UU.
TANTALIO			
Metal:			
Polvo 99,5/99,8 % Ta, dependiendo del tamaño de los lotes ...	N	kg	5.296-7.180 FOB
Láminas mín. 99,9 % Ta ...	N	kg	7.180-17.652 FOB
Varillas mín. 99,9 % Ta ...	N	kg	7.779-11.967 FOB
Menas y concentrados:			
Tantalita:			
Mín. 60 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	2.293-2.618 CIF-E
Mín. 25/40 %, tomando como base 30 % Ta ₂ O ₅ ...	L	kg Ta ₂ O ₅ cont	2.169-2.393 CIF-E
Columbita: ver mineral de COLUMBIO.			

Metales secundarios	Mercado	Unidad	Precio de mayo
TITANIO			
Metal:			
Esponja inglesa, mín. 99,3 % Ti, máx. 120 Brinell ...	L	kg	138 D
Tochos de 400-100 mm de diámetro, en lotes de 2.000 kg ...	L	kg	360-524 D
Esponjas USA, mín. 99,3 % Ti, máx. 115 Brinell, en lotes de 500 lb ...	N	kg	404 D
Menas y concentrados:			
Rutilo 95/97 % TiO ₂ , empaquetado ...	L	t	27.936-31.789 FOB
Ilmenita, mín 54 % TiO ₂ , a granel ...	L	t	1.445-1.734 FOB
Rutilo, mín. 96 % TiO ₂ , para comercio interior, 12 % máximo humedad ...	N	t	38.148 FOB-At
Ilmenita, mín. 54 % TiO ₂ ...	N	t	3.672 FOB-At
Escorias canadienses, mín. 70 % TiO ₂ ...	N	t	5.008 FOB-C

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
---------------------------	---------	--------	----------------

ARSENICO

Metal:			
Fragmentos negros, min. 99 % As, en lotes de tonelada	L	t	287.016

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	94,97-244 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	37.397-41.137 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	29.918-41.137 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	22.438-26.178 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	14.959 FOB
Mín. 99,9 % : lotes de 1-277 g ...	N	g	122-271 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	44.877-48.617 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	37.397-41.137 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	28.422-32.910 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	18.699 FOB

Menas y concentrados:

Polucita, mín. 24 % Cs ₂ O ...	L	t. u. Cs ₂ O	841-882 FOB
---	---	-------------------------	-------------

GALIO

Metal:			
Mín. 99,99 % : lotes hasta 999 g ...	N	g	61.05 FOB
lotes de 1-4,999 kg ...	N	g	40,70 FOB
lotes de 5-24,999 kg ...	N	g	37,31 FOB
lotes de más de 25 kg ...	N	g	— FOB
Mín. 99,999 % : lotes de 5-10 kg ...	N	g	54,27 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 mayo
---------------------------	---------	--------	----------------

GERMANIO

Metal:			
calidad refinada 30 ohm/cm:			
En el mercado europeo ...	L	kg	14.470 D (i)
En el mercado americano ...	N	kg	19.877 D

Menas y concentrados.

El germanio metal se recupera generalmente en la fundición de las menas de plomo y cinc.

HAFNIO

Metal:			
Esponja ...	N	kg	11.219 FOB
En barras y placas laminadas ...	N	kg	17.951 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	17,22 D
En lingotes, mín. 99,97 % de pureza, en lotes mínimos de 100 troy on ...	N	g	15,26-17,22

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	83.713
Polvo en el mercado americano, mín 99,8 % Re ...	N	kg	80.779 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	94,97-244 FOB
lotes de 1-9 lb ...	N	kg	41.137-44.877 FOB
lotes de 10-99 lb ...	N	kg	29.918-33.658 FOB
lotes de 100-999 lb ...	N	kg	22.438-26.178 FOB
lotes de 1.000 o más lb ...	N	kg	14.959 FOB

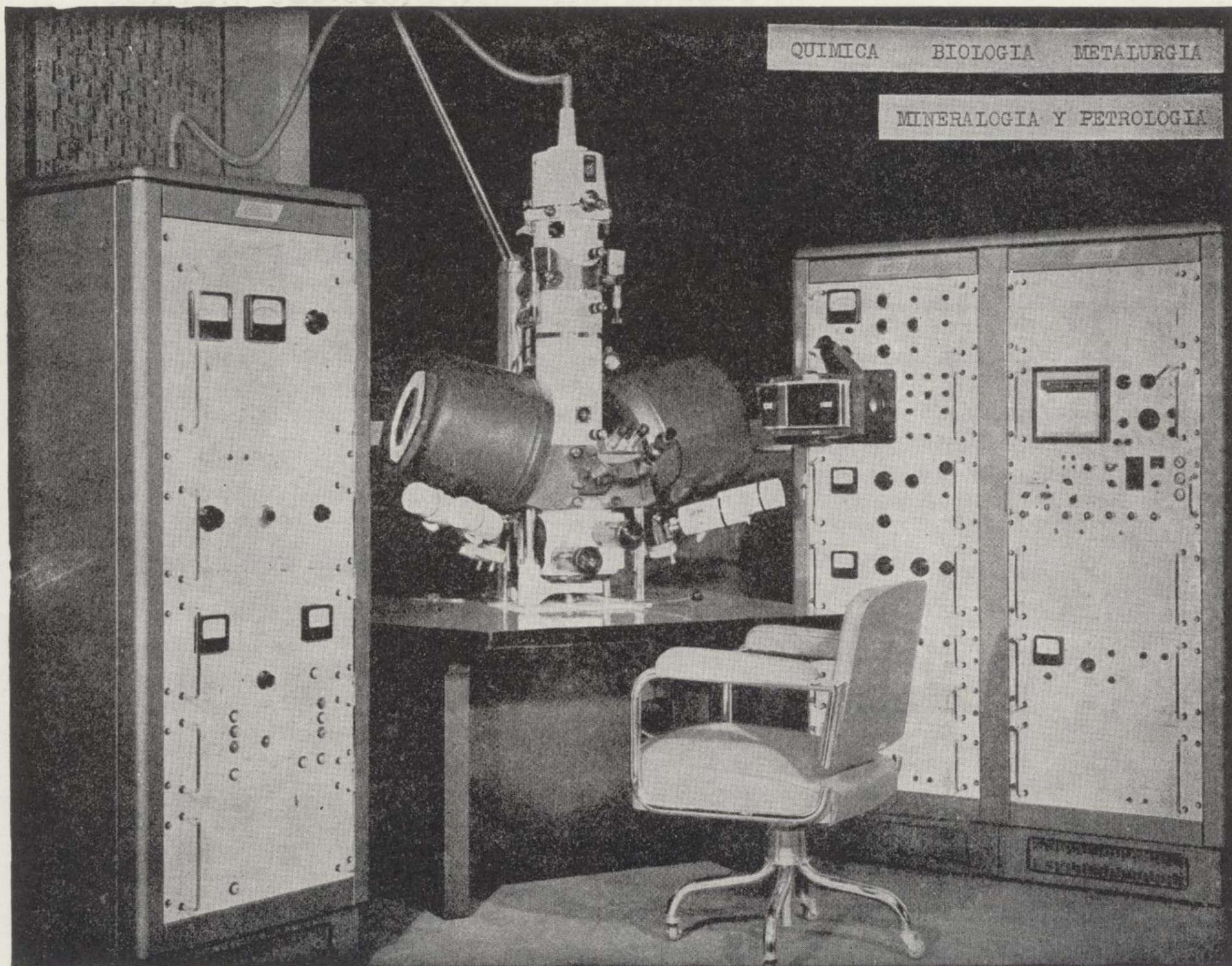
Menas y concentrados.

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	2.693 D
De alta pureza, mín. 99,9 % Se ...	N	kg	3.141-3.291 D

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

Metales menores o escasos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Canadiense, mín. 99,5 % Se en lotes 100 lb ...	L	kg	2.693 D
Mercado libre ...	L	kg	2.543-2.618 CIF
Metal. Telurio:			
Fragmentos y polvo, mín. 99/99,5 % Te ...	L	kg	1.496 D
Barras, mín. 99,5 % Te ...	L	kg	1.496 D
Polvo, en lotes de 100 lb ...	N	kg	(n)
Placas, mín. 99,7 % Te, en lotes de 150 lb ...	N	kg	1.496 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 % Te, en lotes de 25 lb ...	N	kg	1.122 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 mayo
URANIO			
Concertado de U ₃ O ₈ , base de contratación ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	2.992-4.488 FOB-f
Hexafluoruros ...	L	kg O ₃ O ₈ cont.	3.291-4.787
TORIO			
Metal:			
Polvo y pellets ...	N	kg	2.244
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	1.435 D-RU
Lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	7.479
Europio, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	448.770
Gadolinio lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	32.910
Itorio, lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	22.438
Lantano, lingotes, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	7.479
Neodimio, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-85 lb (*) ...	N	kg	16.455
Samario, lingote, mín. 99,9 %, lotes 2-25 lb (*) ...	N	kg	23.186

Menas y concentrados:**Monacita:**

Mín. 60 %, óxido TR torita ...	L	t	16.376-17.821 FOB
Mín. 55 %, óxido TR ...	L	t	15.644-16.592 FOB

Minerales radiactivos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Xenotima:			
Mín. 25 % Y ₂ O ₃ , de Malasia ...	L	kg	299.449 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	82,27-97,23 CIF
Mín. 55/60 %, óxido TR ...	N	kg	44,87-52,35 FOB
Mín. 68/72 %, óxido TR ...	N	kg	59,83 FOB

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
AZUFRE			
EE. UU. para la exportación, mín. 99 % S ...			
Brillante ...	N	t	4.340-4.874 FOB-Golfo
Oscuro ...	L	t	4.273-4.807 FOB-Golfo
Brillante líquido ...	L	t	5.008 CIF-E
Brillante líquido ...	N	t	4.574 FOB-Tampa
Resto del mundo, líquido ...	L	t	5.008 CIF-E
Canadiense en placas sólidas ...	L	t	5.342-5.675 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	2.992-4.488 FOB
--	---	---	-----------------

Magnéticas o de flotación, mín. 96 % BaSO ₄ , Max. 0,5 % Fe, en lotes de carga completa de camión ...	N	t	3.366-3.740 FOB
--	---	---	-----------------

Importadas de calidad para lodos, 4,2/4,3 peso específico ...	N	t	1.421 FOB-Golfo
Importadas, mín 92 % BaSO ₄ , a granel ...	L	t	2.119-2.472 CIF

Molidas:

En húmedo, mín 95 % BaSO ₄ , a 325 mallas ASTU, en bolsas de 50 lb, en lotes de camiones ...	N	t	4.488-5.984 FOB
---	---	---	-----------------

En seco, calidad para lodos, 83/83 % BaSO ₄ , 3,1/12 % Fe, 4,2/4,3 peso específico en lotes de 1 a 5 toneladas ...	N	t	5.311-5.834 FOB
Importadas 4,2/4,3, peso específico ...	N	t	2.319 FOB

Importadas blancas, calidad para pinturas, 96/98 % BaSO ₄ , mín 99 %, a 350 mallas BS, en lotes de 1 a 5 toneladas ...	L	t	8.240-9.417 D-R.U.
---	---	---	--------------------

Marroquí, calidad para lodos, mín. 4,2, peso específico ...	L	t	3.060-3.296 CIF-pe
---	---	---	--------------------

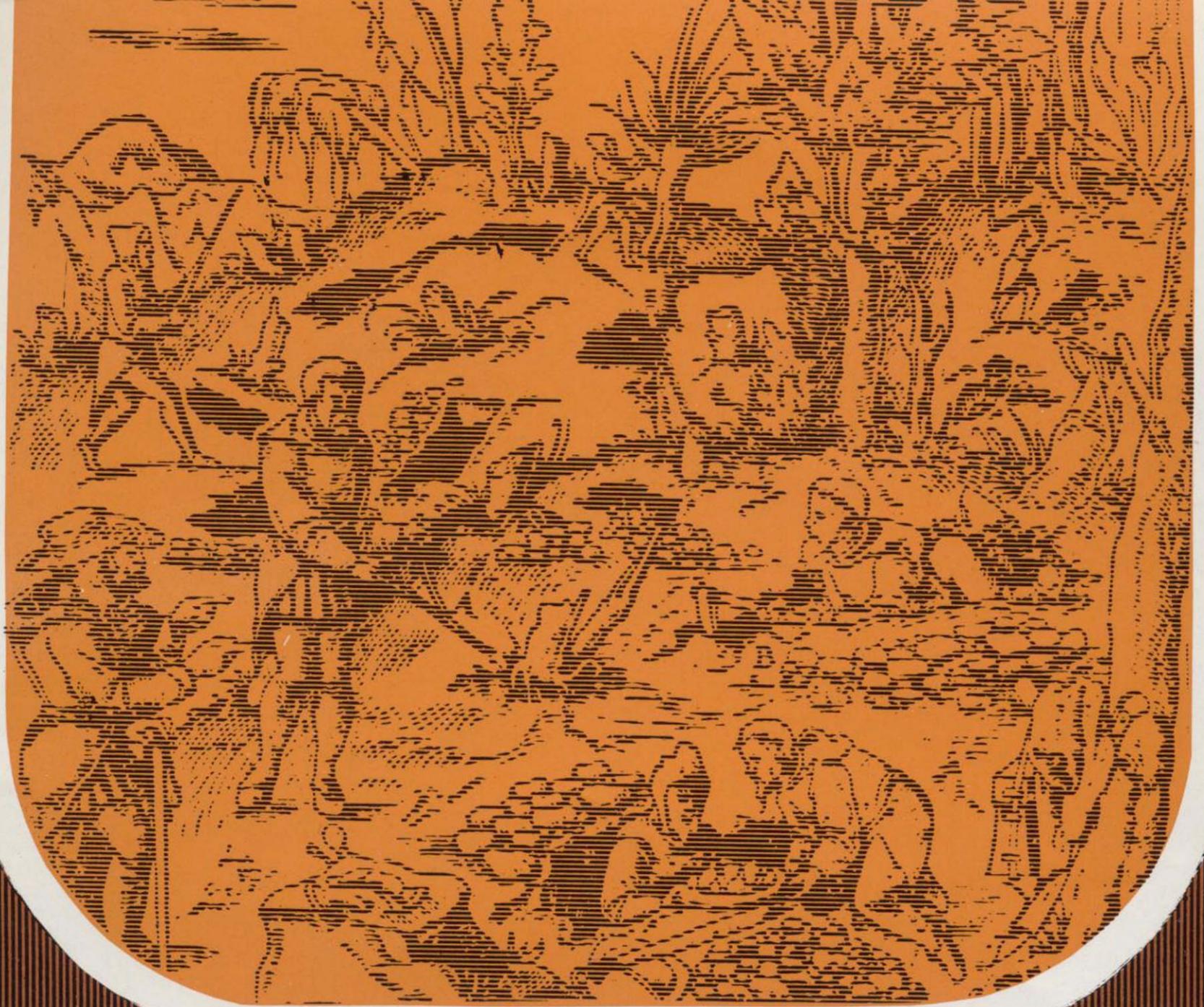
Micronizadas:

Mín 99 % más fino de 20 micras ...	L	t	10.594-12.948 D-RU
------------------------------------	---	---	--------------------

BORATOS

Decahidrato granular, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	14.351 D-RU
--	---	---	-------------

Pentahidratato, refinado, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t ...	L	t	17.938 D-RU
--	---	---	-------------



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- ★ GEOLOGIA.
- ★ AGUAS SUBTERRANEAS.
- ★ EXPLORACION MINERA.
- ★ EXPLORACION PETROLERA.
- ★ SONDEOS.
- ★ ROCAS INDUSTRIALES.
- ★ GEOTECNIA.
- ★ GEOFISICA.
- ★ LABORATORIOS.
- ★ LIMPIEZA QUIMICA.



CGS Compañía
General de
Sondeos S.A.

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Anhídrico, técnico, en bolsas de papel, en lotes de t.	L	t	22.244 D-R.U.
Acido bórico, técnico granular, en bolsas de papel, en lotes de t	L	t	20.450 D-R.U.
Técnico, mín. 99,5 %, en fragmentos, en lotes de camiones, a granel	N	t	6.807 FOB
Dehidrato, mín. 99 %, en fragmentos, en lotes de camiones, a granel	N	t	16.830-17.054 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	29.239 FOB
CELESTITA			
Inglesa, molida, lavada y clasificada, 95 % SrSO ₄ , empaquetado, molido 240 mallas BS	L	t	4.066 e-w
ESPATO FLUOR			
Metalúrgico, mín. 70 % CaF ₂ :			
Inglés	L	t	1.766-3.531 e-m
Americano, en pellets, a granel	N	t CaF ₂ cont	5.631-6.173 FOB
Mejicano	N	t CaF ₂ cont	4.750-4.901 FOB-barco
Cerámico, mín. 85 % CaF ₂ :			
Inglés molido 93/95 % CaF ₂	L	t	3.531-4.708 CIF
Americano, a granel 88/90 % CaF ₂	N	t CaF ₂ cont	6.106-6.784 FOB
95/96 % CaF ₂	N	t CaF ₂ cont	6.445-7.191 FOB
97 % CaF ₂	N	t CaF ₂ cont	6.784-7.802 FOB
Acido, material seco, mín. 97 % CaF ₂ :			
Inglés embolsado	L	t	4.708-6.474 D-R.U.
Americano en bruto, a granel	N	t CaF ₂ cont	6.445-7.802 FOB
en pellets, 88 % cont. efectivo, a granel	N	t CaF ₂ cont	7.123 FOB
concentrados ácidos secos	N	t CaF ₂ cont	7.630-9.350 FOB-m
importado en Europa	N	t CaF ₂ cont	7.854-8.752 CIF-dp
Mejicano a granel	N	t CaF ₂ cont	5.722-5.938 FOB
FOSFATOS			
Americano, sin moler, en seco, a granel			
66/68 % BPL	N	t	2.468 FOB-m
68/70 % BPL	N	t	— FOB-m
70/72 % BPL	N	t	3.067 FOB-m
74/75 % BPL	N	t	3.516 FOB-m
76/77 % BPL	N	t	3.964 FOB-m
Tunecino, 65/68 % BPL	L	t	— FOB
Australiano, 83 % BPL	L	t	2.003-2.137 FOB
Marroquí, 75 % BPL	L	t	3.290 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 mayo
GRAFITO			
Alemán	N	t	18.317-81.408 FOB-m
Madagascar	N	t	18.995-57.664 FOB-m
Noruego	N	t	12.211-20.352 FOB-m
Ceilán, sin diferenciar calidades	N	t	18.927-35.548 FOB-m
Fragmentos muy pesados, 97/99 % C	L	t	23.542 FOB-Ce
Fragmentos peso ordinario, 94/95 % C	L	t	17.186 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	11.889 FOB-Ce
En pedacitos casi polvo, 97/98 % C	L	t	23.542 FOB-Ce
90/92 % C	L	t	11.889 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	8.710 FOB-Ce
En pedacitos, 90/92 % C	L	t	11.889 FOB-Ce
80/83 % C	L	t	8.710 FOB-Ce
En polvo, 50/55 % C	L	t	4.120 FOB-Ce
Amorfo, 80/85 % C:			
Coreano, en bolsas	N	t	2.714 FOB-m
Mejicano, a granel	N	t	2.714 FOB-m
NITRATOS			
Sódico, o de Chile, mín. 98 %, en lotes de 8 t	L	t	8.593 e-w
PIRITAS			
USA, 50/52 % S, a granel	N	t	1.197-1.286 FOB
Españolas, mín. 48 % S (Río Tinto y Tharsis)	L	t	(n) FOB-H
Portuguesas, mín. 48 % S (Aljustrel y Louzal)	L	t	(n) FOB-SS
Resto de los países productores	L	t	(n) CIF
POTASAS			
Cloruro de potasio, 60 % K ₂ O:			
Europa, standard, a granel	L	t	5.297-5.415 CIF
USA, standard	N	t. u. K ₂ O	71,80 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	56,10 FOB-C
Coarse	N	t. u. K ₂ O	58,34 FOB-C
Granular	N	t. u. K ₂ O	59,84 FOB-C
USA:			
Standard	N	t. u. K ₂ O	60,58 FOB-Ca
Standard	N	t. u. K ₂ O	59,84 FOB-NM
Finos standard	N	t. u. K ₂ O	62,08 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	65,07 FOB-Ca
Coarse	N	t. u. K ₂ O	62,08 FOB-NM
Granular	N	t. u. K ₂ O	63,58
Cloruro de potasio, 62/63 % K ₂ O:			
Canadiense, soluble	N	t. u. K ₂ O	59,84 FOB-C
USA, soluble	N	t. u. K ₂ O	63,58 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 10 t	L	t	588 e-w
Sal de mina, machacada, en lotes, mín. de 6 t, en bolsas de 50 kg	L	t	591 e-w
Sal de salina, en lotes, mín. de 6 t, seca, en bolsas de 50 kg	L	t	955 e-w
Sal de salina, en lotes mín. de 6 t a granel, sin secar.	L	t	738 e-w



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

Minerales no metálicos	Mercado	Unidad	Precio de mayo
VERMICULITA			
USA	N	t	2.842-4.712 FOB-M
Sudáfrica:			
En crudo	N	t	4.488-5.984 CIF-AT
En crudo embolsada	L	t	3.955-5.274 CIF
WOLLASTONITA			
Para pinturas:			
P ₁ , 99,7 % menor 325 mallas BS	L y N	t	4.532 CIF-E
P ₄ , 99,95 % menor 325 mallas BS	L y N	t	4.944 CIF-E
Para cerámica:			
C ₁ , 96,5 % menor 324 mallas BS	L y N	t	4.473 CIF-E
C ₆ , 79,2 % menor 325 mallas BS	L y N	t	4.414 CIF-E
C ₁₀₁ , 2 % menor 200 mallas BS	L y N	t	4.355 CIF-E
Para mastique:			
F ₁ , 78 % menor 325 mallas BS	L y N	t	4.767 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.
l:	Lira Italiana.
Rand:	Rand Sudafricano.
Yen:	Yen Japonés.
100 FB:	170,26
100 L:	8,042
100 Yen:	22,63
1 DM:	26,30
1 FF:	14,34
1 \$C:	69,29
1 \$:	67,84
1 \$A:	96,33
1 \$M:	26,81
1 Rand:	94,98
1 £:	119,59
£/\$:	1,762

PUERTOS

N. Y.:	Nueva York.	S:	Setúbal.
Lago:	Lago Superior.	Fla:	Florida.
ON:	Lago Ontario.	Ca:	California.
R. U.:	Reino Unido.	N. M.:	Nuevo México.
Golfo:	Golfo de México.	At:	puerto Atlántico.
H:	Huelva.	L:	Laredo.
Ab:	Albany.	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:	Franco sobre camión.
CIF:	El vendedor asume los gastos de la fórmula FOB más los gastos del seguro y flete hasta el puerto de destino.
CIF-E:	CIF en puerto Europeo.
CIF-USA:	CIF en puerto USA.
CIF-X:	CIF en lugar X.
D:	Franco en el domicilio del comprador.
D-X:	D en el lugar X, caso de que el comprador quisiera la mercancía en otro lugar correría con los gastos de traslado.
c-m:	Ex-mine=puesto 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 mayo
AMIANTO O ASBESTOS			
Crisotilo canadiense, en lotes camiones:			
Grupo núm. 1	L	t	267.059 FOB-C
Grupo núm. 2	L	t	145.065 FOB-C
Grupo núm. 3 (fibra hilable)	L	t	168.063-111.758 FOB-C
Grupo núm. 4 (fibra para fibrocementos y láminas)	L	t	37.584-63.327 FOB-C
Grupo núm. 5 (fibra corta para papel)	L	t	21.236.29.104 FOB-C
Grupo núm. 6 (estucos y plásticos)	L	t	20.090 FOB-C
Grupo núm. 7 (menudos)	L	t	6.799-13.063 FOB-C
ARCILLA			
Arcilla plástica:			
Secada por aire, a granel	L	t	588-1.766
Secada por aire, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	1.221-1.493 FOB-Te
Pulverizada, embolsada	L	t	1.766-4.708
Machacada, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	543-763 FOB-Te
Arcilla dura calcinada	L	t	3.531-4.708 CIF
Arcilla resistente al fuego (*)	N	t	603 FOB-EE. UU.
Fuller's Earth, tratada con escorias sódicas:			
De grado para fundición, embolsada	L	t	3.531-4.120 D-RU
De grado para construcción, a granel	L	t	4.237-4.944 D-RU
Arcilla común y esquistosa, a granel (*)	N	t	1.633 D
Fuller's Earth natural (*):			
...	N	t	1.696-2.714 FOB-EE. UU.
Bentonita:			
Wyoming, de grado para fundición, mín. 85 %, molido, 200 mallas B. S., embolsada en lotes de 5 t.	L	t	5.650-6.121 D
Para consumo interior en los EE. UU., molido, a 200 mallas A. S. T. M., embolsada, en lotes de camiones (*)	N	t	1.051-1.085 FOB-m
Importada de Italia, blanca, embolsada, en lotes de 5 t. (*)	N	t	22.930 e-w
Atapulgita:			
En polvo, molido 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 mayo
ARENA Y GRAVA			
Arena para la construcción, menor de 19 mm, en lotes de camiones (*)	N	t	241
Grava para la construcción, en lotes de camiones:			
Entre 19 y 38 mm (*)	N	t	248
Mayor de 38 mm (*)	N	t	260
Mezcla indiferenciada para la construcción, en lotes de camiones (*)	N	t	93,61 FOB-p
ARENISCA Y CUARCITA			
Piedra en bloque para la construcción:			
En bruto (*)	N	t	1.232
Labrada (*)	N	t	3.405
En losas para solar (*)	N	t	2.942
Piedra triturada en lotes de camiones:			
Menor de 19 mm (*)	N	t	238
Mayor de 38 mm (*)	N	t	233
Para la construcción (*)	N	t	135
Para reflectarios (*)	N	t	547
Para abrasivos (*)	N	t	414
Para terrazo (*)	N	t	1.224
BAUXITA			
De grado abrasivo, mín. 86 % Al ₂ O ₃	L	t	4.944-5.768 CIF
De grado refractario:			
Mín. 86 % Al ₂ O ₃	L	t	7.298 CIF
Importada de Guayana, mín. 88 % Al ₂ O ₃ , supercalcinada	N	t	7.937 FOB-At
CALIZA Y DOLOMIA			
Piedra en bloque para la construcción:			
En bruto (*)	N	t	1.299
Labrada (*)	N	t	3.501
En losas para solar (*)	N	t	1.459
Piedra triturada, en lotes de camiones:			
Para la construcción (*)	N	t	123
Para terrazo (*)	N	t	976
Para refractarios (*)	N	t	204
Molida a 200 mallas B. S., a granel	L	t	559-618 e-w
CAOLIN			
Lavado, totalmente calcinado, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	5.156 FOB-EE. UU.
Parcialmente calcinado, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	4.681 FOB-EE. UU.
Grado para papel, sin calcinar, a granel:			
Núm. 1, para revestir papel, en lotes de camiones (*)	N	t	2.714-2.781 FOB-EE. UU.

Roca	Mercado	Unidad	Precio de mayo
Núm. 2, para revestir papel, en lotes de camiones (*)	N	t	2.171-2.239 FOB-EE. UU.
Núm. 3, para revestir papel, en lotes de camiones (*)	N	t	2.103-2.171 FOB-EE. UU.
Refinado	L	t	3.767-5.532 FOB
Para masilla, a granel:			
Para uso general, en lotes de camiones (*)	N	t	950 FOB-EE. UU.
Refinada	L	t	1.530-2.590 FOB
De grado para pinturas, exfoliado, lavado, sin calcinar, molido a 1 M, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	4.545 FOB-EE. UU.
Para cerámica, refinado, a granel	L	t	1.412-2.943 FOB
Molido en seco, separado por aire, cocido, a granel, en lotes de camiones (*)	N	t	950 FOB-EE. UU.
CUARZO			
Sílice, mín. 99,5 % SiO ₂ :			
Molido a 120 mallas B. S.	L	t	2.472 D-RU
Molido a 300 mallas B. S.	L	t	2.943 D-RU
Para fundente, de cualquier tamaño	N	t	32.912-187.000
Para usos óptico y piezoeléctrico, dependiendo del grado y del tamaño	N	kg	374-7.479
DUNITA Y OLIVINO			
En fragmentos, a granel, en lotes de 500 t	L	t	1.295-1.648 CIF
Arena seca, embolsada, en lotes de 10 t	L	t	3.531-4.120 D-RU
FELDESPATO			
De grado para cerámica y vidrio:			
En polvo, molido a 200 mallas B. S., embolsada	L	t	4.120-4.473 e-w
Arena, entre 2 y 3 mm	L	t	2.354-3.178 CIF
Dependiendo del grado, molido, en lotes de camiones:			
20 mallas A. S. T. M., de flotación	N	t	1.309 FOB-m CN
20 mallas A. S. T. M., granular	N	t	1.496-1.683 FOB-m Co
40 mallas A. S. T. M., de flotación	N	t	1.496-2.057 FOB-m CN
40 mallas A. S. T. M., granular	N	t	1.945-2.057 FOB-m G
200 mallas A. S. T. M., de flotación	N	t	2.038-2.730 FOB-m CN
200 mallas A. S. T. M.	N	t	2.468-2.506 FOB-m G
200 mallas A. S. T. M.	N	t	2.094-2.244 FOB-m Co
GRANATE			
De Idaho, 8-250 mallas A. S. T. M., en lotes de 1-10 t	L	t	5.876-9.081 FOB-Idh
GRANITO			
Piedra en bloque para construcción:			
En bruto (*)	N	t	2.179
Labrada (*)	N	t	5.871
Piedra en bloque para monumental, en bruto y labrada (*)	N	t	4.321
Piedra triturada para la construcción (*)	N	t	126

Roca	Mercado	Unidad	Precio de mayo
MAGNESITA			
Cruda, importada de Grecia, en fragmentos	L	t	5.297-5.885 CIF
Calcinada cáustica:			
De grado para agricultura	L	t	6.474-7.651 CIF
De grado industrial	L	t	7.651-15.302 CIF
Calcinada a muerte:			
A granel, en lotes de camiones	N	t	8.976 FOB-N
A granel, en lotes de camiones	N	t	17.204 FOB-Ob
Embolsada, en lotes de camiones	N	t	9.874 FOB-N
De grado para mantenimiento	L	t	7.651-8.240 e-w
De grado para ladrillos refractarios	L	t	8.240-9.064 e-w
MARMOL			
Piedra en bloque para la construcción:			
En bruto (*)	N	t	3.683
Labrada (*)	N	t	19.674
Piedra en bloque para monumental, en bruto y labrada (*)	N	t	—
Piedra triturada:			
Para la construcción (*)	N	t	399
Para terrazo (*)	N	t	1.145
MICA			
Molida, polvo seco	L	t	11.771-17.068 e-w
Molido, seco, embolsada, en lotes de camiones:			
Unido a cemento, 100 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	5,98-7,47 e-w
Plástica, 100 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	5,98-7,47 e-w
Para techado, 20-80 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	2,99-4,48 e-w
Molido, polvo húmedo	L	t	20.011-23.542 e-w
Molido, húmedo, en lotes de camiones:			
Biotita o micra negra (*)	N	kg	(n) e-w
Para pinturas o lacas, 325 mallas A.S.T.M. (*)	N	kg	13,46-14,95 e-w
Para goma (*)	N	kg	13,46-14,95 e-w
Para papel de pared (*)	N	kg	14,95-16,45
Flogopta o mica plata:			
En bloques (*)	N	kg	257
En hojuelas (*)	N	kg	142
Moscovita:			
En bruto, libre de impurezas	L	t	6.474-7.651 CIF
En bloques (*)	N	kg	244
En películas (*)	N	kg	874
En hojuelas (*)	N	kg	49,36
Micronizada	L	t	14.125-18.834 e-w

Roca	Mercado	Unidad	Precio de mayo
PIZARRA			
Piedra en bloque para la construcción			
En bruto (*)	N	t	—
Labrada (*)	N	t	9.837
En bolsas para solar (*)	N	t	2.359
Piedra, triturada, molido mín. 90 % a 200 mallas B. S., a granel	L	t	838 e-w
PUMITA			
Cruda (*)	N	t	64,44
Preparada (*)	N	t	244
Compuestos:			
Para limpieza (*)	N	t	1.835
Para agregados (*)	N	t	151
Para balastro (*)	N	t	71,23
Para construcción de carreteras (*)	N	t	86,15
Para techado (*)	N	t	1.019
SILIMANITA			
Cianita, mín. 60 % Al ₂ O ₃ , dependiendo del tamaño:			
De la India, natural	L	t	7.651 FOB-In
De Sudáfrica	L	t	7.651-8.828 CIF-E
En los EE. UU. molida, a granel:			
35 mallas A.S.T.M.	N	t	4.338 FOB-G
48 mallas A.S.T.M.	N	t	4.638 FOB-G
100 mallas A.S.T.M.	N	t	4.862 FOB-G
200 mallas A.S.T.M.	N	t	5.460 FOB-G
325 mallas A.S.T.M.	N	t	8.826 FOB-G
Silimanita, 61-63 % Al ₂ O ₃ , embolsada	L	t	4.708 (n) FOB-In
Andalucita del Transversal, 52-54 % Al ₂ O ₃ , embolsada...	L	t	5.297 CIF-E
TALCO			
Esteatita:			
Noruega molida	L	t	3.588-3.708 e-w
Noruega micronizado	L	t	5.621-8.371 e-w
Francesa, molida fino	L	t	4.708-10.594 CIF
Italiana, de grado para cosméticos	L	t	10.594-12.948 CIF
Chino	L	t	8.240-9.417 CIF
Talco norteamericano:			
Standard	N	t	5.199 FOB-m
Fraccionado	N	t	2.768-5.311 FOB-m
Micronizado	N	t	4.638-7.779 FOB-m
Para cosméticos	N	t	3.291-4.862 FOB-m
Talco molido, mín. 99 % molido a 325 mallas A.S.T.M., en lotes de camiones	N	t	2.618 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	5.610 FOB-m
A.S.T.M. 404 brillante	N	t	6.882 FOB-m

Roca	Mercado	Unidad	Precio de mayo
TRIPOLI			
Kieselguhr argelino	L	t	5.381-5.979 CIF
Diatomita norteamericana:			
Calcinada y filtrada	L	t	17.656-23.542 D-RU
Calcinada hasta la fluidificación y filtrada	L	t	17.656-24.719 D-RU
Para abrasivos (*)	N	t	8.480
TURBA			
A granel (*)	N	t	600 FOB-m
Embolsada (*)	N	t	988 FOB-m
Importada en los EE. UU. (*)	N	t	3.935
YESO			
Crudo	L	t	294-353 e-w
Crudo (*)	N	t	283
Calcinado (*)	N	t	1.106
Productos de yeso (*)	N	t	2.303

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
140	11418	11-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Segovia.
143	11691	15-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Almería.
143	11692	15-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Pontevedra.
144	11797	16-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Madrid.
147	11989	19-VI-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.
152	12460	25-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
152	12461	25-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Córdoba.
152	12446	25-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita.
154	12712	28-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Santander.
154	12712	28-VI-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de la concesión de explotación minera que se cita, Delegación Provincial de Zaragoza.
PERSONAL				
122	9813	21-V-76	Ind.	Cuerpo de Ingenieros de Minas. Relación de funcionarios. Orden por la que se aprueba la relación de Funcionarios del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Ministerio de Industria, referida a 31 de diciembre de 1975.
HIDROCARBUROS				
122	9838	21-V-76	Ind.	REAL DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión CAMPSA y SHELL al INI de un 8 por 100 en los permisos de investigación de hidrocarburos "Columbretes C, D, E y F".
129	19379	29-V-76	Ind.	ORDEN por la que se declara extinguido el permiso de investigación de hidrocarburos "Ostiz" por vencimiento de su plazo de vigencia.

"B. O. E." NÚMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
151	12344	24-VI-76	Ind.	ORDEN por la que es adjudica a las Sociedades CALSPAIN, CNWL, y CEPSA la "Demasia a Casablanca" para investigación de hidrocarburos en la zona C, subzona A.
158	12984	2-VII-76	Ind.	ORDEN por la que es concede a las Entidades "Apexco" y "Campsa" una prórroga de tres años de vigencia de los permisos "Valls" y "Villafranca del Panadés".
RESERVAS				
163	13425	8-VII-76	Ind.	CORRECCION de errores de la Orden de 24 de septiembre de 1975 por la que se declara reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en el área denominada "Hoja 479-3", comprendida en la provincia de Salamanca.
V A R I O S				
125	10088	25-V-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Ayuntamiento de Miranda de Ebro (Burgos) un caudal de 90 litros por segundo de los manantiales de Fuentes de Hontoria, en término municipal de Pancorvo, de la misma provincia, con destino a ampliación del abastecimiento de aguas potables.
125	10092	25-V-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede autorización de un caudal de aguas subálveas de la tierra de Can Plana, en términos municipales de Riells y Viabrea (Gerona), con destino a usos industriales, a nombre de "Conditex, S. A.".
157	12881	1-VII-76	O. P.	RESOLUCION por la que es concede a don José María Rodríguez Martínez un aprovechamiento de aguas subálveas del río Guadalquivir, en término de Mengibar (Jaén), con destino a usos industriales.
158	12985	2-VII-76	Ind.	ORDEN por la que se declara a "Altos Hornos de Vizcaya, S. A.", incluida en el área de preferente localización industrial minera del Noroeste.
163	13425	8-VII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la solicitud de aprovechamiento y perímetro de protección para las aguas del pozo que se cita, en la provincia de Las Palmas de Gran Canaria.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

I SYMPOSIUM DEL CRETACICO DE LA CORDILLERA IBERICA, REUNION DE CAMPO SOBRE EL CRETACICO DE LA SERRANIA DE CUENCA

Editado por la Caja Provincial de Ahorros de Cuenca y distribuido por el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Madrid.

Este volumen monográfico, recoge los diversos trabajos presentados al Symposium celebrado en Cuenca durante los días 9-12 de septiembre de 1974, y como su título indica, está dedicado fundamentalmente a temas del Cretácico de la Cordillera Ibérica. Los distintos trabajos, cubren numerosos campos de la Geología de esta región, tratados con gran detalle por especialistas, lo que permite una puesta al día importante en lo que se refiere al conocimiento de esta región.

Desde el punto de vista paleontológico, el Dr. Vía

describe el Crustáceo Decápodo *Mecochirus magnus*, abundante en esta región, señalando su distribución. María P. Villalba y María E. Carretero describen la fauna cretácica de los alrededores de Cuenca, poco conocida, y el Dr. Grambast estudia con gran detalle la flora de *Charophytas* del Cretácico terminal, únicos elementos que permiten establecer la cronoestratigrafía de las facies de tránsito marino-continentales entre Cretácico y Terciario.

El problema de las facies brechoideas del Cretácico superior (Senoniense, "Carniolas del Cretácico superior"), es estudiado e interpretado en dos trabajos, por F. Meléndez y A. Yébenes. Asimismo, J. Canèrot describe los sedimentos Hauterivienses del Maestrazgo.

Existen también siete trabajos regionales, que abarcan amplias áreas de la Cordillera Ibérica, estudiadas e interpretadas con detalle. P. Brenner y J. Wiedmann estudian el "Weald" de la región más septentrional (Cameros) indicando sus relaciones paleogeográficas con la vecina cuenca Cantábrica. J. Wiedmann estudia el Cretácico superior celtibérico, estableciendo su bio-estratigrafía basada fundamentalmente en los *Ammonites*. P. Sánchez Soria presenta una síntesis de la Sierra de Altomira, rama despegada de la Cordillera Ibérica y cabalgante sobre la cuenca del Tajo. J. Villena y J. R. del Pozo sintetizan la región de Molina de Aragón. La Serranía de Cuenca y las zonas meridionales son también sintetizadas por J. R. del Pozo, J. M. Portero, A. Olivé y F. Meléndez. A. G. Quintana detalla las características del "Weald" de la parte occidental de la provincia de Valencia. Finalmente, L. Linares y T. Rez. Estrella, estudian la región intermedia entre la Cordillera Ibérica y la región Prebética de las Cordilleras Béticas, estableciendo los principales rasgos paleogeográficos.

Una síntesis estratigráfico-paleogeográfica sobre la región SW de la cordillera Ibérica, establecida por los distintos autores que han estudiado sus diversas regiones, se puede considerar como una puesta al día de todos los conocimientos existentes, y en consecuencia un notable avance en lo que respecta al conocimiento del Cretácico español. Los numerosos mapas adjuntos, permiten seguir detalladamente la evolución de esta región.

Finalmente, el volumen queda completado con la guía de las excursiones realizadas, en la que las numerosas columnas estratigráficas permiten con facilidad su estudio de campo.—APARCIO.

GEOLOGIA MARINA

SEIBOLD, E.: *Der Meeres boden*. Ergebnisse und Probleme der Meeresgeologie (El fondo del mar. Resultados y problemas de la geología marina.) Texto universitario. 86 figuras, 183 páginas, 24×16 cm., 1974, encuadernado, tapas flexibles. Springer-Verlag: Berlín, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-06868-6.

El presente libro se debe al Prof. Eugene Seibold, de la

Universidad de Kiel y comprende un prólogo, 8 capítulos y una bibliografía seleccionada.

No se trata de un libro exhaustivo sobre el tema sino de una introducción a una serie de aspectos de geología marina y temas relacionados. De todas formas, su enfoque es muy interesante y en ocasiones nuevo, por lo que puede ser de gran provecho para los investigadores interesados en el tema, a los que puede resultar muy útil como obra de consulta y, aun más, hacerles pensar sobre puntos ordinariamente no bien comprendidos o rebajados de importancia.

En sus 8 capítulos se tocan prácticamente todos los temas de la Oceanografía clásica y actual: morfología, sedimentos, corrientes, vida marina, relaciones entre fauna, sedimentos y temperatura del mar, depósitos minerales, tectónica de placas, génesis de los océanos.

Algunos capítulos, especialmente los referentes a temas desarrollados en los últimos años, como actividad termal de las zonas de "rift", corrientes de turbidez o el Deep Sea Crilling Projeet, están muy bien tratados en forma resumida y clara.

El estudio realizado en las páginas 93 a 97 sobre Venecia y los múltiples factores relacionados con su declinar es un ejemplo de cómo exponer un tema en pocas palabras y claramente.

Hay un gran número de ilustraciones en el libro, interesantes, aunque reproducidas de forma variable, algunas pobres, como la 4-10 a la 6-2 y otras de gran calidad y muy expresivas como la 8-11, 6-6 a 5-3.

La bibliografía, reducida a 47 citas de artículos o libros y 12 revistas es evidentemente corta; tal vez sería preferible una lista aún más corta de libros generales donde el lector pudiera documentarse o bien ampliarla.

Estas objeciones son evidentemente pequeñas en comparación con los méritos del libro, pues resulta extraordinariamente difícil conseguir una mejor introducción a un tema tan amplio en menos de doscientas páginas; no existe, por lo que conozco, un libro similar en español y muy pocos en otros idiomas, por lo que debe ser bienvenido por todos los interesados en el tema.—A. ARCHE.

BURK, C. A. DRAKE, C. L.: Editores. *The Geology of Continental Margins*. (La Geología de los márgenes Continentales.) 730 figuras, 1.009 páginas, 21×27,5 cm., encuadernado en tapas duras, 1974, Springer-Verlag. Berlín-Heidelberg-New York, ISBN-3-540-06866-X.

El presente libro está editado por Geighton A. Burk, de Mobil Oil y Charles L. Drake, del Dartmouth College.

Está constituido por 71 artículos de 115 diferentes autores distribuidos en 13 secciones: Introducción (1 artículo) batimetría general y topografía (2 artículos), transición del continente al océano (6 artículos), sedimentación actual (8 artículos), deformación en los márgenes continentales (6 artículos), geología de determinados már-

genes actuales: Atlántico (10 artículos), Pacífico (10 artículos), Indico (5 artículos), pequeñas cuencas oceánicas (8 artículos), márgenes antiguos (9 artículos), actividad ígnea y márgenes antiguos (3 artículos), recursos minerales y petrolíferos en márgenes continentales (2 artículos) y una recapitulación final.

Como se establece en la introducción, el libro pretende ser un libro de referencia y ayudar a las futuras investigaciones, objetivo que se cumple con creces.

Se trata de un libro extraordinario en su estricto sentido, es decir, fuera de lo normal. Casi todos los datos aportados son nuevos, tratados de forma clara casi siempre y los artículos están muy por encima de lo usual en revistas y congresos tanto en objetivos como en resultado final.

Las ilustraciones (más de 1.500) son excelentes en su promedio y las bibliografías, uno de los puntos interesantes del libro, extensas y puestas al día.

En este volumen se da un hecho poco frecuente que es de resaltar y agradecer. Numerosas compañías de petróleo y otros organismos han permitido publicar información del tipo que usualmente se califica de confidencial.

Si algo se hecha de menos es un índice de materias, mediante el cual abordar un tema concreto dentro de este impresionante volumen (más de 1.000 páginas y 2 kilogramos de peso).

En resumen, se trata de un libro de los que marcan época, y del que no se sabe a quién estar más agradecido, si a los autores y editores por su trabajo o a la editorial por editarlo tan magníficamente y a un precio razonable. Nada de ello es frecuente por desgracia.

Será un auténtico hito en cualquier biblioteca de institución o privada y consultado durante muchos años.—ARCHE.

PALEONTOLOGIA

JAMES SCOTT: *Introducción a la Paleontología*. Editorial Paraninfo. 191 págs., 39 figuras. Madrid, 1975.

La obra que reseñamos es una traducción de la obra inglesa "Paleontology an Introduction" que ha sido cuidadosamente traducida por G. Meléndez Hevia, Ldo. en Ciencias Geológicas y prolongada y revisada por el Catedrático de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid, Prof. Bermudo Meléndez.

La obra resume de una manera elemental las diversas materias implicadas en esta ciencia y comprende los ocho capítulos siguientes: 1) Los fósiles, 2) Evolución y ambiente, 3) Los primeros comienzos, 4) La vida en el mar, 5) La primera vida no marina, 6) El mundo mesozoico, 7) La Era Cenozoica, y 8) La Era Cuaternaria.

La edición española se ha enriquecido con algunas notas aclaratorias, a cargo del traductor, destinadas principal-

mente a los lectores que no estén al tanto de ciertas cuestiones que sólo los estudiosos estarían en condiciones de comprender, con lo que el texto se hace asequible en su totalidad, aun a los no iniciados. En la Bibliografía, se han conservado las citas originales de obras Clásicas en inglés, especialmente las publicaciones del British Museum Nat. Hist., pero la edición española se ha completado con otras obras en francés y de autores españoles o traducidas al castellano, a las que el lector puede tener fácil acceso.—APARICIO.

ANALISIS QUIMICO

BUTOR, JEAN-FRANÇOIS: *Application des techniques de la microscopie electronique a l'etude de l'aerosol atmospherique*. fin. Rap. CEA-R-4709, 86 págs., 1976.

Se trata de la tesis doctoral del autor presentada en la Universidad de Bretagne Occidentale.

Con el fin de precisar las propiedades dimensionales y la naturaleza de los aerosoles atmosféricos, el autor propone un método, que permite llegar al estudio de los núcleos de "Aitken" como a las partículas medias ($d=8,5 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$ a $d=2 \mu\text{m}$). Dispuso de un impactor Andersen para detener los polvos de mayores dimensiones, y de un filtro nucleoporoso situado a continuación. Se efectúa la observación de los depósitos con un microscopio electrónico. Describe el autor los instrumentos utilizados, los métodos de captación y depojamiento. Después de efectuar la formulación de la expresión matemática de la distribución granulométrica, desarrolla los resultados experimentales concernientes a la caracterización del material utilizado (eficacia de la captación del impactor Andersen y del filtro nucleoporoso). Estudió los aerosoles observados tanto en Barst como en el Atlántico a lo largo de las Azores, y al estudio de las curvas granulométricas obtenidas por diferentes medios y sus diversas influencias meteorológicas, curvas a las cuales aplica un tratamiento estadístico por latecina de Henry.—L.

CARRIER, MICHEL: *Etude comparative de quelques techniques electroanalytiques. Application au dosage de traces de cations metalliques*. Rap. CEA-R-4716, 109 págs., 1976.

Se trata de un estudio comparativo de dos técnicas de electroanálisis, la cromatografía lineal de redisolución y la plarografía con impulso de redisolución, asociada a tres tipos característicos de electrodos-electro de gota de mercurio (E.G.P.M.) electrodo de carbón vítreo (C.V.), electrodo de carbón vítreo recubierto de una capa de mercurio (E.F.M.).

Lo aplica a concentraciones de cationes metálicos inferiores o iguales a 10^{-8} M.

El fin del trabajo, es una manera muy práctica de valorar ciertos metales pesados en cantidades muy pequeñas en diversos electrolitos.—L.

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 marcada 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.

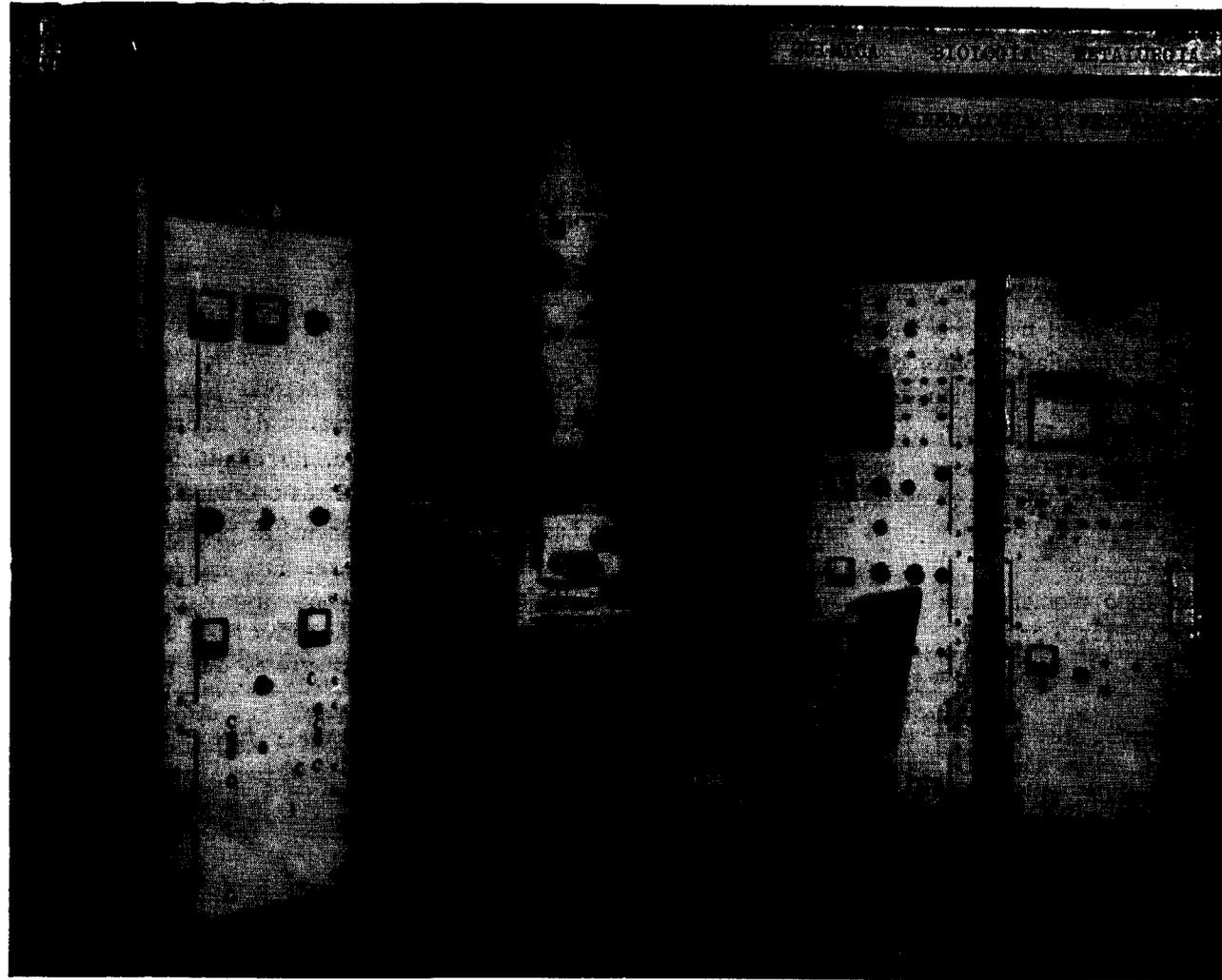
La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

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

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 hasta 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.

DELEGACION EN:
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA



EN PROSPECCION DE RECURSOS NATURALES

- * GEOLOGIA
- * AGUAS SUBTERRANEAS
- * EXPLORACION MINERA
- * EXPLORACION PETROLERA
- * SONDEOS
- * ROCAS INDUSTRIALES
- * GEOTERMIA
- * GEOTECNIA
- * GEOFISICA
- * LABORATORIOS



**Compañía
General de
Sondeos, S.A.**

OFICINAS CENTRALES: Corazón de María, 15 - Tel. 416 85 50* - MADRID-2
Portal de Castilla, 46 - Tel. 22 36 04* - VITORIA

LABORATORIOS: San Roque, 3 - Majadahonda (MADRID)

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	
COMPANIA 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