

En este número:

- Nota sobre la presencia de dos esquistosidades en el Cretácico inferior de Bilbao (Cordillera Vasco-cantábrica).
- Generalized Tertiary tectonics of the Iberian Peninsula.
- Ammonites del Oxfordense Superior y Kimmeridgense de la Sierra de Crevillente (Alicante).
- Horizontes portadores de mineralización (sulfuros y manganeso) en la zona de El Castillo de las Guardas, de la Faja Pirítica del SO de España (Parte I. Control Estratigráfico).
- Predicción de las anomalías de la pesantez en la Península Ibérica.
- Estudio mineralógico de las calizas cristalinas del Puerto de Somosierra (Provincia de Segovia).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 T. LXXXVII, Quinto Fascículo. Septiembre - Octubre 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**



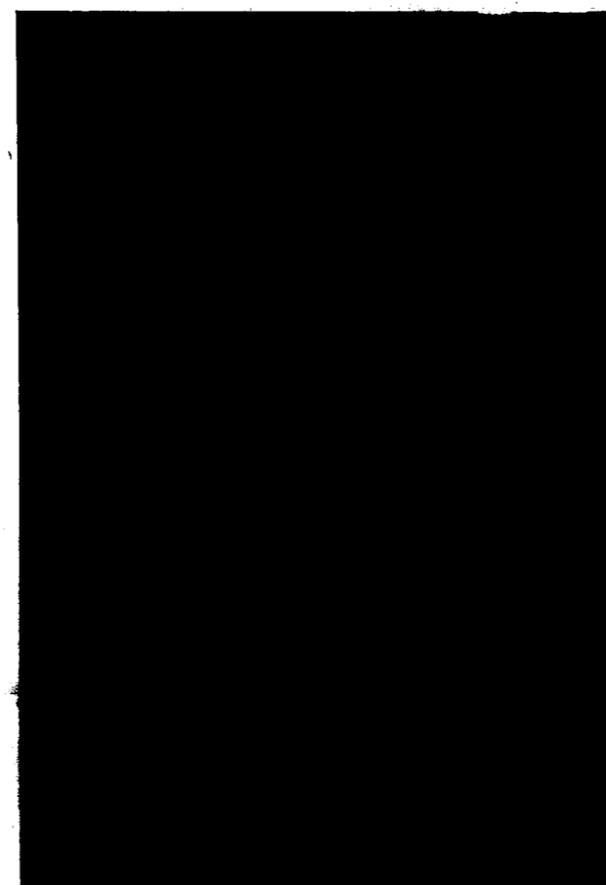
**domicilio social y gerencia:**  
serrano, 116. madrid-6  
☎ 262 41 10\*

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

**geológicos  
minerales  
hidrogeológicos  
geotérmicos  
geotécnicos**

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

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



## **ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS**

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

## **AGUA Y SUELO, S. A.**

**Dr. Fleming, 3 - 5.º piso**

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

**MADRID - 16**

### **SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

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

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

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



## **ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS**

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

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

Acidificaciones.

# **AGUA Y SUELO, S. A.**

**Dr. Fleming, 3 - 5.º piso**

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

**M A D R I D - 1 6**

## **SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

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

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

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

# GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

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

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

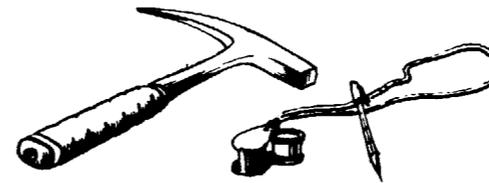


**FINA IBERICA S.A**

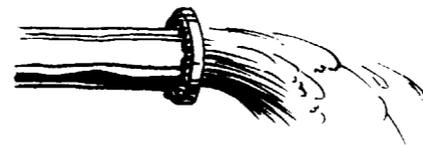
Dr. Fleming 3

Madrid 16-

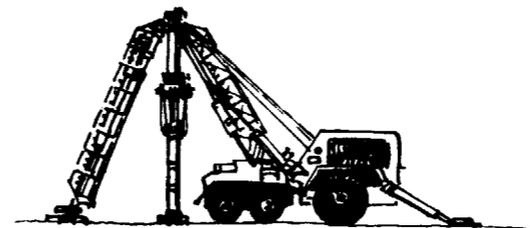
Tno. 2 59 78 04



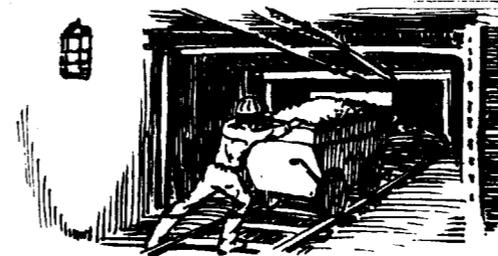
Investigacion  
Geologica



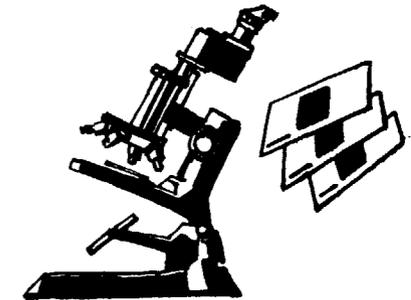
Hidrogeologia



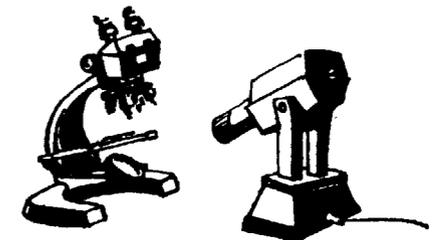
Perforacion



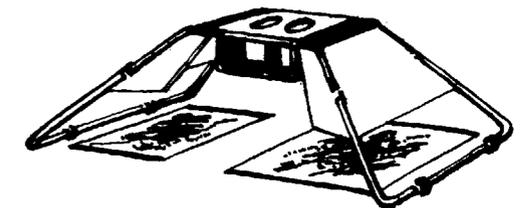
Mineria



Petrografia



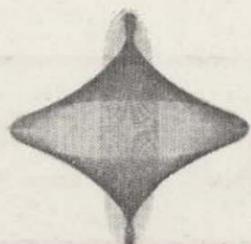
Micropaleontologia



Fotogeologia

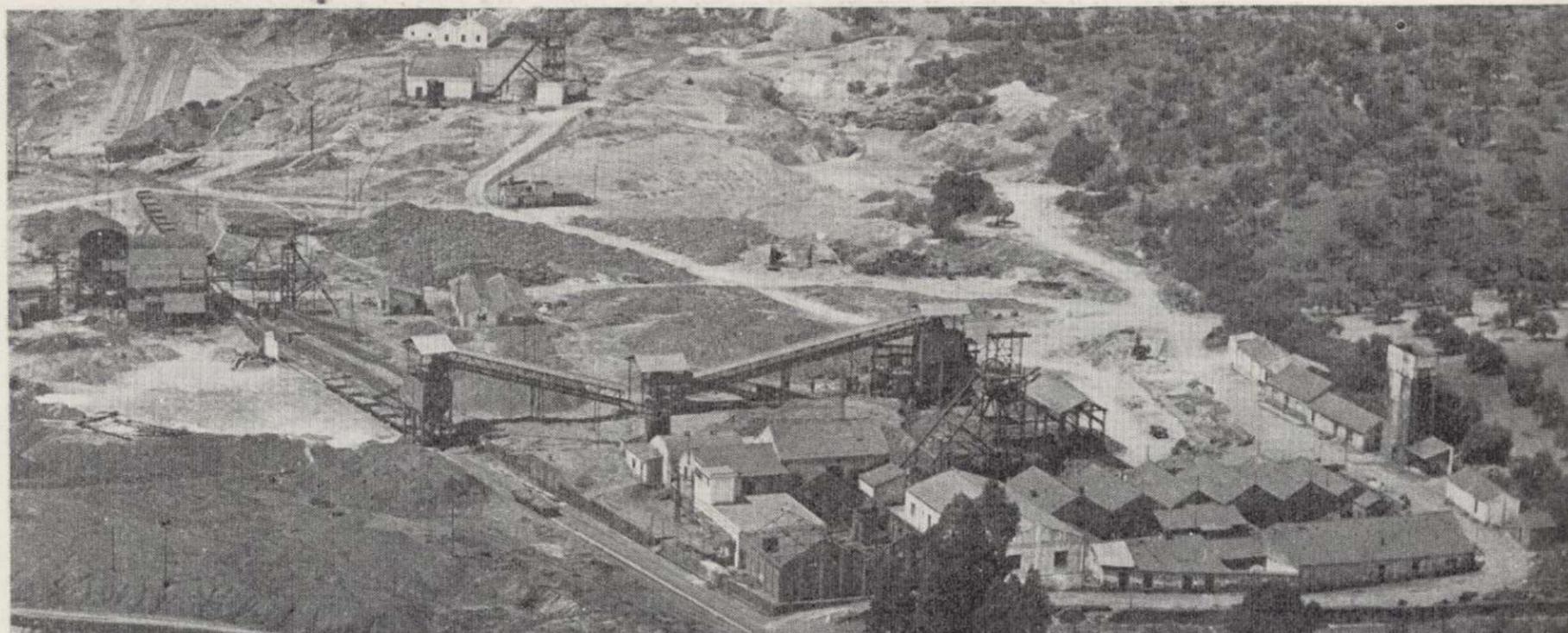


Laboratorio



# 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

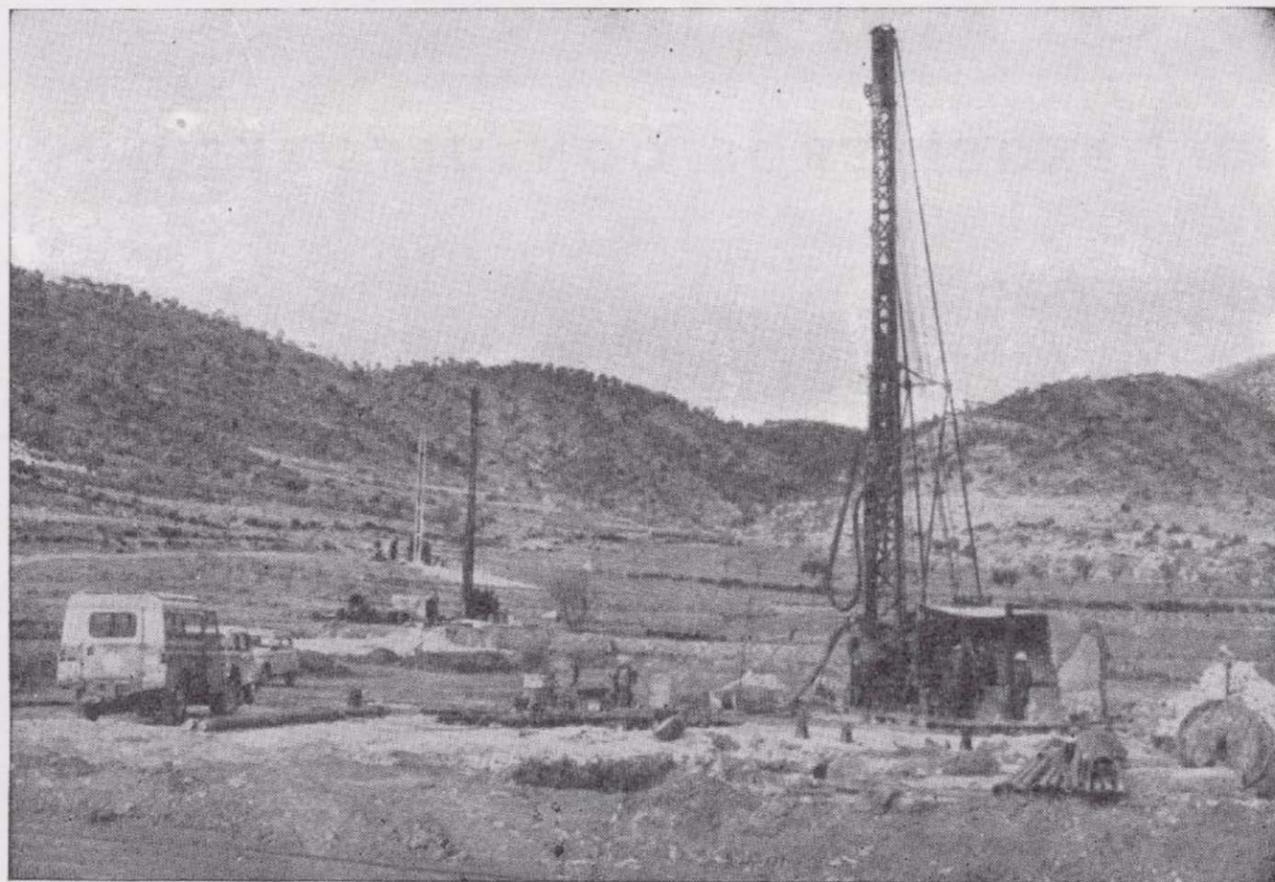
ESTUDIOS DE DESARROLLO REGIONAL  
ORDENACION DEL TERRITORIO  
DESARROLLO TURISTICO  
ESTUDIOS SECTORIALES  
ESTUDIOS DE VIABILIDAD  
ESTUDIOS DE TRANSPORTES  
ESTUDIOS ECONOMICO - FINANCIEROS

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.

# 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.

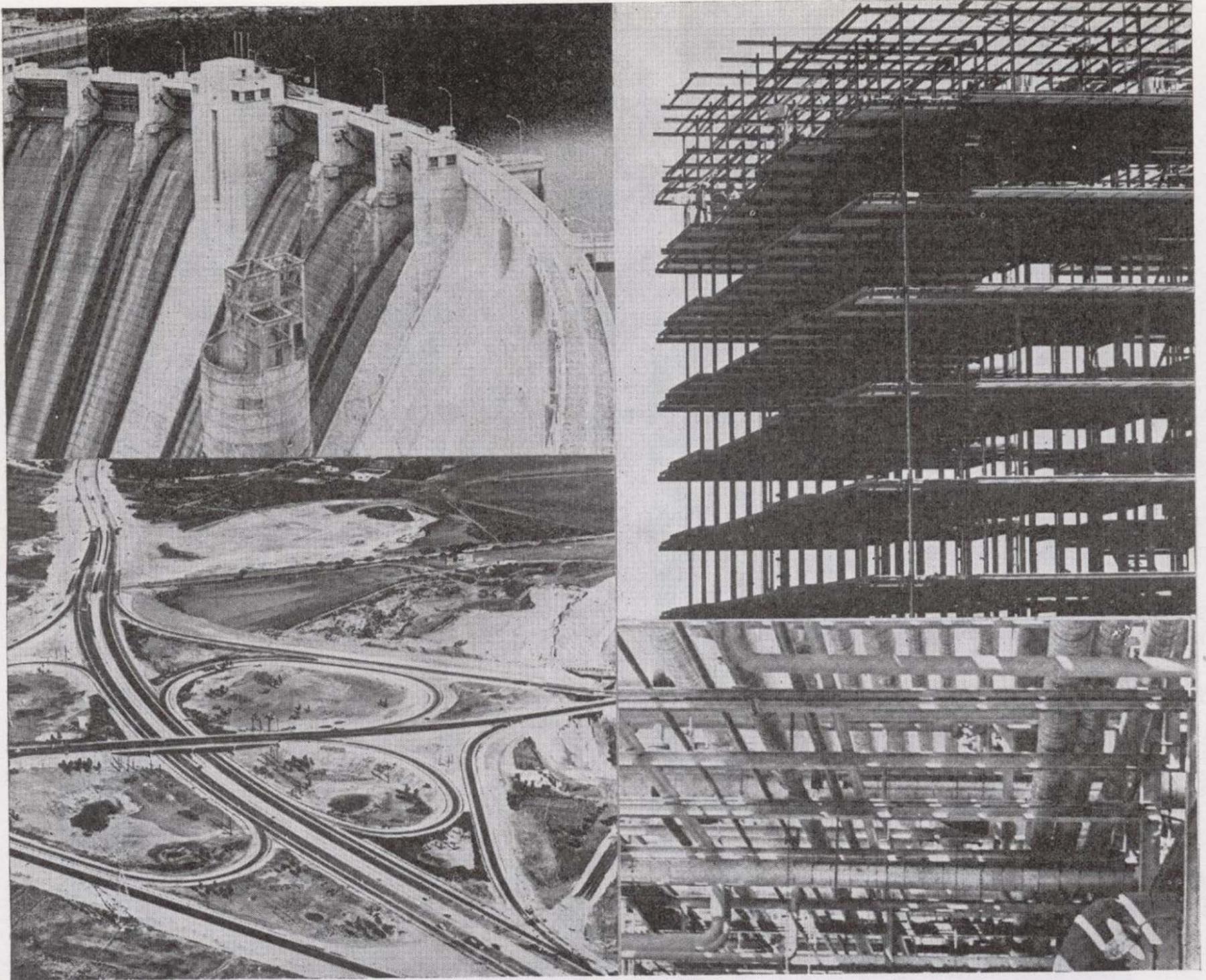
**Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua.** - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

**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



todo esto comenzo siendo un dibujo

**CALCOMP**

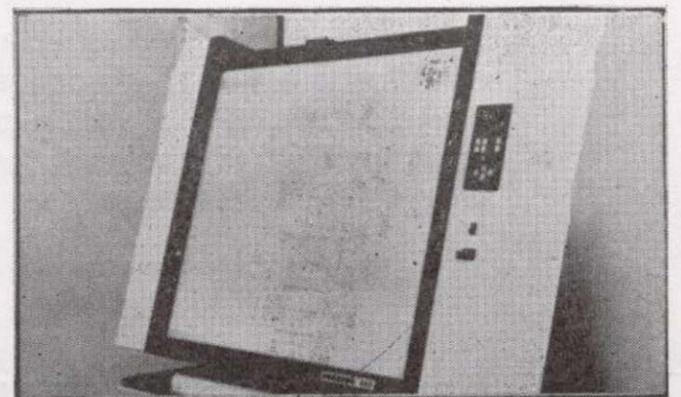
primera firma mundial en periféricos para ordenador

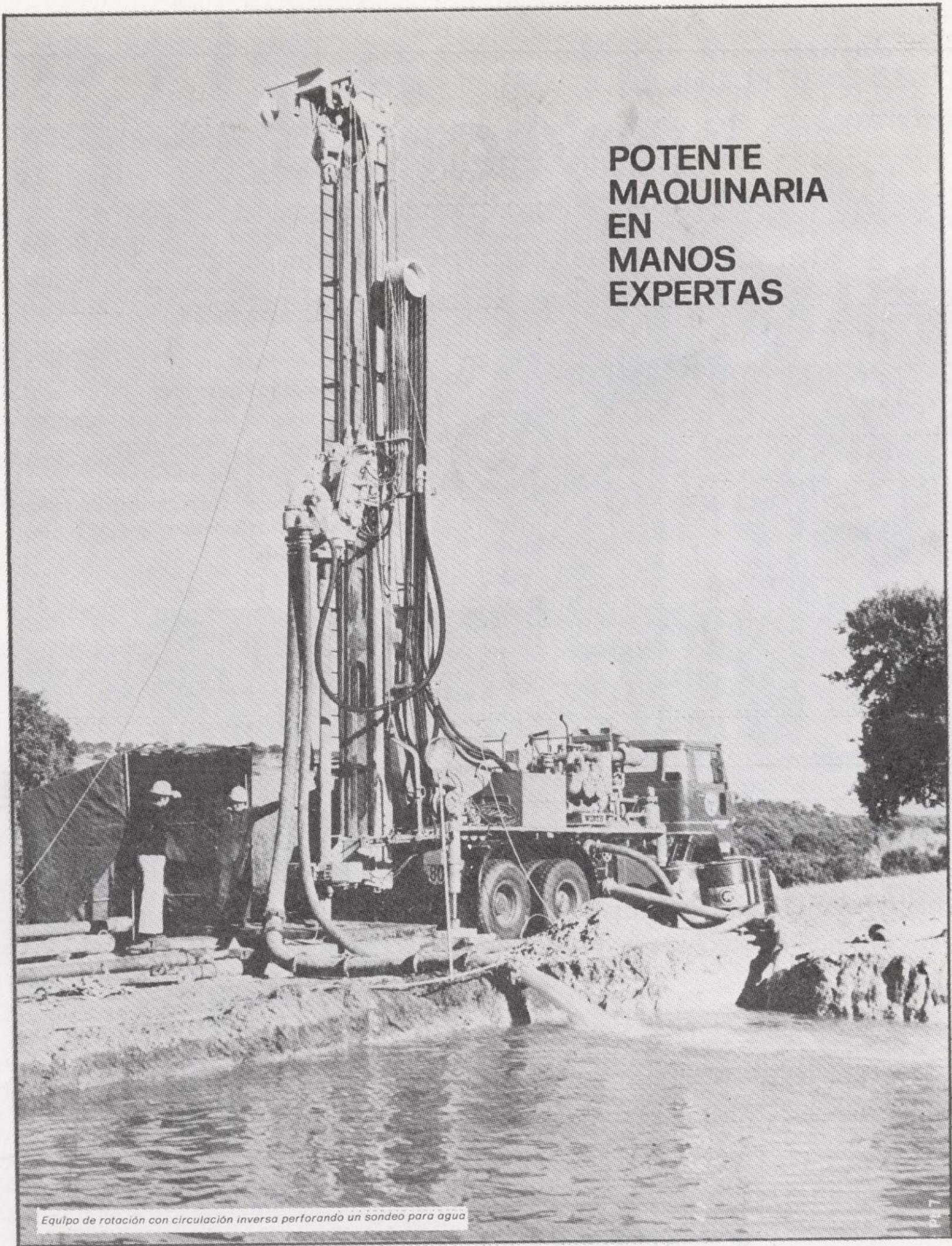
Soluciona sus necesidades de visualización gráfica de datos con Plotters de mesa de precisión y Plotters de rodillo de gran velocidad. Estos equipos pueden trabajar con y sin ordenador.

Aplicaciones más importantes en: Ingeniería, topografía, Reprógrafía, Reducción de datos, Simulación y modelado, Sismografía, Aplicaciones de proceso de datos, Producción de artes gráficas, Composición de Bellas Artes, Administración y dirección.

**he** hispano electrónica  
informática, s.a.

comandante zorita, 8 - madrid-20 - teléfs. 233 31 00\* 233 47 03\* - dirección telegráfica: hispatrónica  
telex 22404 - elec.e. figols, 27-29 - barcelona-14 - teléfs. 259 04 22 - 259 04 23. zabalbide, 42  
bilbao-6 - teléf. 423 83 09. navarro reverter, 2 - valencia-4 - teléf. 373 14 97. Sancho el sabio, 28  
san sebastián - teléf. 46 25 54.





**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



**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 V

Septiembre - Octubre 1976

# Boletín Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	M. ALVARO: Nota sobre la presencia de dos esquistosidades en el Cretácico inferior de Bilbao (Cordillera Vasco-cantábrica). ... ..	1
	F. SAENZ DE SANTA MARÍA: Generalized Tertiary tectonics of the Iberian Peninsula ... ..	4
	JOSÉ LILLO BEVIA: Ammonites del Oxfordense Superior y Kimmeridgense de la Sierra de Crevillente (Alicante) ... ..	10
<b>Minería</b>	J. RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR: Horizontes portadores de mineralización (sulfuros y manganeso) en la zona de El Castillo de las Guardas, de la Faja Pirítica del SO de España (Parte I. Control Estratigráfico) ... ..	28
<b>Geofísica</b>	C. GAIBAR-PUERTAS: Predicción de las anomalías de la pesantez en la Península Ibérica ... ..	38
<b>Estudio de Minerales y Rocas</b>	S. LEGUEY JIMÉNEZ, J. CASAS SÁINZ DE AJA, J. A. MEDINA NÚÑEZ y M. A. HOYOS GUERRERO: Estudio mineralógico de las calizas cristalinas del Puerto de Somosierra (Provincia de Segovia) ... ..	76
<b>Información</b>	Comisión de la Carta Geológica Internacional de Europa y de las Regiones Mediterráneas.—Toma de posesión del nuevo Subdirector del IGME.—Noticias.—Información legislativa.—Notas bibliográficas ... ..	86

### 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

Raña Pliocena, descansando sobre pizarras ordovícicas (el final del mango del  
martillo, indica el límite pizarras-raña). Luciana (Ciudad Real).

Foto: A. G. UBANELL

Depósito legal: M. 3.279.-1958

---

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

## Nota sobre la presencia de dos esquistosidades en el Cretácico inferior de Bilbao (Cordillera Vasco-cantábrica)

Por M. ALVARO (\*)

### RESUMEN

El análisis microtectónico de un afloramiento en la zona de Bilbao muestra la existencia de dos fases tectónicas superpuestas. La primera fase desarrolla una esquistosidad principal de plano axial. La segunda fase origina una esquistosidad de fractura en los niveles más pelíticos.

### ABSTRACT

Structural analysis in an outcrop of Bilbao zone shows the presence of two superimposed tectonic phases. The first phase develops a main axial-plane schistosity. The second phase produces a fracture schistosity in some pelitic beds.

### INTRODUCCION

La recolección de datos estructurales para el análisis de estabilidad de una excavación en un punto de la ciudad de Bilbao ha permitido comprobar la existencia de dos esquistosidades superpuestas en las margas albenenses que afloran al norte de la población.

La ladera que se ha estudiado está situada en la margen derecha de la ría, en las inmediaciones de la plaza de La Salve. Geológicamente se enmarca en el flanco Norte del Gran Anticlinorio Vizcaíno (figura 1), estructura regional que se caracteriza por pliegues de dirección WNW-ESE, con desarrollo de esquistosidad de plano axial en los niveles pelíticos cretácicos, y marcada vergencia hacia el Norte (RÍOS ARAGÜES, 1971).

El afloramiento está constituido por margas arcillosas gris oscuro, de aspecto masivo, en las que la estratificación, que buza hacia el Norte, sólo es

patente cuando existen intercalaciones de margas calcáreas o de alguna delgada capa de caliza limolítica.

### LAS ESQUISTOSIDADES.

El análisis microtectónico de las margas albenenses muestra la superposición de dos fases de deformación sinesquistosas.

La esquistosidad de primera fase ( $S_1$ ) es la principal a escala regional y de afloramiento. Se trata de una esquistosidad de plano axial que, dependiendo de la litología, se manifiesta como una esquistosidad de fractura en los niveles más calcáreos, y como una esquistosidad de flujo debida a la reorientación de los minerales filitosos en el resto del conjunto margoso (fig. 1). Cuando no existen diferencias litológicas en la roca puede llegar a confundirse con la estratificación.

La dirección media de la esquistosidad principal es WNW-ESE ( $120^\circ$  a  $130^\circ$ ), buzando  $25^\circ$  a  $40^\circ$  hacia el SW.

(\*) Departamento de Geología y Geotecnia. Euroestudios, S. A.

SITUACION Y  
CORTE GEOLOGICO  
DEL AFLORAMIENTO  
ESTUDIADO

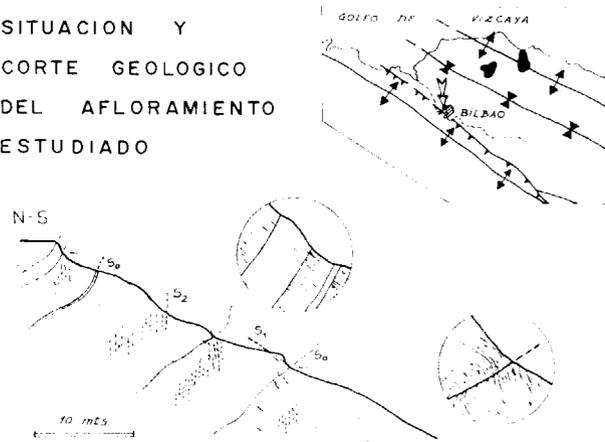


Figura 1

Explicación en el texto

La relativa dispersión que presentan los polos de  $S_1$  al ser proyectados (fig. 2) puede interpretarse como motivada por la segunda fase de deformación.

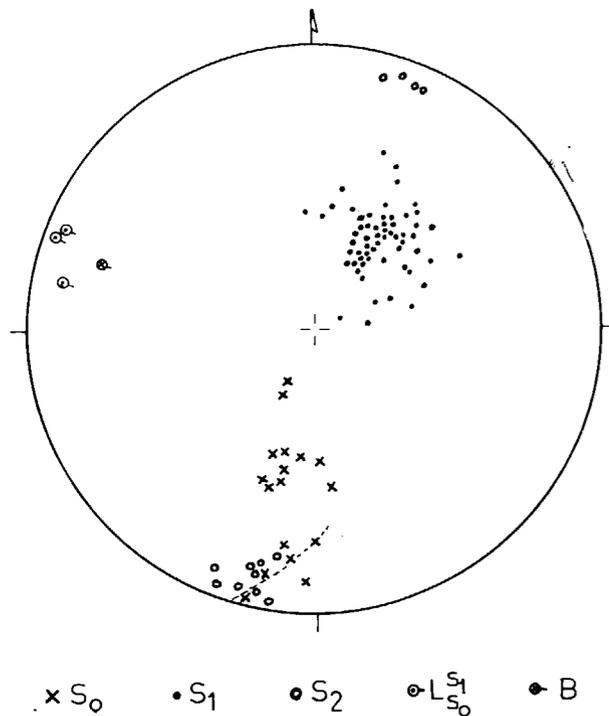


Figura 2

Diagrama de polos mostrando la orientación de la estratificación ( $S_0$ ), la esquistosidad principal ( $S_1$ ), la esquistosidad de segunda fase ( $S_2$ ), las lineaciones de intersección teóricas de la esquistosidad principal con la estratificación ( $L_{S_0}^{S_1}$ ) y el eje de un micropliegue (B). Proyección equiareal sobre el hemisferio inferior

A escala regional esta primera fase genera, pues, una esquistosidad en el núcleo del Anticlinorio Vizcaíno, cuya disposición es cada vez más tumbada hacia el Norte ( $80^\circ$  en el núcleo y  $55^\circ$  en el flanco norte en la transversal de Miravalles, Ríos ARAGÜES (1971), unos  $30^\circ$  en Bilbao). Las lineaciones de intersección de la esquistosidad de primera fase ( $S_1$ ) y la estratificación ( $S_0$ ) son paralelas a los ejes de los micropliegues (eje B en la figura 2) y de los pliegues regionales.

La esquistosidad de segunda fase ( $S_2$ ) se desarrolla casi exclusivamente en los niveles más pelíticos. Es una esquistosidad de fractura manifiesta como planos de deslizamiento que afectan a la esquistosidad  $S_1$ , originando microlitos de hasta 5 milímetros, y que evoluciona hacia una esquistosidad de tipo pliegue-fractura (*strain-slip*) (fig. 3).

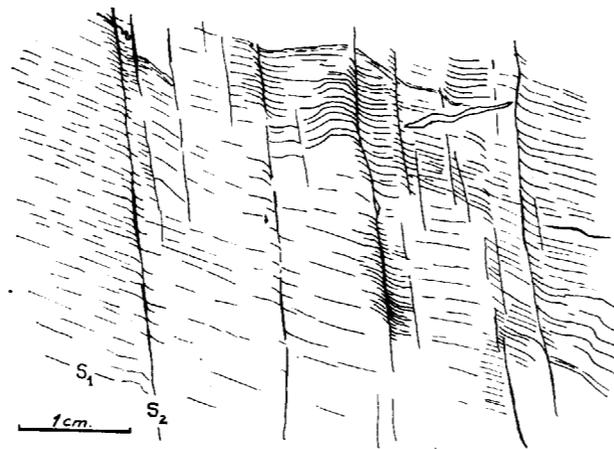


Figura 3

Esquistosidad de fractura de segunda fase ( $S_2$ ), afectando a la esquistosidad principal ( $S_1$ ), de flujo  
(Dibujo sobre una fotografía de lámina delgada.)

La esquistosidad de segunda fase está orientada según la dirección WNW-ESE, con buzamientos subverticales ( $80^\circ$  S a  $70^\circ$  N) (fig. 2).

La esquistosidad  $S_2$  afecta claramente a la esquistosidad principal  $S_1$ , sobre cuya superficie da lugar a una lineación de intersección.

En el afloramiento estudiado no se han encontrado pliegues atribuibles a esta fase de deformación. Por otra parte, es probable que ciertas fallas

inversas de dirección NW-SE ( $120^\circ$  a  $140^\circ$ ) y buzamiento hacia el Norte, que cortan a la esquistosidad principal,  $S_1$ , estén relacionadas con la segunda fase de compresión, pudiéndose observar, además (fig. 1), que las superficies de estratificación han sido reutilizadas localmente como planos de cizallamiento. La certeza de esta hipótesis indicaría una vergencia Sur para la segunda fase.

CONCLUSION

El análisis microtectónico evidencia la existencia de tectónicas superpuestas en el área de Bilbao. Dos fases de plegamiento prácticamente homoxiales han generado esquistosidad. La esquistosidad principal,  $S_1$ , es paralela al plano axial de las estructuras regionales y vergente hacia el Norte,

y está afectada por una esquistosidad posterior,  $S_2$ , subvertical.

La existencia de dos esquistosidades en la Cordillera Vascocantábrica permite plantear una serie de cuestiones, que habrán de abordarse en estudios de escala regional, como son la edad de las fases de plegamiento sin esquistositas, el desarrollo regional de cada una de las esquistosidades (posición de los frentes de esquistosidad) y sus relaciones con las estructuras cartográficas y con el metamorfismo de la banda de Alzo-Leiza (manto de los mármoles).

BIBLIOGRAFIA

RÍOS ARAGÜES, L. M.: *Aplicación del análisis estructural en Geología del Petróleo*. Cong. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ., tomo 2, pp. 63-71.

Recibido: Febrero 1976.

# Generalized Tertiary tectonics of the Iberian Peninsula

Por F. SAENZ DE SANTA MARIA (\*)

## RESUMEN

Hemos tratado en estas pocas líneas explicar cómo las fallas Asturiana, Pirinaica Norte y Hispano-Portuguesa dividen al país en tres bloques y cómo considerando los movimientos ocurridos entre ellos, es posible limitar los Sistemas Montañosos Terciarios Españoles. Es también posible, estudiando las direcciones de movimientos de estos bloques, explicar las distintas tendencias de cabalgamiento existentes en estos sistemas y las principales estructuras en ellos presentes.

## SUMMARY

We have tried in these few lines to explain how the Asturian, North Pyrenean and Hispano-Portuguese faults divide the country into three blocks, and considering the interrelationship of the movements which occurred between them, how it is possible to limit the Spanish Tertiary Mountainous Systems. It is also possible, by studying the direction of the movements of these blocks, to explain the various thrusting tendencies existing in these systems and the principal structures present in them.

The purpose of this article is to present a model which will explain the Spanish Alpine Tertiary structural geology.

The attached map shows the structural elements primarily responsible in creating the Tertiary mountain systems on the Iberian Peninsula. These essential elements are the Asturian, the North Pyrenean and the Hispano-Portuguese faults.

They divide the peninsula into three major blocks, and as a consequence of their inter-relationship, the Alpine Tertiary Systems in Spain are formed.

## THE ASTURIAN FAULT ZONE

The Asturian fault crosses the Peninsula, dividing it into the northeastern and southwestern blocks. Along the northwestern part of the Asturian fault where it crosses the Cantabrian Mountains, the displacement on the fault is clearly right lateral. Its close relationship with the Oviedo and Las Caldas faults can be clearly observed. South-eastwardly in the Sierra de la Demanda area, similarly directed wrench movements produced a

secondary series of faults which are oriented in an east-west direction and therefore caused the Sierra de la Demanda Paleozoic block to rotate in a counter-clockwise direction. The final result of this rotation is the apparent northward thrusting of the Paleozoic rocks over the Tertiary-filled Ebro Basin. (See Figure 1). These movements can be dated as the beginning of the Oligocene time.

Further to the southeast, the Asturian fault zone passes through the Iberian Mountain Range, playing an important role in the formation of that system and related sierras.

(\*) American Overseas Petroleum (Spain) Ltd.

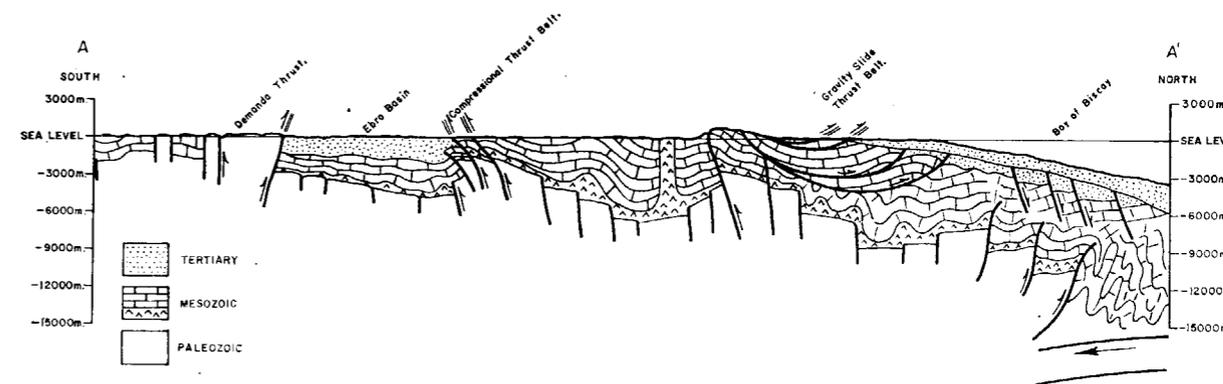


Figure 1

## THE CATALAN SYSTEM

During the Eocene time, the Ebro Basin was placed under compressional forces which originated during the Tertiary opening of the Bay of Biscay. These forces were channelized along the northeast side of the Asturian fault zone. Once these forces

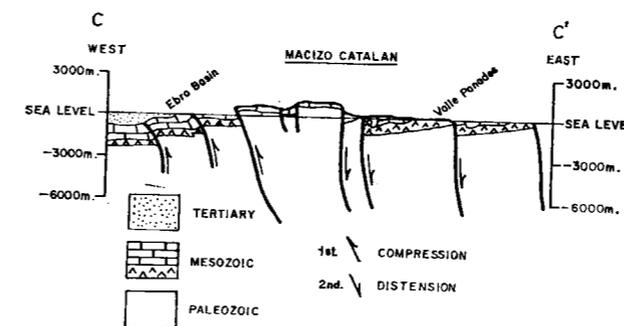


Figure 2

reach the old Macizo Catalan, they produce the apparent effect of the Macizo Catalan being thrust northwardly over the Ebro Basin. In other words, the Ebro Basin is under-thrusting the Macizo Catalan.

This thrusting took place during the Paleogene time. At the beginning of the Miocene, tension release along the Mediterranean coast gave rise to the northeast-southwest trending horst-graben fault blocks (See Figure 2).

## THE HISPANO-PORTUGUESE FAULT SYSTEM

The Hispano-Portuguese fault also plays a fundamental role in the Tertiary tectonic evolution of the Iberian Peninsula. It is a northeast-southwest trending left-lateral wrench fault, and together with its subsidiaries, produces a horst-graben tectonic style, forming therefore the "Sistema Central Mountain Range" which separates the Tajo and Duero Tertiary basins.

The Hispano-Portuguese fault, where it intersects the western prolongation of the Valencia fracture, produces a group of secondary faults which are oriented northeast-southwest. It shows left-lateral strike-slip movements which assist in displacing the Tajo Basin area in a northeastward direction. These secondary faults also move vertically and produce in the area south of the city of Toledo, horst-graben features (Toledo Mountains).

The block to the east of the Hispano-Portuguese fault shifted northeastwardly and upon intersecting a zone of weakness represented by the southeastern prolongation of the Asturian fault system, we find the Paleozoic blocks thrust in a northeastward direction. It should be noted that this sense of thrusting to the northeast is the general rule with few exceptions.

This tendency to thrust in a northeastern direction is not only seen in the Paleozoic rocks but also in Mesozoic-Tertiary sediments throughout the zone designated as the "Compressional Thrust Belt". The origin of this belt is thought to be deep-seated as opposed to a skin effect.

In the Serranía de Cuenca area, Mesozoic rocks reacted to this upward and northeastward shifting of a deep-seated block by sliding gravitationally westwardly on Triassic evaporitic lubricants (See Figure 3). The area represented by these gravitational slides is labelled as "Gravity Slide Thrust Belt". The piling up of these gravity slides produced a lateral shove to the pre-salt Mesozoic sediments in the Tajo Basin and the evaporitic Triassic zone became a plane of "décollement" over which the

In order to understand well the Cantabrian-Pyrenean System, it is also necessary to understand the North Pyrenean fault which is well documented along the central and eastern portions of the Pyrenean Mountains, but not so well along its western projection. It is considered an old fracture, probably beginning to operate as early as Paleozoic time.

From the area marked on the map as "point of symmetry", the North Pyrenean fault continues

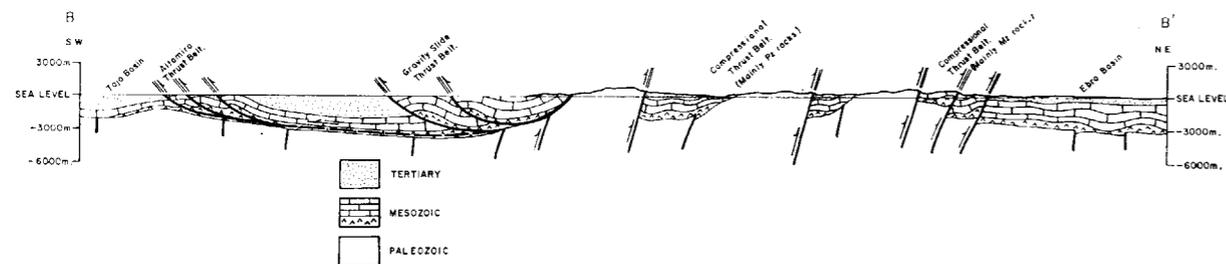


Figure 3

sedimentary veneer was folded, faulted, and finally came to a halt, creating the "Altomira Thrust Belt".

Following this proposed model, we are able to distinguish three thrust belts which are the result of a number of inter-related phenomena affecting different parts of the area in diverse ways. The three belts are from northeast to southwest:

- a) Compressional Thrust Belt:
  1. Mainly Mesozoic rocks.
  2. Mainly Paleozoic rocks.
- b) Gravity Slide Thrust Belt:
  1. Affects only post-Triassic rocks.
- c) Altomira Thrust Belt:
  1. Affects only post-Triassic rocks.

#### THE CANTABRIAN-PYRENEAN MOUNTAIN SYSTEM

The Cantabrian and the Pyrenean Mountain Systems, which are usually treated in the literature separately, are discussed here together because they form a structural-tectonic Tertiary unity. This must be considered as a whole in order to gain a better comprehension of each of the systems.

westward, south of the Paleozoic Aldudes Massif. From this point to the west, its structural continuation appears to be the Bilbao-faulted anticlinorium which sub-parallel the coast and which is the major structural trend across the Cantabrian System. Further westward in the Asturian part of the Cantabrian Mountains, the continuation of the Bilbao-faulted anticlinorium, together with the Oviedo fault, intersect the Asturian fault system.

In the Picos de Europa zone, the Oviedo, Las Caldas and other parallel faults are southward directed thrusts which displace the Paleozoic blocks over the Tertiary sediments, indicating a Tertiary tectonic activity under the Cantabrian continental margin. From the eastern limit of the Las Caldas fault eastward to the "point of symmetry", the major structural element is the Bilbao anticlinorium. This anticlinorium is faulted along its northern and southern flanks. However, the mechanism forming these flank-faults is quite different. The southern-flank is bounded by a series of what appears to be high angle reverse faults with a southern component (See Figure 1). These reverse faults appear to connect with the Las Caldas fault along which the Paleozoic rocks are involved and the age of thrusting is thought to be Tertiary. Based on this analogy, we believe that the fault along the southern

flank of the Bilbao anticlinorium is deep-seated and probably involves rocks of Paleozoic age, including basement.

The northern flank of the Bilbao anticlinorium is composed of large blocks of Mesozoic and Tertiary rocks which are obviously thrust in a northern direction. These thrusts are, however, produced by gravity sliding of the Bilbao anticlinorium, and consequently are merely a skin effect. This belt is called the "Gravity Slide Thrust Belt" (See Figure 1).

The Santoña-Miranda fault system seems to be a strike-slip fault with a left-lateral movement. It is probably also deep-seated, and caused the bending of the structural grain seen on the surface today.

The southern limit of the Cantabrian System is represented by the Zamanzas-Obarenes fault which

Thrust Belt", and the Ebro "Gravity Slide Thrust Belt" has its counterpart in the Cantabrian "Gravity Slide Thrust Belt".

#### THE BETIC CORDILLERA (SOUTHERN SPAIN)

This is an area composed of nappes, olistostromes and numerous low-angle reverse faults, all generally displaced towards the north. It is subdivided into three zones with individual characteristics. These zones are called the Betic, the Sub-Betic and the Pre-Betic.

Most of the folding and thrusting took place during the Lower Miocene time. Subsequently, during late Miocene and Pliocene times, the area was affected by tensional forces and major tectonic

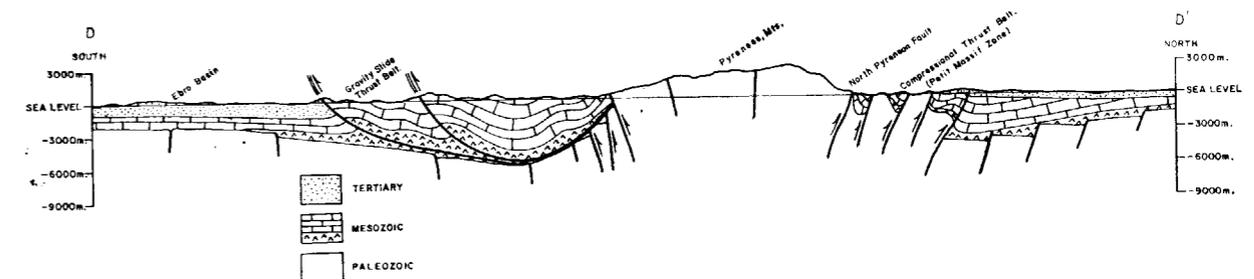


Figure 4

thrust the Mesozoic rocks southward over the Ebro Tertiary basin. These east-west trending thrust faults form another "Compressional Thrust Belt" which is the result of the southward compression on deep-seated Paleozoic rocks.

The Pyrenean Mountain System is considered by some as a transversely symmetrical system. However, the structural styles along its northern and southern flanks are quite abstract. For example, the "Petit Massif Zone" is a zone of deep-seated high angle reverse faults, which is not duplicated in the south where we find gravitational sliding on Triassic lubricants.

The Cantabrian-Pyrenean System is symmetrical in the area here called the "point of symmetry". To the east, the area "Petit Massif Zone" has its counterpart in the Cantabrian "Compressional

movements were predominantly in a vertical sense, thus causing the Betic zone to rise to its present heights.

The model presented, as the title of the article states, is generalized and should be taken as such. The support for the theories here presented for the formation of the Spanish Alpine Tertiary Systems is taken from a detailed study of the 1/200,000 and 1/10,000 geological maps published by the Instituto Geológico y Minero de España. With this model we have tried to explain the most prominent structures originated during the Tertiary times

Movements in other directions than the ones here mentioned did take place during the geological Tertiary history of the Iberian Peninsula. However, since this is a generalized model and these other movements are considered secondary, they have not been included

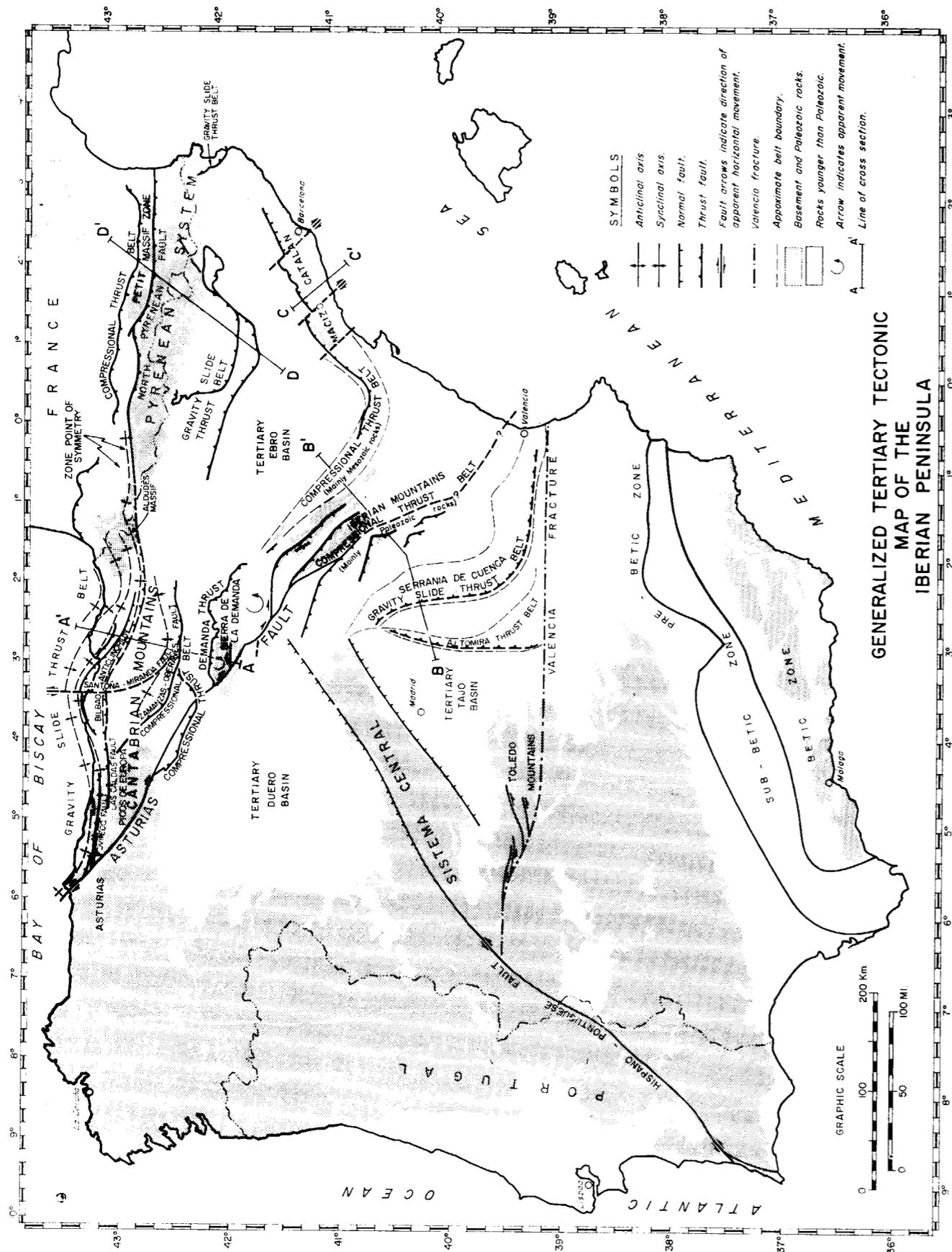


Figure 5

ACKNOWLEDGMENT

I wish to thank Chevron Overseas Petroleum Inc. for permission to publish this article and W.T. Stoeckinger for his helpful criticisms.

BIBLIOGRAPHY

- ALMEDA, A., and RIOS, J. M.: *Structure d'ensemble des Pyrenees aragonaises et decouvertes recentes dans cette region.* Livre à la memoire du Professeur Paul Fallôt. Tonel. Soc. Geol. France Mem.
- DEMIANS, J.; D'ARCHIMBAUD, J.; GONON, PH.; MERTEN, R.; PASTOR RIDRUEJO, F.; WIEL, F.: *Interpretation Structurale des Forages de Castro Urdiales* (INI/Coparex Española, 1964), et de Monillo (Eurafrep/Copisa, 1964), Provincia de Santander, Histoire Structurale du Golfe de Gascogne, 1971.
- DE SITTER, L. U.: *Hercynian and Alpine Orogenies in Northern Spain*, "Geologie en Mijnbouw", Vol. 44, No. 11, 1965.
- DEWEY, J. F.; PITMAN III, W. C.; RYAN, W. B. F., and BONNIN, J. C.: *Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System.* "Geol. Soc. of Am. Bull". Octo. 1973, Vol. 84, p. 3137-3180.
- GARRIDO MEGÍAS, A.: *Estudio Geológico y Relación entre Tectónica y Sedimentación del Secundario y Terciario*

*de la Vertiente Meridional Pirinaica en su Zona Central* (provincias de Huesca y Lérida), Tesis de Doctorado, Universidad de Granada, 1973.

JULIVERT, M.; RAMÍREZ DEL POZO, J., and TRUYOLS, J.: *Le Réseau de failles et la couverture Post-Hercynienne dans les Asturies.* Histoire Structurale du Golfe de Gascogne, Inst. Franç. du Pet., 1971.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, J. A.: *Consideraciones sobre la posición geoestructural de la Peninsula Ibérica.* "Boll. Geol. y Min". T. LXXXV-V., 1974.

MONTADERT, L., and WINNOCK, E.: *L'histoire Structurale du Golfe de Gascogne*, Histoire Structurale du Golfe de Gascogne, Ins. Fraç. du Pet., 1971.

STAUFFER, K. W., and TARLING, D. H.: *Age of the Bay of Biscay: New Paleomagnetic Evidence*, Ins. Fran. du Pet., 1971.

VALERY, P.; DELTEIL, J. R.; COTTENCON, A.; MONTADERT, L.; DAMOTTE, B.; FAIL, J. P.: *La Marge Continentale d'Aquitaine.* Histoire Structurale du Golfe de Gascogne, 1971.

VAN DER VOO, R., and BOESSENKOOL, A.: *Permian paleomagnetic result from the western Pyrenees delineating the plate boundary between the Iberian Peninsula and stable Europe.* "Journal of Geophysical Research", vol. 78, no. 28, 1973.

VEGAS, R.: *Las fallas de desgarre del SO de la Peninsula Ibérica.* "Boll. Geol. y Min.". T. LXXXV-II, 1974.

Recibido: Mayo 1974.

# Ammonites del Oxfordense Superior y Kimmeridgense de la Sierra de Crevillente (Alicante)

Por JOSE LILLO BEVIA (\*)

## RESUMEN

Se presenta un estudio sistemático de las especies de Ammonites recolectados en la cabecera de la Rambla de Amorós, en la vertiente meridional de la Sierra de Crevillente, fauna que ha datado y zonado el Oxfordense Superior y Kimmeridgense.

## SOMMAIRE

On montre ici un étude systématique des espèces d'Ammonites recueillies tout près de la naissance du ravin d'Amorós, dans la versant Sud de la Sierra de Crevillente, faune qui a daté et permis la zonation de l'Oxfordien Supérieur et du Kimmeridgien.

La fauna que aquí se describe y figura desde un punto de vista sistemático ha sido recolectada cerca del Estret Roig, en la cabecera de la Rambla de Amorós, y cerca del camino de herradura que une los pueblos de Crevillente y Hondón de los Frailes, atravesando la Sierra.

Los datos estratigráficos han sido ya descritos en LILLO, J.; MANERA, C.; COLMENERO, J. R.: "Contribución al conocimiento geológico de la Sierra de Crevillente y sus alrededores (Alicante). *Estudios geológicos*; 30: 253-269.

Los dos autores arriba mencionados contribuyeron al estudio de campo y a la recolección y preparado de los ejemplares cuyo estudio sistemático se emprende aquí, por lo que les reitero mi agradecimiento en su colaboración en estas páginas.

En resumen, la fauna de los yacimientos 17A y

(\*) Catedrático del Instituto Nacional de E. Media "Sorolla". Calle Maderas, s. n. Valencia-11.

18A ha datado el techo del Oxfordense medio, zona de *Transversarium*, el Oxfordense Superior completo (Zonas de *Bifurcatum*, *Mimammatum* y *Planula*), estando muy bien representada la fauna de la zona de *Bimammatum*, con sus subzonas; *Hipselium*, *Bimammatum* y *Hauffianum*. Todas las zonas mencionadas se encuentran condensadas en un pequeño espesor de sedimentos, que ofrece, sin embargo, una representación faunística típica de todas las zonas mencionadas.

El yacimiento 19A, continuación estratigráfica de los anteriores, ha zonado el Kimmeridgense desde la base, en sus zonas de *Platinota*, *Hipselocyclum*, *Divisum* y *Acanthicum*. Toda la fauna se da en ritmitas calcomargosas de tonos grises, azulados, con algunas intercalaciones de tonos vinosos. Desde la zona de *Acanthicum* existe una continuidad sedimentaria hasta el Portlandense, pero azoica desde el punto de vista macropaleontológico.

## DESCRIPCIONES SISTEMATICAS

Suborden: *Ammonitina* HYATT, 1889.  
Superfamilia: *Haplocerataceae* ZITTEL, 1884.  
Familia: *Oppelidae* BONARELLI, 1894.  
Subfamilia: *Taramelliceratinae* SPATH, 1928.  
Género: *Taramelliceras* DEL CAMPANA, 1904.

*T. (Taramelliceras) trachynotum* (OPPEL.), 1863.  
(Lám. II; fig. 5-6).

1863. *Ammonites trachynotus* OPP. OPPEL, p. 214; L-56; F-4.

1877. *Ammonites trachynotus* OPP. FAVRE, p. 34; L-3; F-2.

1897. *Neumayria trachynota* OPP. CHOFFAT, p. 24; L-17; F-1-4.

1930. *Neumayria trachynota* (OPP). DORN, p. 52; L-30; F-2a 2b, 4.

1938. *Taramelliceras trachynotus* OPPEL - ROMAN, p. 165; F-159.

1955. *T. (Taramelliceras) trachynotus* (OPP.)-HOLDER, Gatt. Taramell., p. 102; Taf. 18; F-21.

D	H	E	0
72	39,6 (0,55)	—	9 (0,12)

*Descripción:* Quilla reemplazada por tubérculos sifonales. A ambos lados de los tubérculos sifonales existen unos tubérculos de gran tamaño y regularmente espaciados, que nos dan los caracteres de OPPEL y los de la figuración de HOLDER, 1955.

La concha es de ombligo estrecho, y de vueltas de relativa elevación, bastante espesas, con flancos convexos y región externa redondeada.

Los flancos están adornados de costillas flexuosas, de las cuales la parte umbilical se destaca bien y se destaca hacia adelante. La parte externa de las costillas está inflexionada hacia atrás. Algunas costillas llevan tubérculos externos a menudo alargados.

*Yacimientos:* Flysch Kimmeridgiense, niveles medios, de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente-Alicante).

*Taramelliceras costatum* (QUENSTEDT), 1849.  
(Lám. II; fig. 1-2).

v. 1849. *Ammonites flexuosus costatus* QUENS. Ceph. L-9, fig. 4.

1878. *Neumayria trachynota* (OPP). BAYLE, Car. Geol. Fr. 4; L-92; F-1.

v. 1887. *Ammonites Flexuosus costatus*. QU., Amm. L-97; F-8, 9, 11, 12, 16; L-99, F-24, 26, 28, 29.

1911. *Oppelia flexuosa costata* OPP. - WEPFER, Gatt. Opp. L-2; F-1.

v. 1929. *Oppelia costata* QU. - WEGELE, Oberoxf. Unterkr, L-26; F-4,5.

v. 1929. *Oppelia trachynota* OPP. - WEGELE, L-26; F-9.

1955. *T. (Taramelliceras) costatum* (QU.) forma *aurita* HOLDER, 1955, Gatt. Taram. L-17; F-11.

*Descripción:* Un fragmento en el que puede observarse una fila de tubérculos sifonales, espaciados regularmente, rodeados por dos filas de tubérculos grandes, situados en las terminaciones de las costillas. Las costillas son flexuosas y ramificadas, partiendo del ombligo la mayoría, y ramificándose en otras posteriormente.

HOLDER, 1955, da figuración de *T. costatum* en varias láminas (Lám. 17, Lám. 18; F-17, 18), pero mi ejemplar es referible a la forma (*T.*) *costatum* (QU.) forma *aurita*. HOLDER, 1955, según su L. 17; F-11.

*Yacimientos:* El ejemplar procede de los niveles rojos de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente-Alicante). Oxfordiense Superior - Kimmeridg. medio.

*T. (Taramelliceras) pseudoflexuosum* (FAVRE)  
Lám. I; fig. 1-2).

1877. *Ammonites (Oppelia) pseudoflexuosus* E. FAVRE, Amm. Acanth., L-2, F-9, 10; L-3, F-1.

1879. *Oppelia holbeini* OPPEL - FONTANNES, Crus-sol, L-5; F-3.

1893. *Neumayria pseudoflexuosa* (E. FAVRE - CHOFFAT, L-16; F-5-17).

1934. *Oppelia (Tar.) Holbeini* OPPEL - DACQUE, Leitfoss. Jura, L-32; F-11.

1955. *T. (Tarmelliceras) pseudoflexuosum* (FAVRE) - HOLDER, Gat. Taram., p. 117, L-19; F-23.

Lectotipo: FAVRE, 1877, L-3; F-1  
 $D=72$   $H/D=(0,48)$   $0=12$   $(0/D)=(0,16)$

*Descripción:* Ejemplar bastante aplanado, con tubérculos a mitad de los flancos y en el límite de la zona ventral, regularmente separados. Ombligo pequeño. Costillas poco flexionadas, acabando las secundarias a mitad del flanco.

*Yacimientos:* Flysch Kimmeridgiense de la Rambla de Amorós, niveles medios. S.<sup>a</sup> Crevillente (Alicante).

*T. (Tarmelliceras) rigidum* (WEGELE), 1927.  
 (Lám. I; fig. 3-4).

v. 1829. *Ammonites flexuosos* QUENS., p. 917; L-99; F-21.

v. 1929. *Oppelia rigida n. sp.* WEGELE, p. 123; L-28; F-7.

1940. *Oppelia rigida* WEGELE, - DIETERICH, p. 29.

1955. *T. (Metahaploceras) rigidum* (WEGELE)-HOLDER, p. 134, L-18; F-20.

Holopito: WEGELE, 1929, L-28, F-2.  
 $D=75$   $H/D=0,86$   $0=14$   $0/D=0,30$ .

*Descripción:* Costillas regularmente espaciadas y algo flexuosas, que se encuentran poco señaladas hacia la región umbilical, y que en la región ventral terminan en tubérculos pronunciados y redondeados; regularmente espaciados, aumentando los tubérculos de tamaño hacia la última cámara de habitación.

Ombligo pequeño y espesor no medible, por no haber podido separar uno de los flancos de la caliza empastante.

*Yacimientos:* Flysch Kimmeridgiense de la Rambla de Amorós, niveles inferiores. Zona de *Platynota* ENGEL, 1883.

*T. (Tarmelliceras) bachianum* (OPPEL), 1863.  
 (Lám. I; fig. 7).

v. 1863. *Ammonites Bachianus* OPPEL, Paläont. Mitt. L-55; F-5.

1866. *Ammonites bachianus* OPPEL, Z. Amm. Transversarius, p. 282.

1951. *Tarmelliceras cf. Bachi* OPP. sp. JEANNET, Herznach. p. 95.

1955. *T. (Tarmelliceras) bachianum* (OPPEL)-HOLDER, p. 84.

Holotipo: original de OPPEL, 1863, Taf. 55; fig. 5.  
 Recogido en la zona de *Transversarium*.

*Descripción:* Un fragmento muy desgastado de Sección de espira alta y región sifonal redondeada. La zona más ancha está a un tercio de la región sifonal. Espira involuta de crecimiento rápido en altura. Ombligo pequeño y profundo de paredes verticales con el contorno perfectamente delimitado.

Presenta tubérculos dorsales desgastados, aunque uno se conserva bien desarrollado. Puede referirse a la figuración de OPPEL, 1863.

*Yacimientos:* Yacimiento 18A4 de la Rambla de Amorós, S.<sup>a</sup> de Crevillente (Alicante).

*T. (Tarmelliceras) holbeini* (OPPEL), 1862.  
 (Lám. I; fig. 5-6).

1862-63. *Ammonites holbeini* OPPEL, Paläontol. Mitt., p. 1213.

1870. *Oppelia holbeini* OPP. ZITTEL, Tithon. p. 189.

1873. *Oppelia holbeini* OPP. - NEUMAYR, Asp. Acanth., p. 166; pl. 33; F-1.

1875. *Oppelia holbeini* OPP. FONTANNES, Z. Tenuil, p. 65.

1887. *Oppelia holbeini* OPP. DE LORIO, Z. Tenuil, Baden, p. 37; pl. 111; F-6 y 7.

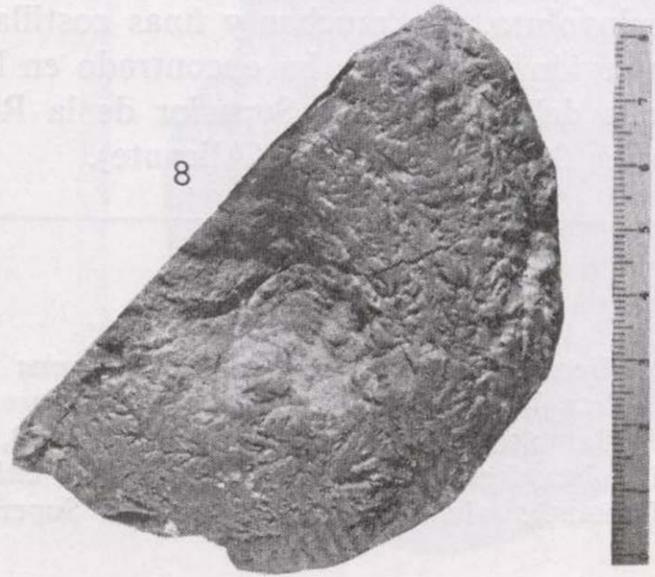
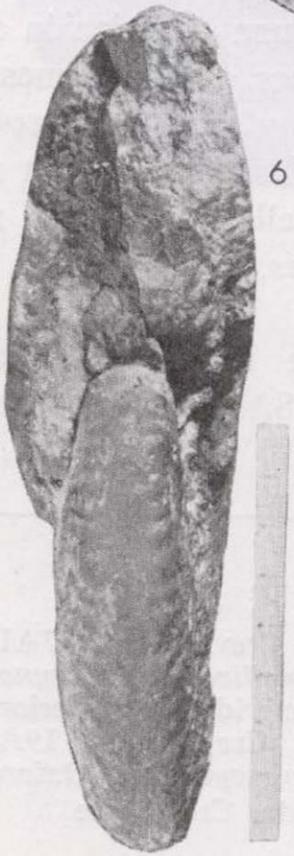
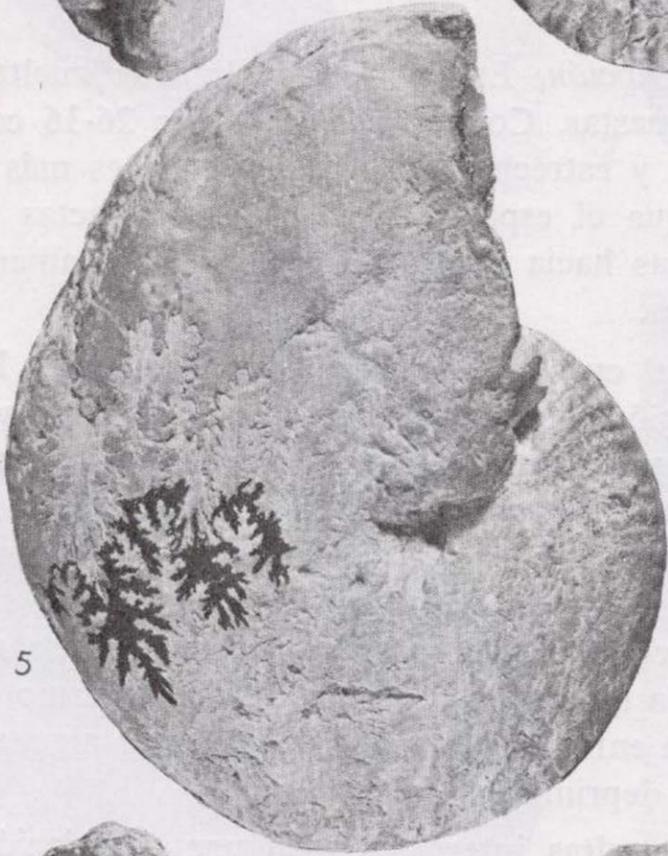
1877. *Oppelia holbeini* OPP. FAVRE, Z. Acanth. Alp. Suis., p. 31; pl. 11; F-11, 12.



## LAMINA I

1. *Tarmelliceras pseudoflexuosum* (FAVRE); vista frontal. Kimmeridgiense Inferior, Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 19A3.—2. Id. id. vista lateral y línea sutural.—3. *Tarmelliceras rigidum* (WEGELE); vista dorsal. Kimmeridgiense Inferior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 19A4.—4. Id. id. vista lateral y

sutura.—5. *Tarmelliceras cf. holbeini* (OPPEL); vista frontal. Kimmeridgiense Medio de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 19A6.—6. Id. id. vista frontal.—7. *Tarmelliceras bachianum* (OPPEL); vista lateral. Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 18A4.—8. *Tarmelliceras sp.* Kimmeridgiense Superior de la Rambla de Amorós



1879 *Oppelia holbeini* OPP. - FONTANNES, Crusol, p. 37; L-5; F-3.

1938 *Taramelliceras holbeini* OPP. ROMAN, Les Amm., p. 167.

D	H/D	E/D	0	0/D
115	(0,58)	(0,30)	10,6	(0,09)
107	0,50)	—	19	0,17)

*Descripción:* Los individuos jóvenes de esta especie no se distinguen de los de *Taramelliceras compactum* OPP.

No poseen quilla. A ambos lados del sifón aparecen dos filas de tubérculos sifonales bien marcados, que representan la terminación de las costillas flexuosas. Ombligo estrecho. Concha discoide.

Los lóbulos de la sutura con terminaciones impares, predominando el lóbulo externo sobre los demás, con dientes muy pronunciados. Las sillas tienen terminaciones pares y las incisiones están muy bien desarrolladas.

*Yacimientos:* Pertenece a la zona de *Aspidoceras Acanthicum* en las formaciones homotásicas de la cuenca mediterránea y ha sido citado en la mayoría de las veces en la zona de *Oppelia tenuilobata* en los demás lugares ajenos a esta cuenca.

En Alicante se ha encontrado en el Flysch Kimmerdgense de la Rambla de Amorós, S.<sup>a</sup> de Crevillente.

Superfamilia: STEFANOCERATAEAE, Neumayr, 1875.

Familia: *Mayaitidae* SPATH, 1928.

Género: *Epimayaites* SPATH, 1928.

*Epimayaites* sp.

(Lám. II; fig. 7 y 8).

*Descripción:* Presenta un aspecto globuloso y es bastante involuto, con muchas y finas costillas que pasan la región ventral. Se ha encontrado en los niveles rojos del Orfordiense Superior de la Rambla de Amorós, S.<sup>a</sup> de Crevillente (Alicante).

Superfamilia: PERISPHINCTACEAE STEINMANN, 1890.

Familia: *Perisphinctidae* STEINMANN, 1890.

Subfamilia: *Perisphinctinae* STEINMANN, 1890.

Género: *Perisphinctes* WAAGEN, 1869.

*Perisphinctes tarraconensis* FALLOT & BLANCHET, 1923.

(Lám. V, fig. 6).

1923. *Perisphinctes tarraconensis* FALLOT & BLANCHET, P. 28. Pl. VI, F-4; Pl. IX, F-1, 2.

Holotipo: Argoviense de Carlades (Coll. Serv. Geol. Cataluña).

Argoviense de Punta Grossa, Ibiza (Coll. Fallo, Univ. Grenoble).

*Descripción:* Espira muy evoluta de vueltas casi yuxtapuestas. Concha adornada por 26-36 costillas agudas y estrechas, al menos dos veces más estrechas que el espacio que las separa, rectas o casi cóncavas hacia adelante, pero muy ligeramente inclinadas.

En el cuarto externo, o más bien hacia la propia región ventral, las costillas principales se dividen regularmente en dos cóstulas que alcanzan rápidamente la porción ventral de la vuelta y se inclinan hacia la boca, de suerte que el empalme entre las costillas de ambos lados origina un saliente muy acentuado. Por tanto, las costillas se reúnen sobre la línea sifonal, donde, sobre el mismo individuo, se enfrentan unas veces, habiendo algunas porciones deprimidas sin costillas.

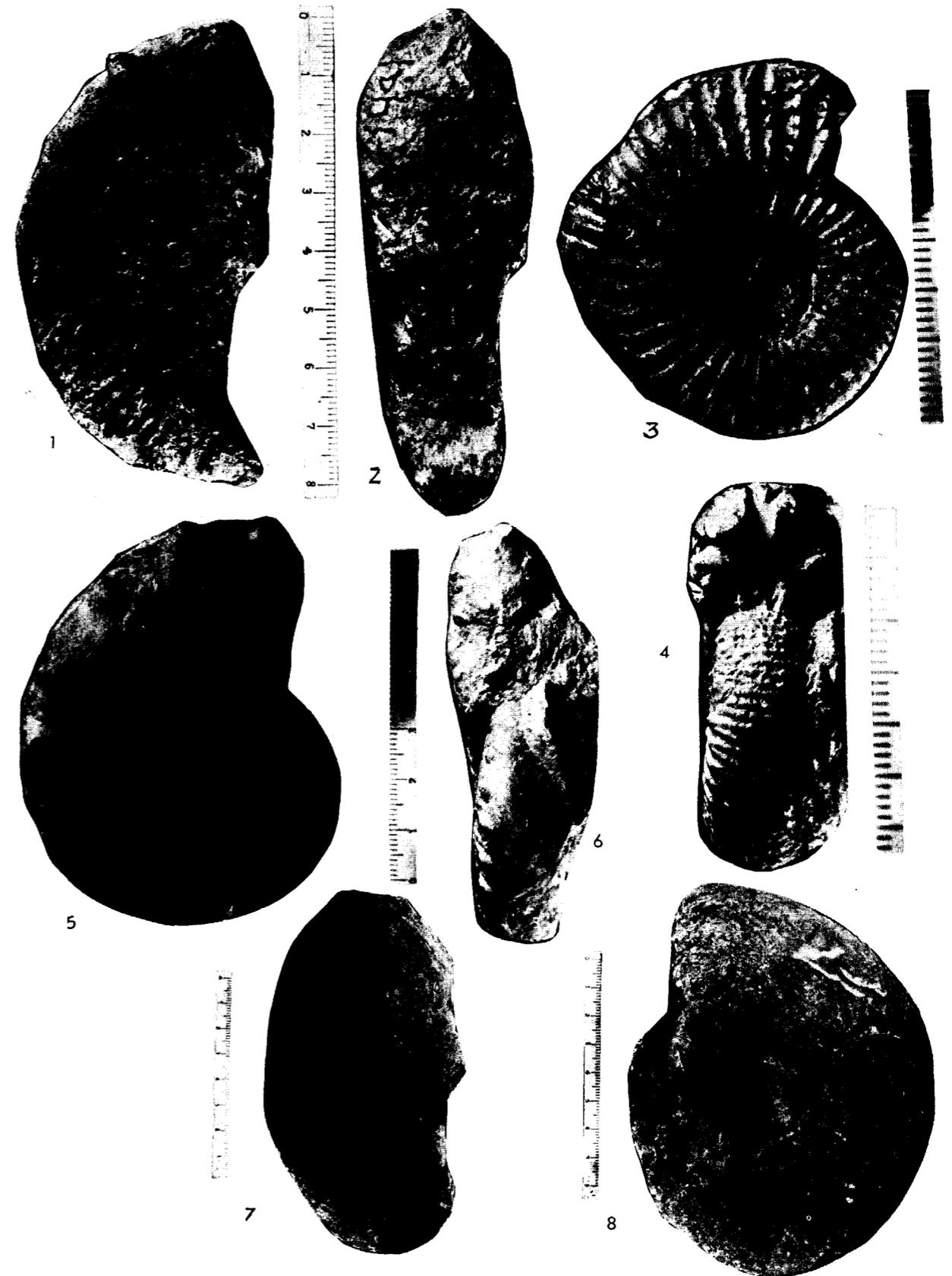
Las vueltas internas tienen una costulación fina y más apretada, interrumpida por constricciones. Se parece esta especie a *P. planula* var. *laxevoluta* CHOFFAT, pero en *P. planula*, las costillas son más apretadas y el espacio entre ellas es mucho más pequeño que en *P. tarraconensis*.

*Yacimientos:* Argoviense de Ibiza y Cataluña. 30A6. Oxfordense Superior de S.<sup>a</sup> Mediana (Alicante).

#### LAMINA II

1. *Taramelliceras costatum* (QUENSTEDT) forma aurita HOLDER: vista lateral. Kimmeridgense, Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 18A5.  
2. Id. id., vista frontal.—3. *Perisphinctes* (*P.*) *chlorolithicus* (GUMBEL); vista lateral. Oxfordense Superior de

la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 17A19.—4. Id. id., vista frontal.—5. *Taramelliceras Trachynotum* OPPEL; vista lateral Flysch Kimmeridgense Inferior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 19A5.—6. Id. id., vista frontal.—7 y 8. *Epimayaites* sp. Oxfordense Superior de la S.<sup>a</sup> de Crevillente





1



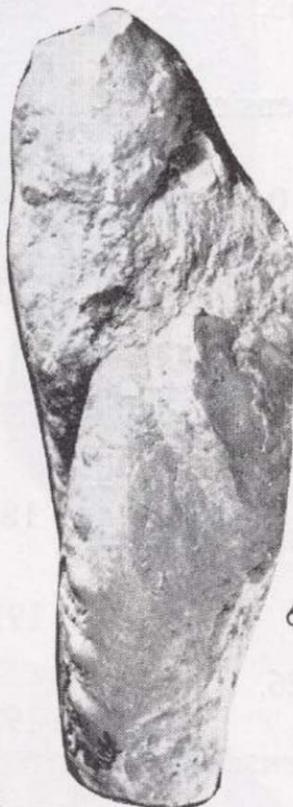
2



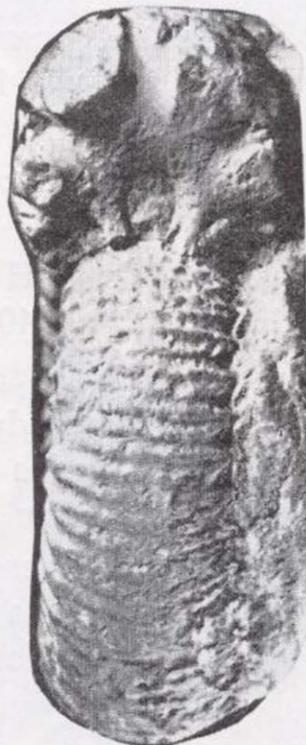
3



5



6



4



7



8

*Perisphinctes (Perisphinctes) chloroolithicus* (GÜMBEL, 1865).

(Lám. II, fig. 3 y 4).

1865. *Ammonites chloroolithicus* (GÜMBEL, p. 49).

1910. *Perisphinctes chloroolithicus* GÜMB. - REUTER, p. 86.

1912. *P. chloroolithicus* GÜM. KEBELSBERG, p. 197, Pl. XVIII.

1937. *P. (Perisphinctes) chloroolithicus* GÜM.-ARKELL, p. 95-104, Pl. XVIII, F-1 a 1; Pl. XIX, F-4, fig. Text. 24-27.

1966. *P. (P.) chloroolithicus* (GÜMBEL-ENAY, p. 363, Pl. 5, fig. 4; text. 95, 101.

*Descripción:* Mi ejemplar es conforme a la figuración recogida en ARKELL, 1937, y ha sido recogido en el Oxfordense Superior condensado de la Rambla de Amorós, S.<sup>a</sup> Crevillente (Alicante).

La especie, numerosas veces citada, ha sido bien redefinida recientemente por ENAY, 1966, p. 363 y siguiente.

El ejemplar figurado posee las dimensiones siguientes:

$$D=32, H/D=(0,35); E/H=(0,34); 0=13; \\ 0/D=(0,40)$$

Presenta una vuelta poco abrazadora y la sección de la espira es subcuadrada. Costillas radiales bien marcadas, inclinadas hacia adelante y bifurcadas en la parte superior de los flancos.

Ombiligo profundo. No presenta constricciones y la sutura es bastante sencilla con la silla externa dividida por lóbulos profundos.

Subgénero: *Otosphinctes* BUCKMAN, 1926.

*Perisphinctes (Otosphinctes) birmensdorfensis* (MOESCH, 1867).

(Lám. III, fig. 1-2).

1867. *Ammonites birmensdorfensis* MOESCH, Karte der Schweiz, p. 291, Pl. I, F-3, ab.

1876. *Amm. (Perisphinctes) birmensdorfensis* MOESCH - FAVRE, p. 48; Pl. V, F-5.

1959. *Alligaticeras birmensdorfensis* MOESCH-COLLINGON, Pl. LXXV, fig. 310, 311.

1966. *P. (Otosphinctes) birmensdorfensis* (MOESCH) ENAY, L'Oxford., p. 463; Pl. 27, F-1-6; figura 1-6; fig. text. 34-136.

*Descripción:* Presenta un amplio ombiligo, debido a que las vueltas se recubren muy poco, dejando ver un gran número de vueltas. Ornamentación de costillas numerosas, finas, radiales, alternativamente simples y bifurcadas. Los puntos de división colocados altamente sobre el flanco no aparecen en la región umbilical. Las costillas ventrales pasan directamente la línea media, atenuándose un poco.

Presenta numerosas constricciones, anchas y profundas, muy marcadas en las vueltas jóvenes, y menos netas en la última vuelta.

*Yacimientos:* Holotipo típico del Argoviense. El ejemplar aquí figurado procede de los niveles rojos Oxfordenses de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante), 18A1.

Subgénero: *Dichotomoceras* BUCKMANN, 1919.

*Perisph. (Dichotomoceras) bifurcatus* (QUENSTEDT, 1847).

(Lám. III, F-7, 8; Lám. IV, F-1 a 4).

1847. *Ammonites biplex bifurcatus* QUENSTEDT, p. 163, L-12; F-11.

1887. *Ammonites biplex bifurcatus* QU. p. 931, L-101, F-9, 10.

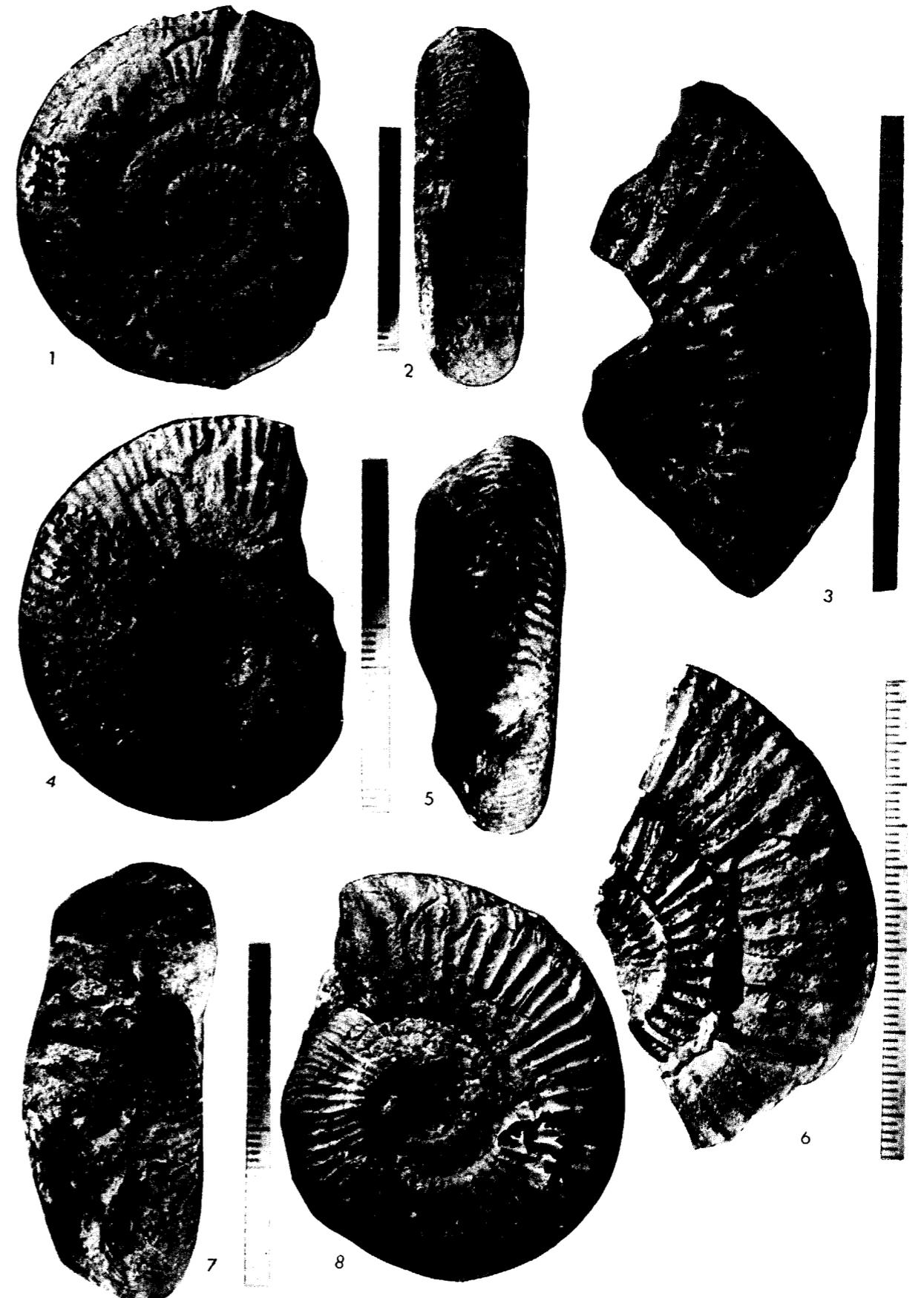
1912. *Perisphinctes bifurcatus* QU. LISSAJOUS, p. 54, L-7; F-1.

1931. *Divisosphinctes bifurcatus* QU. - SPATH, p. 470.

1935. *Divisosphinctes bifurcatus* QU. - ARKELL, p. 39, L-D, F-1-2.

1958. *Divisosphinctes bifurcatus* QU. - ENAY, p. 2.164.

1963. *Perisp. (divisosph.) bifurcatus* (QU.) - ENAY, p. 29, L-1; F-5.



### LAMINA III

1. *Otosphinctes birmensdorfensis* (MOESCH); vista lateral. Argoviense de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 18A1.—2. Id. id., vista dorsal.—3. Núcleos de *Discosphinctes* o vueltas internas de *Larcheria* Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós.—4. *Lithacoceras (Discosphinctes) lucingensis* (FAVRE); vista lateral. Oxfordense Su-

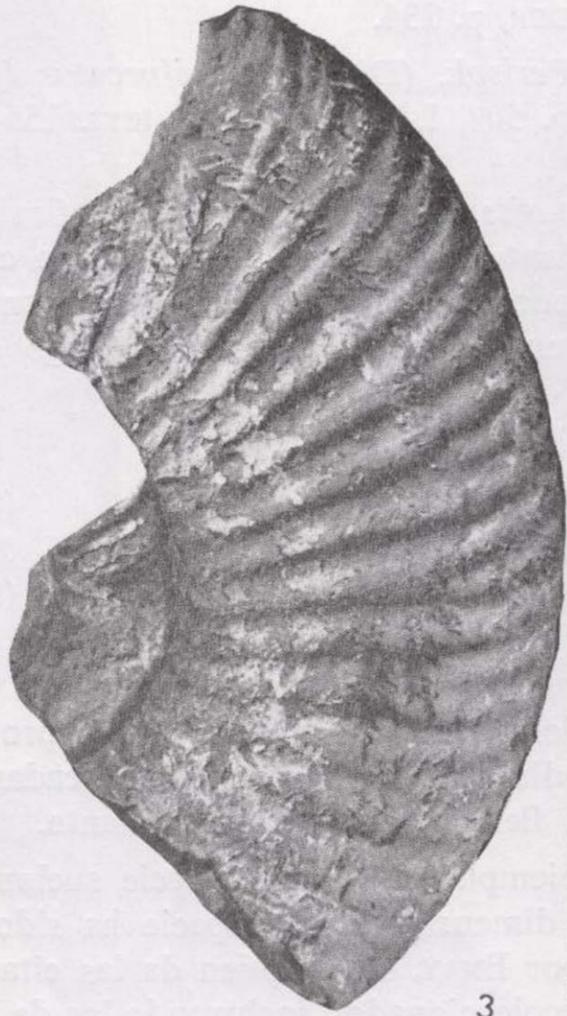
perior de la S.<sup>a</sup> de Crevillente, 17A2.—5. Id. d., vista dorsal.—6. *Ortosphinctes tiziani* OPPEL; vista lateral. Oxfordense Superior de la S.<sup>a</sup> de Crevillente, de Amorós, 17A29. 7. *Dichotomoceras bifurcatus* (QUENSTEDT); vista frontal Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A16.—8. Id. id., vista lateral y sutura



1



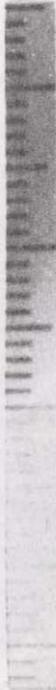
2



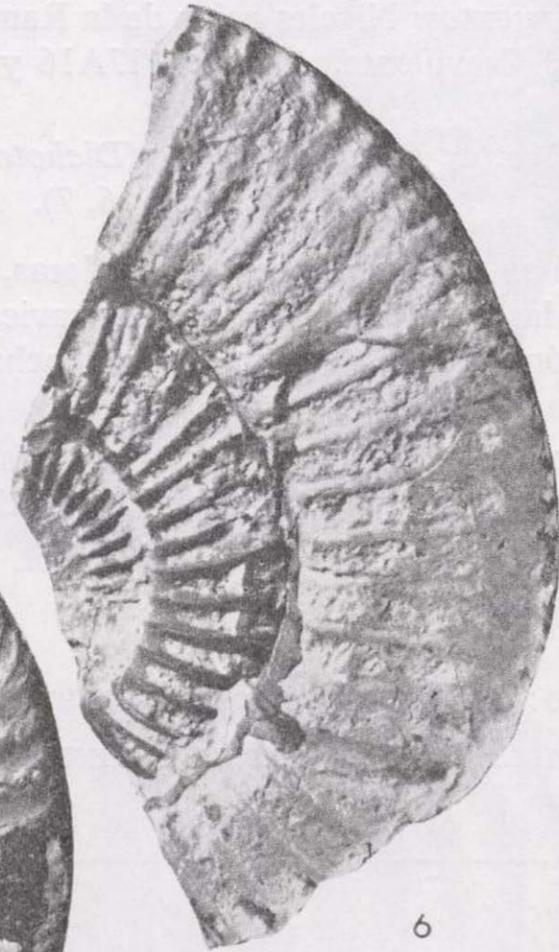
3



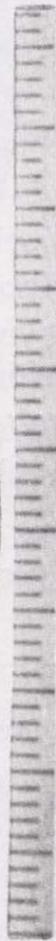
4



5



6



7



8

PLATE 10  
AMMONITES  
1. *Ammonites*  
2. *Ammonites*  
3. *Ammonites*  
4. *Ammonites*  
5. *Ammonites*  
6. *Ammonites*  
7. *Ammonites*  
8. *Ammonites*

1964. *Perisph. (Divisosph.) bifurcatus* (QU.) HOLDER, p. 134.

1966. *Perisph. (Divisosph.) bifurcatus* (QU.) ENAY, p. 504, L-33, F-1-5, fig. text. 155-166, 3 a 7.

*Diagnosis:* Costillas ramificadas, flexionadas hacia adelante en la región ventral, a la cual atraviesan. Concha subrectangular. Aparecen frecuentemente unas constricciones a lo largo de las costillas.

D	H/D	0	O/D
46	(0,32)	22	(0,48)
59	(0,33)	26	(0,44)
41	(0,37)	17	(0,41)

*Descripción:* Concha subcircular de vuelta poco abrazadora. Ombligo grande y poco profundo. Costillas radiales bien marcadas y bifurcadas en la zona ventral, flexionándose hacia adelante.

Los ejemplares de esta especie suelen ser de pequeñas dimensiones. La especie ha sido bien estudiada por ENAY, 1966, quien da las citas de los lugares recoleccionados, incluyendo los de España meridional.

*Yacimientos:* Niveles rojos de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente, Alicante) 17A16 y otros.

*Perisphinctes Dichotomoceras (Dichotomoceras) sp.* (Lám. IV; fig. 5, 6, 7).

Vueltas de espira poco abrazadoras, Costillas ramificadas, sin tubérculos, que atraviesan sin interrupción la región ventral de la concha. Concha de sección subcuadrada.

Oxfordense Superior de los niveles rojos de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante).

Zona de *Euasp. perarmatum*=*Dichot. wartae* COL-LINGNON.

Género: *Orthosphinctes* SCHINDEWOLF, 1925.

Subgénero: *Orthosphinctes*. SCHINDEWOLF, 1925.

*O. (Orthosphinctes) tiziani* (OPPEL, 1861). (Lám. III, fig. 6).

1863. *Ammonites tiziani* OPPEL, p. 246.

1893. *Perisphinctes tiziani* OPP - CHOFFAT, p. 32, L-5; F-8.

1907. *Perisphinctes tiziani* OPP. - SIMIONESCU, p. 22, L-1, fig. 4.

1935. *Biplices tiziani* OPP. ARKEL, p. 33; L-C; F-1.

1961. *P. (Orthosphinctes)* OPP. - GEYER, p. 19; L-1, F-2; L-2, F-1; L-6, F-3.

1966. *Orthosphinctes (Ort.) tiziani* (OPP.) ENAY, p. 514, 515.

*Descripción:* Fragmento en el que se notan muy bien las costillas radiales, regularmente espaciadas, fuertes y rectas. Ombligo amplio y profundo. Presenta constricciones, siendo el porte de la concha bastante aplanado.

ENAY, 1966, p. 514-515, indica que las formas más abundantes son las de la subzona de *Hypselum*, y cita la especie original en la zona de *Bimammatum*.

*Yacimientos:* En Alicante, Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A29 (S.<sup>a</sup> Crevillente).

Género: *Lithacoceras* HYATT, 1900.

Subgénero: *Discosphinctes* DACQUÉ 1914.

*Lithacoceras (Discosphinctes) lucingae* (FAVRE, 1875). (Lám. III, fig. 4-5).

1875. *Ammonites lucingae* E. FAVRE, Voiron, p. 32,33; L-III, F-4.

1936. *Perisph. (Discosphinctes) Lucingensis* FAVRE-MALINOWSKA, p. 67, 113, 154.

1966. *Lithacoceras (Discosphinctes) lucingae* (FAVRE) ENAY, p. 540, L-37, F-10; fig. text. 166-169.

D=45 H/D=(0,4) 0=15,5 O/D=(0,34)

LAMINA IV

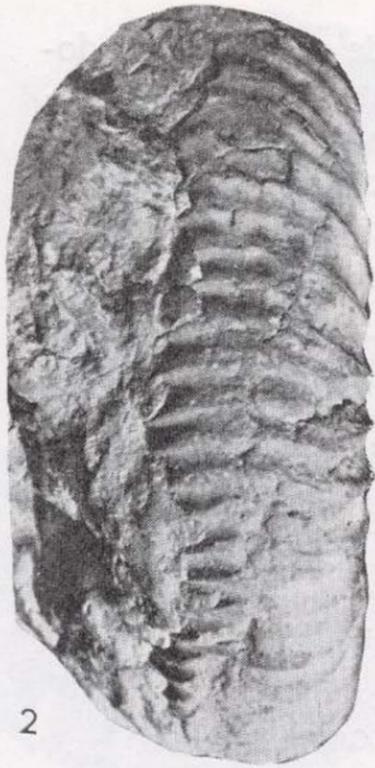
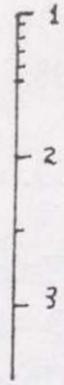
1. *Dichotomoceras bifurcatus* (QUENSTEDT); vista lateral. Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A.—2. Id. íd., vista dorsal.—3. Id. íd., vista dorsal (fragmento), 17A13.—7. Id. íd., vista dorsal

4. Fragmento en vista lateral.—5. *Dichotomoceras sp.*; vista lateral. Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A.—6. Id. íd., vista lateral (fragmento), 17A13.—7. Id. íd., vista dorsal

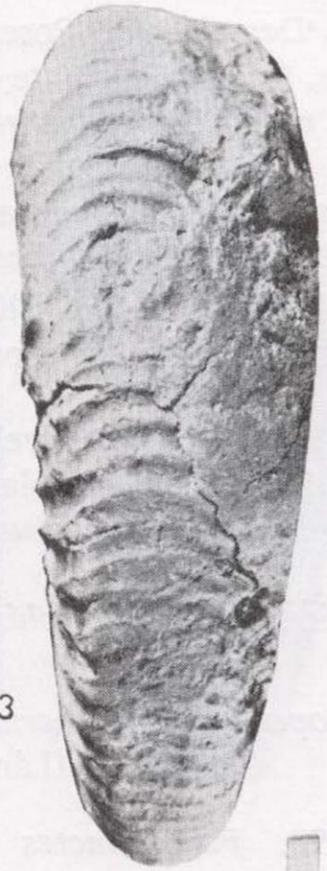
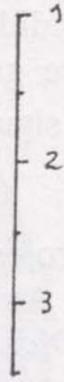




1



2



3



5



4



6



7



*Descripción:* Posee vueltas de espira abrazadoras. Concha bastante aplanada lateralmente. Presenta muchas costillas radiales, que se suelen bifurcar en la mitad superior de la concha. La sutura presenta la silla externa dividida por un lóbulo, y el lóbulo externo es bastante grande.

ENAY, 1966, p. 540 y siguientes, da un estudio exhaustivo de la especie.

*Yacimientos:* Niveles rojos del Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós (Alicante), Zona de *Euasp. perarmatum*=*Dichot. wartae* COLL.

Género: *Properisphinctes* SPATH, 1931.

*Properisphinctes bernensis* (DE LORIO), 1898.  
(Lám. V, fig. 7).

1898. *Perisphinctes bernensis* DE LORIO, Jura Bernois, L-V, S-18-23.

1938. *Properisphinctes bernensis* DE LORIO - ROMAN, p. 278, 279.

1957. *Properisphinctes bernensis* (LORIO)-ARKELL, Treatise, L-230, F-409, 2.

Ejemplar de pequeño tamaño, de sección redondeada. Presenta un desgaste notable y se aprecia una fina costulación que no sufre modificación al pasar las vueltas internas.

Presenta unas seis constricciones por vuelta.

El ejemplar figurado ha sido recogido en el Oxfordense condensado de S.<sup>a</sup> Mediana (Alicante), 30A.

El Holotipo procede del Oxfordense Superior de Suiza.

Subfamilia: *Ataxioceratinae* BUCKMAN, 1921.

Género: *Idoceras* BURCKHARDT, 1906.

*Idoceras sautieri* FONTANNES, 1876.  
(Lám. V, fig. 2).

1876. *Ammonites Sautieri* FONTANNES - DUMORTIER & FONTANNES, p. 294; L-16, F-1 (non L-17, F-1; L-18, F-1.)

1876. *Ammonites Malletianus* FONT. - DUMORTIER & FONTANNES, p. 297, L-16, F-2.

1879. *Simoceras Malletianus* FONT. - FONTANNES, p. 79.

1898. *Perisphinctes Sautieri* FONT. - SIEMIRADZKI, p. 201.

1959. *Idoceras Sautieri* (FONTANNES) - ZIEGLER, Oberj. Schwabwens, p. 26, 27, L-1; F-5.

Holotipo descrito en el Malm. d1-d3 de Suiza.  
D=98 E/D=— H/D=(0,28) O=46 O/D=(0,46)

Un ejemplar procedente del Oxfordense Superior, zona de *Planula*, de la S.<sup>a</sup> de Crevillente (Alicante) 17A17, zona superior.

*Descripción:* La especie que figura es conforme a la figuración de ZIEGLER, 1959, L-1, F-5. Se trata de un ejemplar bastante desgastado, pero que presenta numerosas vueltas y un amplio ombligo a través del cual se pueden contar las numerosas vueltas. El crecimiento de la concha es, pues, lento, y cada vuelta recubre aproximadamente un tercio de la anterior, pero dejando ver el comienzo de la bifurcación de las costillas antes del recubrimiento. Es un ejemplar de gran tamaño, casi 10 centímetros. La sección de la espira es algo ovalada y los flancos algo aplastados.

Los ejemplares figurados como *Idoceras sautieri* son sinónimos en algunos casos con *I. malletianum* en SIEMIRADZKI, 1898, p. 203.

*Yacimientos:* 17A17 en el Oxfordense Superior, niveles rojos de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente-Alicante). Zona Superior.

Subfamilia: *Aulacostephaninae*, SPATH, 1924.

Género: *Microbiplices*, ARKELL, 1936.

*Microbiplices microbiplex* (QUENSTEDT, 1887).  
(Lám. V; fig. 1).

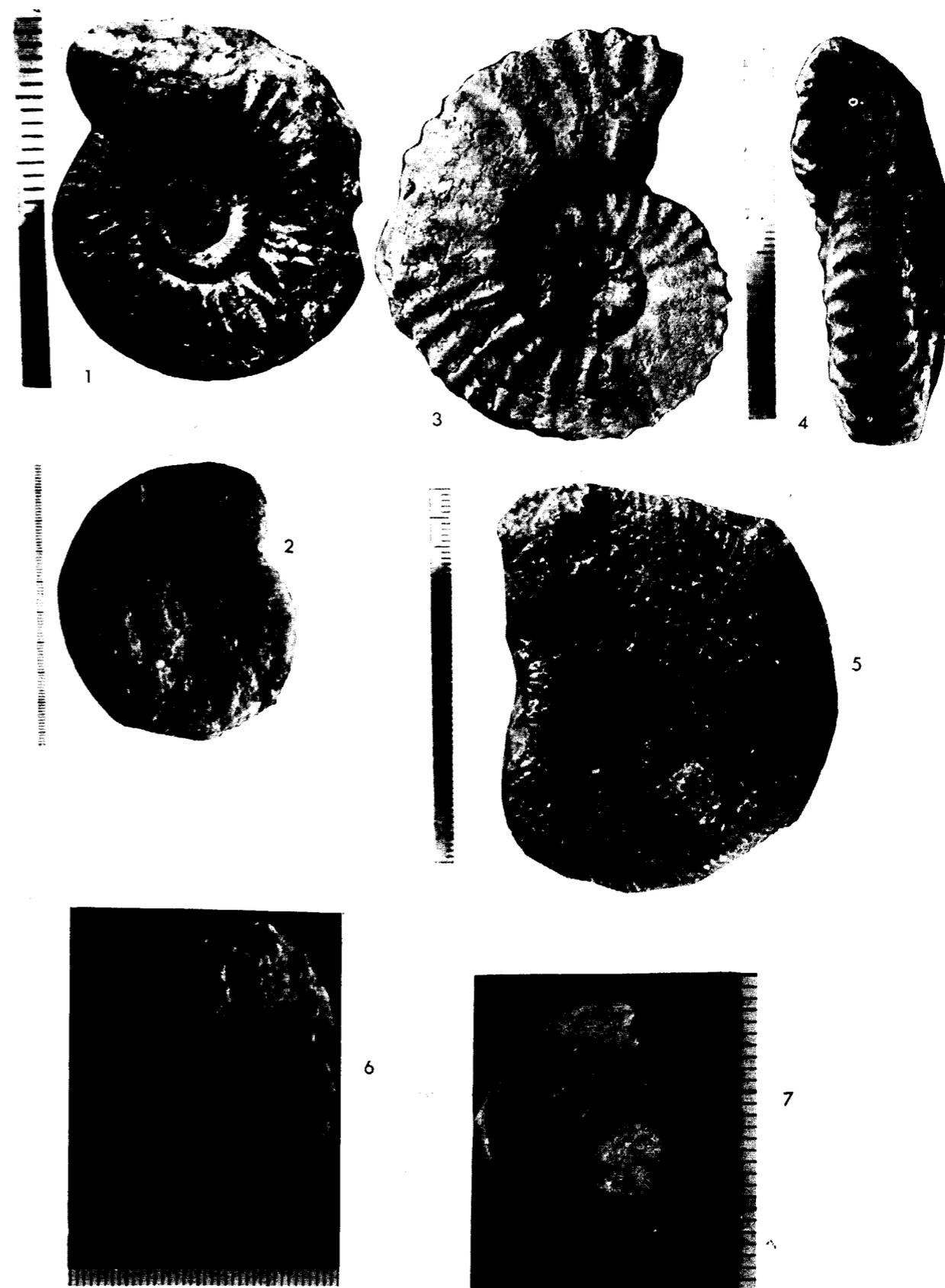
1887. *Ammonites microbiplex*, QUENSTEDT, p. 876, L-94, F-36.

1930. *Perisphinctes microbiplex*, QU.-DORN, p. 160, L-VII, F-4; L. XII, F-1; L-XII, F. 5.

#### LAMINA V

1. *Microbiplices microbiplex* (QUENSTEDT); vista lateral. Oxfordense Superior Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 17A3.—2. *Idoceras sautieri* FONTANNES; vista lateral. Oxfordense Superior. Rambla de Amorós, 17A17.—3. *Gregoriceras pervinquieri* SPATH; vista lateral. Oxfordense Superior. Rambla de Amorós, 17A.—4. Id. íd., vis-

ta frontal.—5. *Perisphinctes* sp.; vista lateral. Rambla de Amorós, Oxfordense Superior.—6. *Perisphinctes tarraconensis* FALLOT & BLANCHET, vista lateral. Oxfordense Superior de S.<sup>a</sup> Mediana, 30A6.—7. *Properisphinctes bernensis* (DE LORIO); vista lateral Oxfordense S.<sup>a</sup> Mediana, 30A

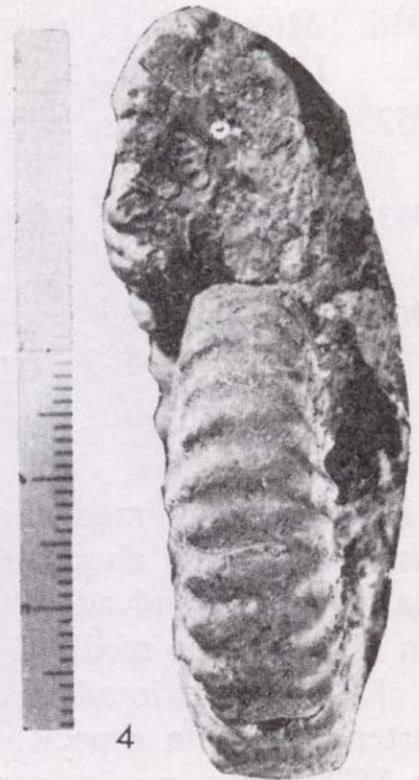




1



3



4



2



5



6



7

1936. *Microbiplices microbiplex*, QU.-ARKELL, p. LXI, Pl. C, F-6.

1957. *Microbiplices microbiplex*, QU.-ARKELL, p. L-326, F-419, 4.

1963. *Michobiplices microbiplex*. (QU.) - ENAY, p. 43, L-2, F-4.

1966. *Microbiplices microbiplex*. (QU.) - ENAY, p. 567, L-40, F-3; fig. tex. 156, 2.

D=22 H/D=(0,36) O=9 O/D=(0,40)

**Descripción.**—Fragmento pequeño, evolutivo, de costillas radiales abundantes y bifurcadas. La concha es subredondeada y de vueltas abrazadoras. No se ha podido medir el diámetro mayor por estar el ejemplar deteriorado. Por indicación de M. ENAY, pertenece a esta especie. Dicho autor (1966, página 567) indica que los representantes de esta especie son de vueltas anchas y rebajadas en el sur de Francia. Los ejemplares descritos por DORN en Franconia son de vueltas más comprimidas y constituyen el paso hacia las especies de OPPENHEIMER, (*P. guebhardi*, *P. varians*).

**Yacimientos.**—Este ejemplar pertenece a los niveles rojos del Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, entre la zona de *Bimammatum* y la de *Planula*.

Familia: *Aspidoceratiadae*, ZITTEL, 1895.

Subfamilia: *Peltoceratinae*, SPATH, 1924.

Género: *Gregoriceras*, SPATH, 1924.

*Gregoriceras pervinquieri*, F. L. SPATH, 1913.  
(Lám. V, fig. 3, 4).

1907. *Peltoceras fouquei*, PERV. (Non. KILIAN-PERVINQUIERE, Pal. Tun. p. 28, L-1, F-9.

1913. *Peltoceras pervinquieri*, SPATH, Juras. Dejeb. Zaghuan, LXIX, p. 578, 579.

**Discusión sistemática.**

*Gregoriceras pervinquieri*, SPATH=*P. fouquei* PERVINQUIERE non KILIAN, in PERVINQUIERE, 1907, p. 28. L-1; F-9.

KILIAN, 1889, p. 631, 632, dice que la especie *P. transversarium* de Cabra (Andalucía), hay que separarla de la de *P. transversarium*, de GEMMELLARO, con el nombre de *P. fouquei*.

*P. fouquei* de Andalucía tiene costillas menos numerosas y más rectas, tuberculadas y mucho menos dirigidas hacia atrás que *P. transversarium*.

La abertura, por la disposición de las costillas y tubérculos, adquiere la forma de trapecio en *fouquei*. Los flancos se rebajan bruscamente hacia el ombligo y dan lugar a una superficie lisa.

La separación *fouquei-pervinquieri*, es muy difícil, tratándose en opinión (comunicada personalmente) de ENAY, 1972, de formas que coexisten en la zona de *Bimammatum* y que constituyen la base hacia la forma *transversarium*.

Por tanto, las series *pervinquieri-fouquei-transversarium*, son una serie evolutiva que va desde *Bimammatum* a *transversarium*.

Mis ejemplares proceden del Oxfordense de la Rambla de Amorós S.<sup>a</sup>, Crevillente (Alicante). 17A.

Género: *Epipeltoceras*, SPATH, 1924.

*Epipeltoceras treptense*, ENAY, 1962.

1962. *Epipeltoceras treptense*, ENAY, Oxf. Sup. Trept., p. 55, 57, L-4, F-2a-d, 3.

1966. *Epipeltoceras treptense*, ENAY, Oxf. Jur. Fr. L-40, F-8.

**Diagnosis original:** Especie de *Epipeltoceras* de gran talla, discoide, de sección cuadrática elevada, creciendo rápidamente en altura con numerosas costillas, a menudo fasciculadas de dos en dos cerca del ombligo, bituberculadas, dejando un surco ventral ancho y relativamente poco profundo.

Zona de *Bimammatum*, Oxfordense Superior.

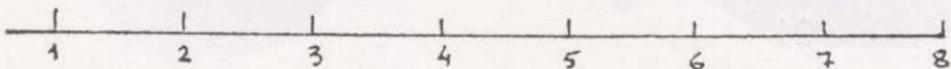
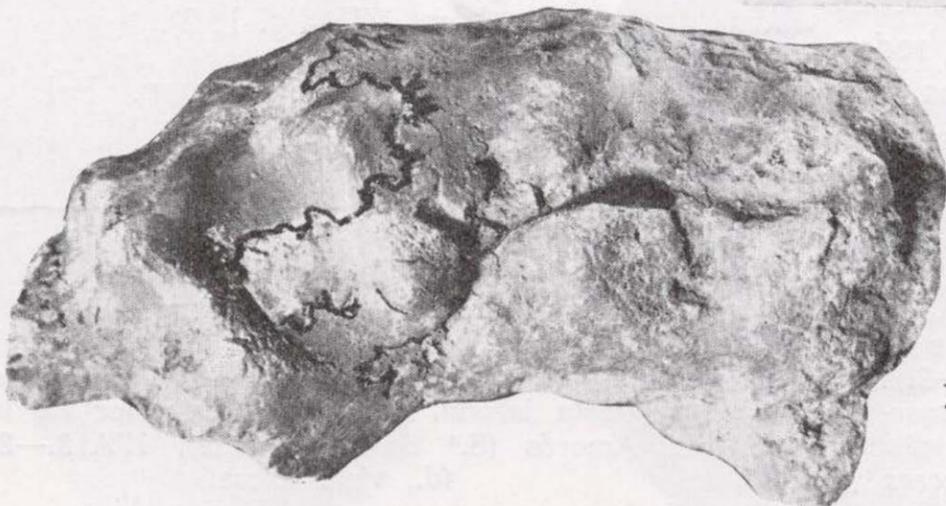
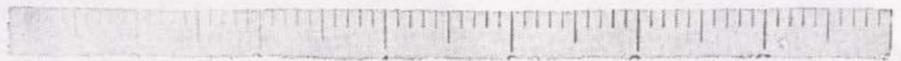
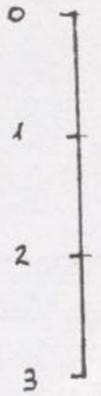
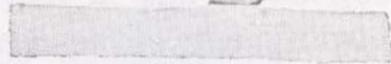
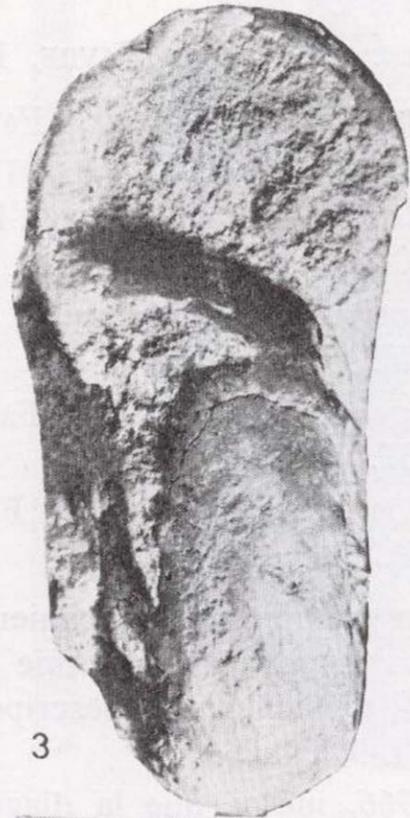
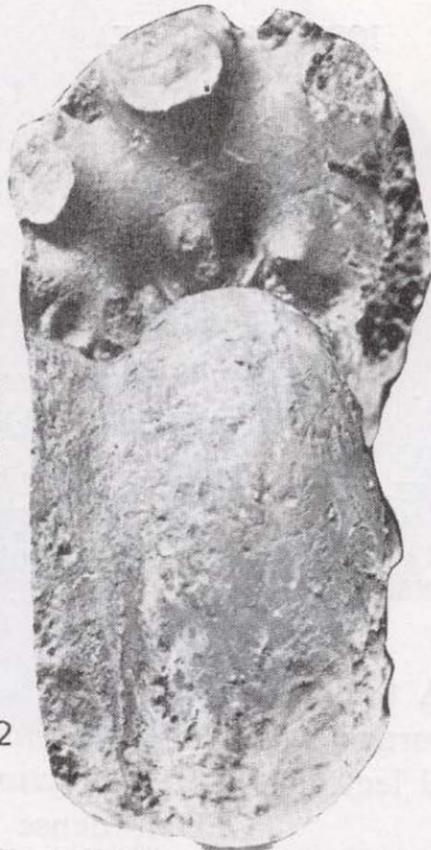
Poseo un ejemplar bien conservado, conforme al holotipo de ENAY, 1962, recogido en el yacimiento 30A. Oxfordense Superior de S.<sup>a</sup> Mediana (Alicante).

#### LAMINA VI

1. *Euaspidoceras* sp. Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós. Vista lateral.—2. Id. id., vista frontal.—3. *Euaspidoceras hominalis* FAVRE; vista frontal. Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A5.—4. Id.

id., vista lateral, donde se aprecian los tubérculos.—5. *Euaspidoceras costatum* DORN, vista dorsal. Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A17.—6. Id. id., vista lateral y sutura.—7. Vueltas internas de *Paraspidoceras* sp.; fragmento en vista lateral





*Epipeltoceras berrense*, FAVRE, 1876.

1876. *Ammonites berrensis*, FAVRE, Alpes Fri-bourg, p. 59-60; L-3, F-11; L-4, F-8, 9.  
 1930. *Peltoceras berrense*, FAVRE-DORN, p. 70, L-17, F-10-12.  
 1937. *Epipeltoceras berrense*, FAVRE - CHRIST, p. 109, L-7, F-3 .  
 1962. *Epipeltoceras berrense*, FAVRE-ENAY, Trept, p. 57.  
 1966. *Epipeltoceras berrensis*, FAVRE-ENAY, L-40, F-16.

Poseo un ejemplar del yacimiento 30A (S.<sup>a</sup> Me-diana, Alicante), que es conforme a la figuración de ENAY, 1966, así como a la descripción del lectotipo de FAVRE, L-3, F-11.

ENAY, 1966, indica que la diagnosis de la espe-cie tipo es insuficiente y su figuración mala, ha-ciendo a continuación una descripción de los tipos. El lectotipo más reciente admitido es el de SCHMIDT-KALER, L-111, F-11 de FAVRE, y no el de la lámi-na IV, fig. 9.

Pertenece la especie a la zona de *Bimammatum*, subzona de *Hypselum*, y es confundible con este último, pero le precede en el tiempo, apareciendo antes de *bimammatum s. s.*,

Subfamilia: *Aspidoceratinae*, ZITTEL, 1895.

Género: *Euaspidoceras*, SPATH, 1931.

*Euaspidoceras hominale*, FAVRE, 1875.  
 (Lám. VI, fig. 3, 4).

1875. *Ammonites hominalis*, FAVRE, Voiron, p. 39-40, L-4; F-4,5.  
 1876. *Amm. (Aspidoceras) hominalis*, FAVRE, Alp. Frib. p. 50, L-6, F-1.  
 D=59    H/D=(0,35)    E/D=0,37    O=22  
           O/D=(0,37)

*Descripción:* El ejemplar que describo se encuen-tra un poco deformado. Posee una vuelta redon-deada y dos filas de tubérculos en los flancos, poco señalados por el desgaste que sufrió, pero se apre-

cian mejor en las vueltas interiores. El ombligo es amplio y profundo.

Las dimensiones del Holotipo de FAVRE, son pa-recidas a las aquí dadas, y la concha es espesa como en la figuración del autor.

*Semejanzas y diferencias:* Difiere de *E. perar-matum* y de *oegir* por un ombligo más pequeño, una región externa ancha y fuertemente convexa y flancos muy estrechos. Los tubérculos de *E. homi-nale* no están en el borde de la de la concha como en los precedentes, sino en el tercio interior del flanco.

*Yacimientos:* El Holotipo procede de la zona de *Bimammatum*. Nuestro ejemplar 17A5 procede del Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante).

*Euaspidoceras costatum* DORN, 1939.  
 (Lám. VI, fig. 5, 6).

1923. *Aspidoceras costatum* DORN, Neue oder, p. 54, 55, F-8a, b.  
 1930. *Aspidoceras costatum* DORN, Die Amm., p. 25, L-22, F-7a, 7b.

*Descripción:* Mi ejemplar es un fragmento en el que se aprecia bien la sutura y la sección de la espira, así como la costulación y tubérculos, en-contrando la especie conforme a la figuración de DORN, 1930, L-22, F-7a, 7b, así como a las figu-ras 104, 105 del texto.

La concha es de sección subrectangular, con una doble fila de tubérculos que coinciden casi con el borde de la región ventral, y que en mi ejemplar se hallan algo erosionados.

Pertenece al Oxfordense Superior, Zona de *E. pararmatum* de los niveles rojos de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente, Alicante) 17A7.

*Euaspidoceras hypselus* (OPPEL, 1862).  
 (Lám. VII, fig. 1, 2).

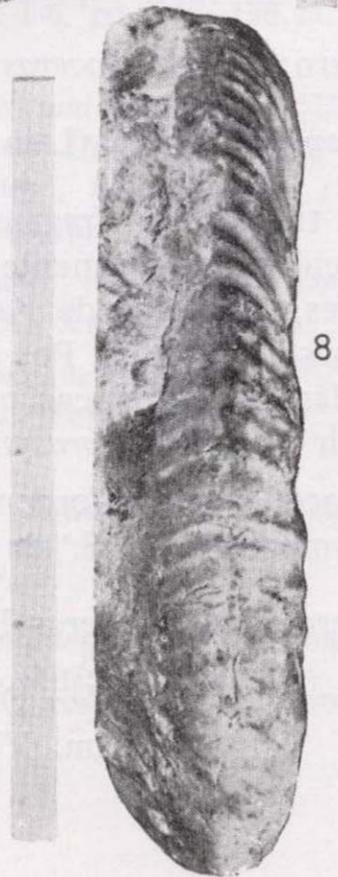
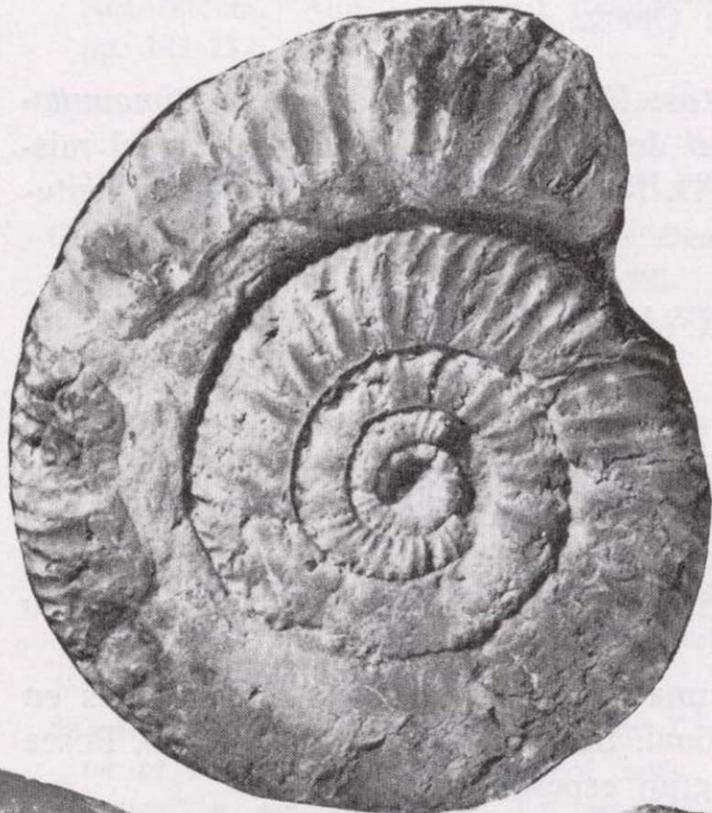
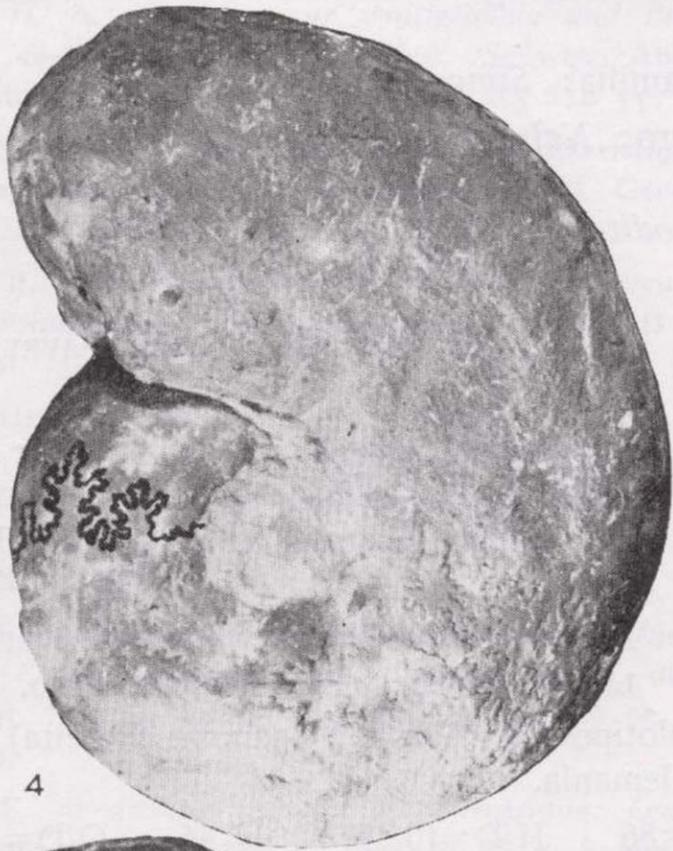
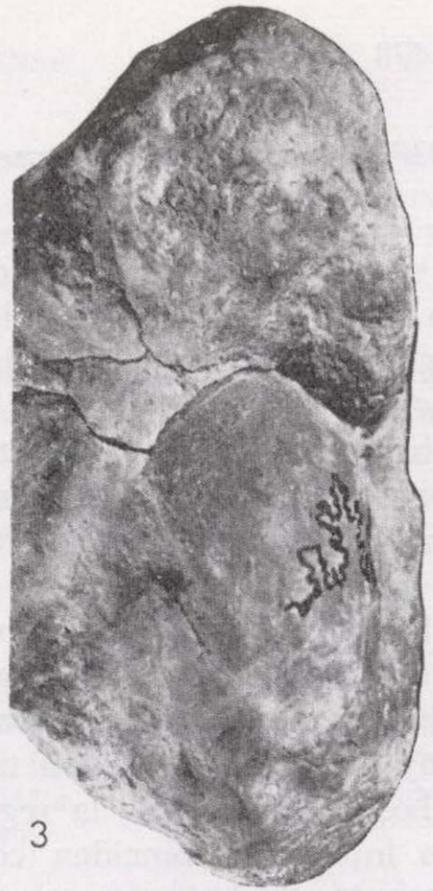
1862. *Ammonites hypselus* OPPEL, Pal. Mitth., p. 229, 230; L-64; F-2, a, b.

#### LAMINA VII

1. *Euaspidoceras hypselum* (OPPEL); vista dorsal. Oxfor-dense Superior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevi-llente), 17A9.—2. Id. id., vista lateral y sutura.—3. *Phy-sodoceras schilleri* OPPEL; vista frontal, Oxfordense Su-perior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 17A32.—4. Id. id., vista lateral.—5. *Euaspidoceras gr.*

*acanthicum*; vista dorsal. Flysch Kimmeridense Inferior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 19A6.—6. Id. id., vista lateral y sutura.—7. *Nebroditis heimi* (FAVRE); vista lateral. Oxfordense Superior de la Ra-mbla de Amorós (S.<sup>a</sup> de Crevillente), 17A18.—8. Idem id., vista dorsal





1938. *Euspidoceras hypselus* OPP.-ROMAN, p. 305. D=68 H/D=(0,34) O=29 O/D=(0,42)

**Descripción:** Posee un ombligo ancho y profundo y dos filas de tubérculos sobre el borde de la región umbilical, y la más externa casi sobre el borde de la zona ventral. La sección de la espira es subcuadrada. El crecimiento es lento y no hemos podido medir el espesor, aunque la correspondencia con figuración de OPPEL, 1862, L-64, F-1.<sup>a</sup>, b, es perfecta.

La sutura está bien dibujada sobre el ejemplar que figuro, y consta de grandes sillas divididas por lóbulos muy dentados, siendo los lóbulos externos muy pronunciados y con terminación impar.

Los tubérculos de la región ventral en las vueltas interiores coinciden con el recubrimiento de la vuelta de la espira, exactamente como en la figuración de OPPEL.

**Yacimientos:** Holotipo de la zona de *Bimammatum*. El aquí descrito de los niveles rojos del mismo piso 17A9. Rambla de Amomós (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante).

*Euspidoceras* sp. gr. *acanthicum*.  
(Lám. VI, fig. 1, 2.)

Ejemplar bastante desgastado, procedente del flich Kimmeridgense medio de la Rambla de Amorós, 19A (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante), que por su sutura muy parecida a la de *Aspidoceras acanthicum*, puede referirse a este ejemplar, así como por su porte.

Presenta una fila de tubérculos bien visibles en posición sifonal. Su ombligo está deformado. Posee vueltas de gran espesor.

Género: *Paraspidoceras* SPATH, 1925.

*Paraspidoceras* sp. (Lám. VI, fig. 7).

Se trata de un fragmento que posee flancos muy reducidos y fuertemente convexos. Tubérculos muy fuertes, como los de *Aspidoceras parsispinum*, pero más numerosos. Por tratarse de un fragmento y por las características que describo, sólo lo puedo referir al género *Paraspidoceras*.

Procede del Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós, 17A. (S.<sup>a</sup> de Crevillente-Alicante).

Género: *Physdoceras* HYATT, 1900.

*Physdoceras schilleri* OPPEL, 1862.  
(Lám. VII, fig. 3, 4).

1862. *Ammonites schilleri* OPPEL, Pal. Mittheil, p. 221, L-61, F-1a, b.

Figuro un ejemplar de esta especie de D=67,5 milímetros, recogido en el Oxfordense Superior (17A32) de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante).

Está empastado en caliza y sólo es visible un flanco. No obstante, la línea sutural está bien conservada y se aprecia la tendencia de la sección de la espira, así como la corona de tubérculos de la región periumbilical, que la hacen referible a la figuración de OPPEL, 1862, L-61, F-1a, b.

Se parece algo a *Phys. Liparum*, pero la roseta umbilical de tubérculos y la sección de la espira son como la figuración de *P. Schilleri* OPPEL, 1862.

Subfamilia: *Simoceratinae* SPATH, 1924.

Género: *Nebroditis* BURKHARDT, 1910.

*Nebroditis heimi* (FAVRE, 1877).  
(Lám. VII, fig. 7, 8).

1877. *Ammonites (Perisph.) Heimi* FAVRE, p. 49, L-5; F-3.

1888. *Ammonites planula planus* FAVRE - QUENSTEDT, p. 82, L-109, F-4.

1950. *Nebroditis cf. heimi* (FAVRE) - R. TRUMPY, p. 21.

1959. *Nebroditis (Nebroditis) heimi* (FAVRE - ZIEGLER, p. 35, L-1, F-14, fig. 2b texto).

Holotipo del Weisjura (gamma y delta) del SE de Alemania.

D=86 H/D=(0,25) O=46 O/D=(0,60)

**Descripción:** La concha posee un desarrollo muy lento y es subredondeada. Las vueltas de espira son poco abrazadores y la sutura es sencilla. Las costillas son rectas, bien marcadas y fuertes, siendo la separación entre ellas casi tres veces el grosor de las mismas. Se bifurcan todas ellas en el sexto superior del flanco y atraviesan la región ventral, flexionándose hacia adelante. La bifurcación de las costillas es visible en las numerosas vueltas interas, por lo que el recubrimiento es casi inexistente. Presenta contricciones e intervalos regulares y bien marcados. El ombligo es muy amplio O/D=(0,60).

**Yacimientos:** En los niveles rojos del Oxfordense Superior de la Rambla de Amorós (S.<sup>a</sup> Crevillente-Alicante).

## BIBLIOGRAFIA

- ARKELL, W. J.: *Ammonites of the English Corallian Beds*. Palaeont. Soc. London, pt. I-XIV (1945-48).
- — *The ammonites zones of the Upper Oxfordian of Oxford*. "Q. J. G. S.", vol. XCII (1936).
- — *The zones of the Upper Jurassic of Yorkshire*. "Proc. York". Geol. Soc., vol. XXV, part. V, 1944 (1945).
- BUCKMAN, S. S.: *Yorkshire type Ammonites*. London, 790 pl. (1909-30).
- CHOFFAT, P.: *Description de la fauna jurassique du Portugal, Cephalopodes. 1er série. Ammonites du Lusitanien de la contrée de Torres-Vedras*. "Dir. Trav. Géol. du Port". Lisboa (1893).
- CRIST, H. A.: *Beitrage zur stratigraphie und Palaontologie des Malm von Westsizilien*. "Schweiz. Abhd. Palaontologische". Bd. 77, 14 fig., 9 tf., 138 pp. (1960).
- COLLIGNON, M.: *Atlas des fossiles caracteristiques de Madagascar. Fasc. III (Oxfordien)*. "Serv. Géol. Tannannarive (1959).
- DORN, P.: *Die Ammoniten fauna des untersten Malm der Frankenalb*. "Palaeontographica", t. LXXII-LXXIV (1930).
- DUMORTIER et FONTANNES, F.: *Description des Ammonites de la zona á Ammonites tenuilobatus de Crusol (Ardèche) et de quelques autres fossiles jurassiques nouveaux ou peu connus*. "Mém. Acad. Lyon", t. XXI (1876).
- ENAY, R.: *L'Oxfordien dans la moitié Sud du Jura français. Etude Stratigraphique*. "Nouv. Archiv. du Mus. d'Hist. Nat. de Lyon", fac. VIII, t. II, 624 pp., 40 pl. (1966).
- ENAY, R. et groupe français du Jurassique: *Les zones du Jurassique en France*. "Extr. du C. R. Somme. séances S. G. F.", fasc. 6, s. 1 mars, p. 76 (1971).
- FAVRE, E.: *Description des fossiles du terrain Jurassique de la montagne des Voirons (Savoie)*. "Mém. Soc. Pal., Suisse", t. II (1875).
- — *Description des fossiles du terrain Oxfordien des Alpes Friburgeoises*. "Mém. Pal. Suisse", t. III (1876).
- — *La zone á Ammonites Acanthicus dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie*. "Mém. Pal. Suisse", t. IV (1877).
- FONTANNES, F.: *Sur les Ammonites de la zone á Ammonites tenuilobatus de Crusol*. "Bu. S. G. F.", 3 ser. t. V (1876).
- — *Description des Ammonites du Chateau de Crusol (Zones á Opepia tenuilobata et Waagenia beckeri)*. 122 pp., 13 pl. (1879).
- FONTANNES, F.: *Diagnose de quelques espèces nouvelles du calcaire du Chateau de Crusol (Ardèche)*. Lyon (1879).

GEYER, O. C.: *Beitrage zur stratigraphie und Ammonitenfauna des Weissen Jura (Unteres Unterkimmeridium) in Württemberg. Jh. ver waterl. Naturk, Württemberg. Stuttgart*. n. 116, pp. 84-113, fig. 1-3; Tf. 1-5 (1961)

HOLDER, H.: *Die Ammoniten Gattung Taramelliceras in Sudwestischen Unter und Mittelmalm. Morphologische und taxonomische studien an Ammonites flexuosus BUCH (Oppelidae)*. "Palaeontographica Abt. A. Dtsch.", 106, n. 3-6, pp. 37-153-23 tf. (1955).

LORIO, P. DE: *Etude sur les mollusques de l'Oxfordien supérieur et moyen du Jura bernois*. "Mém. Soc. Paléont. Suisse", t. 23-24, pp. 158, 17 pl. (1896-97).

— — *Etudes sur les mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien Inférieur de la Zone á Ammonites renggeri du Jura bernois*. "Mém. S. Pal. Suisse", t. 25-26, 197 pp., 12 pl. (1898-99).

NEUMAYR, M.: *Die fauna der schichten mit Aspidoceras Acanthicum*. "Abh. k. k. Geol. Reichs.", Bd. 5, Heft 6, pp. 141-257, pl. 31-43 (1873).

OPPEL, A.: *Über Jurassische Cephalopoden*. "Mitth. aus d. Must. d. kgl. bayerischen staates, Bd. 3, pp. 127-162 (1862), 163-266 (1863), pl. 40-74 (1862-63).

QUENSTEDT, F. A.: *Petrefactenkunde Deutschlands. Die Cephalopoden*, 580 pp. 36 pl. (1845-49).

— — *Die Ammoniten des Schäbischen Jura*. Stuttgart, 1.140 pp. 126 pl. 1838-88).

RIAZ, A. DE: *Description des Ammonites de la couche á Peltoceras transversarium (Oxfordien supérieur) de Trept (Isere)*. Lyon, Geneve, Bâle, Paris, 69 pp. 19 pl. 1898).

SALFELD, H.: *Beitrag zur kenntniss des Peltoceras toucasi d'ORB, und Peltoceras transversarium QU.* "Neues Jahrb. f. Miner", t. I (1906).

SPATH, L. F.: *Revision of the jurassic Cephalopoda fauna of Kach*. "Mem. of the geol. surv. of India. Pal. indica", n. ser., t. IX, prt. 1-6, pp. 945, 130 pl. (1927-1933).

WEGELE, L.: *Stratigraphische und faunistische Untersuchungen in Oberoxford und Unterkimmeridge Mittel Frankens*. "Palaeontographica", t. LXXI, pp. 117-210, pl. 25-28, Bd. 72, pp. 95-188, pl. 5-15 (1929).

WEPFER: *Die gattung Opepia in suddeutschen Jura*. "Palaeontographica", t. LIX, Stuttgart (1911).

ZIEGLER, B.: *Idoceras und verwandte Ammoniten-Gattungen im Oberjura Schwabens*. "Eclog. Geol. Helv.", v. 52, n. 1 (1959).

ZITTEL, K.: *Die fauna der Aelteren Cephalopodenfuhrden*. "Palaeontographica", Bd. 1, pp. 119-310, pl. 25-39 (1870).

— — *Handbuch der Palaontologie, Abt. 1, Band. 2*, 893 pp., 1.109 fig. ("Cefalopods", pp. 329-522) (1884).

Recibido: Mayo 1974.

# Horizontes portadores de mineralización (sulfuros y manganeso) en la zona de El Castillo de las Guardas, de la Faja Pirítica del SO. de España (Parte I).\*

## Parte I - Control Estratigráfico

Por J. RAMIREZ COPEIRO DEL VILLAR (\*\*)

### RESUMEN

Dos importantes horizontes portadores de sulfuros y otro horizonte portador de manganeso han sido reconocidos en el Complejo Volcánico Sedimentario (C.V.S.) de El Castillo de las Guardas, en la Faja Pirítica Hispano Portuguesa. Estos niveles pertenecen al Carbonífero Inferior, habiendo sufrido metamorfismo de bajo grado e intenso plegamiento durante la orogenia Hercínica.

Los principales depósitos de sulfuros están situados en la serie volcánico sedimentaria ácida superior, en estrecha relación con tobas ácidas esquistas y concordantes con las mismas. Depósitos más pequeños se han localizado en la serie volcánico sedimentaria ácida inferior. Los yacimientos manganesíferos están situados en la llamada formación manganesífera, a techo de la serie volcánica ácida superior.

Una segunda parte, que se publicará más tarde, versará sobre la geología estructural del área en cuestión.

### ABSTRACT

Two important sulphide ore-bearing horizons and one manganese ore-bearing horizon have been recognized in the Volcanic Sedimentary Complex of El Castillo de las Guardas in the Spanish Portuguese Pyrite Belt. These levels belong to the Lower Carboniferous and have undergone weak grade regional metamorphism and a strong folding during Hercinian orogeny.

The main sulphide deposits are situated in the upper acid volcanic level and are closely linked with acid tuffs being stratified with them. Smaller deposits have been found in the lower acid volcanic level. The manganese ore bodies are located in the so called manganese formation, above the upper acid volcanic level.

A second part, published later, will deal with the structural geology of the mentioned area.

### INTRODUCCION

La zona estudiada correspondiente al cuadrante SO de la Hoja geológica número 939, donde está ubicado el criadero de piritas de El Castillo de las Guardas, está situada al este de Riotinto y al norte de Aznalcóllar, comprendiendo parte de las provincias de Huelva y Sevilla (fig. 1).

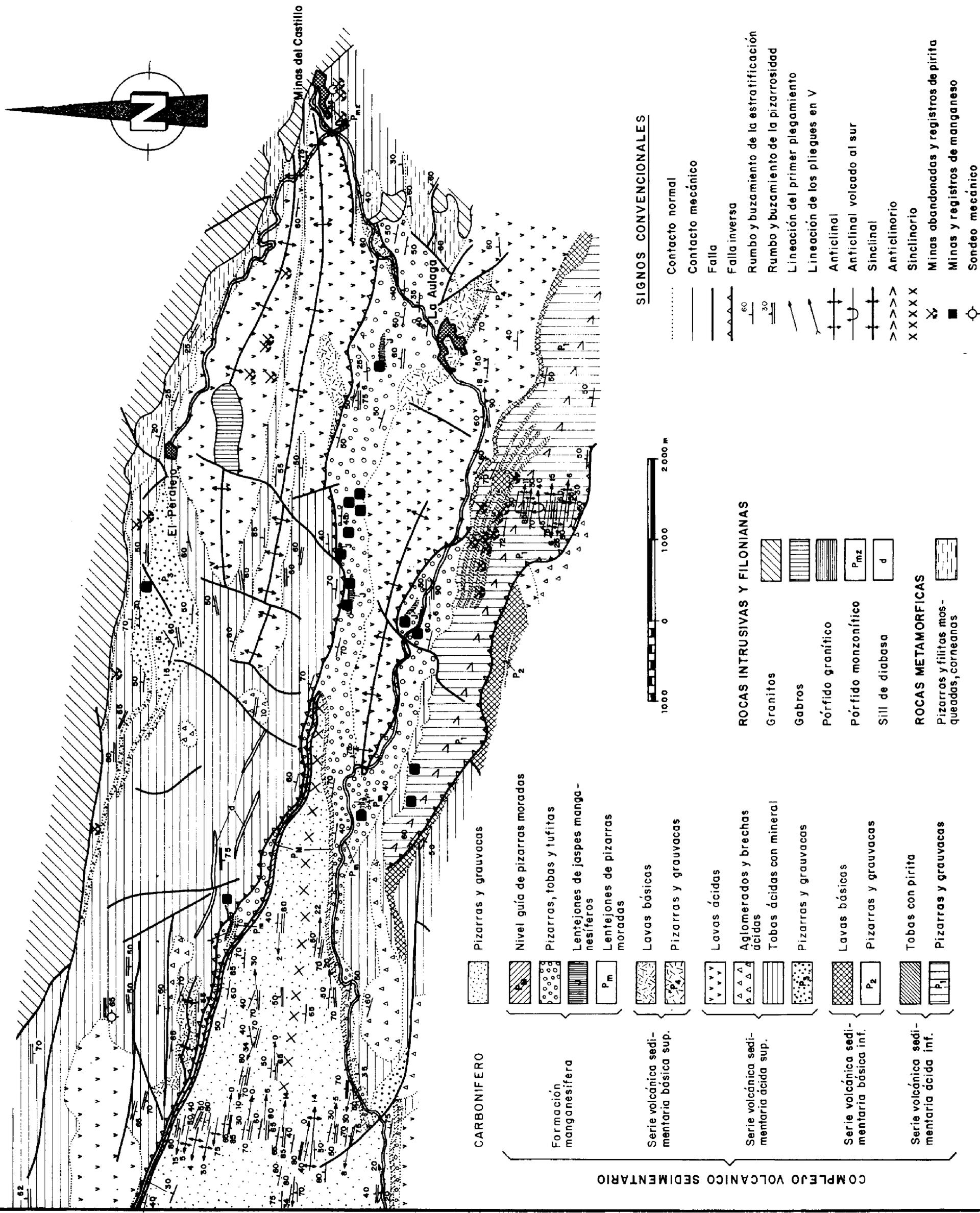
Este cinturón pirítico representa, como se sabe, la parte central de un geosinclinal Devónico-Carbonífero, al norte del cual está el geoanticlinal de Ara-

cena-Beja, formado por rocas metamórficas que van desde el Precámbrico al Paleozoico Superior, área considerada como fuente de los materiales detríticos de los sedimentos de este cinturón. Hacia el Este, Oeste y Sur, la faja pirítica está cubierta por sedimentos terciarios (SCHERMERHORN, 1970; STRAUSS y MADEL, 1974, etc.).

Los materiales más antiguos, datados con fósiles, que se conocen de este cinturón pirítico, pertenecen al Devónico Superior; constituyen los núcleos de estructuras anticlinales y están formados por pizarras, grauvacas y cuarcitas con algunas calizas y conglomerados. Al Devónico sigue de forma aparentemente concordante la formación volcánico sedimentaria, constituida por rocas volcánicas

(\*) Trabajo efectuado para la Reserva Zona de Huelva del IGME.

(\*\*) Doctor Ingeniero de Minas. Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A.



MAPA GEOLOGICO-ESTRUTURAL SIMPLIFICADO DE LA ZONA DE EL CASTILLO DE LAS GUARDAS

AÑO 1976

Figura 2

Mapa geológico estructural simplificado de la zona de El Castillo de las Guardas

ácidas y básicas, con intercalaciones detríticas y conteniendo exclusivamente los yacimientos de sulfuros y de manganeso. El Carbonífero está constituido por una alternancia de pizarras y grauvacas con fauna de Posidonomyas y Goniatites.

del presente trabajo, localizar y cartografiar los horizontes portadores de mineralización (control estratigráfico), reduciendo el campo de la prospección donde aplicar métodos geofísicos (geoeléctricos y gravimétricos), con una mayor seguridad y eficacia y con el consiguiente beneficio en tiempo y costo.

En una publicación posterior se realizará el estudio de las deformaciones tectónicas sufridas por dichos horizontes que ayudarán no sólo a conocer la situación actual de las masas (control estructural), sino a interpretar las anomalías geofísicas que se obtengan.

### ESTRATIGRAFIA

Los materiales situados en la zona del Castillo pertenecen al Carbonífero, que constituye un gran sinclinorio en la parte occidental, y a la formación denominada "Complejo Volcánico Sedimentario" (C.V.S.), aflorante a ambos flancos del anterior y limitada al N y E por rocas intrusivas del Batolito de La Granada de Riotinto (fig. 2).

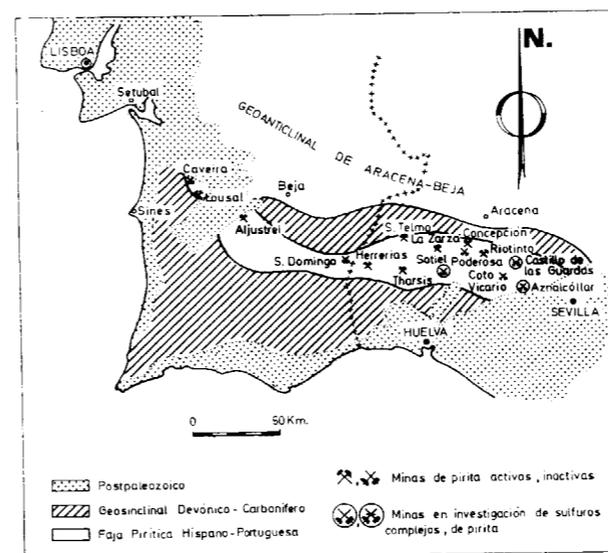


Figura 1

Situación de la Faja Pirítica Hispano-Portuguesa, según Schermerhorn actualizada

Todo ello fue plegado intensamente por la orogénesis Hercínica de dirección casi E-O, en España, y NO-SE, en Portugal, que produjo una pizarrosidad penetrativa de plano axial, desarrollándose contemporáneamente un metamorfismo regional de bajo grado, facies de los esquistos verdes, subfacies de la clorita.

Los depósitos de sulfuros están controlados estratigráficamente (por estar asociados a rocas volcánicas submarinas, existiendo una estrecha relación entre los mismos y determinados horizontes de la secuencia volcánica) y estructuralmente (al existir una estrecha asociación entre la geometría del plegamiento y la localización de depósitos de sulfuros masivos), por lo que la determinación de estos controles, estratigráfico y tectónico es el primer paso a efectuar en la investigación de una zona minera. Las características geológico-estructurales controlan la posible existencia de nuevos criaderos.

Se trata, pues, de establecer los controles de la mineralización de sulfuros y de manganeso de vital importancia para su prospección. Este fue el objeto

### COMPLEJO VOLCANICO SEDIMENTARIO (C.V.S.).

Está constituido por rocas volcánicas ácidas (las más abundantes), intermedias y básicas, submarinas, con niveles detríticos intercalados y plegados con las formaciones de muro y techo. Esta secuencia varía rápidamente de potencia y posee frecuentes cambios de facies (laterales y verticales) en la proporción de rocas volcánicas y sedimentarias. Tanto los yacimientos de sulfuros complejos como los yacimientos de manganeso (ambos admitidos como de origen singenético) se hallan contenidos en este C.V.S.

Es difícil, con exactitud, situar cronológicamente este C.V.S., considerado siempre como perteneciente a la transición Devónico-Carbonífero. Teniendo en cuenta que las rocas volcánicas son estratigráficamente superiores a los materiales portadores de los lentejones calcáreos, con fauna datada de Devónico Superior (MESEGUER PARDO, 1945, ARMENGOT, 1970); que se sitúan concordantemente bajo las pizarras y grauvacas del Viseense Superior; que los recientes estudios de SCHERMERHORN (1971) sobre determinación de edades por

métodos radiométricos en las rocas ácidas de la base de este C.V.S. dieron una edad comprendida entre el Tournaisiense y el Viseense Inferior, y ante el hecho de no haber encontrado nuevos yacimientos fosilíferos que hubieran permitido un mejor grado de separación, se debe encajar toda esta formación volcánico-sedimentaria en el Carbonífero Inferior parte media-baja.

Las rocas volcánicas son realmente efusivas tal y como lo demuestran las estructuras y texturas de flujo observadas, la falta de acciones metamórficas de contacto con la roca de caja y las intercalaciones sedimentarias. Dichas intercalaciones que indican la existencia de diferentes coladas volcánicas, prueban el carácter submarino de las emisiones lávicas (FEBREL, 1966).

Estas intercalaciones sedimentarias de la misma edad que sus volcánicas acompañantes y perfectamente concordantes, son más abundantes a medida que nos vamos alejando de los centros efusivos, pues, al disminuir la potencia de las coladas, se produce un cambio de facies a pizarras.

A pesar de la dificultad en establecer un orden de sucesión de coladas, debido a que el volcanismo no ha tenido en toda la zona la misma intensidad, a la existencia de numerosos focos volcánicos muy próximos, a la pequeña extensión de las erupciones, originándose intercalaciones entre unas coladas y otras, y a la existencia de frecuentes cambios de facies al surgir las lavas a través de numerosas fracturas submarinas, se ha comprobado que a lo largo de toda el área investigada se puede dar un orden de deposición, habiéndose diferenciado cinco formaciones o unidades en los materiales que constituyen el C.V.S., que, de antiguas a modernas, son:

- Serie volcánica ácida inferior.
- Serie volcánica básica inferior.
- Serie volcánica ácida superior.
- Serie volcánica básica superior.
- Formación manganésifera.

Como, desde el punto de vista estratigráfico, el C.V.S. varía extremadamente en intensidad y en composición de unas zonas a otras en la Faja Pirítica Hispano - Portuguesa, es imposible dar una secuencia válida para toda ella, existiendo distintas columnas para diferentes localidades. La dada anteriormente es, pues, la secuencia válida para la zona del Castillo de Las Guardas. El establecer columnas estratigráficas correctas es casi imposible,

debido a la variación de la intensidad del volcanismo de unos lugares a otros, a los cambios laterales y verticales de facies, al intenso plegamiento que enmascara la verdadera potencia y a la discontinuidad de ésta en los diferentes tramos de la serie. Por ello se ha establecido una columna litoestratigráfica tipo representativa para toda la zona en conjunto (fig. 3).

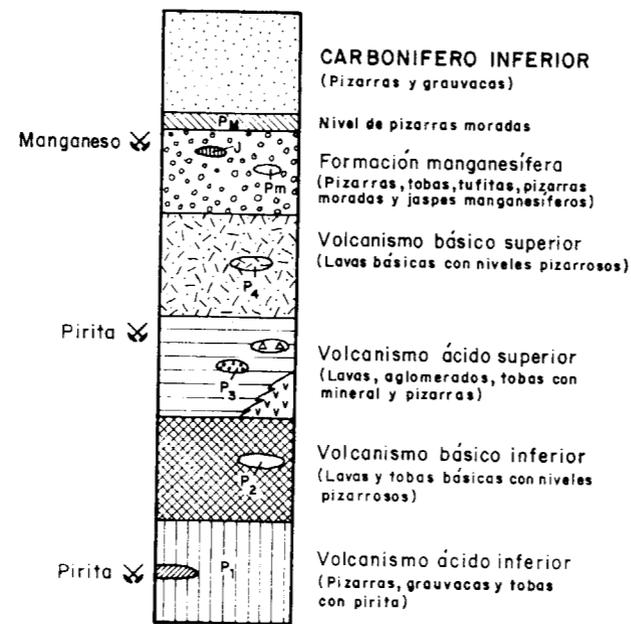


Figura 3

Columna litoestratigráfica tipo representativa para toda la zona del Castillo

Las rocas volcánicas están constituidas por lavas ácidas, intermedias y básicas, con sus piroclásticas correspondientes. El material sedimentario intercalado está constituido por pizarras arcillosas, pizarras silíceas, pizarras grafitosas, pizarras ferríferas, areniscas, grauwacas y radiolaritas (cherts).

Describiremos brevemente a continuación las diferentes unidades que componen el C.V.S. de la zona del Castillo, estando las descripciones petrográficas detalladas de estos materiales incluidos en la hoja de El Castillo de las Guardas (RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR y VAREA NIETO, In Lit.).

#### a) Serie volcánica ácida inferior.

La serie volcánica ácida inicial que constituye el anticlinorio de Coto Vicario está formada, princi-

palmente, por una alternancia de pizarras, areniscas y grauwacas (de 3 a 20 cm. de potencia). Contiene niveles de tobas ácidas esquistas porfídicas, oxidadas y con pirita, algunos de 1 metro de espesor, sobresaliendo cuatro de 20 a 30 metros de potencia, oxidadas y rojizas, constituyendo crestones de dirección N 100° E, mineralizados, sobre los que se realizaron las labores del Grupo Coto Vicario. Esta unidad, primera del C.V.S., es portadora de pequeños depósitos de pirita.

Como vemos, los niveles sedimentarios predominan sobre los volcánicos, constituyendo prácticamente la totalidad de la formación.

#### b) Serie volcánica básica inferior.

Aflora al sur de la zona, situándose estratigráficamente sobre el volcanismo ácido inicial. El contacto con el volcanismo ácido, tanto inferior como superior, es normal, generalmente separado por niveles pizarrosos.

Está formada por lavas (diabasas espilitizadas) y sus piroclásticas correspondientes, que no se han diferenciado en la cartografía. Las lavas son porfídicas de aspecto masivo o en forma de grandes lajas groseras de aspecto ovoide (al estar afectadas por una fuerte esquistosidad, orientadas según la dirección hercínica), de color verde oscuro o azul verdoso, si inalteradas y duras y pardo rojizas si meteorizadas, en cuyo caso presentan disyunción en bolas.

Las piroclásticas más abundantes son las tobas de color rojo-verdoso, esquistas y generalmente alteradas. Predominan en la banda situada al sur de la falla inversa de Coto Vicario. Los aglomerados y brechas verdosas son escasos.

En general, todo el conjunto básico posee niveles interestratificados de pizarras y grauwacas (1 a 15 m.). La potencia de este complejo básico inicial es variable, de unos 200 a 500 metros.

#### c) Serie volcánica ácida superior.

Es la de mayor extensión e intensidad y la portadora de los principales yacimientos y registros de sulfuros. Su potencia oscila entre 400 y 700 metros.

Está constituida por lavas, rocas piroclásticas e intercalaciones sedimentarias. Dentro de las lavas ácidas se han agrupado las ácidas propiamente dichas (riolitas y cuarzoqueratófidos, predominando las primeras) y las intermedias (queratófidos), menos abundantes, generalmente difíciles de diferen-

ciar "de visu". Las lavas ácidas son de colores claros, rosados o verde-azulados, a veces de pátina amarillenta, de textura porfídica generalmente, en ocasiones vítrea, masivas, con un diaclasamiento más o menos intenso, ovoideas o en grandes bolas. A veces se observan planos de estratificación o un bandeado de color que obedece a coladas de distinta composición depositadas sucesivamente (figura 4).



Figura 4

Lava ácida con bandeado de color que marca la estratificación. Carretera Nerva-Aulaga, cerca de esta aldea.

Las rocas piroclásticas son de todo tamaño y constituidas por aglomerados, brechas y tobas. Los aglomerados y brechas están formados por cantos lávicos heterométricos de 10 y 20 centímetros, generalmente angulosos, otros redondeados, a veces fusiformes, orientados la mayoría de las veces paralelamente al plano de esquistosidad (fig. 5).

Las tobas tienen un tamaño de grano variable entre 4 milímetros y <0,25 milímetros (tufitas) y, debido a su carácter fragmentario, poseen una esquistosidad mucho más neta que las lavas, observándose en ocasiones la estratificación y el cruceo (fig. 6), pero en otras ocasiones son tan masivas como las mismas lavas, siendo difícil su separación.

Las manifestaciones volcánicas empiezan por emisiones de lavas ácidas, seguidas de acumulaciones importantes de rocas piroclásticas de granulometría variada en proporciones que varían de un sitio a otro, aglomerados, brechas, tobas esquistas grises y verdosas, groseras, medianas y finas apizarradas (tufitas), estos dos últimos tipos los más abun-

palmente, por una alternancia de pizarras, areniscas y grauvacas (de 3 a 20 cm. de potencia). Contiene niveles de tobas ácidas esquistosas porfídicas, oxidadas y con pirita, algunos de 1 metro de espesor, sobresaliendo cuatro de 20 a 30 metros de potencia, oxidadas y rojizas, constituyendo crestones de dirección N 100° E, mineralizados, sobre los que se realizaron las labores del Grupo Coto Vicario. Esta unidad, primera del C.V.S., es portadora de pequeños depósitos de pirita.

Como vemos, los niveles sedimentarios predominan sobre los volcánicos, constituyendo prácticamente la totalidad de la formación.

#### b) *Serie volcánica básica inferior.*

Aflora al sur de la zona, situándose estratigráficamente sobre el volcanismo ácido inicial. El contacto con el volcanismo ácido, tanto inferior como superior, es normal, generalmente separado por niveles pizarrosos.

Está formada por lavas (diabasas espilitizadas) y sus piroclásticas correspondientes, que no se han diferenciado en la cartografía. Las lavas son porfídicas de aspecto masivo o en forma de grandes lájas groseras de aspecto ovoide (al estar afectadas por una fuerte esquistosidad, orientadas según la dirección hercínica), de color verde oscuro o azul verdoso, si inalteradas y duras y pardo rojizas si meteorizadas, en cuyo caso presentan disyunción en bolas.

Las piroclásticas más abundantes son las tobas de color rojo-verdoso, esquistosas y generalmente alteradas. Predominan en la banda situada al sur de la falla inversa de Coto Vicario. Los aglomerados y brechas verdosas son escasos.

En general, todo el conjunto básico posee niveles interstratificados de pizarras y grauvacas (1 a 15 m.). La potencia de este complejo básico inicial es variable, de unos 200 a 500 metros.

#### c) *Serie volcánica ácida superior.*

Es la de mayor extensión e intensidad y la portadora de los principales yacimientos y registros de sulfuros. Su potencia oscila entre 400 y 700 metros.

Está constituida por lavas, rocas piroclásticas e intercalaciones sedimentarias. Dentro de las lavas ácidas se han agrupado las ácidas propiamente dichas (riolitas y cuarzoqueratófidos, predominando las primeras) y las intermedias (queratófidos), menos abundantes, generalmente difíciles de diferen-

ciar "de visu". Las lavas ácidas son de colores claros, rosados o verde-azulados, a veces de pátina amarillenta, de textura porfídica generalmente, en ocasiones vítrea, masivas, con un diaclasamiento más o menos intenso, ovoideas o en grandes bolas. A veces se observan planos de estratificación o un bandeado de color que obedece a coladas de distinta composición depositadas sucesivamente (figura 4).



Figura 4

Lava ácida con bandeado de color que marca la estratificación. Carretera Nerva-Aulaga, cerca de esta aldea.

Las rocas piroclásticas son de todo tamaño y constituidas por aglomerados, brechas y tobas. Los aglomerados y brechas están formados por cantos lávicos heterométricos de 10 y 20 centímetros, generalmente angulosos, otros redondeados, a veces fusiformes, orientados la mayoría de las veces paralelamente al plano de esquistosidad (fig. 5).

Las tobas tienen un tamaño de grano variable entre 4 milímetros y <0,25 milímetros (tufitas) y, debido a su carácter fragmentario, poseen una esquistosidad mucho más neta que las lavas, observándose en ocasiones la estratificación y el cruceo (fig. 6), pero en otras ocasiones son tan masivas como las mismas lavas, siendo difícil su separación.

Las manifestaciones volcánicas empiezan por emisiones de lavas ácidas, seguidas de acumulaciones importantes de rocas piroclásticas de granulometría variada en proporciones que varían de un sitio a otro, aglomerados, brechas, tobas esquistosas grises y verdosas, groseras, medianas y finas apizarradas (tufitas), estos dos últimos tipos los más abun-

dantes. Las tobas cuarzoqueratófidas tienen predominio sobre las tobas riolíticas, siendo menos frecuentes las intermedias. Es entre las tobas del volcanismo ácido superior y a techo de las mismas, donde se sitúan los yacimientos de sulfuros. Abundan las tufitas oxidadas, las tobas con pirita y las diseminaciones de sulfuros.

En las proximidades de los centros efusivos volcánicos predomina la granulometría mayor (aglomerados), pero, a medida que nos alejamos de los mismos, la estructura porfídica de las rocas piro-



Figura 5

Agglomerado del volcanismo ácido superior. Cantos lávicos fusiformes orientados paralelamente al plano de esquistosidad

clásticas desaparece, disminuyendo el tamaño de los fragmentos y grano, pasando lateralmente a tobas ácidas medianas y finas que alternan con materiales sedimentarios. El paso del volcanismo básico inferior a éste es muy brusco, correspondiendo con

la aparición de un conjunto de volcánicas de carácter marcadamente explosivo.

Esta unidad volcánica está atravesada por innumerables sillas de diabasa albítica de pequeña potencia (3 a 20 m.).

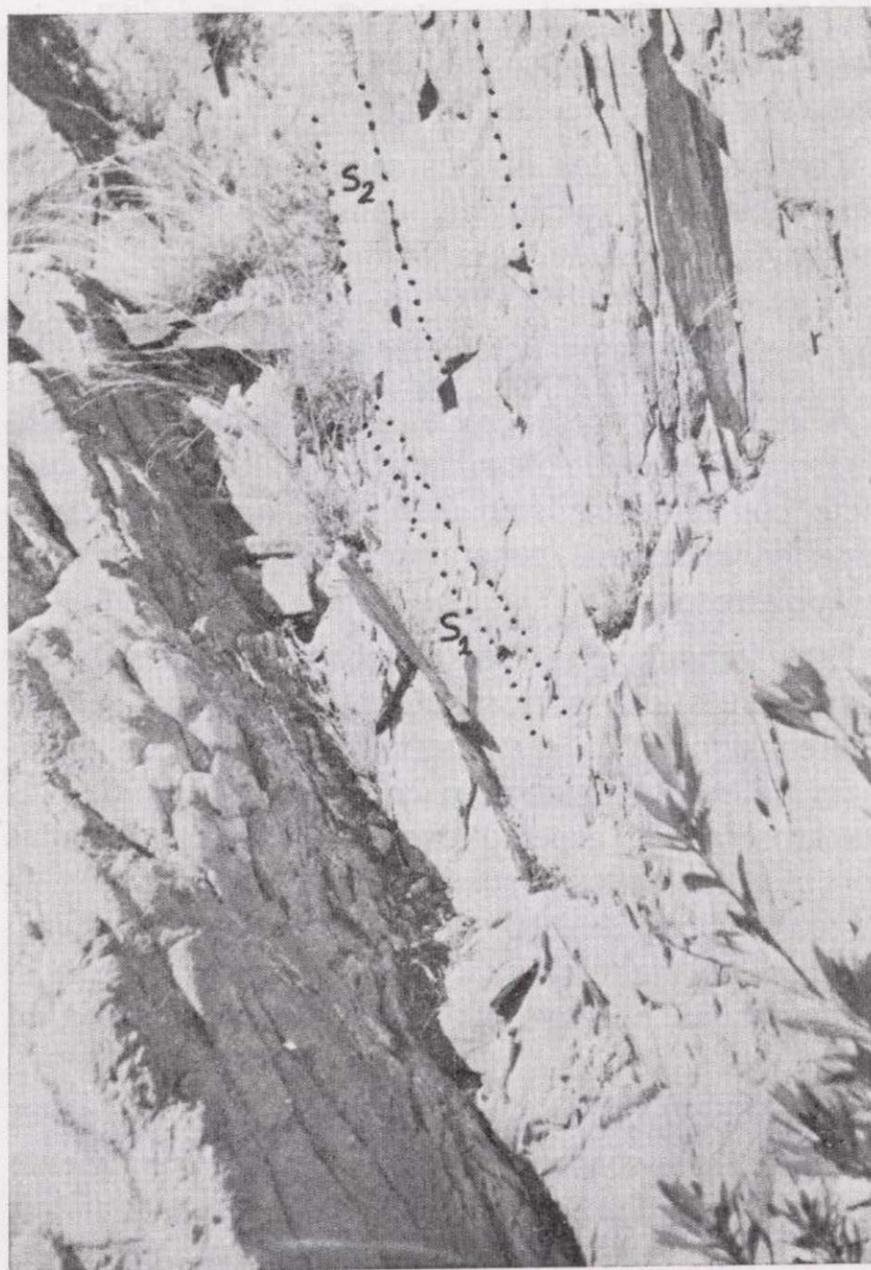


Figura 6

Tobas riolíticas del volcanismo ácido superior. La estratificación  $S_1$  (martillo) se distingue del crucero  $S_2$  por un bandeado de color. El crucero buza al Norte más que la estratificación (luego es una rama normal). Tomada 20 metros al norte del puente sobre el río Jaramá, en la carretera de Nerva al Castillo de las Guardas

Los niveles sedimentarios que acompañan a las rocas volcánicas tienen potencia y extensión variable. La mayor parte corresponden a diferentes tipos de pizarras, desde pelíticas hasta las más silíceas, a veces ferríferas y demás variedades intermedias, también pizarras negras y pizarras piritosas. El resto son grauvacas en tabletas de 1 a 30 centímetros de potencia.

dantes. Las tobas cuarzoqueratófidas tienen predominio sobre las tobas riolíticas, siendo menos frecuentes las intermedias. Es entre las tobas del volcanismo ácido superior y a techo de las mismas, donde se sitúan los yacimientos de sulfuros. Abundan las tufitas oxidadas, las tobas con piritita y las diseminaciones de sulfuros.

En las proximidades de los centros efusivos volcánicos predomina la granulometría mayor (aglomerados), pero, a medida que nos alejamos de los mismos, la estructura porfídica de las rocas piro-



Figura 5

Agglomerado del volcanismo ácido superior, Cantos lávicos fusiformes orientados paralelamente al plano de esquistosidad

clásticas desaparece, disminuyendo el tamaño de los fragmentos y grano, pasando lateralmente a tobas ácidas medianas y finas que alternan con materiales sedimentarios. El paso del volcanismo básico inferior a éste es muy brusco, correspondiendo con

la aparición de un conjunto de volcánicas de carácter marcadamente explosivo.

Esta unidad volcánica está atravesada por innumerables sillas de diabasa albítica de pequeña potencia (3 a 20 m.).



Figura 6

Tobas riolíticas del volcanismo ácido superior. La estratificación  $S_1$  (martillo) se distingue del crucero  $S_2$  por un bandeado de color. El crucero buza al Norte más que la estratificación (luego es una rama normal). Tomada 20 metros al norte del puente sobre el río Jarramá, en la carretera de Nerva al Castillo de las Guardas

Los niveles sedimentarios que acompañan a las rocas volcánicas tienen potencia y extensión variable. La mayor parte corresponden a diferentes tipos de pizarras, desde pelíticas hasta las más silíceas, a veces ferríferas y demás variedades intermedias, también pizarras negras y pizarras piritosas. El resto son grauvacas en tabletas de 1 a 30 centímetros de potencia.

d) *Serie volcánica básica superior.*

Está situada estratigráficamente sobre el volcanismo ácido superior, constituyendo los núcleos de estructuras sinclinales que mantienen la dirección regional hercínica y debajo de la formación manganesífera. Los contactos son normales y, en general, separados por niveles pizarrosos. No posee gran extensión lateral y no supera los 300 metros.

Los afloramientos básicos están constituidos por lavas con textura ofítica (diabasas), de aspecto ovoide, poco esquistosas, de color verde oscuro o azul verdoso si frescas y pardo rojizas si meteorizadas, realizándose la alteración en forma de bolas, siendo difícil reconocer una neta estructura almohadillada.

Interestratificados con las rocas básicas aparecen estrechos horizontes de pizarras grises arcillosas, pizarras silíceas y grauvacas.

e) *Formación manganesífera.*

Aflora en una estrecha banda bordeando los flancos del sinclinorio carbonífero y aumentando su extensión hacia el Este. El contacto Sur con el Carbonífero suprayacente y el C.V.S. infrayacente es normal y el contacto Norte con ambas formaciones es tectónico en forma de falla inversa. Su potencia oscila entre 100 y 300 metros. Está constituida la formación manganesífera por diferentes tipos de pizarras (entre las que predominan las pizarras grises arcillosas), tobas ácidas esquistosas medianas, tobas esquistosas finas (tufitas) que asemejan pizarras, tobas intermedias (queratófidas), pizarras moradas y/o púrpura y/o verdes, con intercalaciones de lentejones y estrechos horizontes (30 cm. a 3-5 m.) de jaspes rojo. Las pizarras y las tobas alternan en tramos de 2 a 10 metros de forma continua, siendo imposible separarlas.

Existen grandes variaciones laterales y verticales de estas rocas, tanto en granulometría como en color y en composición, existiendo tramos con predominio de tobas y otros con predominio de pizarras. Subiendo en esta formación, la granulometría de las tobas decrece y aumenta la proporción de pizarra, apareciendo a techo un nivel muy continuo de pizarras moradas o cineritas (15-20 m. de potencia), sobre las que se depositaron de forma concordante las pizarras y grauvacas carboníferas, por lo que el paso de esta formación al Carbonífero se realiza de forma progresiva. A este nivel de

pizarras moradas o cineritas (de origen volcánico), que bordea los flancos del sinclinorio carbonífero se le puede atribuir el valor de nivel guía litoestratigráfico.

Los afloramientos de jaspes manganesíferos cartografiados no poseen corridas largas y la potencia varía de varios centímetros a 50 metros, siendo frecuentes de 1 a 5 metros. A pesar de su composición cuarzoosa suelen presentar colores oscuros o rojizos al estar mineralizados por óxidos y carbonatos de Mn y Fe, que fueron trabajados en el pasado. Arman en pizarras y en tobas ácidas esquistosas finas. Constituyen crestones en las laderas y cimas de las montañas al sobresalir entre las pizarras y lavas.

### CARBONIFERO INFERIOR

Aflora al suroeste de la zona, constituyendo una estructura en sinclinorio, prolongación del de Riotinto. Aunque no hemos encontrado fósiles, está perfectamente datado, como lo prueban los yacimientos fosilíferos de *Posidonomyas* y *Gomiatites*, descritos por F. RAMBAUD, encontrados en la corta Atalaya y otros parajes y los encontrados en los alrededores de Nerva (citados por J. ARMENGOT), muy cerca de nuestra zona, en la vecina Hoja de Nerva, y que nosotros hemos visitado. Se le puede atribuir una edad correspondiente al Viseense Superior. Esta serie carbonífera está separada del C.V.S. infrayacente por el nivel de pizarras moradas (techo de la formación manganesífera), siendo normal el contacto Sur y tectónico en forma de falla inversa el contacto Norte.

Está constituido por una serie alternante y monótona de pizarras grises arcillosas y grauvacas en tabletillas de 1, 2 y 3 centímetros, llegando en los niveles más altos que ocupan el centro de la estructura, a 10, 20 e incluso 50 centímetros, en forma de lentejones sin continuidad lateral. Las grauvacas contienen fragmentos de las rocas volcánicas infrayacentes.

El estudio tectónico realizado pone de manifiesto una estructura (sinclinorio) que no es sino una sucesión ininterrumpida de pliegues de pequeña amplitud. Esta formación debe poseer una potencia aproximada de 500 m.

## ROCAS INTRUSIVAS Y FILONIANAS.

La intrusión al norte y este de la zona estudiada está constituida por granitos. En el núcleo anticlinal de lavas ácidas, al sur del Peralejo, existe una pequeña intrusión básica (gabro anfibólico). Entre las manifestaciones filonianas tenemos pórfidos graníticos, pórfidos monzoníticos, lamprófidos y diques y sills de diabasa albítica, todos de pequeña potencia.

## ROCAS METAMORFICAS.

La intrusión ígnea ha originado en los materiales próximos un metamorfismo de contacto de efectos térmicos insignificantes, no superando, en ningún caso, la facies de albíta-epidota.

## YACIMIENTOS DE SULFUROS MASIVOS.

La génesis de los yacimientos de sulfuros masivos del cinturón pirítico del SO. ha suscitado desde el pasado siglo grandes discusiones y originado diversas teorías. Las dos principales hipótesis sobre reemplazamiento hidrotermal y sobre inyección magmática han sido abandonadas y dado paso a la teoría volcánico-sedimentaria (RÓMER, 1876; KLOCKMANN, 1840, 1902; DOETSCH, 1957; KINKEL, 1962; WILLIAMS, 1962; FEBREL, 1966; RAMBAUD, 1969; SCHERMERHORN, 1970; SOLER, 1971).

Se admite, pues, que los yacimientos de sulfuros masivos del cinturón pirítico hispano-portugués, son de origen exhalativo-singénético sedimentario, de la misma edad y formación que sus rocas encajantes, a causa de la asociación existente entre las metalizaciones y determinados niveles de la columna estratigráfica; a la concordancia de las metalizaciones con la roca de caja y la lenta transición entre ésta y aquella; a la sedimentación gradual de muchas masas de pirita; y su origen exhalativo debido a la estrecha asociación de las masas minerales con las rocas efusivas de la región.

Acompañando a los yacimientos de sulfuros se encuentran azufrones de pirita grosera, con diseminaciones de pirita y calcopirita en las tobas y pizarra de este C.V.S.

Sigue suscitando una gran controversia la distribución de las mineralizaciones dentro del C.V.S. portador exclusivo de las mismas. Las causas han

sido el reconocimiento de varios episodios volcánicos superpuestos, la estructura tectónica de la cuenca y los mecanismos de transporte de los sulfuros, que sitúan los yacimientos en diferentes niveles dentro del C.V.S.

Dos importantes unidades portadoras de mineralización han sido reconocidas en la formación volcánico sedimentaria de El Castillo de las Guardas, que de mayor a menor importancia son la serie volcánica ácida superior y la volcánica ácida inferior.

La primera, de mayor extensión e intensidad, es la portadora de los principales yacimientos y registros de sulfuros. Constituye los flancos del sinclinorio carbonífero, prolongación del de Riotinto y sus centros efusivos submarinos (aglomerados, brechas, lavas) alineados paralelamente a las estructuras generales, son guía para la prospección de las metalizaciones (STRAUSS y MADEL, 1974). Dentro del volcanismo ácido superior, el horizonte más importante es el constituido por tobas ácidas esquistas de granulometría variada, que contiene la masa del Castillo, diseminaciones, registros varios e importantes zonas de oxidación Este horizonte en su prolongación occidental (Hoja de Nerva) contiene diversos e importantes yacimientos de sulfuros como Peña de Hierro, La Chaparrita, La Poderosa, El Soldado, San Platón, Concepción, Esperanza, Angostura, S. Miguel, Cueva de la Mora, Romerita, Confesionario, Sorpresa, Lomero Poyatos, S. Telmo, etc

La otra banda mineralizada, la correspondiente al volcanismo ácido inferior contiene el pequeño depósito de Coto Vicario, también asociado a tobas ácidas esquistas, aunque más al sur, dicho horizonte contiene la importante masa de Aznalcóllar.

Aunque el estudio de las mineralizaciones no es objeto de este trabajo y lo haremos en una próxima publicación, vamos a dar una breve descripción de los criaderos de pirita más importantes ubicados en la zona, existiendo otras labores y registros abandonados de menor significancia.

La *Mina de El Castillo de las Guardas*, la más importante, está situada a 5,5 kilómetros del pueblo que lleva su nombre y en la carretera hacia Nerva, coordenadas  $37^{\circ}41'45''$ - $2^{\circ}40'50''$ . La metalización es concordante con la roca de caja que son tobas ácidas esquistas del volcanismo ácido superior, existiendo un poco más al Sur tobas intermedias (queratofídicas y cuarzocloríticas). Se trata de una masa alargada de dirección aproximada

E.-O. y buzamiento Norte de  $55^{\circ}$ , pero parece que la intrusión granítica del Este haya curvado el yacimiento en dirección N.  $110^{\circ}$  E. Comprende varios pozos, galerías y una corta de dimensiones 300 m de largo por 100 metros de ancho. El criadero, que constituye el núcleo de un sinclinal, está atravesado a Poniente por dos diques (pórfido granítico y pórfido monzonítico) de 15-20 metros de potencia en dirección N.-S. Existe también a Poniente un lentejón de magnetita de 2 a 3 metros de potencia, de dirección N.  $80^{\circ}$  E. con  $70^{\circ}$  N. de buzamiento, concordante con las tobas encajantes.

El estudio de muestras tomadas en la zona oeste y central de la corta (VÁZQUEZ GUZMÁN, 1975), da la siguiente paragénesis:

Pirita - arsenopirita - calcopirita - esfalerita - magnetita - siderosa - boulangerita - tetraedrita - calcosina - oro.

Se extrajeron entre los siglos pasado y éste unas 2.500.000 toneladas. Fue cerrada en 1963, hallándose en la actualidad en estado de investigación.

La *Mina de Coto Vicario*, coordenadas  $37^{\circ}49'50''$ - $2^{\circ}44'20''$ , está situada a tres kilómetros al SO. de la aldea de La Aulaga y encajada en tobas ácidas esquistas del volcanismo ácido inferior. Se trata de cuatro niveles mineralizados (pirita cataclástica), casi paralelos, de tobas con grandes cristales de cuarzo, oxidadas y rojizas, de unos 20-30 metros de potencia, dirección N.  $110^{\circ}$ - $120^{\circ}$  E. y casi 3.000 metros de corrida, situados entre pizarras y grauvacas del volcanismo sedimentario ácido inicial.

Estos crestones van reduciendo su potencia hacia el Oeste y se pierden hacia el Este por la presencia del forestal. Debido al intenso plegamiento, los diferentes niveles tobáceos mineralizados deben reducirse a uno solo que aflora repetidas veces, constituyendo los núcleos de una serie de estructuras sinclinales.

Las labores fueron numerosas, como lo prueba la presencia de más de una docena de pozos y socavones en los diferentes niveles mineralizados. El criadero de Coto Vicario fue, pues, sólo depositado al comienzo de este C.V.S.

## YACIMIENTOS DE MANGANESO

La formación manganesífera (tobas, pizarras, cineritas y jaspes) es la portadora de los depósitos de manganeso, que se encuentran estrechamente ligados a las masas de sulfuros y situados, como

éstos, en el C.V.S. Los criaderos manganesíferos se presentan al exterior asociados a jaspes, siendo la mayoría de las veces posteriores en el tiempo a la facies de los sulfuros, ya que al tener el manganeso poca afinidad por el azufre, permanecería más tiempo en suspensión en el agua del mar, precipitando posteriormente. Estos depósitos se encuentran más alejados de los centros volcánicos que los sulfuros.

Han sido muchas las labores efectuadas en la zona, aunque los criaderos fueron pequeños y pobres en manganeso. Fueron trabajadas principalmente las partes superiores de los depósitos que son óxidos y extraídos carbonatos y silicatos de las inferiores. La explotación se hizo por métodos rudimentarios, sin ninguna mecanización y siguiendo generalmente un método selectivo, por lo que el mineral más íntimamente mezclado con  $\text{SiO}_2$  se abandonó. Corresponden a la última fase del episodio volcánico, situándose a techo de las masas sulfurosas y asociadas a emanaciones silíceas póstumas. Poseen la misma dirección regional E.-O. de los sulfuros.

Tan sólo se localizaron unas pequeñas labores en la parte occidental del anticlinorio de Coto Vicario, correspondiente al volcanismo ácido inferior, y en las pizarras del volcanismo ácido superior al oeste de la aldea de El Peralejo. Al norte de Nerva (en la vecina Hoja de Nerva) se halla la mina de Peña del Aguila, emplazada en los niveles más altos del Carbonífero. Todo ello nos confirma la no existencia de un único nivel manganesífero, pero el hecho de tener situadas en un mismo nivel las principales minas de la zona (Peñas Altas, Cuco, San José, El Higueral) y más al Oeste las de Pepito, Puerta Alegre, Cobullos, Dos Amigos, La Buitrera, etc., nos obliga a determinar y señalar dicho nivel como el principal portador, en esta zona, de los yacimientos de manganeso.

## CONCLUSIONES

— Existen cinco unidades estratigráficas bien definidas en el C.V.S. de la zona del Castillo de las Guardas. Las denominamos serie volcánica ácida inferior, serie volcánica básica inferior, serie volcánica ácida superior, serie volcánica básica superior y formación manganesífera.

— Dentro del C.V.S. existen dos unidades portadoras de sulfuros, que son la serie volcánica ácida inferior y la volcánica ácida superior y una uni-

dad portadora de los principales depósitos de manganeso, que es la formación manganesífera.

— El control litológico de las mineralizaciones sulfurosas atañe exclusivamente a los niveles tobáceos y es como sigue:

Las principales mineralizaciones de sulfuros (Castillo de las Guardas) están relacionadas con el volcanismo ácido superior y en particular con el horizonte constituido por tobas ácidas esquistosas, así como también los principales depósitos existentes al oeste de la zona. La otra unidad mineralizada, la serie volcánica ácida inferior, contiene pequeños depósitos (Coto Vicario) asociados en particular a los horizontes constituidos también por tobas ácidas esquistosas.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Geológico las facilidades dadas para la publicación de este trabajo, y a los ingenieros don Fernando Vázquez, del IGME, y don Joaquín Armengot, de ADARO, por sus sugerencias y estímulo a lo largo del mismo. Finalmente, un agradecimiento especial a don Fabián Mena por su valiosa e inestimable ayuda durante el trabajo de campo, habiéndonos acompañado en todo momento, y a don Rafael Garrido por su amabilidad en la delineación de los mapas.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARMENGOT, J.: *Memoria explicativa de la Hoja geológica de Nerva* (núm. 938), IGME (1970).
- BERNARD, A. J. y SOLER, E.: *Sur la localisation géotectonique des amas pyriteux massifs du type Riotinto*. C. R. Acad. Sci. París, t. 273, p. 1087-1090 (1971).
- *Aperçu sur la province pyriteuse sud-Ibérique*. Centenaire de la Société Géologique de Belgique. Gisements stratiformes et provinces cuprifères. Liege, p. 287-315 (1974).
- BOOGARD, M. VAN DEN: *Conodonts of upper Devonian and Lower Carboniferous age from Southern Portugal*. Geol. Mijnb, núm. 42; p. 248-259 (1963).
- BOOGARD, M. VAN DEN y SCHERMERHORN, L. J. G.: *Conodonts faunas from Portugal and Southwestern Spain*. Scripta Geol., 28, p. 1-43 (1975).
- CARVALHOSA, A. O. DA: *Contribuição para o estudo dos ofiolitos de Baixo Alentejo. Espilotos da região de Castro Verde-Messejana*. Com. Serv. Geol. Portugal, n. 45, pp. 371-390 (1961).

- CRUZ GASPAS, O. DA: *Associação genética dos espilotos con os jazigos de manganés de Baixo Alentejo*. Estd. Not. Trab. Serv. Fom. Min., v. 15, pp. 117-196 (1961).
- DESPREZ, D., y SOLER, E.: *Les minéralisations pyriteuses et manganésifères liées aux formations volcano-sédimentaires de la province de Huelva*. Bull. B.R.G.M., París sect. II, n. 6, pp. 5-16 (1970).
- DOETSCH, J.: *Esbozo geoquímico y mineralogénico del criadero de piritas "Las Herrerías", Puebla de Guzmán (Huelva)*. Bol. Inst. Geol. Min. Esp., Madrid, v. 68, pp. 255-306 (1957).
- FEBREL, T.: *Memoria explicativa de la Hoja geológica de Calañas*, IGME, n. 959 (1966).
- *Estratigrafía, Tectónica y Petrografía de la zona de Calañas (Huelva)*, Enadimsa, Madrid (1967).
- FERNÁNDEZ ALVAREZ, G.: *Los yacimientos de sulfuros polimetálicos del SO ibérico y sus métodos de prospección*. Studia Geológica, IX, pp. 65-102. Salamanca (1975).
- GARCÍA PALOMERO, F.: *Caracteres estratigráficos del anticlinal de Riotinto*. Studia Geológica, VIII, pp. 93-124, Salamanca (1974).
- GONZALO Y TARÍN, J.: *Reseña geológica de la provincia de Huelva*. Bol. Com. Mapa Geol. de Esp., Madrid (1878).
- *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva*. Mem. Comm. Mapa Geol. de España, Madrid (1886-1887).
- KINKEL, A. R., JR.: *Observations on the pyrite deposits of the Huelva district (Spain), and their relation to volcanism*. Econ. Geol., 57, Lancaster, pp. 1.071-1.080 (1962).
- LECOLLE, M.: *Note préliminaire sur le métamorphisme et la tectonique de la Province pyrite-cuprifère de Huelva (Espagne), Conséquences pétrologiques*. C. R. Acad. Sci., París, t. 270, pp. 1.563-1.566 (1971).
- LECOLLE, M.: *Séquence lithostratigraphique et phases de déformations dans une partie de la province pyrite-cuprifère de Huelva. Conséquences a l'échelle régionale*. C. R. Acad. Sci. París, t. 272, pp. 1.056-1.959 (1971).
- *Sucession lithologique et stratigraphique dans la province de Huelva; positions des minéralisations manganésifères et pyriteuses*. C. R. Acad. Sci. París, t. 274, pp. 505-508. (1972).
- LECOLLE, M., y ROGER, G.: *Métallotectes lithostratigraphique et paléogéographiques dans la province pyrite-cuprifère sud-Ibérique*. C. R. Acad. Sci. París, t. 276, pp. 141-144 (1973).

- MESSEGUER, J., y PRIETO, I.; ROSSO DE LUNA, I., y PÉREZ REGODÓN, J.: *Investigación de los nuevos yacimientos de cobre en las provincias de Sevilla y Huelva*. Bol. IGME, t. 58, 3.ª serie, Madrid (1945).
- PINEDO VARA, I.: *Piritas de Huelva. Su historia, minería y aprovechamiento*. Ed. Summa, Madrid, 1.003 p. (1963).
- RAMBAUD PÉREZ, F.: *Notas geológico-estructurales de la zona norte de Riotinto*. Est. Geol. Inst. Lucas Mallada, t. 19, pp. 67-99 (1963).
- *El sinclinal carbonífero de Riotinto y sus mineralizaciones asociadas*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., v. 71, 229 pp. (1969).
- RAMÍREZ COPEIRO DEL VILLAR, J., y VAREA NIETO, R.: *Memoria geológica de El Castillo de las Guardas*, IGME, n. 939 (In Lit.) (1976).
- SCHERMERHORN, L. J. G.: *The deposition of volcanics and pyrite in the Iberian Pyrite Belt*. Miner. Depos., v. 5, pp. 273-279 (1970).
- *Mafic geosynclinal volcanism in the Lower Carboniferous of South Portugal*. Geol. Mijnb., v. 49, pp. 439-450 (1970).
- *An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt*. Bol. Geol. Min., Madrid, vol. 82-84, pp. 239-268 (1971).
- *Pyrite emplacement by gravity flow*. Bol. Geol. Min., v. 82-84, p. 304-308 (1971).
- *Spilites, regional metamorphism and subduction in the Iberian Pyrite Belt: Some comments*. Geol. Mijnb., v. 54, pp. 23-35 (1975).
- SOLER, E.: *Observations préliminaires sur la province métallogénique de Huelva. Stratigraphie et tectonique*. C. R. Acad. Sci. París, t. 272, p. 1.197-2.000 (1971).
- SOLER, E.: *L'association spilites-quartzkératophyres de sud-ouest de la Péninsule Ibérique*. Geol. Mijnb Rotterdam, t. 52, n. 5, pp. 277-288 (1973).
- STRAUSS, G. K.: *Sobre la geología de la provincia pirítica del suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lou-sal (Portugal)*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., v. 77, 226 pp. (1970).
- STRAUSS, G. K., y MADEL, J.: *Geology of massive sulphide deposits in the Spanish-Portuguese pyrite-belt*. Geol. Rundschau, v. 63, pp. 191-211, Stuttgart (1974).
- STRAUSS, G. K.; MADEL, J., y FERNÁNDEZ ALONSO, F.: *La faja pirítica hispano-portuguesa y el papel de la geología en su prospección minera*. Industria Minera, pp. 25-38 (1974).
- VÁZQUEZ, F., y ARMENGOT, J.: *Memoria explicativa de la Hoja geológica de Valverde del Camino*, IGME, n. 960 (1970).
- VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: *Metalogenia de la mina Concepción (Almonaster la Real, Huelva, España)*. Su aplicación a la prospección de sulfuros nativos en el SO de la Península Ibérica. II. Reunión de Geología del Sudoeste Peninsular, Huelva-Evora (1975).
- WEBB, J. S.: *Observations on the geology and origin of the San Domingos pyrite deposit, Portugal*. Com. Serv. Geol., Portugal, v. 42, pp. 129-143 (1958).
- WILLIAMS, D.: *The geology of the Riotinto mines, Spain*. Trans. Inst. Min. Met. Lond., v. 43, pp. 593-640 (1934).
- *Further reflections on the origin of the porphyries and ores of Riotinto, Spain*. Trans. Inst. Min. Met. London, v. 71, pp. 265-266 (1962).
- *Volcanism and ore deposits*. Freiburger Forschungshefte. C. 210. Leipzig, pp. 93-111 (1966).

Recibido: Julio 1976.

# Predicción de las anomalías de la pesantez en la Península Ibérica

Por C. GAIBAR-PUERTAS (\*)

## RESUMEN

El análisis estadístico de la correlación entre las altitudes ( $h$ ) y los valores absolutos de las anomalías de Bouguer correspondientes a 7.537 estaciones efectuadas en la España Peninsular y 895 estaciones efectuadas en el Portugal Ibérico, evidencian para la Península Ibérica la existencia de una correlación regresiva muy acentuada: coeficientes entre  $-0,89$  y  $-0,98$ .

Aprovechando la evidenciación de esta importante correlación, se establecen las ecuaciones que permiten predecir los valores absolutos teóricamente conferibles a las anomalías de Bouguer, tanto como función lineal de la altitud  $h$  (expresada en metros) como en función parabólica (más probable) expresada por la nueva ecuación  $\Delta g = k\sqrt{h}$  donde el parámetro  $k$  es un coeficiente de proporcionalidad obtenido a partir de los valores teóricos suministrados por el ajuste polinómico de los promedios correspondientes a zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 m.

Finalmente, se obtiene una correlación similar, asimismo regresiva, para los valores de las anomalías topoisostáticas (Airy) en los supuestos de que la superficie de compensación esté ubicada a las profundidades de 20 y de 30 kilómetros; para el término de Faye (anomalías de "aire libre") se obtiene una correlación menos acentuada y de signo positivo. Para estas anomalías también se establecen las fórmulas que, en función de la altitud, permiten predecir (como funciones lineales y como funciones cuadráticas) los valores absolutos teóricamente conferibles a estas anomalías en un punto cualquiera cuya altitud sea conocida.

## SUMMARY

The statistical analysis of the correlation between the altitude ( $h$ ) and the absolute values of the Bouguer's anomalies concerning to 7537 gravity stations made in the Peninsular Spain and 895 gravity stations made in the Iberian Portugal evidence the existence of an regressive correlation very accentuate: correlation coefficient's between  $-0.89$  and  $-0.98$ .

Make use of this important correlation on establish the equations who permit predict the absolute values of the Bouguer anomalies ( $\Delta g$ ) as linear function of the elevation (m.) and as parabolic function of the altitude ( $h$ ) make for the equation  $\Delta g = k\sqrt{h}$ , were the parameter  $k$  is an proportionality coefficient beginning from the values proportionate by the two-dimensional statistical set:  $h - \Delta g$ .

Finally on obtain one similar correlation likewise regressive for the values of the topo-isostatic Airy anomalies (compensation surface at the deep of 20 and 30 km.) and one positive correlation, less accentuate, for the Faye terminus ("free air" anomalies). For these latter anomalies also on establish the formulae who permit the prediction of the absolute anomalies values (topo-isostatic and Faye) as linear and as parabolic functions of the topographic elevations take in metres.

## INTRODUCCION

Luego de analizar la significación realmente conferible a las anomalías Bouguer de la pesantez y su lógica desvinculación con los rasgos geológicos de la superficie terrestre (1), hemos verificado cla-

ramente que el valor absoluto de estas anomalías está esencialmente condicionado por la altitud (2) en las trece provincias españolas donde disponemos de una tupida red de observaciones pues, ocupando una extensión superficial total de 111.340 kilómetros cuadrados, estas redes comportan un total de 6.019 estaciones representando una densidad media muy aceptable: una estación por cada 18 kilómetros cuadrados.

El análisis individual para cada una de las provincias reveló (2) la existencia de notables discrepancias esencialmente cuantitativas pues, generalmente, sólo afectan a la magnitud de la variación. En algunas provincias esta magnitud resulta extraordinariamente capitidismuida y, en algunos sectores, hasta llega a invertirse el signo de la variación en función de la altitud; generalmente, se trata de provincias donde son sumamente laxas las redes de observaciones cuya precisión parece merecer, por otra parte, menores garantías. Aunque determinados sectores parecen caracterizarse por una variación de signo contrario, lo cierto es que el análisis estadístico conduce generalmente a coeficientes de correlación sumamente aceptables, pues discrepan muy poco de 0,90. En cualquier caso, nuestro análisis se concretó al 22,6 por 100 de la extensión superficial ocupada por la España Peninsular y la bondad de los resultados obtenidos nos ha animado a ampliarlo para el conjunto de la Península Ibérica. No se nos oculta la existencia de las precitadas inversiones del signo de la correlación en algunos sectores; pero ello no obstará al intento de establecer una función válida para la inmensa mayoría de la superficie peninsular.

El Instituto Geográfico e Cadastral de Portugal ha efectuado una tupida red de observaciones integrada por 895 estaciones dispersas sobre los 88.500 kilómetros cuadrados ocupados por el Portugal Ibérico donde, en consecuencia, resulta muy aceptable la densidad de las observaciones pues, por término medio, cada estación cubre 99 km<sup>2</sup>. Según veremos después, aun cuando Portugal revela un signo normal (negativo) para el gradiente de variación de la pesantez en función de la altitud, la magnitud de los gradientes resulta sensiblemente inferior a la sugerida por el conjunto de la España Peninsular.

Por lo que atañe a España, hemos efectuado sendas recopilaciones de resultados de observaciones traducidas en redes que, más o menos laxas, comportan cierta homogeneidad. Más adelante tendremos ocasión de verificar que los resultados proporcionados por cada una de las redes consideradas no solamente presentan una notable coherencia o similitud recíproca, pues también resultan sensiblemente homologables con los que, en su conjunto, nos proporcionaron las trece provincias consideradas en una publicación precedente (2). Por esta razón y a título de aportación final o más generalizada, involucraremos en una consideración conjunta las 6.019 estaciones efectuadas en aquellas trece provincias con las 1.781 estaciones recopiladas para los

492.733 km<sup>2</sup> ocupados por el conjunto de la España Peninsular, lo que conduce a una red integrada por 7.800 estaciones, cada una de las cuales cubre, por término medio, una extensión superficial de 63 km<sup>2</sup> representando una densidad media todavía superior a la de la red de Portugal.

En suma, para el conjunto de la Península Ibérica llegaremos a utilizar las 895 estaciones de Portugal y las 7.800 estaciones efectuadas en la España Peninsular, conduciendo a un total de 8.695 estaciones dispersas por los 581.233 km<sup>2</sup> ocupados por la Península Ibérica, es decir, a la densidad media, muy aceptable, de una estación por cada 67 km<sup>2</sup>.

## I

### RESULTADOS DE OBERVACIONES DE LA PESANTEZ UTILIZADOS EN EL PRESENTE TRABAJO

Según acabamos de anticipar, consideraremos independientemente cada una de las redes generales disponibles para la España Peninsular, la red observada en el Portugal Ibérico y, finalmente, la red proporcionada para la Península Ibérica por la agrupación de las precedentes.

#### 1. Red oficial española en 1972.

En la última Memoria publicada por el Instituto Geográfico y Catastral (4) se considera el Mapa Gravimétrico de la Península Ibérica apoyado en 300 puntos o estaciones:

- 155 estaciones integrantes de la Red Fundamental de España.
- 81 estaciones que constituyen la Red Auxiliar de España.
- 43 estaciones estresacadas de la red gravimétrica de Portugal.
- 21 estaciones seleccionadas en el área meridional de la red gravimétrica de Francia.

Habida cuenta de que nosotros vamos a analizar la totalidad de la red de Portugal, prescindiremos de las 43 estaciones portuguesas. Por otra parte, dado que nuestro trabajo se concreta a la Península Ibérica, también prescindiremos de las 21 estaciones francesas. Consiguientemente, la red oficial española en 1972 resultará apoyada sobre 236 estaciones: densidad=una estación por cada 2.087 km<sup>2</sup>.

(\*) Sección de Geofísica y Prospección geológica, Departamento de Geología Económica del C. S. I. C., Serrano, 123, Madrid-6.

## 2. Red oficiosa española en 1976.

Marginalmente a las estaciones inherentes a los trece conjuntos provinciales, hemos llegado a recopilar hasta 339 estaciones efectuadas por el propio Instituto Geográfico en la España Peninsular (5), etc. Hemos estimado procedente considerar independientemente esta red oficiosa (con miras a su posible aportación hacia nuestro propósito) cuya densidad media resulta ser de una estación por cada 1.453 km<sup>2</sup>.

## 3. Red hispano-norteamericana en 1966.

Vista la enorme laxitud de la red española y habida cuenta de la gran importancia del influjo ejercido por el campo de la pesantez sobre diversos artilugios militares (desviación de la trayectoria de los misiles, etc.), la Universidad de Wisconsin fue comisionada por las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos para efectuar el levantamiento de una red bastante más tupida y reocupar las estaciones españolas para controlar la garantía conferible a estos resultados obtenidos pretéritamente.

De acuerdo con el programa establecido, los profesores Woollard y Malahoff efectuaron cuatro campañas durante las que, amén de 74 reocupaciones de estaciones españolas y unas 300 reocupaciones de sus propias estaciones (a fin de controlar los aparatos de medida) efectuaron: 218 estaciones durante 1962, 454 durante 1963, 296 durante 1964 y 211 durante 1965, que totalizan 1.179 nuevas estaciones esparcidas por todo el ámbito de la España Peninsular (6), (7).

Las 74 reocupaciones de estaciones españolas proporcionaron resultados bastante concordantes con los precedentemente obtenidos por nuestro Instituto Geográfico, pues las discrepancias medias son del orden de un miligal respecto a los valores obtenidos con gravímetro y de unos 2,5 miligales respecto a los valores observados con péndulo de relativas hacia principios de siglo. Este grado de concordancia nos aconsejó concretarnos a utilizar valores redondeados al miligar (es decir, despreciando las décimas hasta  $\pm 0,5$  mlgs.), pues, por otra parte, es inevitable que nuestra investigación implique errores del mismo orden esencialmente condicionados por las heterogeneidades mostradas por las redes de estaciones.

Habida cuenta de la aceptable concordancia entre los valores obtenidos por los profesores de la Universidad de Wisconsin y los previamente obser-

vados por el Instituto Geográfico de España, hemos decidido reagrupar en esta red las 339 estaciones de la red oficiosa española con las 1.179 estaciones efectuadas por Woollard y Malahoff, lo que conduce a un total de 1.518 estaciones, entrañando una densidad media de una estación por cada 325 km<sup>2</sup>.

## 4. Red general española en 1976.

Como veremos después, los resultados proporcionados por el análisis estadístico de las 1.518 estaciones a las que terminamos de referirnos presentan una notable concordancia con los que obtuvimos en una investigación precedente (2) considerando las 6.019 estaciones integradas en los 13 conjuntos provinciales. Este hecho nos ha animado a reagrupar ambos cupos de observaciones con lo que se llega a una red integrada por 7.537 estaciones.

## 5. Red general portuguesa.

El Instituto Geográfico e Cadastral de Portugal ha tenido la amabilidad de remitirnos el Catálogo inédito (3) de los resultados proporcionados por las observaciones de la pesantez efectuadas, en el Portugal Ibérico, que comportan un total de 895 estaciones esparcidas por los 88.500 km<sup>2</sup> ocupados por Portugal: Por término medio, cada una de las estaciones portuguesas cubre una superficie de 99 km<sup>2</sup>.

## 6. Red global disponible, en 1976, para la península ibérica.

Observando la altimetría del conjunto de las estaciones españoles advertimos que las estaciones escasean considerablemente en altitudes superiores a los 1.000 metros lo que, por supuesto debe repercutir introduciendo notables imprecisiones en el ajuste polinómico del segmento de curva comprendido entre las altitudes de 1.000 metros y la de 3.471 metros correspondientes a la culminación de nuestra Sierra Nevada.

Con miras a paliar en todo lo posible estas imprecisiones hemos logrado que el Jefe del Servicio de Gravimetría del Instituto Geográfico nos proporcione, muy amablemente, los resultados (todavía inéditos) de 32 nuevas estaciones efectuadas en el Macizo de Sierra Nevada a altitudes superiores a los 1.000 metros. Por otra parte, el Servicio de Nivelaciones de Alta Precisión del mismo Instituto nos suministró los resultados obtenidos en 231 observaciones efectuadas en un perfil continuo exten-

CUADRO I

Sectores cubiertos por las redes	Extensión superficial Km <sup>2</sup>	Número de estaciones	Densidad (Km <sup>2</sup> /1 estación)
13 provincias de España Peninsular ... ..	111.340	6.019	18
España Peninsular (red oficial 1972) ... ..	492.733	236	2.087
España Peninsular (red oficiosa 1976) ... ..	492.733	339	1.453
España Peninsular (red hispano-USA 1966) ... ..	492.733	1.518	325
España Peninsular (red general 1976) ... ..	492.733	7.537	65
Portugal Ibérico (red oficial 1958) ... ..	88.500	895	99
Península Ibérica (red general 1976) ... ..	581.233	8.695	67

dido a todo lo largo del borde meridional del Pirineo. De esta guisa, hemos acopiado 263 nuevas observaciones que, sumadas a las 7.537 antes citadas— constituyen una red de 7.800 estaciones esparcidas por los 492.733 km<sup>2</sup> ocupados por la España Peninsular, cada una de las cuales cubre una superficie de 63 km<sup>2</sup> por término medio.

Adscribiendo las 895 estaciones portuguesas, llegamos a la red global integrada por 8.695 estaciones dispersas por los 581.233 km<sup>2</sup> ocupados por la Península Ibérica donde, consiguientemente, cada estación cubre una extensión superficial de 67 km<sup>2</sup>.

## 7. Consideraciones generales.

Con el fin de facilitar las comparaciones recíprocas, en el cuadro I resumimos las principales características de cada una de las nuevas redes consideradas en el presente trabajo, anteponiendo la relativa al conjunto de las 13 provincias analizadas en el trabajo precedente (2).

Para el análisis estadístico de estas nuevas series de observaciones seguiremos la pauta establecida precedentemente (2); es decir, efectuaremos ajustes utilizando generalmente polinomios de primer grado:  $x=a+bh$  (ajuste rectilíneo) y de segundo grado:  $x=a+bh+ch^2$  (ajuste parabólico); excepcionalmente hemos ensayado la utilización de polinomios de tercer grado:  $x=a+bh+ch^2+dh^3$  (ajuste a curvas cúbicas o cilíndricas), habiéndonos confirmado su menor idoneidad para nuestro objeto.

Por lo demás, continuaremos considerando la doble vía del análisis utilizando como funciones variables ( $x$ ) los valores de las anomalías:  $\Delta g=f(h)$  y la magnitud de las altitudes:  $h=f(\Delta g)$ , aun cuando, por supuesto, nuestro objetivo fundamental consiste en el intento de predecir los valores de  $\Delta g$  en puntos de altitud ( $h$ ) conocida, y no la altitud de los puntos para los que dispongamos de valores de

$g$ , pues, previa o simultáneamente con las observaciones de la pesantez, la altitud hubo de ser determinada con precisión por ser indispensable para el cálculo de las propias anomalías de  $g$ ; además, según hemos revelado (2) y verificaremos nuevamente en el presente trabajo, la predicción de los valores de  $h$  a partir de las anomalías de la pesantez lleva implícitas sendas impresiones reflejadas por las notables magnitudes de las desviaciones o errores típicos proporcionados por el análisis estadístico.

Con objeto de evitar redundancias en la exposición de los resultados y hacer más ostensibles sus comparaciones recíprocas, en los siguientes párrafos consideraremos simultáneamente los resultados que cada una de las sucesivas fases del cálculo vayan proporcionándonos para las distintas series de valores correspondientes a las diversas redes establecidas.

## II

### ANÁLISIS DE LAS SERIES DE VALORES INHERENTES A TRES REDES DE LA ESPAÑA PENINSULAR

Teniendo en cuenta las altitudes a que fueron efectuadas las estaciones integradas en cada una de las series establecidas, hemos comenzado por reagruparlas en sucesivas zonas altimétricas. En principio, estas zonas fueron escalonadas de 50 en 50 metros, con lo que mengua considerablemente el número de estaciones inherentes a cada zona que, obviamente, repercute en la precisión de sus valores medios y de los teóricos proporcionados por el análisis estadístico; los resultados prácticos nos aconsejaron concretarnos a la consideración de zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros.

CUADRO II  
España Peninsular: red fundamental en 1972  
(236 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
59	27	+ 95	- 77	+ 12
9	156	+ 8	- 45	- 25
19	247	+ 40	- 93	- 18
18	348	- 10	- 88	- 44
21	449	+ 20	- 88	- 48
16	549	+ 36	- 94	- 40
22	662	- 21	-115	- 58
25	740	+ 13	-118	- 64
19	839	- 35	-106	- 72
15	949	- 44	-151	- 88
8	1.040	- 53	-111	- 85
3	1.143	- 81	-120	-102
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
1	1.572	- 91	- 91	- 91
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
1	1.825	-105	-105	-105

CUADRO III

España Peninsular: red oficiosa en 1976 (339 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
95	26	+108	- 77	+ 18
16	146	+ 64	- 93	- 18
20	248	+ 30	- 63	- 28
19	352	- 13	-142	- 55
21	448	+ 20	-111	- 49
20	546	+ 11	-126	- 47
43	657	+ 44	-132	- 61
40	738	+ 50	-103	- 61
27	846	- 10	-123	- 76
19	948	- 43	-120	- 83
9	1.038	- 69	-107	- 89
5	1.150	- 68	-118	- 90
0	—	—	—	—
1	1.329	- 57	- 57	- 57
1	1.439	- 71	- 71	- 71
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
2	1.823	-103	-127	-115
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
0	—	—	—	—
1	3.471	-139	-139	-139

A la derecha del número de estaciones compendiadas en cada una de estas zonas, en los cuadros II a IV han sido calculadas las altitudes medias de las estaciones ubicadas en cada zona y, seguidamente, los valores máximo, mínimo y medio de las anomalías de Bouguer correspondientes a las estaciones compendiadas en cada una de las zonas.

CUADRO IV  
España Peninsular: red hispano-norteamericana  
(1.518 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
261	32	+108	- 79	+ 13
98	149	+ 64	- 93	- 16
100	248	+ 74	- 84	- 21
104	350	+ 55	-142	- 35
134	450	+ 42	-127	- 43
122	547	+ 18	-131	- 47
153	654	+ 94	-132	- 59
188	748	+ 50	-133	- 63
149	848	+ 22	-125	- 71
87	954	- 30	-132	- 80
58	1.047	- 28	-159	- 81
29	1.139	- 34	-118	- 77
11	1.238	- 38	-117	- 85
6	1.325	- 57	-123	- 83
4	1.446	- 48	-134	- 78
2	1.509	-102	-122	-112
2	1.635	- 85	-111	- 98
3	1.737	- 70	-123	- 97
2	1.823	-103	-127	-115
1	2.000	-119	-119	-119
1	2.500	-114	-114	-114
1	2.750	-113	-113	-113
1	3.050	-116	-116	-116
1	3.471	-139	-139	-139

Aunque nos constreñiremos a utilizar los promedios zonales de las anomalías, hemos juzgado interesante dejar constancia de los valores extremos observados en cada zona, pues dan idea de la amplitud de las oscilaciones mostradas por las anomalías. Lógicamente, las desviaciones respecto de sus correspondientes promedios zonales están esencialmente vinculadas a factores anomalógenos que, generalmente, arman las partes más altas de la corteza terrestre y, por ende, ejercen importantes influjos en el valor de la pesantez.

1. COEFICIENTES POLINÓMICOS PROPORCIONADOS POR LAS SERIES DE VALORES MEDIOS ZONALES PARA ALTITUDES Y ANOMALÍAS DE BOUGUER.

Aun cuando nos interesa singularmente la predicción del valor de las anomalías en función de la altitud:  $\Delta g=f(h)$ , también hemos calculado los coeficientes concernientes a la otra alternativa:  $h=f(\Delta g)$ .

Por otra parte, habida cuenta del preferente interés entrañado por la primera de estas funciones, para la más densa de las redes consideradas hemos extendido el cálculo hasta el polinomio de tercer grado (ajuste cilíndrico o cúbico). De este modo hemos podido corroborar nuestras conclusiones precedentes (2) en el sentido de que las curvas cilíndricas no aportan luz interpretativa y, por supuesto, exigen una vanal prolongación del esfuerzo comportado por el cálculo; consiguientemente hemos desistido de calcular los coeficientes de tercer grado para la mitad de las curvas vinculadas a la función  $\Delta g=f(h)$  y para la totalidad de las inherentes a la función  $h=f(\Delta g)$ .

En el cuadro V compilamos los coeficientes relativos a la primera de estas funciones, y en el cuadro VI figuran los obtenidos para la segunda función. Con el fin de facilitar las comparaciones, en ambos cuadros reproducimos los coeficientes que obtuvimos en la precedente investigación (2) para las 6.019 estaciones efectuadas en las 13 provincias de la España peninsular (cuadro I).

Tanto en el cuadro V como en el VI han sido calculados los coeficientes inherentes a las zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros.

2. PROMEDIOS TEÓRICOS ZONALES PROPORCIONADOS POR EL AJUSTE POLINÓMICO DE LAS SERIES DE OBSERVACIONES INHERENTES A ESTAS TRES REDES.

En el cuadro VII aparecen los valores teóricos obtenidos sometiendo a los ajustes, rectilíneo y parabólico, los promedios zonales para las anomalías de Bouguer y las altitudes inherentes a las 236 estaciones integradas en la red oficial de 1972. Las series relativas a las anomalías de Bouguer han sido traducidas gráficamente en la figura 1.

Análogamente, los valores ajustados correspondientes a las series zonales relativas a la red oficiosa en 1976 aparecen en el cuadro VIII, y en la figura 2 hemos representado las curvas inherentes a los valores ajustados para las anomalías de Bouguer.

Por último, en el cuadro IX aparecen las series de valores ajustados para las anomalías de Bouguer y altitudes zonales correspondientes a la más tupida red hispanoamericana (1966); los valores correspondientes a estas anomalías teóricas de Bouguer conducen a las curvas representadas en la figura 3.

Para facilitar la comparación entre estas nuevas series de valores relativos a la España peninsular (sintetizadas en las figuras 1 a 3) con los resultados

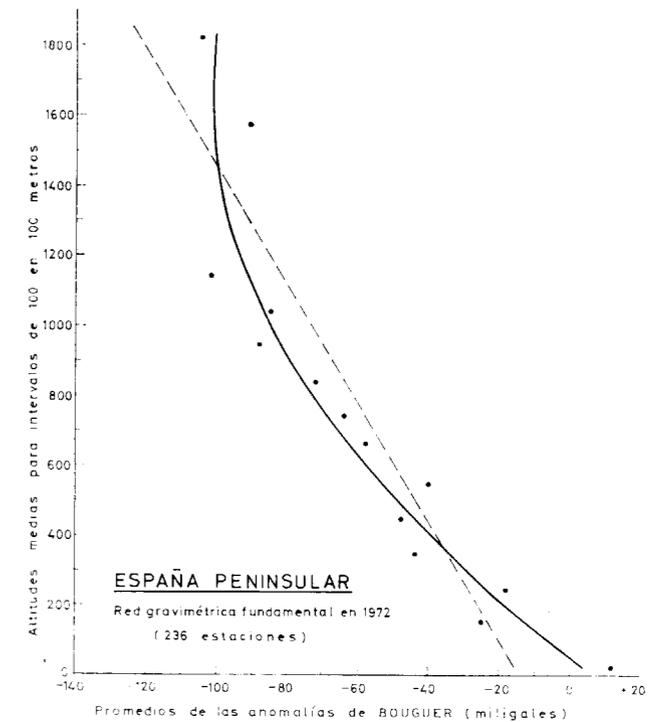


Figura 1

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios zonales observados y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los ajustes: lineal (trazo discontinuo) y cuadrático (curva parabólica).

que corresponden a la serie obtenida en nuestra publicación precedente (2) para el conjunto de las 13 provincias peninsulares, en la figura 4 reproducimos las curvas proporcionadas por este sector peninsular, cuyos coeficientes de correlación también pueden ser confrontados en el parágrafo siguiente.

La simple comparación recíproca entre las curvas representadas en las figuras 1 a 4 evidencia su gran similitud. En efecto, pese a referirse al 22,6 por 100 de la extensión superficial ocupada por la

CUADRO V

Coefficientes polinómicos para la función:  $h=f(\Delta g)$

Area de la España peninsular	Número de estaciones	AJUSTE RECTILINEO (Pol. primer grado)		AJUSTE PARABOLICO (Pol. segundo grado)			AJUSTE CUBICO o CILINDRICO (Pol. de tercer grado)			
		a	b	a	b	c	a	b	c	d
		13 provincias ...	6.019	-14,9	-0,049	0,30	-0,098	0,000026	30,27	-0,30
Superficie total ...	236	-14,0	-0,06	6,9	-0,13	0,000039	—	—	—	—
" " ...	339	-27,5	-0,038	-9,1	-0,076	0,000012	—	—	—	—
" " ...	1.518	-28,7	-0,037	-3,8	-0,083	0,000014	8,5	-0,13	0,00005	-0,00000007

CUADRO VI

Coefficientes polinómicos para la función:  $\Delta g=f(h)$

Area de la España peninsular	Número de estaciones	AJUSTE RECTILINEO (Pol. primer grado)		AJUSTE PARABOLICO (Pol. segundo grado)		
		a	b	a	b	c
		13 provincias ...	6.019	-39,9	-16,04	57,7
Superficie total ...	236	-68,8	-13,9	78,8	-3,8	0,097
" " ...	339	-271,6	-19,1	102,3	-0,55	0,15
" " ...	1.518	-389,0	-22,2	95,4	-0,2	0,17

CUADRO VII

España Peninsular: red fundamental en 1972 (236 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes	Anomalías	Función: $\Delta g=f(h)$		Función: $h=f(\Delta g)$	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	1.825	-105	-123,4	-100,7	1.390,7	1.556,5
1	1.572	-91	-108,2	-111,3	1.196,1	1.235,3
3	1.143	-102	-82,5	-90,9	1.349,0	1.484,4
8	1.040	-85	-76,3	-86,3	1.112,7	1.109,4
15	949	-88	-70,9	-81,5	1.154,4	1.171,5
19	839	-72	-64,3	-74,8	932,0	860,6
25	740	-64	-58,3	-68,1	820,8	723,9
22	662	-58	-53,7	-62,2	737,4	629,5
16	549	-40	-46,9	-52,8	487,2	388,5
21	449	-48	-40,9	-43,7	598,4	487,8
18	348	-44	-34,9	-33,7	542,8	436,6
19	247	-18	-28,8	-22,9	181,4	179,6
9	156	-25	-23,4	-12,5	278,7	235,8
59	27	+12	-15,6	-3,4	-235,6	46,6

España peninsular, las curvas proporcionadas por los 11 conjuntos provinciales (figura 4) resultan totalmente homologables a las suministradas por las redes generales que, apoyadas en 339 estaciones (figura 2) y en 1.518 estaciones (figura 3), duplican la altimetría abarcada por las curvas. Esta notable

nitudes de los promedios zonales para las altitudes y las anomalías de Bouguer.

3. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y DESVIACIONES O ERRORES TÍPICOS.

En el cuadro X resumimos los coeficientes de correlación ( $r_n$  y  $r$ ), así como las desviaciones o errores típicos ( $s$ ) cogidos para los ajustes rectili-

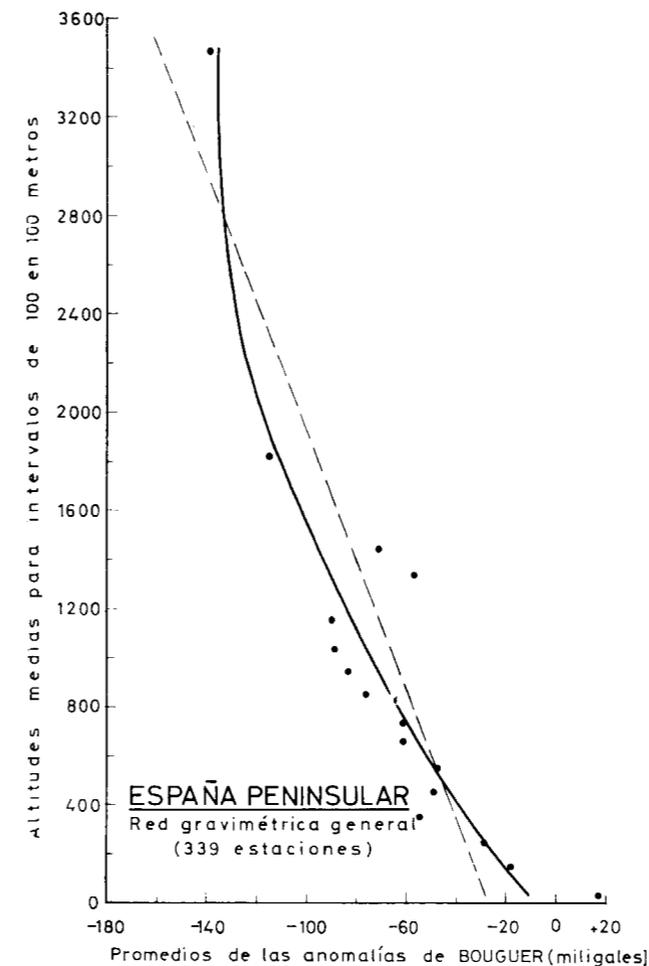


Figura 2

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios zonales observados y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los ajustes: lineal (trazo discontinuo) y cuadrático (curva parabólica).

convergencia permite aglutinar unas y otras referencias en series más importantes y, acaso, más precisas, puesto que nos permitirán disponer de mayor número de observaciones para las diversas zonas altimétricas, lo que, obviamente, precisará las mag-

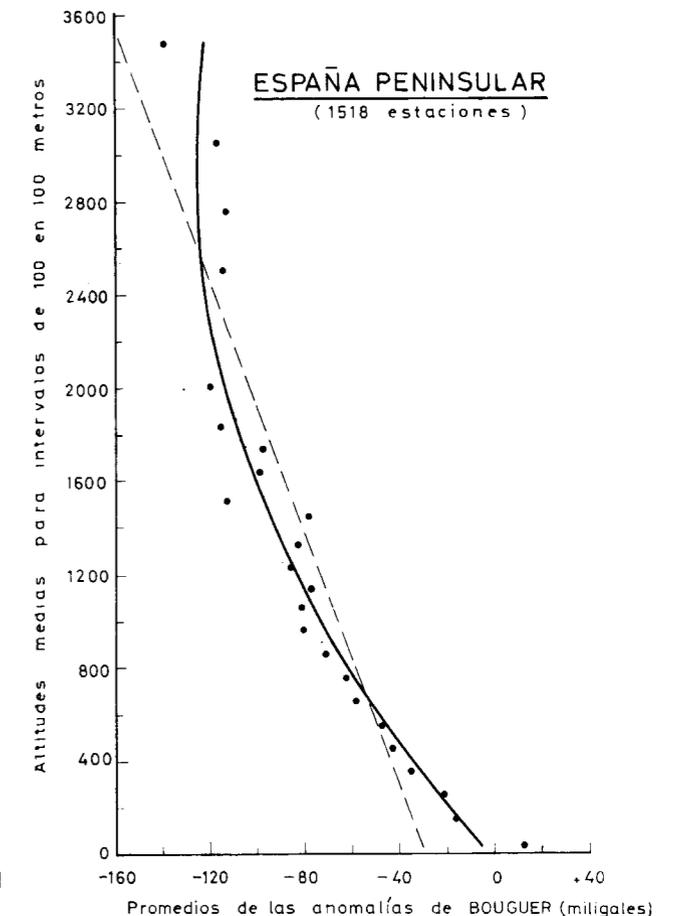


Figura 3

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios zonales observados y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los ajustes: lineal (trazo discontinuo) y cuadrático (curva parabólica).

neo y parabólico de las series de valores teóricos inherentes a las funciones  $\Delta g=f(h)$  y  $h=f(\Delta g)$ .

Puede advertirse que las tres nuevas redes proporcionan coeficientes de correlación francamente buenos tanto en el caso de  $r_n$  (-0,91 a -0,98) como

CUADRO VIII  
España Peninsular: red oficiosa en 1976 (339 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes	Anomalías	Función: $\Delta g=f(h)$		Función: $h=f(\Delta g)$	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	3,471	-139	-160,2	-135,5	2.390,1	3.100,1
2	1,823	-115	-97,2	-110,1	1.930,5	2.165,1
1	1,439	-71	-82,5	-95,2	1.087,9	903,4
1	1,439	-57	-78,3	-90,3	819,9	624,8
5	1,150	-90	-71,4	-81,8	1.451,8	1.376,4
9	1,038	-89	-67,2	-76,0	1.432,6	1.348,8
19	948	-83	-63,7	-71,2	1.317,7	1.189,5
27	846	-76	-59,8	-65,5	1.183,7	1.017,3
40	738	-61	-55,7	-59,3	896,5	698,4
43	657	-61	-52,6	-54,4	896,5	698,4
20	546	-47	-48,4	-47,4	628,4	462,0
21	448	-49	-44,6	-41,1	666,7	492,2
19	352	-55	-40,9	-34,6	781,6	589,8
20	248	-28	-37,0	-27,4	264,5	236,2
16	146	-18	-33,1	-20,0	73,0	161,1
95	26	+18	-28,5	-11,1	-616,3	141,4

CUADRO IX  
España Peninsular: red hispano-norteamericana en 1966 (1518 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes	Anomalías	Función: $\Delta g=f(h)$		Función: $h=f(\Delta g)$	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	3,471	-139	-155,9	-121,4	2.692,2	3.321,2
1	3,050	-116	-140,5	-125,4	2.182,3	2.345,5
1	2,750	-113	-129,5	-125,1	2.115,8	2.231,1
1	2,500	-114	-120,3	-123,0	2.138,0	2.268,9
1	2,000	-119	-102,0	-113,3	2.248,8	2.262,8
2	1,823	-115	-95,5	-108,2	2.160,2	2.307,0
3	1,737	-97	-92,4	-105,4	1.761,2	1.671,7
2	1,635	-98	-88,6	-101,8	1.783,3	1.704,1
2	1,509	-112	-84,0	-97,0	2.093,7	2.193,7
4	1,446	-78	-81,7	-94,3	1.340,0	1.117,4
6	1,325	-83	-77,3	-89,0	1.450,8	1.251,7
11	1,238	-85	-74,1	-85,0	1.495,2	1.307,7
29	1,139	-77	-70,5	-80,1	1.317,8	1.091,6
58	1,047	-81	-67,0	-75,3	1.406,5	1.197,0
87	954	-80	-63,7	-70,2	1.384,3	1.170,1
149	848	-71	-59,8	-64,1	1.184,8	943,4
188	748	-63	-56,1	-58,0	1.007,5	764,3
153	654	-59	-52,7	-52,1	918,8	682,8
122	547	-47	-48,8	-45,0	652,8	469,9
134	450	-43	-45,2	-38,3	564,2	409,5
104	350	-35	-41,5	-31,2	386,8	304,7
100	248	-21	-37,8	-23,5	76,5	172,3
98	149	-16	-34,2	-15,9	34,3	140,7
261	32	+13	-29,9	-6,4	-677,2	121,0

en los proporcionados por el ajuste parabólico de las anomalías de Bouguer (-0,91 a -0,97) y de las altitudes (-0,93 a -0,95); lógicamente, la co-

Consiguientemente, las tres redes consideradas para la España peninsular confirman y subrayan la existencia de una estrecha correlación entre la altitud a que se efectúan las observaciones de la pesantez y los valores obtenidos para las respectivas anomalías de Bouguer.

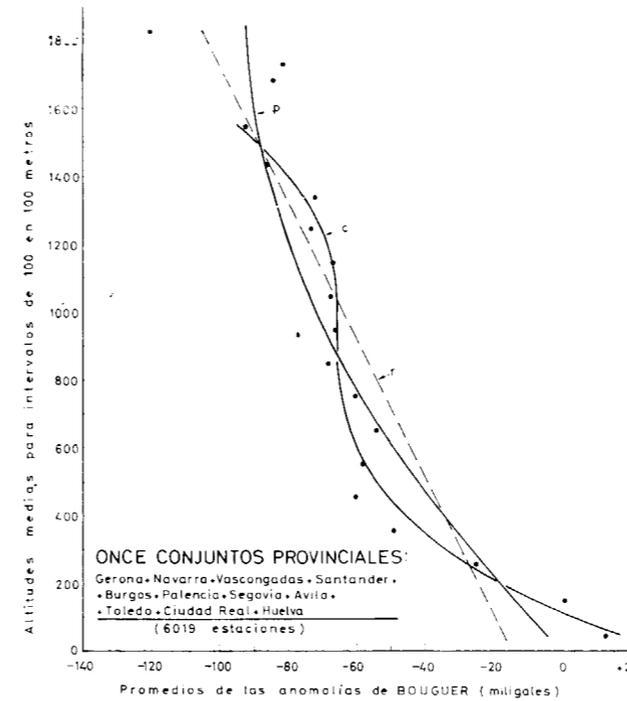


Figura 4

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios zonales observados y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los ajustes polinómicos del primer grado (recta de trazo discontinuo), segundo grado (curva parabólica) y tercer grado (curva cúbica)

relación resulta ligeramente inferior para los valores proporcionados por el ajuste rectilíneo de las anomalías de Bouguer y de las altitudes (-0,85 a -0,91).

III  
ANALISIS DE LAS SERIES DE VALORES INHERENTES A LAS REDES GENERALES DE LA ESPAÑA PENINSULAR, EL PORTUGAL IBERICO Y EL CONJUNTO DE LA PENINSULA IBERICA

Según acabamos de ver, no parecen existir dificultades estadísticas para involucrar en la red general las 6.019 estaciones efectuadas en los 11 conjuntos provinciales (cuadros V y VI), resultado que nos permite disponer de una red integrada por 7.537 estaciones para la España peninsular (cuadro I), cuyo análisis estadístico efectuaremos en este párrafo. Para ello hemos comenzado por calcular los nuevos promedios zonales para altitudes y anomalías que aparecen anotados en el cuadro XI.

Por otra parte, hemos considerado oportuno considerar la tupida red de estaciones efectuadas en Portugal continental (cuadro I), sometiéndola a aquel mismo análisis, con objeto de poder compulsar las discrepancias previsibles, habida cuenta del importante incremento de la superficie relativa ocupada en Portugal por las anomalías positivas de Bouguer (figura 5); los promedios de las altitudes y anomalías de las estaciones portuguesas aparecen calculados en el cuadro XII.

Finalmente efectuaremos el análisis conjunto de

CUADRO X

ESPAÑA PENINSULAR	$r_n$	$\Delta g=f(h)$ mgls.				$h=f(\Delta g)$ metros			
		Grado 1.º: recta		Grado 2.º: parábola		Grado 1.º: recta		Grado 2.º: parábola	
		$r_s$	$s_s$	$r_g$	$s_g$	$r_n$	$s_n$	$r_n$	$s_n$
13 provincias: 6.019	-0,92	-0,89	14,7	-0,91	12,8	-0,89	264	-0,91	242
España Peninsular: 236	-0,98	-0,91	14,6	-0,97	8,5	-0,91	222	-0,94	184
España Peninsular: 339	-0,91	-0,85	20,0	-0,91	16,0	-0,85	447	-0,93	311
España Peninsular: 1.518	-0,94	-0,90	16,7	-0,97	9,5	-0,90	411	-0,95	301

**CUADRO XI**  
 España Peninsular: red general en 1976  
 (7.537 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
646	40	+108	-79	+13
351	147	+64	-93	-4
325	254	+74	-84	-23
479	353	+55	-142	-46
635	452	+46	-127	-56
700	551	+40	-131	-56
1.125	650	+94	-132	-55
1.043	752	+50	-149	-60
1.044	847	+22	-143	-68
611	946	-13	-141	-68
281	1.046	-28	-159	-70
168	1.143	-26	-118	-69
65	1.241	-27	-117	-75
28	1.333	-22	-125	-74
13	1.436	-39	-134	-83
7	1.533	-63	-122	-98
3	1.650	-84	-111	-93
5	1.734	-70	-123	-90
3	1.823	-103	-127	-117
-----				
1	2.000	-119	-119	-119
-----				
1	2.500	-114	-114	-114
-----				
1	2.750	-113	-113	-113
-----				
1	3.050	-116	-116	-116
-----				
1	3.471	-139	-139	-139

**CUADRO XII**  
 Portugal Ibérico: red nacional en 1958  
 (895 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
256	44	+107	-25	+32
156	156	+86	-42	+21
130	243	+85	-44	+16
88	353	+60	-61	-7
73	445	+56	-49	-17
58	552	+52	-57	-24
44	645	+7	-54	-30
59	744	+7	-54	-34
21	835	-3	-54	-36
4	960	+7	-42	-23
3	1.013	-42	-51	-46
-----				
2	1.250	-47	-52	-50
1	1.302	-49	-49	-49

las 7.537 estaciones españolas, adscribiendo las 263 estaciones efectuadas en el Pirineo y Sierra Nevada, y las 895 estaciones portuguesas. De este modo llegaremos a obtener una visión general para el conjunto de la Península Ibérica, apoyada en las 8.695 estaciones que arman una red suficientemente tupida, pues, según se advierte en el cuadro I, por término medio, cada estación cubre tan sólo 67 Km<sup>2</sup>.

Los correspondientes promedios zonales para las altitudes y anomalías de Bouguer han sido calculados por zonas escalonadas de 100 en 100 m. en el cuadro XIII y para la zonas escalonadas de 50 en 50 m. (cuadro XIV), con el fin de estudiar con mayor detalle esta red peninsular.

**CUADRO XIII**  
 Conjunto de la Península Ibérica: red en 1976  
 (8.695 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
941	41	+108	-79	+17
528	150	+86	-93	+3
473	251	+85	-84	-15
586	353	+60	-142	-40
741	451	+56	-127	-53
783	551	+52	-131	-54
1.181	650	+94	-132	-54
1.117	751	+50	-149	-59
1.078	847	+22	-143	-68
620	946	+7	-141	-68
299	1.046	-28	-159	-72
191	1.143	-26	-163	-74
74	1.242	-27	-130	-79
34	1.333	-22	-128	-77
17	1.444	-39	-134	-86
10	1.537	-63	-122	-96
7	1.651	-84	-117	-95
7	1.737	-70	-123	-98
3	1.823	-103	-127	-117
1	2.000	-119	-119	-119
-----				
1	2.500	-114	-114	-114
-----				
1	2.750	-113	-113	-113
-----				
1	3.050	-116	-116	-116
-----				
1	3.471	-139	-139	-139

Siguiendo la pauta del párrafo precedente, a continuación analizaremos estas tres redes generales (española, portuguesa y peninsular).

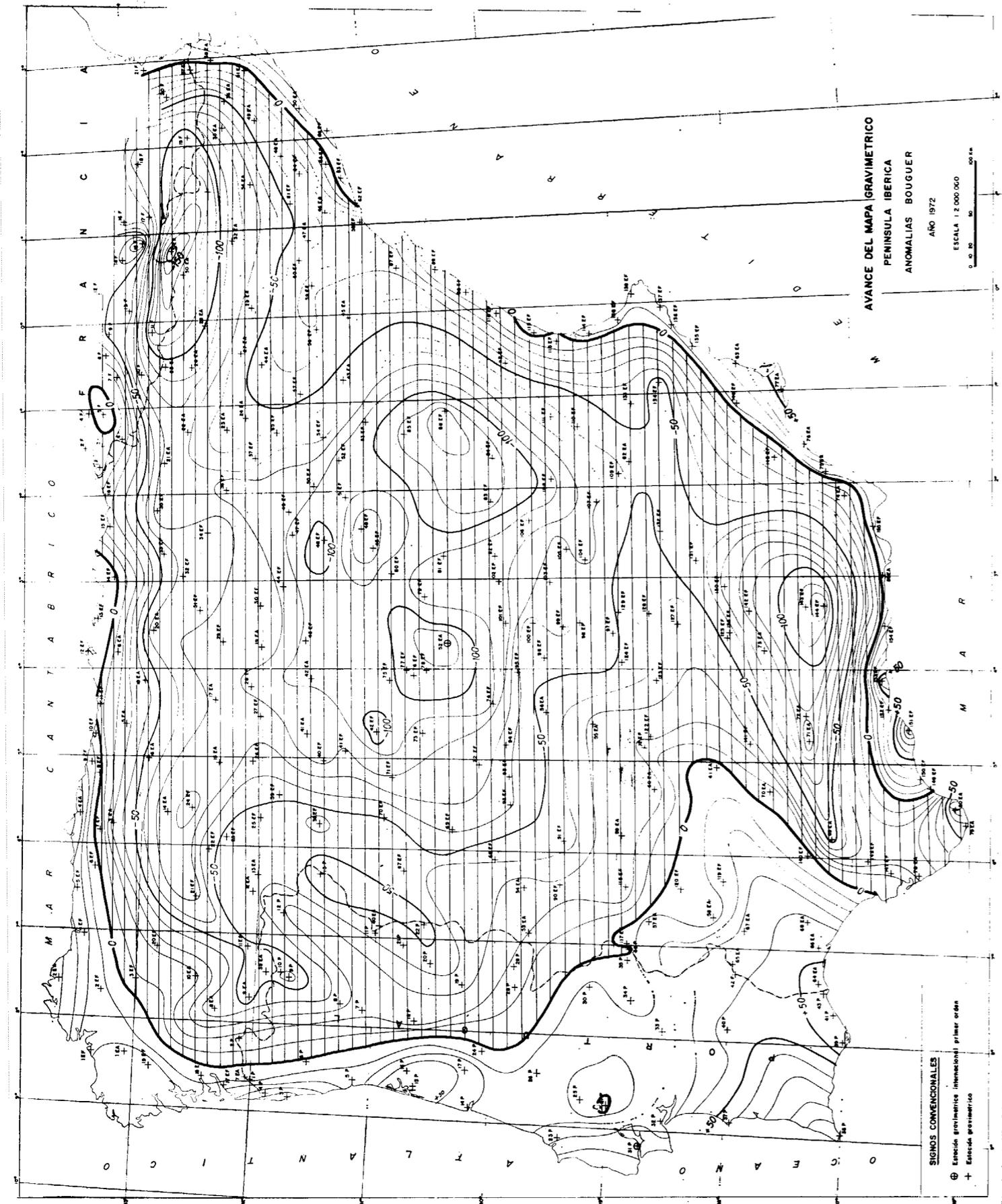


Figura 5

Anomalías de Bouguer completas evidenciadas en la Península Ibérica. El área ocupada por las anomalías negativas ha sido cubierta por líneas paralelas horizontales

CUADRO XIV  
Conjunto de la Península Ibérica: red en 1976  
(8.695 estaciones)

Número de estaciones	Altitudes medias (m)	Anomalía de BOUGUER (miligales)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Promedio zonal
601	22	+108	-79	+20
340	76	+107	-55	+12
272	125	+71	-86	+4
256	176	+86	-93	+2
231	225	+85	-84	-4
242	276	+64	-84	-25
269	327	+60	-90	-37
317	374	+59	-142	-43
362	425	+55	-115	-49
379	475	+56	-127	-56
391	526	+52	-131	-55
392	576	+50	-128	-54
600	628	+35	-117	-54
581	673	+94	-132	-54
540	725	+7	-133	-55
577	776	+50	-149	-63
600	826	-3	-143	-67
478	874	+22	-133	-68
345	924	-13	-141	-70
275	973	+7	-132	-66
168	1.024	-28	-159	-70
131	1.075	-34	-147	-76
123	1.126	-27	-135	-74
68	1.175	-26	-163	-74
53	1.228	-27	-130	-80
21	1.276	-47	-124	-75
25	1.319	-22	-128	-78
9	1.373	-48	-114	-77
12	1.430	-39	-134	-87
5	1.475	-48	-105	-84
7	1.518	-63	-122	-96
3	1.580	-84	-109	-95
3	1.628	-85	-90	-88
4	1.669	-84	-117	-100
5	1.719	-70	-116	-89
2	1.781	-116	-123	-120
3	1.823	-103	-127	-117
1	2.000	-119	-119	-119
1	2.500	-114	-114	-114
1	2.750	-113	-113	-113
1	3.050	-116	-116	-116
1	3.471	-139	-139	-139

En este momento parece oportuno dejar constancia de alguna observación lógica acerca de la magnitud mostrada por los valores extremos de las anomalías inherentes a las diversas zonas y redes consideradas. Naturalmente que la magnitud de es-

tas desviaciones respecto a sus respectivos promedios zonales está condicionada, muy fundamentalmente, por el número de estaciones enmarcadas en las zonas y, consiguientemente, aparece notablemente incrementada en estas tres redes generales. En efecto, el análisis de las discrepancias evidenciadas por la red peninsular (8.695 estaciones) nos ha permitido obtener el cuadro XV, donde figuran las magnitudes, estadísticamente previsibles, para las máximas desviaciones conferibles a las anomalías de Bouguer con respecto a los promedios correspondientes a las zonas respectivas.

La importancia de estas magnitudes da perfecta idea del enorme influjo que, sobre los valores observados para la pesantez, pueden ejercer los anomalógenos locales generalmente alojados en someras profundidades de la corteza terrestre (masas rocosas que presentan densidades suficientemente dispares respecto a la media, criaderos metalíferos, bolsas petrolíferas, masas gaseosas, etc.).

CUADRO XV

Número de puntos contenidos en la zona	Desviaciones previsibles respecto a los promedios zonales (miligales)
1.200	± 280
1.100	± 261
1.000	± 242
900	± 223
800	± 204
700	± 185
600	± 166
500	± 147
400	± 128
300	± 109
200	± 90
100	± 71

1. COEFICIENTES POLINÓMICOS PROPORCIONADOS POR LAS SERIES DE VALORES MEDIOS ZONALES PARA LAS ALTITUDES Y LAS ANOMALÍAS DE BOUGUER.

Las razones expuestas en el párrafo precedente nos han aconsejado considerar como variables independientes tanto la altitud media (h) como los promedios de las anomalías de Bouguer (Δg); es decir, las funciones Δg=f(h) y h=f(Δg).

Asimismo prestaremos interés preferente a los ajustes polinómicos de primer y segundo grados, aun cuando, para la primera de aquellas funciones, lo hemos extendido incluyendo el ajuste polinómico de tercer grado (cuadro XVI) que, tal como

CUADRO XVI  
Coeficientes polinómicos para la función: Δg=f(h)

Sector	Número de estaciones	Zonas altimétricas	AJUSTE RECTILINEO (Pol. primer grado)		AJUSTE PARABOLICO (Pol. segundo grado)			AJUSTE CUBICO O CILINDRICO (Pol. de tercer grado)			
			a	b	a	b	c	a	b	c	d
España Peninsular	7.537	100 en 100 m.	-26,7	-0,036	-6,4	-0,074	0,000012	4,4	-0,11	0,00004	-0,00000006
Portugal Ibérico	895	100 en 100 m.	21,7	-0,062	38,3	-0,13	0,000053	45,4	-0,20	0,00017	-0,00000006
Península Ibérica	8.695	100 en 100 m. >0 en 50 m.	-24,1 -20,6	-0,038 -0,042	0,5 1,3	-0,084 -0,085	0,000014 0,000014	—	—	—	—

CUADRO XVII  
Coeficientes polinómicos para la función: h=f(Δg)

Sector	Número de estaciones	Zonas altimétricas	AJUSTE RECTILINEO (Pol. primer grado)		AJUSTE PARABOLICO (Pol. segundo grado)		
			a	b	a	b	c
España Peninsular	7.537	100 en 100 m.	-388,1	-22,9	55,2	-2,85	0,15
Portugal Ibérico	895	100 en 100 m.	394,7	-13,8	297,7	-10,8	0,15
Península Ibérica	8.695	100 en 100 m. 50 en 50 m.	-279,7 -178,2	-21,52 -19,38	86,5 91,5	-1,45 -2,69	0,16 0,1446

CUADRO XVIII  
España Peninsular: red general en 1976 (7.537 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes	Anomalías	Función: Δg=f(h)		Función: h=f(Δg)	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	3.471	-139	-152,8	-124,8	2.791,7	3.403,5
1	3.050	-116	-137,5	-125,2	2.265,5	2.441,8
1	2.750	-113	-126,6	-123,1	2.196,9	2.328,3
1	2.500	-114	-117,5	-119,7	2.219,8	2.365,8
1	2.000	-119	-99,4	-108,6	2.334,2	2.558,1
3	1.823	-117	-92,9	-103,2	2.288,4	2.480,2
5	1.734	-90	-89,7	-100,3	1.670,7	1.549,3
3	1.650	-93	-86,7	-97,3	1.739,4	1.641,7
7	1.533	-98	-82,4	-93,0	1.853,7	1.801,9
13	1.436	-83	-78,9	-89,1	1.510,6	1.344,3
28	1.333	-74	-75,1	-84,8	1.304,7	1.102,8
65	1.241	-75	-71,8	-80,7	1.327,6	1.128,4
168	1.143	-69	-68,2	-76,1	1.190,3	979,3
281	1.046	-70	-64,7	-71,3	1.213,2	1.003,4
611	946	-68	-61,1	-66,2	1.167,5	955,5
1.044	847	-68	-57,5	-60,9	1.167,5	955,5
1.043	752	-60	-54,0	-55,6	984,4	776,2
1.125	650	-55	-50,3	-49,7	870,1	674,1
700	551	-56	-46,7	-43,8	892,9	693,9
635	452	-56	-43,2	-37,6	892,9	693,9
479	353	-46	-40,0	-31,1	664,2	509,6
325	254	-23	-36,0	-24,5	138,0	201,5
351	147	-4	-32,1	-17,1	-296,6	69,0
646	40	+13	-28,2	-9,4	-685,5	43,9

esperábamos, proporciona curvas muy difícilmente interpretables.

En otro sentido y con el fin de ensayar la obtención de una precisión máxima, en el caso de la red general para el conjunto de la Península Ibérica, además de las zonas ordinarias (escalonadas de 100 en 100 metros) hemos establecido la reagrupación de las 8.695 estaciones en zonas escalonadas de 50 en 50 metros; luego de calcular sus respectivos promedios de los valores observados, han sido obtenidos los correspondientes coeficientes polinómicos que figuran anotados en los cuadros XVI y XVII.

En el cuadro XVII hemos calculado los coeficientes polinómicos relativos a la segunda función:  $h=f(\Delta g)$ , que, por su menor interés, hemos concretado a los ajustes rectilíneo y parabólico.

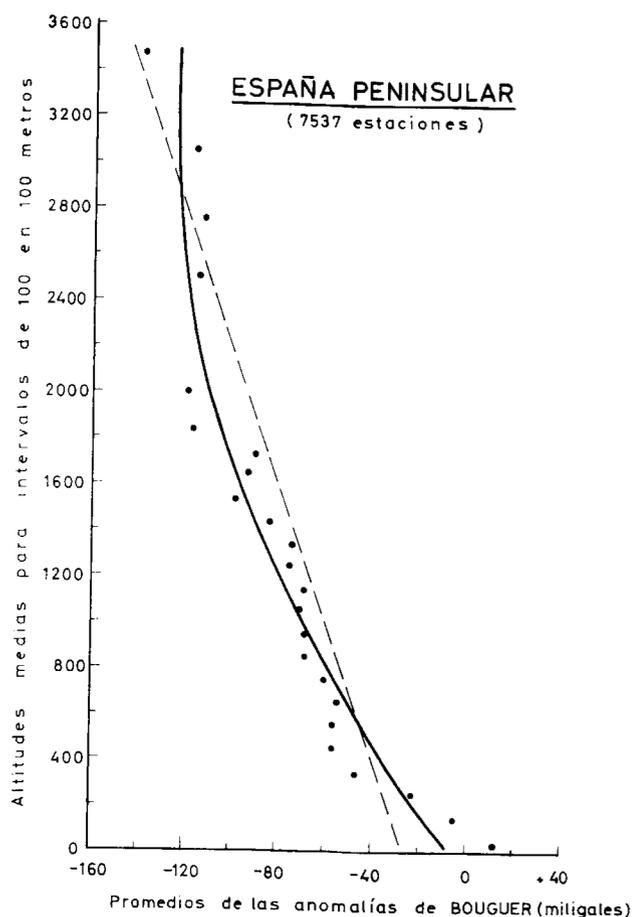


Figura 6

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios zonales observados y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los ajustes: lineal (trazo discontinuo) y cuadrático (curva parabólica)

2. PROMEDIOS TEÓRICOS ZONALES PROPORCIONADOS POR EL AJUSTE POLINÓMICO DE LAS SERIES GENERALES PARA ESPAÑA, PORTUGAL Y CONJUNTO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.

Los valores teóricos proporcionados por los ajustes, rectilíneo y parabólico, de los promedios inherentes a la red general de la España Peninsular aparecen en el cuadro XVIII. Cual precedentemente, los valores teóricos zonales correspondientes a las anomalías de Bouguer han sido traducidos en las respectivas curvas que representamos en la figura 6.

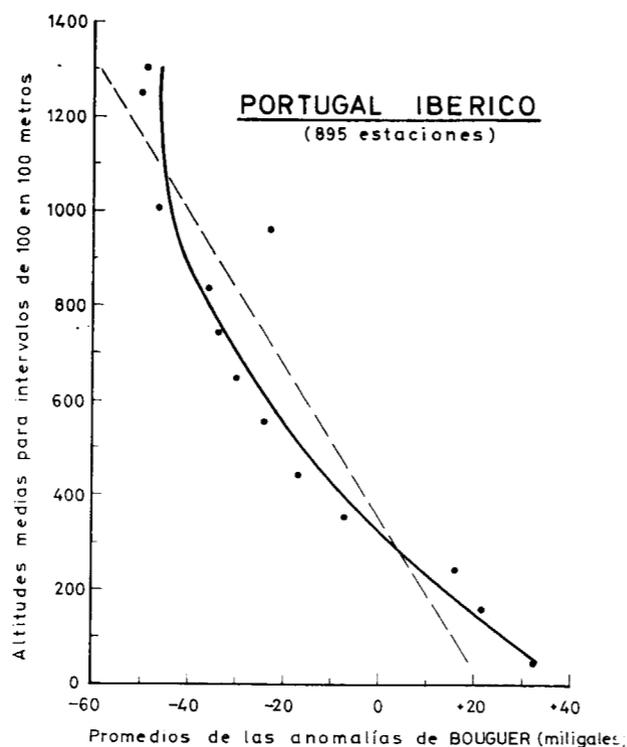


Figura 7

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios zonales observados y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los ajustes: lineal (trazo discontinuo) y cuadrático (curva parabólica)

Por su parte, los promedios zonales correspondientes a la red de Portugal han conducido a las series ajustadas o teóricas compiladas en el cuadro XIX y los nuevos valores colegidos para las anomalías de Bouguer han proporcionado las curvas representadas en la figura 7.

Los promedios de los valores observados en zo-

CUADRO XIX

Portugal Ibérico: red nacional en 1958 (895 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes	Anomalías	Función: $\Delta g=f(h)$		Función: $h=f(\Delta g)$	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	1.302	- 49	- 58,9	- 46,3	1.071,4	1.182,3
2	1.250	- 50	- 55,7	- 46,4	1.085,0	1.207,8
3	1.013	- 46	- 41,0	- 43,2	1.030,0	1.107,6
4	960	- 23	- 37,8	- 41,7	712,3	624,1
21	835	- 36	- 30,0	- 36,9	891,9	878,1
59	744	- 34	- 24,4	- 32,3	864,3	835,7
44	645	- 30	- 18,3	- 26,3	809,0	754,6
58	552	- 24	- 12,5	- 19,8	726,1	641,8
73	445	- 17	- 5,9	- 11,1	629,5	523,8
88	353	- 7	- 0,2	- 2,6	491,3	380,4
130	243	+ 16	+ 6,6	+ 8,7	173,7	163,5
156	156	+ 21	+ 12,0	+ 18,6	104,6	137,1
256	44	+ 32	+ 19,0	+ 32,5	- 47,3	105,3

CUADRO XX

Conjunto de la Península Ibérica: red en 1976 (8.695 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Altitudes	Anomalías	Función: $\Delta g=f(h)$		Función: $h=f(\Delta g)$	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	3.471	-139	-156,3	-122,4	2.711,3	3.399,8
1	3.050	-116	-140,3	-125,4	2.216,4	2.421,9
1	2.750	-113	-128,8	-124,5	2.151,8	2.307,0
1	2.500	-114	-119,3	-121,9	2.173,3	2.345,0
1	2.000	-119	-100,3	-111,4	2.280,9	2.539,8
3	1.823	-117	- 93,5	-106,0	2.237,9	2.460,9
7	1.737	- 98	- 90,2	-103,0	1.829,0	1.775,5
7	1.651	- 95	- 87,0	- 99,9	1.764,5	1.677,9
10	1.537	- 96	- 82,6	- 95,4	1.786,0	1.710,1
17	1.444	- 86	- 79,1	- 91,5	1.570,8	1.402,5
34	1.333	- 77	- 74,9	- 86,5	1.377,2	1.153,2
74	1.242	- 79	- 71,4	- 82,1	1.420,2	1.206,3
191	1.143	- 74	- 67,6	- 77,1	1.312,6	1.075,9
299	1.046	- 72	- 63,9	- 71,9	1.269,6	1.025,9
620	946	- 68	- 60,1	- 66,3	1.183,5	929,9
1.078	847	- 68	- 56,3	- 60,5	1.183,5	929,9
1.117	751	- 59	- 52,7	- 54,6	989,9	732,8
1.181	650	- 54	- 48,8	- 48,1	882,3	634,5
783	551	- 54	- 45,1	- 41,5	882,3	634,5
741	451	- 53	- 41,3	- 34,5	860,7	615,9
586	353	- 40	- 37,5	- 27,4	581,0	402,3
473	251	- 15	- 33,6	- 19,7	43,1	144,5
528	150	+ 3	- 29,8	- 11,8	- 344,2	83,6
941	41	+ 17	- 25,6	- 2,9	- 645,5	- 108,3

CUADRO XXI

Conjunto de la Península Ibérica: red en 1976 (8.695 estaciones)

Número de estaciones por zona	PROMEDIOS OBSERVADOS		VALORES AJUSTADOS			
	Anomalías	Altitudes	Función: $\Delta g=f(h)$		Función: $h=f(\Delta g)$	
			Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1	3.471	-139	-165,0	-120,7	2.515,2	3.259,1
1	3.050	-116	-147,5	-124,5	2.069,5	2.349,1
1	2.750	-113	-135,0	-124,0	2.011,4	2.241,7
1	2.500	-114	-124,6	-121,6	2.030,8	2.277,2
1	2.000	-119	-103,8	-111,5	2.127,6	2.459,1
3	1.823	-117	-96,5	-106,2	2.088,9	2.385,5
2	1.781	-120	-94,7	-104,8	2.147,0	2.496,4
5	1.719	-89	-92,1	-102,6	1.546,3	1.476,2
4	1.669	-100	-90,1	-100,8	1.759,5	1.806,4
3	1.628	-88	-88,4	-99,2	1.527,0	1.447,9
3	1.580	-95	-86,4	-97,4	1.662,6	1.651,9
7	1.518	-96	-83,8	-94,9	1.682,0	1.682,3
5	1.475	-84	-82,0	-93,0	1.449,5	1.337,6
12	1.430	-87	-80,1	-91,1	1.507,6	1.419,9
9	1.373	-77	-77,8	-88,5	1.313,8	1.155,9
25	1.319	-78	-75,5	-86,0	1.333,2	1.181,0
21	1.276	-75	-73,7	-84,0	1.275,1	1.106,5
53	1.228	-80	-71,7	-81,6	1.372,0	1.232,0
68	1.175	-74	-69,5	-78,9	1.255,7	1.082,3
123	1.126	-74	-67,5	-76,4	1.255,7	1.082,3
131	1.075	-76	-65,4	-73,7	1.294,4	1.131,0
168	1.024	-70	-63,2	-70,9	1.178,2	988,2
275	973	-66	-61,1	-68,0	1.100,7	898,8
345	924	-70	-59,1	-65,2	1.178,2	988,2
478	874	-68	-57,0	-62,2	1.139,4	945,0
600	826	-67	-55,0	-59,3	1.120,1	920,7
577	776	-63	-52,9	-56,2	1.042,6	834,8
540	725	-55	-50,8	-52,9	887,5	676,8
581	673	-54	-48,6	-49,5	868,2	658,3
600	628	-54	-46,8	-46,6	868,2	658,3
392	576	-54	-44,6	-43,0	868,2	658,3
391	526	-55	-42,5	-39,6	887,5	676,8
379	475	-56	-40,4	-35,9	906,9	695,5
362	425	-49	-38,3	-32,3	771,3	570,4
317	374	-43	-36,2	-28,6	655,0	474,5
269	327	-37	-34,2	-25,0	538,8	388,9
242	276	-25	-32,1	-21,1	306,2	249,1
231	225	-4	-30,0	-17,2	-100,7	104,5
256	176	+2	-27,9	-13,3	-216,9	86,7
272	125	+4	-25,8	-9,1	-255,7	83,0
340	76	+12	-23,8	-5,1	-410,7	80,0
601	22	+20	-21,5	-0,6	-565,7	95,5

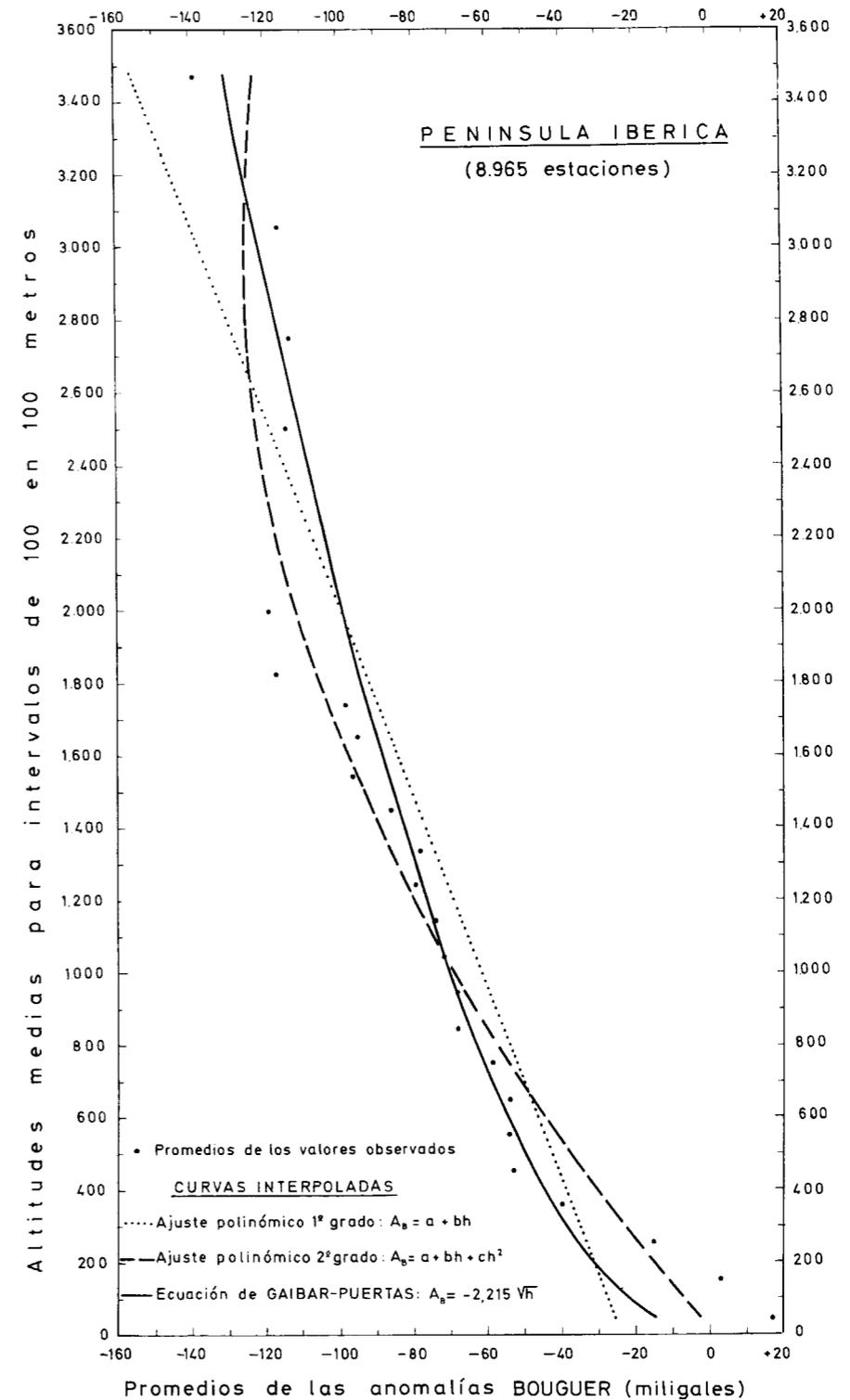


Figura 8

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios observados para zonas escalonadas de 100 en 100 metros y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por

los ajustes polinómicos: lineal (trazo punteado) y cuadrático (parábola de trazo discontinuo). La parábola de trazo continuo representa la variación proporcionada por nuestra ecuación predictora:  $\Delta g = \sqrt{h}$

CUADRO XXII

Áreas geográficas	Zonas Altimétricas	$r_n$	$\Delta g=f(h)$ mgls.				$h=f(\Delta g)$ metros			
			Grado 1.º: recta		Grado 2.º: parábola		Grado 1.º: recta		Grado 2.º: parábola	
			$r_x$	$s_x$	$r_x$	$s_x$	$r_h$	$s_h$	$r_h$	$s_h$
España Peninsular	100-100 m.	-0,89	-0,91	15,5	-0,96	10,8	0,91	390	-0,96	274
Portugal Ibérico	100-100 m.	-0,97	-0,92	10,8	-0,97	6,9	0,92	161	-0,95	130
Península Ibérica	100-100 m.	-0,92	-0,91	17	-0,97	10,0	0,91	403	-0,97	257
	50- 50 m.	-0,91	-0,90	16	-0,96	11,0	0,90	350	-0,96	235

nas altimétricas escalonadas de 100 en 100 m. para el conjunto de la Península Ibérica han proporcionado las series de valores teóricos compilados en el cuadro XX, cuyas curvas ajustadas aparecen representadas en la figura 8.

Finalmente, considerando zonas altimétricas escalonadas de 50 en 50 m., los 8.695 valores observados en la Península Ibérica suministra promedios cuyo ajuste estadístico conduce a las series de valores anotados en el cuadro XXI, habiendo sido traducidos en la figura 9 por las correspondientes curvas ajustadas para la función  $\Delta g=f(h)$ .

Comparando entre sí las curvas representadas en las figuras 6 a 9 se advierte la existencia de una notable convergencia o similitud morfológica que, por otra parte, se extiende a las curvas precedentemente obtenidas a partir de redes españolas más laxas (figuras 2 a 4). Por lo demás, la similitud recíproca entre las dos curvas generales para el conjunto de la Península Ibérica (figuras 8 y 9) pone de relieve la suficiencia de la consideración de zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros que, por otra parte, resulta menos laboriosa y acaso más precisa habida cuenta del mayor número de estaciones compendiadas en las zonas.

En virtud de la enorme extensión relativa ocupada en Portugal por las anomalías positivas de Bouguer (figura 5) resulta lógico que, en la curva portuguesa (figura 7), este hecho se traduzca en su progresiva invasión por el dominio positivo de la abscisa, en las altitudes inferiores: desde 350 metros hasta el nivel del mar.

3. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y DESVIACIONES O ERRORES TÍPICOS.

En el cuadro XXII anotamos los coeficientes de correlación ( $r_n$  y  $r$ ) correspondientes a estas cuatro nuevas curvas, así como las respectivas desviaciones o errores típicos ( $s$ ) obtenidos para sus ajus-

tes rectilíneo y parabólico en las series de valores teóricos relativos a las funciones  $\Delta g=f(h)$  y  $h=f(\Delta g)$ .

Como puede advertirse, la correlación entre la altitud a que han sido efectuadas las estaciones y el valor absoluto evidenciado para las anomalías de Bouguer es francamente buena en el caso de  $r_n$  (-0,89 a -0,97) y en ambos ajustes rectilíneos (-0,90 a -0,92), mejorando todavía en los ajustes parabólicos, pues alcanza valores (-0,95 a -0,97) muy próximos al de la correlación máxima (-1). Comparando estos valores con los proporcionados por las redes españolas más laxas precedentemente analizadas (cuadro X) parece evidenciada la conclusión de que es innecesario incrementar el arsenal de valores observados; en efecto, la correlación es tan patente e importante que resulta fielmente evidenciada aun por las redes más laxas.

Merece ser resaltado el hecho de que las desviaciones o errores típicos muestran sus valores mínimos en Portugal, delatando una correlación todavía más acentuada que muy bien puede relacionarse con una mayor homogeneidad densimétrica crustal. De otro lado, la extraordinaria expansión mostrada en Portugal por el área ocupada por las anomalías positivas de Bouguer parece insinuar cierto carácter oceánico a la corteza en el tercio meridional de este territorio.

Resumiendo, tanto la red parcial extendida por las 13 provincias extendidas sobre el 22,6 por 100 de la España Peninsular, como las tres redes españolas integradas por 339, 1.518 y 7.800 estaciones, la red del Portugal Ibérico y, lógicamente, la red general para el conjunto de la Península Ibérica, evidencian clarísimamente la existencia de una estrechísima correlación entre la altitud a que se efectúa una observación de la pesantez y el valor proporcionado por la observación para la correspondiente anomalía de Bouguer.

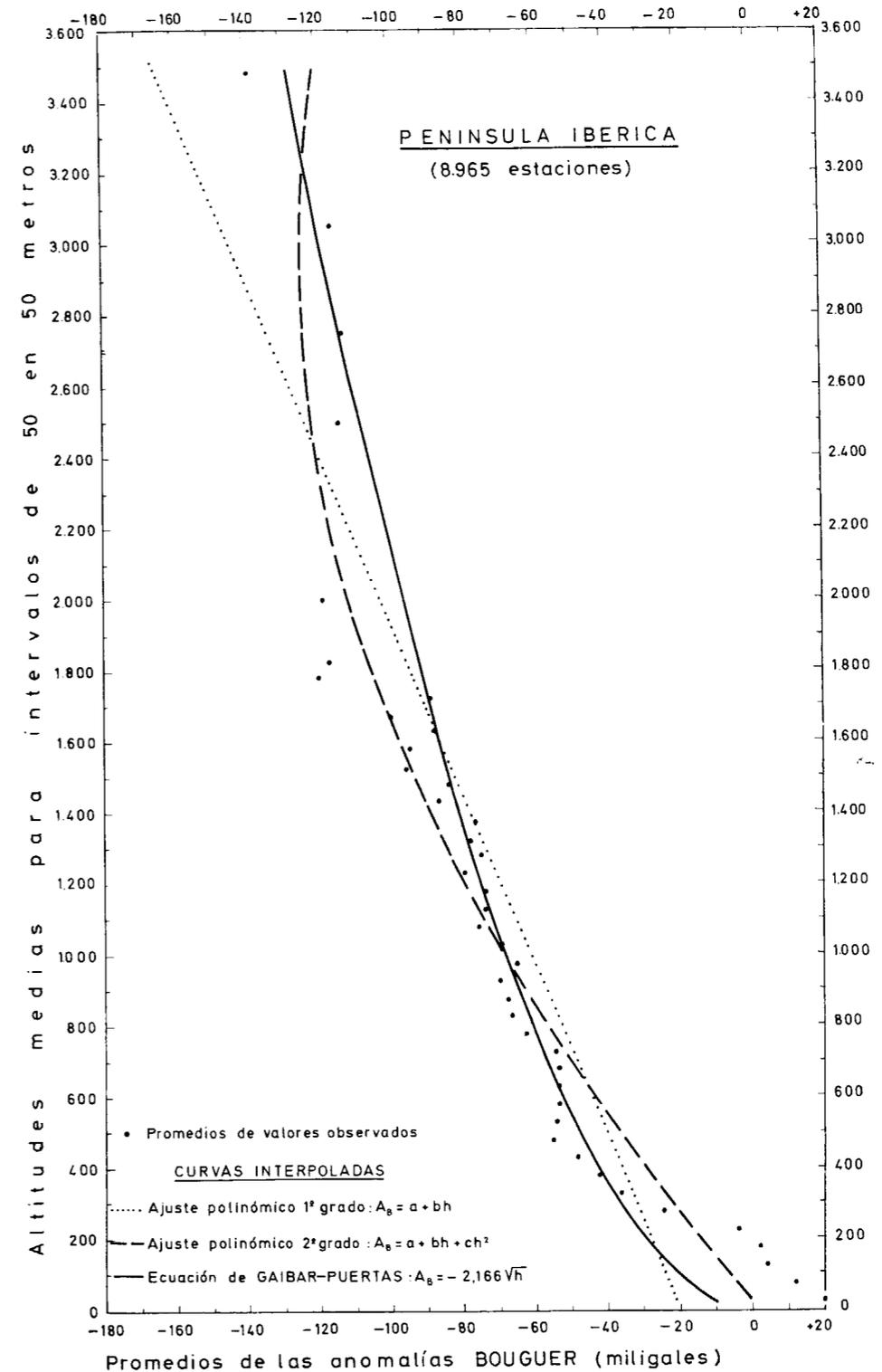


Figura 9

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios observados para zonas escalonadas de 50 en 50 metros y líneas que reflejan las variaciones de los valores teóricos proporcionados por los

ajustes polinómicos: lineal (trazo punteado) y cuadrático (parábola de trazo discontinuo). La parábola de trazo continuo representa la variación proporcionada por nuestra ecuación predictora:  $\Delta g = \sqrt{h}$

IV

PREDICCIÓN DEL VALOR DE LAS ANOMALÍAS DE BOUGUER

Terminamos de ver que el análisis estadístico revela la existencia de una estrecha correlación entre la altitud y el valor absoluto de las anomalías de Bouguer.

Consecuentemente, tanto los resultados proporcionados por el ajuste rectilíneo como los suministrados por el ajuste parabólico deben permitir el establecimiento de fórmulas que proporcionen directamente los valores absolutos de las anomalías de Bouguer para cualquier altitud comprendida en la amplia gama (0 a 3.500 metros) considerada en el presente trabajo. Análogamente, en el supuesto de que fuese conocido el valor de la anomalía de Bouguer en un punto, también sería factible colegir, con relativa precisión, la altitud a que fue efectuada la observación correspondiente.

Esta segunda alternativa carece de interés práctico habida cuenta de que, para calcular las anomalías de Bouguer se precisa determinar de antemano y con la mayor precisión posible, la altitud a que han sido efectuadas las observaciones. Por otra parte, según revelan los cuadros X y XXII, las desviaciones o errores típicos correspondientes a las diversas redes analizadas fluctúan entre 161 y 447 metros en el ajuste lineal y aun cuando esta desviación se resume algo más (130 a 311 m.) en el ajuste parabólico, es obvia la excesiva magnitud de la imprecisión a que conduciría la predicción teórica de las altitudes.

Por su parte, los errores típicos o desviaciones colegidos para el valor absoluto de las anomalías presenta fluctuaciones máximas comprendidas entre 10,8 y 20,0 miligales en el ajuste por polinomios de primer grado, constriñéndose a valores com-

prendidos entre 6,9 y 16,0 miligales en el ajuste parabólico. Reteniendo estas insoslayables desviaciones, es obvio el enorme interés entrañado por la predicción del valor absoluto de las anomalías para cualquier punto de la superficie peninsular ya que se dispone de mapas topográficos que, generalmente, proporcionan las altitudes con suficiente aproximación. De esto se sigue el especial interés entrañado por la función  $\Delta g=f(h)$ , donde como venimos indicando,  $\Delta g$  representa el valor absoluto que debe mostrar la anomalía de Bouguer en un punto cualquiera ubicado a la altitud  $h$  que expresamos en metros.

1. PREDICCIÓN, COMO FUNCIÓN LINEAL, MEDIANTE ECUACIONES DIRECTAMENTE COLEGIDAS DE LOS AJUSTES POR POLINOMIOS DE PRIMER GRADO.

El análisis de las series zonales de valores teóricos proporcionados por los polinomios de primer grado permite establecer sencillas ecuaciones que suministran directamente el valor absoluto de las anomalías en función de la altitud ( $h$ ) expresada en metros.

En el cuadro XXIII anotamos las ecuaciones que hemos colegido para: los once conjuntos provinciales de la España Peninsular; las cuatro redes consideradas para el total de la superficie de la España Peninsular; la red del Portugal Ibérico; y la red general de la Península Ibérica en las dos alternativas consideradas: zonas altimétricas de 100 en 100 metros y de 50 en 50 metros.

El somero análisis de esta serie de ecuaciones evidencia dos hechos importantes.

Por una parte, la ecuación relativa a Portugal destaca por suministrar para los valores de las anomalías Bouguer incrementos que sólo equivalen al ~62 por 100 de los proporcionados por las ecuaciones inherentes a España. Así, pues, parece acon-

CUADRO XXIII

Regiones consideradas	Número de Estaciones	Valor predecible para las anomalías de BOUGUER
13 provincias de la España Peninsular	6.019	$=(-0,0492 \times h) - 15$ mgls.
Conjunto de la España Peninsular	236	$=(-0,0600 \times h) - 14$ mgls.
" " "	339	$=(-0,0382 \times h) - 27$ mgls.
" " "	1.518	$=(-0,0366 \times h) - 29$ mgls.
" " "	7.537	$=(-0,0363 \times h) - 27$ mgls.
Portugal Ibérico	895	$=(-0,0619 \times h) + 22$ mgls.
PENINSULA IBERICA	zonas de 100 en 100 m.	$=(-0,0381 \times h) - 24$ mgls.
	zonas de 50 en 50 m.	$=(-0,0416 \times h) - 21$ mgls.

sejable considerar aisladamente las superficies de Portugal y España a fin de mejorar la precisión al predecir el valor de las anomalías de Bouguer.

Por otra parte, entre las diversas ecuaciones colegidas a partir de las distintas redes españolas descuella la relativa a la red oficial para 1972, pues conduce a valores que sobrepasan en un 15 por 100 a los sugeridos por las restantes redes. Consiguientemente, parece procedente desestimar esta ecuación cuya discrepancia puede vincularse a la deficitaria información entrañada por la excesiva laxitud de esta red (únicamente se apoya en 236 estaciones).

Las cuatro restantes redes españolas han proporcionado ecuaciones que conducen a resultados bastante similares, pues sus desviaciones cuantitativas máximas no rebasan del 5 por 100.

No obstante, todavía podemos obtener mayores precisiones considerando las reservas que pudieran vincularse a la red de 6.019 estaciones extendida únicamente sobre el 22,6 por 100 de la superficie de la España Peninsular; y, comoquiera de estas 6.019 estaciones han sido incorporadas a la red española integrada por 7.537 estaciones, la ecuación proporcionada por esta última debe merecer reservas similares a las conferibles a la ecuación colegida a partir de aquellos conjuntos provinciales. Con todo, debemos puntualizar que estas dos ecuaciones proporcionan anomalías cuyos valores absolutos resultan ligeramente superiores (menos de dos miligales) a los suministrados por las dos ecuaciones restantes a las que pueda atribuirse precisión máxima: la proporcionada por la red oficial (339 estaciones) y la red hispano-norteamericana (1.518 estaciones) cuyas ecuaciones permiten predecir valores que, recíprocamente, discrepan menos de 0,5 miligales.

Lógicamente, las ecuaciones obtenidas para el conjunto de la Península Ibérica conducen a valores comprendidos entre el proporcionado por la ecuación de Portugal y el suministrado por la ecuación para la red de España integrada por 7.537 estaciones aunque, obviamente, resultan mucho más próximos al de esta red española en razón de que la portuguesa únicamente se apoya en 895 estaciones.

En cualquier caso, esta serie de fórmulas implica la suposición de que la variación del valor absoluto de las anomalías de Bouguer constituye una *función lineal* de la altitud ( $h$ ), lo que no parece ajustarse a la realidad. En efecto, todos los ajustes efectuados mediante polinomios de segundo grado proporcionan parábolas que se adaptan mejor a la

dispersión realmente mostrada por los promedios de los valores observados, según es confirmado por la gran magnitud alcanzada por los coeficientes de correlación. De esto parece seguirse que entre el valor absoluto de las anomalías y la altitud existe una correlación que, traducida en una función parabólica, muy probablemente resulta tangencial a la ordenada en una altitud infinita y a la abscisa en la altitud cero o nivel del mar.

2. FUNCIÓN PARABÓLICA TANGENCIAL QUE PERMITE LA PREDICCIÓN DE LOS VALORES ABSOLUTOS DE LAS ANOMALÍAS DE BOUGUER.

De hecho, la previsión a que terminamos de referirnos tampoco se ajusta a la traza reflejada por las parábolas que traducen los valores teóricos zonales proporcionados por el ajuste mediante polinomios de segundo grado (figuras 1 a 4 y 6 a 9) y, por supuesto, dista muchísimo más de resultar paragonable a las curvas cilíndricas o cúbicas (figuras 4, etc.) proporcionadas por los polinomios de tercer grado.

Estos hechos nos han sugerido la necesidad de obtener una función parabólica más idónea que la proporcionada por los polinomios de segundo grado y que, a ser posible, resulte interpolada entre las rectas y parábolas proporcionadas, respectivamente, por los ajustes polinómicos de primer y segundo grados.

A) *Sobre la ecuación general de la parábola.*— Definida cual lugar geométrico de sus puntos:  $P$  (coordenadas  $x, y$ ) equidistantes de un punto fijo:  $F$  (denominado *foco*) y de una recta fija:  $d$  (llamada *directriz*); sus *radios vectores*:  $r$  son las distancias entre  $F$  y un punto cualquiera ( $P$ ) de la parábola, denominándose *parámetro*:  $p$  a la distancia entre el foco ( $F$ ) y la directriz ( $d$ ).

Tomando como origen de coordenadas el punto medio del parámetro y vinculando este último al eje de las  $x$  (considerado positivo en su segmento que contiene el foco) se comprende que las coordenadas del foco son:  $p/2, 0$  y que la directriz resulte definida por la ecuación:  $x = -p/2$ .

Considerando un punto cualquiera de la parábola:  $P(x, y)$ , por definición se comprende que la magnitud  $r$  de su radio vector ( $PF$ ) serán idéntica a la distancia:  $d$  entre  $P$  y la directriz; es decir, que  $r=d$  en todos los puntos de la parábola. Estas dos magnitudes resultan definidas por las fórmulas:

$$[1] \quad r^2 = \left(x - \frac{p}{2}\right)^2 + y^2 \quad d = x + \frac{p}{2}$$

y, consiguientemente:

$$[2] \quad \left(x - \frac{p}{2}\right)^2 + y^2 = \left(x + \frac{p}{2}\right)^2$$

Desarrollando, se obtiene la:

$$[3] \quad x^2 + \frac{p^2}{4} - px + y^2 = x^2 + \frac{p^2}{4} + px$$

que, simplificando, se resume en la ecuación final:

$$[4] \quad y^2 = 2px$$

Derivando la [4]

$$[5] \quad y' = \frac{2p}{2\sqrt{2px}} \quad \text{ó} \quad y' = \frac{p}{y}$$

se obtiene la tangente en el vértice de la parábola, donde  $x=0$  e  $y=0$ ; consecuentemente, la derivada en este punto será:  $y'_0 = \infty$  y, como representa la pendiente de la tangente, se colige que la tangente en el vértice es paralela a la directriz (eje  $y$ ).

En suma, la [4] corresponde a una parábola cuyo eje es el eje  $x$ , cuyo parámetro  $p$  es positivo al considerarse que el foco (cuya abscisa tiene el valor  $p/2$ ) está situado sobre el semieje considerado positivo, y cuya directriz es la recta  $x = -p/2$ . Obviamente si, por el contrario, se adscribe signo positivo al semieje de abscisas que no contiene el foco, la ecuación de la parábola toma la forma

$$[6] \quad y^2 = -2px$$

razón por la que las [4] y [6] se compendian en la ecuación general:

$$[7] \quad y^2 = \pm 2px \quad \text{ó} \quad y = \pm \sqrt{2px}$$

Dado que nada puede oponerse a la permutación de los ejes cartesianos, podemos tomar como eje  $y$  la perpendicular a la directriz que contiene el foco y como eje  $x$  la paralela a la directriz equidistante entre esta última y el foco. En estas condiciones, la ecuación general de la parábola toma la forma:

$$[8] \quad x^2 = 2py \quad \text{ó} \quad x = \pm \sqrt{2py}$$

que representará una parábola de parámetro  $p$ , cuyo eje es el eje  $y$ , cuya directriz es la recta  $y = -p/2$ , teniendo por foco el punto  $(p/2, 0)$  del eje de ordenadas.

B) *Sobre la representación gráfica de los trinomios de segundo grado.*—En el supuesto de que  $a \neq 0$  (si  $a=0$  quedaría reducida a una función lineal) puede simplificarse extraordinariamente el estudio de la variación inherente al trinomio de segundo grado:

$$[9] \quad y = ax^2 + bx + c$$

pues basta cambiar el sistema de coordenadas como exponemos seguidamente.

La derivada de [9] es

$$[10] \quad y' = 2ax + b$$

que, igualada a cero, se traduce en la ecuación de primer grado

$$[11] \quad 2ax_0 + b = 0$$

cuya única solución es

$$[12] \quad x_0 = -b/2a$$

y, lógicamente, para este valor la función podrá tener un máximo o un mínimo.

La segunda derivada es

$$[13] \quad y'' = 2a$$

resultando independiente de  $x$  por lo que será constante sea cual fuere el valor de  $x$  considerado. Consiguientemente, la segunda derivada será:

- *positiva* cuando  $a$  sea positivo ( $a > 0$ ) entrañando una función mínima para el valor hallado.
- *negativa* cuando  $a$  sea negativo ( $a < 0$ ) comportando una función máxima para el valor de  $x$  precedentemente obtenido.

La ordenada correspondiente al máximo o al mínimo (según los casos) tiene por expresión general el valor obtenido para  $y$ ; reemplazando en la función [4] se llega a la

$$[14] \quad y_0 = a \left(-\frac{b}{2a}\right)^2 + b \left(-\frac{b}{2a}\right) + c = -\frac{b^2}{4a} + c = -\frac{b^2 - 4ac}{4a}$$

de donde se sigue que en un punto de coordenadas

$$x = -\frac{b}{2a} \quad y_0 = -\frac{b^2 - 4ac}{4a}$$

la función trinómica de segundo grado presenta un mínimo cuando  $a > 0$  y un máximo cuando  $a < 0$ .

Con miras a nuestro objetivo conviene reemplazar los ejes coordenados de referencia por otros que, paralelos a aquéllos, pasen por el punto donde la función es máxima o mínima. Si en este nuevo sistema de ejes denominamos  $X$  e  $Y$  a las coordenadas de un punto (que en el sistema primitivo eran  $x$  e  $y$ ), las relaciones de transformación serán:

$$x = X - \frac{b}{2a} \quad y = Y - \frac{b^2 - 4ac}{4a}$$

y, reemplazando estos valores en la función considerada [6] se llega a

$$[15] \quad Y - \frac{b^2 - 4ac}{4a} = a \left(X - \frac{b}{2a}\right)^2 + b \left(X - \frac{b}{2a}\right) + c$$

Desarrollando el cuadrado del segundo miembro y simplificando, la [7] resulta transmutada en la

$$[16] \quad Y = aX^2$$

que es la ecuación de la curva referida al nuevo sistema de ejes coordenados.

De este razonamiento se sigue que la función trinómica de segundo grado [9] representa una parábola cuyo eje es paralelo al de ordenadas y cuyo parámetro es  $1/2a$ , teniendo su vértice en el punto definido por las coordenadas  $(-b/2a, -b^2 - 4ac/4a)$ ; cuando  $a > 0$  su concavidad está dirigida hacia  $+y$ , mientras que si  $a < 0$  estará dirigida hacia  $-y$ .

C) *Ecuación parabólica colegida de los valores teóricos proporcionados por los ajustes polinómicos en la función  $\Delta g = f(h)$ .*—La función  $y = ax^2$  (homónima de la [16] puede ponerse en la forma  $x^2 = 1/a$ , o bien  $x^2 = 2 \cdot 1/2a$ ; comparándola con la [8] se deduce que la función  $y = ax^2$  representa una parábola de parámetro  $1/2a$ , cuyo vértice es el origen y tangente al eje  $x$ ; su directriz es la recta de ecuación  $y = -1/4a$  y su foco es el punto del eje  $y$  con ordenada  $1/4a$ .

Las ecuaciones  $y = ax^2$ ;  $y = -ax^2$ , representan dos parábolas simétricas respecto al eje de abscisas (directrices y focos emplazados simétricamente respecto al eje  $x$ ). En una de ellas la concavidad se dirige hacia el semieje  $+y$ , mientras que en la otra se dirige hacia el semieje  $-y$ .

Por estimarlas más intuitivas, en nuestras representaciones gráficas hemos tomado las altitudes a lo largo de las ordenadas, mientras que los valores negativos de las anomalías de Bouguer son referidos a las abscisas, invirtiendo los signos de sus semiejes. De esta guisa los focos resultan ubicados en las ordenadas que son perpendiculares a las directrices de las parábolas y, según hemos visto [7], [8], [16], en estas condiciones la ecuación general de la parábola es:

$$x^2 = 2py$$

Utilizando el algoritmo ordinario para las altitudes:  $h$  y denominando  $\Delta g$  a los valores de las anomalías de Bouguer, las procedentes expresiones toman la forma

$$[17] \quad \Delta g^2 = 2ph$$

donde es preciso definir el valor conferible a la constante entrañada por el parámetro  $2p$  que debe constituir el factor de proporcionalidad entre  $\Delta g^2$  y  $h$  o, lo que es igual, entre  $\Delta g$  y  $\sqrt{h}$ .

En este sentido, partiendo de las altitudes medias de las estaciones efectuadas en las sucesivas zonas escalonadas de 100 en 100 metros, hemos comenzado por calcular sus raíces cuadradas. Seguidamente, considerando los respectivos valores medios de las anomalías teóricas de Bouguer proporcionadas por los ajustes polinómicos de primero y segundo grado hemos calculado, para cada zona, el cociente

$$\frac{\Delta g}{\sqrt{h}} = k$$

donde  $k$  constituye el coeficiente de proporcionalidad buscado que, en nuestra parábola, equivaldrá al parámetro  $2p$ .

A lo largo de cada serie, el valor absoluto de este coeficiente resulta próximo a  $-2$ , presentando ligeras variaciones afectantes a sus cifras decimales.

Sus máximas discrepancias aparecen en las cuatro zonas altimétricas inferiores (400 a 0 m.), traducándose por una progresiva disminución de su valor absoluto negativo hasta el punto de que llega a invertir su signo alcanzando valores próximos a  $+2$  en la zona más inferior (100 a 0 m.). Este hecho es producido por la rápida disminución experimentada por los valores absolutos de las anomalías negativas de Bouguer en las orlas prelitorales, hasta llegar a



zonas, hemos estimado procedente adoptar como representativos los promedios de los correspondientes a las diversas zonas integradas en cada una de las series de referencias utilizadas.

En principio hemos aplicado nuestra ecuación [17] considerando los valores teóricos proporcionados por los ajustes polinómicos de primer y segundo grados. Ambas series de valores conducen a parábolas tangenciales que, totalmente convergentes en el eje de abscisas (altitud=0 m.) divergen menos de 10 miligales en las altitudes máximas (~3.500 m.). La parábola proporcionada por los valores teóricos obtenidos mediante el ajuste polinómico de segundo grado es un poco más cerrada, pues suministra valores absolutos algo inferiores para las anomalías de Bouguer; por su parte, los valores colegidos del ajuste polinómico de primer grado conducen a una parábola más perfectamente interpolada entre las series de valores teóricos proporcionados por los ajustes polinómicos de primero y segundo grados.

Estas razones nos han aconsejado concretarnos a utilizar los valores teóricos proporcionados por los ajustes lineares (polinomios de primer grado).

En el cuadro XXIV hemos calculado los coeficientes zonales correspondientes a cuatro series de referencias para España (redes de 236, 339, 1.518 y 7.537 estaciones) y, para facilitar comparaciones, adscribimos los proporcionados por la serie integrada por las 13 redes provinciales (6.019 estaciones) estudiadas en un trabajo precedente (2). Al pie de cada serie aparecen los respectivos coeficientes medios, correspondiendo el valor mínimo (-2,0713) a la serie entrañada por las 13 redes provinciales extendidas sobre el 22,6 por 100 de la extensión superficial de la España Peninsular. Las cuatro series restantes se refieren a la superficie total de la España Peninsular y sus coeficientes medios presentan valores fluctuantes entre -2,2606 (red de 7.537 estaciones) y -2,4233 (red de 339 estaciones); es decir, una oscilación máxima de 16 centésimas.

Resulta notable el hecho de que, no obstante implicar las 6.019 estaciones de las 13 redes provinciales, aquel valor mínimo (-2,2606) resulte sensiblemente coincidente con el coeficiente medio (-2,2633) proporcionado por la red general integrada por 236 estaciones.

Por su parte, las dos redes generales restantes (que excluyen las 6.019 estaciones de las 13 redes

provinciales) proporcionan coeficientes medios algo más elevados, pareciendo significativo el hecho de que el más elevado (-2,4233) corresponda a la red general más laxa (339 estaciones), mientras que la red general mucho más tupida proporciona el de -2,3685 que se aproxima notablemente a los de -2,26 suministrados por la red más laxa (236 estaciones) y por la red parcial (6.019 estaciones).

En el cuadro XXIV también hemos calculado los coeficientes zonales inherentes a la red de Portugal (895 estaciones) que, según puede observarse, presentan valores sistemáticamente inferiores a los de las diversas redes españolas. Esto se debe al menor valor absoluto mostrado por las anomalías negativas de Bouguer en Portugal donde, por otra parte, las anomalías positivas ocupan una extensión superficial extraordinaria alcanzando valores poco comunes en áreas emergidas; así resulta reflejado por el signo positivo y los valores mostrados por los tres coeficientes zonales para las altitudes comprendidas entre 300 metros y el nivel del mar.

La dispersión altimétrica mostrada por los valores de las anomalías de Bouguer en Portugal no se adapta a la parábola tangente al eje  $x$ , pues, de hecho, corresponde al caso de la parábola que corta al eje de las abscisas en dos puntos  $x_1$  y  $x_2$  que son las raíces de la ecuación de segundo grado. En efecto, teniendo presentes los resultados obtenidos al estudiar la parábola  $y=ax^2$  resulta que la función trinómica de segundo grado:  $y=ax^2+bx+c$ , representa una parábola de eje paralelo al de ordenadas, de parámetro  $1/2a$  y cuyo vértice es el punto  $(-b/2a, -b^2-4ac/4a)$ ; su concavidad está dirigida hacia  $+y$  o hacia  $-y$  según que sea  $a>0$  o  $a<0$ .

Cuando, como sucede en la curva portuguesa, la parábola corta al eje de abscisas, los puntos de intersección tienen ordenada nula; es decir, sus abscisas son tales que  $ax^2+bx+c=0$ , lo cual indica que las abscisas de dichos puntos son las raíces de la ecuación de segundo grado. Así, pues, se trata de parábolas donde  $b^2-4ac>0$  y  $a>0$  (figura 10-A). Consiguientemente nos encontramos ante una función trinómica positiva para todos los valores de  $x$  no comprendidos en el segmento de abscisa  $(x_1-x_2)$  que determinan las raíces, donde la función es negativa.

En la figura 10-B representamos el caso en que  $b^2-4ac=0$  correspondiendo a la parábola tangente al eje  $x$  en el punto de abscisa  $x_1$ , que se considera como raíz doble de la ecuación de segundo grado.

La función es positiva para todos los valores de  $x$ , con la sola excepción del punto  $x_1=-b/2a$ , donde la función se anula. Por último, la figura 10-C corresponde a una última alternativa en que  $b^2-4ac<0$ , correspondiendo a las parábolas que no cortan el eje  $x$ ; es decir, que no existe ningún valor real de  $x$  que satisfaga la ecuación  $ax^2+bx+c=0$  (raíces imaginarias); en este caso la función trinómica es positiva cualquiera que sea el valor de  $x$ .

Con las reservas inherentes a los peculiares condicionamientos vinculados a la nación portuguesa,

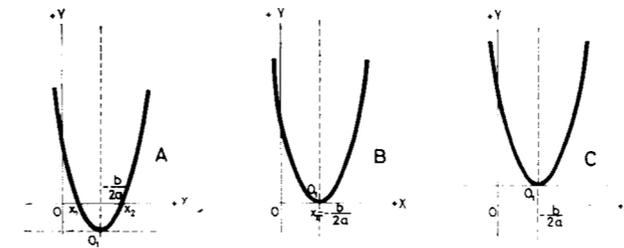


Figura 10

Ubicaciones de la parábola respecto al eje de abscisas

en esta primera aproximación interpretativa entrañada por la presente investigación hemos decidido extender al área portuguesa la modalidad de cálculo utilizada para las redes de la España Peninsular lo que, en el cuadro XXIV, nos ha conducido a un coeficiente medio (-0,3802) muy inferior a los obtenidos para España.

Finalmente, animados por el afán de obtener unos coeficientes imputables (con las mencionadas reservas) al conjunto de la Península Ibérica, en el cuadro XXIV también hemos calculado los coeficientes zonales para la red general integrada por 8.695 estaciones, compendiando las 895 de Portugal que representarán poco más del 10 por 100.

Teniendo en cuenta el notable incremento de los cupos de estaciones implicados en la mayor parte de las zonas, el afán de pormenorizar en lo posible los resultados nos sugirió la idea de efectuar este análisis peninsular para zonas escalonadas de 50 en 50 metros y de 100 en 100 metros. En el cuadro XXIV hemos calculado ambas series de coeficientes que conducen a los promedios generales de: -2,1659 para las zonas de 50 en 50 metros y de -2,2148 para las zonas de 100 en 100 metros.

Como puede advertirse, estos dos últimos coeficientes medios quedan perfectamente enmarcados en la gama (-2,0713 a -2,4233) obtenida para la España Peninsular.

Es interesante resaltar el hecho de que el coeficiente medio peninsular para zonas de 100 en 100 metros (-2,2148) resulta muy semejante a los de -2,2633 (red española más laxa: 236 estaciones) y de -2,2606 (red española más tupida: 7.537 estaciones) asimismo obtenidos para zonas escalonadas de 100 en 100 metros.

Recordando que, de acuerdo con nuestro razonamiento [7], [8], [16], [17], etc., pasan a tomar la forma

$$\Delta g = k\sqrt{h} \quad [18]$$

resulta que una vez determinado el valor conferible a  $k$  puede predecirse el valor teórico normal que presentará la anomalía de Bouguer en un punto cualquiera con tan sólo conocer su altitud:  $h$ .

A título de ejemplo y concretándonos a esta serie general peninsular (8.695 estaciones), utilizando nuestra fórmula [18] hemos calculado los valores predecibles para las anomalías de Bouguer en cada una de las zonas (100 en 100 metros y 50 en 50 metros) inherentes al conjunto de la Península Ibérica.

Los valores proporcionados por nuestra predicción han sido traducidos en las correspondientes curvas que han sido adscritas a las figuras 8 y 9 para permitir su comparación con las relativas a los valores teóricos proporcionados por los ajustes polinómicos (rectilíneo y parabólico) así como los puntos representativos de los promedios proporcionados por los valores observados en cada zona altimétrica. De este modo resulta claramente ostensible que, interpoladas entre las dispersiones polinómicas y discrepando muy ligeramente de ellas, las curvas proporcionadas por nuestra ecuación [18] muestran una traza mucho más próxima a la teóricamente previsible para la variación altimétrica del valor absoluto de las anomalías.

*Limitaciones espaciales de nuestra fórmula predictora.*—Marginalmente a las reservas dimanadas de la provisionalidad conferible, en cierto modo, a los valores obtenidos para los coeficientes generales (españoles, protugués y peninsulares) parece pro-

cedente considerar que la precisión conferible a estos coeficientes de proporcionalidad resulta condicionada por otros factores de diversa índole, tales como:

— los dimanados de las propias observaciones, puesto que la precisión de los valores obtenidos para  $k$  debe ser proporcional al número de estaciones efectuadas y a la homogeneidad o uniformidad espacial de las redes armadas por estos puntos de observación.

— los relacionados con la altimetría; es decir con la perfección de la proporcionalidad entre el número de estaciones efectuadas en cada zona altimétrica y la extensión superficial correspondiente.

— los condicionados por factores geológicos vinculados a la densidad; es decir las variaciones laterales de densidad vinculables a la competencia de las rocas sedimentarias, a la eventual presencia de masas mineralizadas, a las intrusiones de rocas eruptivas, etc.

— los producidos por las variaciones verticales de la densidad, concomitantes con las frecuentes modificaciones laterales mostradas por el espesor de la corteza terrestre, con el metamorfismo creciente hacia las catazonas, etc.

Los dos primeros factores solamente pueden ser desestimados en un reducidísimo número de áreas terrestres, entre las que, ciertamente, no figura la Península Ibérica.

Los dos últimos factores deben alcanzar su máxima importancia en las áreas terrestres tectónicamente más atormentadas y, particularmente, si han experimentado reiteradamente los efectos de las grandes convulsiones geológicas, cual, si género de dudas, ha acaecido en el caso de la Península Ibérica.

Consecuentemente parece lógica y muy probable la previsión de que, dentro de ciertos límites, el valor de nuestro coeficiente de proporcionalidad ( $k$ ) debe presentar variaciones a través de la superficie peninsular, como, de hecho, ha sido evidenciado por la consideración separada de las áreas portuguesa y española.

Carecemos de suficientes observaciones para poder evidenciar las variaciones que debe mostrar el valor de  $k$  a través de la totalidad de la España peninsular. Sin embargo disponemos de redes suficientemente tupidas y homogéneas de observaciones en

13 provincias españolas que, consecuentemente, pueden permitirnos colegir alguna luz al respecto.

En este sentido y considerando zonas escalonadas de 100 en 100 metros, hemos calculado los valores zonales mostrados por nuestro coeficiente  $k$  en cada uno de los 11 conjuntos provinciales que, según hemos anotado, comportan un total de 6.019 estaciones.

Estas series de coeficientes zonales aparecen anotados en el cuadro XXV, donde las provincias aparecen ordenadas por orden decreciente del valor absoluto mostrado por los coeficientes negativos. Puede apreciarse que, tal como era previsible, presentan discrepancias sistemáticas asimismo traducidas en los coeficientes medios obtenidos para cada provincia, cuyos valores fluctúan entre  $-3,2736$  (Segovia) y  $+1,9332$  (Huelva).

Conviene retener que únicamente presenta signo positivo el coeficiente de Huelva. Ello es debido a que esta provincia queda enmarcada en el área de anomalías Bouguer positivas expandidas por el tercio meridional de Portugal y que también afecta a la parte meridional de nuestra provincia de Badajoz.

Exceptuando el coeficiente de Huelva, los de las restantes provincias españolas consideradas presentan valores comprendidos entre  $-3,2736$  (Segovia) y  $-0,8965$  (Santander); según hemos anotado, estas fluctuaciones deben vincularse a la falta de uniformidad en las redes de observaciones y, más fundamentalmente, a las previsibles e importantes variaciones laterales y verticales de la densidad inherente a los materiales crustales.

Reagrupando estos 11 conjuntos provinciales en las regionales topogeológicas en que se enmarcan aparentemente, en el cuadro XXVI resumimos los coeficientes zonales colegidos para cada provincia, así como los sugeridos para las cordillera pirenaica (Gerona, Navarra, Vascongadas) e ibérica (Santander, Burgos), así como los imputables a las mesetas septentrional (Palencia, Segovia, Avila) y meridional (Toledo, Ciudad Real). Los coeficientes medios colegidos para estas regiones topogeológicas muestran una dispersión mucho más reducida que los coeficientes provinciales, pues sus valores fluctúan entre  $-2,7597$  (Meseta Septentrional) y  $-1,6049$  (Cordillera Ibérica), mostrando una dispersión sensiblemente simétrica respecto del coeficiente general  $\approx -2,2$ .

CUADRO XXV

Altitudes	Segovia	Avila	Navarra	Toledo	Burgos	Palencia
2.000 m.						
1.800 m.	-2,7403					
1.600 m.		-2,1714				
1.400 m.	-2,8993 -2,9924	-2,2348 -2,3652				-1,2237
1.200 m.	-3,0815 -3,1870	-2,4477 -2,5853			-2,0504 -2,0447	-1,3416 -1,4743
1.000 m.	-3,2746 -3,4110	-2,6858 -2,8030	-2,2947 -2,2815	-1,0079	-2,0374 -2,0098	-1,6904 -1,8543
800 m.	-3,5495 -3,7234	-2,9991 -3,1408	-2,2590 -2,2718	-1,3714 -1,5938	-2,0190 -2,0249	-2,0786 -2,3379
600 m.	-3,8770	-3,3713 -3,6676	-2,2579 -2,2891	-1,8812 -2,1100	-2,0354 -2,0349	-2,5704
400 m.		-4,0339 -4,5122	-2,3110 -2,3544	-2,4754 -2,9162	-2,0578 -2,1471	
200 m.		-4,8221	-2,4483 -2,5898	-3,4834 -4,0242	-2,2514 -2,3779	
0 m.			-3,1131 -4,3412		-2,6612	

Altitudes	Vascongadas	Gerona	Ciudad Real	Santander	Huelva
1.800 m.		-2,6702			
1.600 m.		-2,4888 -2,4423			
1.400 m.		-2,3011 -2,2637		-1,0887 -1,0533	
1.200 m.		-2,1574 -2,0779	-1,4188	-1,0285 -0,9952	
1.000 m.	-2,5510 -2,3965	-1,9549 -1,8632	-1,3988 -1,3769	-0,9703 -0,9255	
800 m.	-2,2609 -2,1329	-1,7598 -1,6275	-1,3565 -1,3728	-0,8823 -0,8596	+1,2692
600 m.	-1,9968 -1,8243	-1,4938 -1,3595	-1,3451 -1,3448	-0,8184 -0,8059	+1,5172 +1,8241
400 m.	-1,6407 -1,3499	-1,1793 -1,0079	-1,3553	-0,7473 -0,7544	+2,1504 +2,5476
200 m.	-1,1469 -0,7454	-0,7606 -0,3015		-0,7373 -0,8847	+3,5109 +6,4290
0 m.					

CUADRO XXVI

Valores medios de los coeficientes zonales

Provincias	k
Segovia	-3,2736
Avila	-3,1314
Navarra	-2,5677
Toledo	-2,3182
Burgos	-2,1348
Palencia	-1,8214
Vascongadas	-1,8045
Gerona	-1,7476
Ciudad Real	-1,3711
Santander	-0,8965
Huelva	+1,9232
Regiones topológicas	
Meseta Septentrional	-2,7579
Cordillera Pirenaica	-2,3759
Mesetas Meridional	-2,0359
Cordillera Ibérica	-1,6049

V

POSIBILIDAD DE UTILIZAR NUESTRA FUNCION PARABOLICA TANGENCIAL PARA LA PREDICCIÓN DE LOS VALORES ABSOLUTOS DE LAS ANOMALIAS TOPO-ISOSTATICAS Y DEL TERMINO DE FAYE ("aire libre")

Como colofón del presente trabajo hemos decidido ensayar la aplicación de esta modalidad de análisis a la predicción de los valores inherentes al

término de Faye ("anomalías de aire libre") y a las anomalías topo-isostáticas en los supuestos de profundidades de 20 y 30 kilómetros para la superficie de compensación. En este sentido nos resumiremos a considerar el ámbito de la España Peninsular y, dentro de ella, nos concretamos a utilizar la red oficial para 1972 (integrada por 236 estaciones) que, según terminamos de ver, sugiere correlaciones aceptables no obstante su laxitud.

En el cuadro XXVII figuran los valores máximo, mínimo y medio correspondientes al término de Faye y a las anomalías topo-isostáticas para los supuestos de una superficie de compensación ubicada a las profundidades de 20 y de 30 kilómetros.

Para evitar redundancias hemos omitido los cupos o números de estaciones correspondientes a estas zonas altimétricas (escalanadas de 100 en 100 metros), pues ya fueron anotados en el cuadro II, etc,

Sometiéndolas al mismo tipo de cálculo, estas series de valores nos han proporcionado los coeficientes polinómicos para los ajustes rectilíneo (primer grado) y parabólico (segundo grado) que figuran en el cuadro XXVIII para las dos alternativas: considerando como variables independientes la altitud (h) o el valor de las anomalías (término de Faye = ΔgF y topo-isostáticas para h=20 Km.; ΔgTI-20 y para h=30 Km.: ΔgTI-30.

Los promedios zonales observados y los valores teóricos proporcionados por los ajustes rectilíneo y parabólico en la función Δg=f(h), para los tres tipos de anomalías consideradas, aparecen ordenados en el

CUADRO XXVII

Altitud media	TERMINO DE FAYE			TOPOISOSTATICAS h=20 Km			TOPOISOSTATICAS h=30 Km		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
1.825	+100	+100	+100	- 98	- 98	- 98	- 97	- 97	- 97
1.572	+ 86	+ 86	+ 86	- 88	- 88	- 88	- 87	- 87	- 87
1.143	+ 47	+ 8	+ 27	- 67	-113	- 90	- 64	-110	- 86
1.040	+ 65	+ 5	+ 31	- 50	-104	- 72	- 46	-101	- 68
949	+ 67	- 41	+ 18	- 34	-140	- 72	- 33	-137	- 67
839	+ 61	- 12	+ 22	- 26	- 87	- 55	- 24	- 86	- 50
740	+ 98	- 39	+ 19	+ 18	-104	- 44	+ 18	-100	- 40
662	+ 51	- 37	+ 16	- 6	- 87	- 38	- 2	- 78	- 32
549	+ 97	- 34	+ 21	+ 42	- 60	- 22	+ 42	- 52	- 18
449	+ 73	- 36	+ 2	+ 28	- 68	- 23	+ 32	- 64	- 18
348	+ 31	- 48	- 4	+ 12	- 53	- 17	+ 13	- 48	- 12
247	+ 65	- 68	+ 9	+ 49	- 72	+ 1	+ 46	- 68	0
156	+ 29	- 26	- 7	+ 24	- 16	- 1	+ 26	- 23	+ 1
27	+ 96	- 77	+ 15	+112	- 75	+ 23	+101	- 75	+ 22

cuadro XXIX, mientras que los valores inherentes a la función h=f(Δg) han sido ordenados en el cuadro XXX.

Cual en el caso de las anomalías de Bouguer, nos constreñiremos a la representación gráfica de los valores relativos a la función que más nos interesa: Δg=f(h), que, compendiados en el cua-

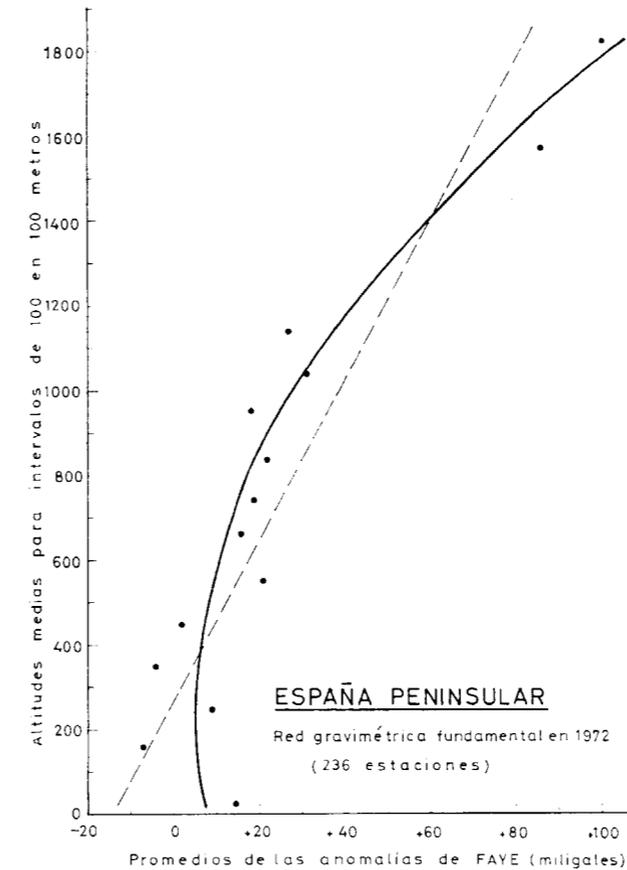


Figura 11

Puntos representativos de la dispersión altimétrica mostrada por los promedios observados para el término de Faye en zonas escalonadas de 100 en 100 metros y líneas representativas de las variaciones inherentes a los correspondientes valores teóricos proporcionados por los ajustes: lineal (trazo discontinuo) y cuadrático (parábola de trazo continuo)

dro XXIX, se traducen en las curvas representadas en las figuras 11 (término de Faye) y 12 (anomalías topo isostáticas para el supuesto de que la superficie de compensación se encuentre ubicada a las profundidades de 20 o de 30 kilómetros.

La figura 11 traduce claramente que la variación

altimétrica de los valores absolutos del término de Faye presenta signo opuesto al mostrado por los valores absolutos de las anomalías de Bouguer; es decir, que en el caso del término de Faye existe

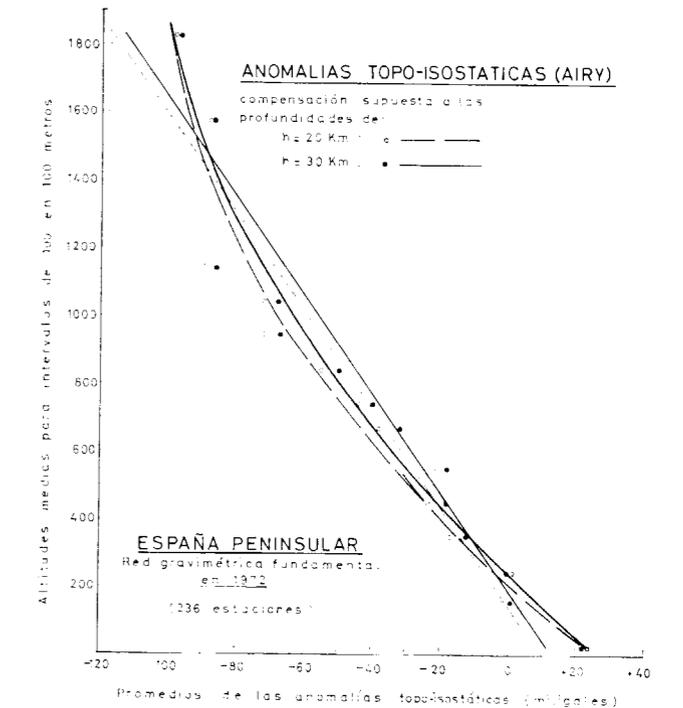


Figura 12

Dispersión altimétrica mostrada por los valores de las anomalías topo-isostáticas (Airy). Las circunferencias y las líneas en trazo continuo (ajuste lineal=recta y ajuste cuadrático=parábola) corresponden al supuesto de una compensación a la profundidad media de 20 kilómetros, mientras que los círculos negros y las líneas de trazo continuo (recta y parábola) corresponden al supuesto de una compensación a la profundidad de 30 kilómetros

una correlación positiva: al aumentar la altitud disminuye el valor absoluto de las magnitudes negativas o, lo que es igual, se incrementa progresivamente la magnitud de los valores positivos.

Por su parte, las curvas inherentes a las anomalías topo-isostáticas para las profundidades compensatrices de 20 y 30 kilómetros presentan una gran similitud recíproca que hemos querido patentizar representándolas conjuntamente en la figura 12. Y, por lo demás, tanto la traza general de estas curvas como el signo claramente negativo de la correlación que evidencian, las hace muy comparables a las curvas proporcionadas por las anomalías de Bouguer.

Funciones	Anomalías	AJ. RECTILINEO (PRIMER GRADO)		AJUSTE PARABOLICO (SEGUNDO GRADO)		
		a	b	a	b	c
$\Delta g=f(h)$	$\Delta g F$	- 14,2	0,052	7,0	- 0,02	0,00004
	$\Delta g TI-20$	9,6	- 0,069	26,4	- 0,13	0,000031
	$\Delta g TI-30$	12,6	- 0,069	25,9	- 0,11	0,000025
$h=f(\Delta g)$	$\Delta g F$	370,3	15,1	298,8	22,6	-0,078
	$\Delta g TI-20$	193,2	-13,16	216,4	- 8,0	0,062
	$\Delta g TI-30$	220,9	-13,5	239,7	- 9,2	0,052

CUADRO XXIX

Anomalías teóricas proporcionadas por la función:  $\Delta g=f(h)$

Altitudes	TERMINO DE FAYE		TOPOISOSTATICAS: 20 Km		TOPOISOSTATICAS: 30 Km	
	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1,825	+ 81,6	+104,6	-116,8	- 98,6	-113,4	- 98,9
1,572	+ 68,3	+ 75,3	- 99,3	- 93,8	- 95,9	- 91,5
1,143	+ 45,8	+ 37,3	- 69,6	- 76,4	-66,3	- 71,7
1,040	+ 40,4	+ 30,3	- 62,4	- 70,4	- 59,2	- 65,6
949	+ 35,6	+ 24,8	- 56,1	- 64,7	- 52,9	- 59,7
839	+ 29,9	+ 19,1	- 48,5	- 57,0	-45,3	- 52,1
740	+ 24,7	+ 14,8	- 41,7	- 49,5	- 38,5	- 44,7
662	+ 20,6	+ 11,9	- 36,2	- 43,1	- 33,1	- 38,6
549	+ 14,6	+ 8,6	- 28,4	- 33,2	- 25,3	- 29,1
449	+ 9,4	+ 6,6	- 21,5	- 23,7	- 18,4	- 20,2
348	+ 4,1	+ 5,3	- 14,5	- 13,5	- 11,5	- 10,7
247	- 1,2	+ 4,8	- 7,5	- 2,7	- 4,5	- 0,7
156	- 6,0	+ 5,0	- 1,2	+ 7,6	+ 1,8	+ 8,8
27	-12,8	+ 6,5	+ 7,8	+ 23,1	+ 10,7	+ 22,9

CUADRO XXX

Altitudes teóricas proporcionadas por la función:  $h=f(\Delta g)$

Altitudes	TERMINO DE FAYE		TOPOISOSTATICAS: 20 Km		TOPOISOSTATICAS: 30 Km	
	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola	Primer grado: recta	Segundo grado: parábola
1,825	1.880,6	1.778,9	1.482,5	1.598,8	1.530,6	1.629,1
1,572	1.669,1	1.665,9	1.351,0	1.403,1	1.395,6	1.440,2
1,143	778,1	852,6	1.377,3	1.441,3	1.382,1	1.421,9
1,040	838,5	924,9	1.140,5	1.115,9	1.139,1	1.110,2
949	642,2	680,7	1.140,5	1.115,9	1.125,6	1.093,9
839	702,6	758,6	916,8	845,5	896,0	832,6
740	657,3	700,4	772,1	689,6	761,0	693,0
662	612,0	640,7	693,1	610,9	653,0	588,9
549	687,5	739,4	482,6	423,0	464,0	422,9
449	400,5	343,7	495,8	433,8	464,0	422,9
348	309,9	207,0	416,9	370,7	382,9	358,1
247	506,3	496,0	180,1	208,4	220,9	239,7
156	264,6	136,6	206,4	224,5	207,4	230,5
27	596,9	620,5	-109,4	64,6	- 76,1	61,9

CUADRO XXXI

Anomalías	$r_n$	$\Delta g=f(h)$ mgls.				$h=f(\Delta g)$ metros			
		Primer grado: recta		Segundo grado: parábola		Primer grado: recta		Segundo grado: parábola	
		$r_n$	$s_n$	$r_n$	$s_n$	$r_n$	$s_n$	$r_n$	$s_n$
Faye	+0,55	+0,89	14,6	+0,97	8,3	+0,89	247	+0,90	236
Topoisostáticas-20 Km.	-0,99	-0,95	11,7	-0,98	6,8	-0,95	161	-0,97	139
Eopoisostáticas-30 Km.	-0,96	-0,96	10,1	-0,98	6,7	-0,96	142	-0,97	126

Finalmente debemos subrayar que el grado de correlación mostrado por estas nuevas anomalías resulta sensiblemente homologable con el que habíamos obtenido para las anomalías de Bouguer; así es claramente reflejado por sus coeficientes de correlación que, junto a sus respectivas desviaciones o errores típicos, hemos recopilado en el cuadro XXXI. Por lo que respecta al coeficiente  $r_n$  la correlación evidenciada por el término de Faye resulta bastante inferior a la mostrada por las anomalías de Bouguer, mientras que en las dos hipótesis ensayadas para las anomalías topo-isostáticas resulta parangonable, sino superior, a la presentada por las anomalías de Bouguer.

Por su parte, los coeficientes proporcionados por los valores ajustados para el coeficiente  $r_n$  se vinculan mucho más estrechamente a los proporcionados por las anomalías de Bouguer, tanto en el caso del término de Faye como en el de las anomalías topo-isostáticas. Lógicamente, la correlación todavía se acentúa en los ajustes parabólicos donde este coeficiente alcanza valores (+0,97 y -0,98) prácticamente homologables a una correlación máxima ( $\pm 1$ ).

Las desviaciones o errores típicos ( $s_n$ ) resultan ser bastante moderados, alcanzando sus valores máximos para el término de Faye (8,3 a 14,6 miligales y 236 a 247 metros), mientras que los de las anomalías topo-isostáticas son análogos o ligera-

mente inferiores a los obtenidos para las anomalías de Bouguer, particularmente en el supuesto de una compensación a la profundidad de 30 kilómetros, pues fluctúa entre 6,7 a 10,1 miligales y 126 a 142 metros. El hecho de que las anomalías topo-isostáticas para la profundidad de compensación, supuesta a la profundidad de 30 kilómetros, proporcionen coeficientes de correlación más elevados y desviaciones o errores típicos más reducidos muy bien pudiera indicar que la compensación isostática se produce realmente a una profundidad media más próxima a 30 kilómetros que a 20 kilómetros.

Utilizando los resultados proporcionados por los ajustes rectilíneos (polinómicos de primer grado), al igual que en el caso de las anomalías de Bouguer, hemos obtenido unas sencillas ecuaciones que suministran, en función de la altitud ( $h$ ), los valores absolutos predecibles para el término de Faye y para las anomalías topo-isostáticas en las dos alternativas consideradas para las profundidades de compensación isostática (cuadro XXXII).

Las precedentes funciones lineares únicamente pueden estimarse cual aproximadas, habida cuenta de que la variación del valor absoluto de estas anomalías con la altitud debe ajustarse a una función parabólica.

Por esta razón, partiendo de las series de valores teóricos proporcionados por los ajustes lineares para la función  $\Delta g=f(h)$  —cuadro XXIX— y si-

CUADRO XXXII

Valores teóricos predecibles en función lineal de la altitud ( $h$ ) expresada en metros: España Peninsular

Término de Faye ("aire libre")	=(+0,0525 h)-14 mgls.
Anomalías topoisostáticas (prof. comp.=20 Km.)	=(-0,0693 h)+10 mgls.
Anomalías topoisostáticas (prof. comp.=30 Km.)	=(-0,0690 h)+13 mgls.

guiendo la pauta establecida a propósito de las anomalías de Bouguer, hemos calculado en el cuadro XXXIII los coeficientes zonales de correlación para los diversos tipos de anomalías, adscribiendo los inherentes a las anomalías de Bouguer para esta misma red fundamental en 1972 (236 estaciones) de la España Peninsular. Al pie de los valores zonales correspondientes a cada una de estos cuatro tipos de anomalías hemos calculado los corres-

CUADRO XXXIII

Altitudes	BOUGUER	TOPO-ISOSTATICAS		FAYE
		h=20 Km.	h=30 Km.	
2.000 m.				
1.800 m.	-2,8886	-2,7341	-2,6545	+1,9101
1.600 m.				
1.400 m.	-2,7290	-2,5045	-2,4188	+1,7227
1.200 m.				
1.000 m.	-2,4403	-2,0587	-1,9611	+1,3547
800 m.	-2,3660	-1,9349	-1,8347	+1,2528
600 m.	-2,3015	-1,8211	-1,7172	+1,1556
400 m.	-2,2199	-1,6744	-1,5640	+1,0323
200 m.	-2,1431	-1,5329	-1,4153	+0,9080
0 m.	-2,0871	-1,4070	-1,2865	+0,8007
	-2,0016	-1,2121	-1,0798	+0,6231
	-1,9302	-1,0146	-0,8583	+0,4436
	-1,8708	-0,7773	-0,6165	+0,2198
	-1,8325	-0,4772	-0,2863	-0,0764
	-1,8735	-0,0961	+0,1441	-0,4804
	-3,0023	+1,5012	+2,0593	-2,4634
Promedios	-2,2633	-1,2674	-1,1065	+0,6004

pondientes promedios vinculables a cada una de las cuatro series de valores con ciertas reservas. En efecto, por una parte, se refieren a la más laxa de las redes inherentes a la España Peninsular, y por otra parte, las zonas altimétricas inferiores proporcionan coeficientes de signo opuesto, indicando que nos encontramos ante parábolas que (cual sucede con las anomalías de Bouguer en Portugal) cortan al eje de las abscisas en dos puntos que corresponden a las raíces de segundo grado. La separación

entre estos puntos resulta inferior en la curva topoisostática para  $h=20$  kilómetros que en la hipótesis de  $h=30$  kilómetros, y todavía se incrementa más en la curva relativa al término de Faye; consiguientemente, el signo de la función trinómica se invierte en el segmento de abscisa comprendido entre las intersecciones de ambas ramas de las tres parábolas. Adscribiendo las reservas expuestas en nuestro párrafo IV-D los promedios calculados para los diversos tipos de anomalías en el cuadro XXXIII constituyen los coeficientes de correlación ( $k$ ) implicados en nuestra ecuación [18], predictora del valor teórico para las anomalías normales.

### CONCLUSIONES

I. Los resultados de las observaciones de la pesantez disponibles son referidos a cuatro redes expandidas sobre la totalidad de la España Peninsular (integradas por 236, 339, 1.518 y 7.537 estaciones), otra extendida sobre el Portugal Ibérico (895 estaciones) y una red general para el conjunto de la Península Ibérica, apoyada en 8.695 estaciones. Estas observaciones, efectuadas en altitudes comprendidas entre el nivel del mar y la cumbre de Sierra Nevada (3.471 metros), han sido reagrupadas en zonas altimétricas escalonadas de 100 en 100 metros, y, asimismo, de 50 en 50 metros para la red general de la Península Ibérica. Los promedios de las altitudes ( $h$ ) y las anomalías de Bouguer ( $\Delta g$ ), inherentes a las estaciones compendiadas en cada una de las sucesivas zonas sugieren la existencia de una clara interdependencia entre los valores de los sucesivos promedios zonales para  $h$  y  $\Delta g$  en cada una de las series de valores o redes consideradas.

II. En rigor, para traducir esta interdependencia en coeficientes de correlación conferibles a cada red o serie de zonas, sería preciso que los pares de datos o promedios ( $\Delta g$  y  $h$ ) presentasen el mismo peso estadístico en todas las zonas; es decir, que todas ellas comportasen el mismo número de estaciones. En la realidad, el número de observaciones disponibles fluctúa considerablemente de unas a otras zonas, implicando una insoslayable limitación, que intentaremos paliar estimando que el peso estadístico de cada par de promedios zonales ( $\Delta g-h$ ) está condicionado por el número de estaciones o valores promediados en cada zona. De esta guisa, los coeficientes de correlación lineal ( $r_n$ ) obtenidos para estas series de valores observados

quedan compendiados entre  $-0,98$  (red de 236 estaciones) y  $-0,89$  (red de 7.537 estaciones) para la España Peninsular; para Portugal es de  $-0,97$  y para el conjunto de la Península Ibérica es de  $-0,92$  (zonas de 100 en 100 metros) y de  $-0,91$  (zonas de 50 en 50 metros). El elevado valor mostrado por todos estos coeficientes confirma claramente la estrecha correlación existente entre la altitud a que han sido efectuadas las estaciones y la magnitud de los valores inherentes a las respectivas anomalías de Bouguer.

III. Las series de promedios zonales han sido ajustadas mediante funciones polinómicas de primer grado (ajuste rectilíneo), de segundo grado (ajuste cuadrático o parabólico) y, en algún caso, de tercer grado (ajuste cúbico o cilíndrico) en las dos alternativas posibles; es decir, considerando los promedios zonales de las anomalías de Bouguer como términos dependientes: función  $\Delta g=f(h)$ , y como términos independientes: función  $h=f(\Delta g)$ , que tiene menor interés para nuestra finalidad. De este modo hemos obtenido las series de promedios teóricos o ajustados correspondientes a las diversas redes que, lógicamente, presentan coeficientes de correlación ( $r_n$ ) más elevados. En el ajuste rectilíneo de las series relativas a la función  $\Delta g=f(h)$ , para la España Peinsular los valores de  $r_n$  fluctúan entre  $-0,91$  (redes de 236 y 7.537 estaciones) y  $-0,85$  (red de 339 estaciones); para la red de Portugal es de  $-0,92$  y para la red general de la Península Ibérica (8.695 estaciones) presenta los valores de  $-0,91$  (zonas de 100 en 100 metros) y  $-0,90$  (zonas de 50 en 50 metros) Para la misma función, el ajuste parabólico conduce a coeficientes que, debido a la mayor holgura o grado de flexibilidad de los valores puntuales, son lógicamente todavía más elevados: en la España Peninsular fluctúan entre  $-0,97$  (redes de 236 y 1.518 estaciones) y  $-0,91$  (red de 339 estaciones); en la red de Portugal alcanza el valor de  $-0,97$  y para la red general de la Península Ibérica también resulta más elevado ( $-0,97$ ), considerando zonas de 100 en 100 metros que en las zonas de 50 en 50 metros ( $-0,96$ ).

IV. Las desviaciones estándar o errores típicos ( $s_n$ ) reflejan claramente el grado de bondad conferible a los ajustes efectuados y, por otra parte, también evidencian la precisión otorgable a cada dato obtenido a partir de otro. Por esta razón han sido calculados para las dos alternativas posibles entrañadas por las funciones:  $\Delta g=f(h)$  y, la menos interesante a nuestro objeto,  $h=f(\Delta g)$ . Concre-

tándonos a la primera de estas funciones, el valor de los errores típicos ( $s_n$ ) para el ajuste rectilíneo de las redes de la España Peninsular fluctúa entre  $\pm 14,6$  miligales (red de 236 estaciones) y  $\pm 20,0$  miligales (red de 339 estaciones); en la red de Portugal es de  $\pm 10,8$  miligales, y para el conjunto de la Península Ibérica fluctúan entre  $\pm 16$  miligales (zonas de 50 en 50 metros) y  $\pm 17$  miligales (zonas de 100 en 100 metros). Por la razón expuesta en la conclusión III, estas desviaciones son menores en el caso de los ajustes parabólicos, fluctuando los valores de  $r_n$  entre  $\pm 8,5$  miligales (red de 236 estaciones) y  $\pm 16,0$  miligales (red de 339 estaciones) para la España Peninsular, reduciéndose a  $\pm 6,9$  miligales para la red de Portugal y para el conjunto de la España Peninsular:  $\pm 10$  miligales (zonas de 100 en 100 metros) y  $\pm 11$  miligales (zonas de 50 en 50 metros).

V. La estrecha correlación lineal existente entre las altitudes y los valores absolutos de las anomalías conduce a sencillas fórmulas que permitan la predicción del valor teórico o normal de las anomalías de Bouguer en puntos ubicados a una altitud cualquiera ( $h$ ), expresada en metros. Según los resultados obtenidos en la presente investigación, puede predecirse que las anomalías de Bouguer deben mostrar los siguientes valores:

España Peninsular:

- Red de 236 estaciones= $(-0,0600 \times h) - 14$  mgls.
- Red de 339 estaciones= $(-0,0382 \times h) - 27$  mgls.
- Red de 1518 estaciones= $(-0,0366 \times h) - 29$  mgls.
- Red de 7537 estaciones= $(-0,0363 \times h) - 27$  mgls.

Portugal Ibérico:

- Red de 895 estaciones= $(-0,0619 \times h) + 22$  mgls.

Península Ibérica (8.695 estaciones):

- Zonas de 100 en 100 m.= $(-0,0381 \times h) - 24$  mgls.
- Zonas de 50 en 50 m.= $(-0,0416 \times h) - 21$  mgls.

VI. Consideraciones teóricas y el propio hecho de que las desviaciones estándar presenten sus valores mínimos en los ajustes cuadráticos, permiten intuir un carácter parabólico para la correlación real entre las altitudes y los valores absolutos de las anomalías de Bouguer. Por esta razón, partiendo de los valores ajustados, hemos calculado unos coeficientes zonales de proporcionalidad cuyos promedios ( $k$ ) para cada serie o red de estaciones son susceptibles de reemplazar al parámetro  $2p$  en la ecuación general de la parábola, de esta guisa trans-

mutada en la:  $\Delta = k\sqrt{h}$ , que, a partir de las altitudes ( $h$ ), permite predecir los valores teóricos imputables a las anomalías de Bouguer. Comoquiera que en la Peínsula Ibérica presentan signo negativo nuestros coeficientes de proporcionalidad, debido a la gran extensión ocupada por las anomalías positivas en Portugal, se comprende que, amén de mucho más incierto, el valor absoluto de  $k$  ( $= -0,3802$ ) resulta muy inferior a los cogidos para las diversas redes españolas, fluctuando entre  $-2,2606$  (red de 7.537 estaciones) y  $-2,4233$  (red de 339 estaciones), así como para el conjunto de la Peínsula Ibérica:  $-2,1659$  (zonas de 50 en 50 metros) y  $-2,2148$  (zonas de 100 en 100 metros). Consiguiendo, para el conjunto de la Peínsula Ibérica parece procedente la utilización del coeficiente general:  $k = -2,2$ , y para la España Peninsular el de  $k = -2,26$ .

VII. La extensión de nuestro análisis a las diversas redes de observaciones efectuadas en 11 conjuntos provinciales de la España Peninsular nos han proporcionado valores de  $k$  comprendidos entre  $-3,2736$  (Segovia) y  $+1,9232$  (Huelva), evidenciando una clara disparidad cuantitativa de la correlación entre la altitud y el valor absoluto de las anomalías de Bouguer. La reagrupación de estos conjuntos provinciales en sus regiones topogeológicas naturales, conduce a una disminución de aquella divergencia entre los valores del parámetro  $k$ , pues se concreta a la oscilación entre  $-2,7597$  (Meseta Septentrional) y  $-1,6049$  (Cordillera Ibérica). Este resultado parece evidenciar que la precisión conferible al valor absoluto del parámetro  $k$  se incrementa a medida que disminuye la extensión superficial a que se refiera la predicción.

VIII. Utilizando los valores obtenidos en la Red Fundamental de la España Peninsular en 1972 (236 estaciones) para las anomalías topo-isostáticas ( $h = 20$  kilómetros y  $h = 30$  kilómetros) y para el término de Faye hemos calculado los promedios zonales (100 en 100 metros) de los valores observados, obteniendo coeficientes de correlación ( $r_n$ ) que en las anomalías topo-isostáticas alcanzan valores de  $-0,99$  ( $h = 20$  kilómetros) y de  $-0,96$  ( $h = 30$  kilómetros), mientras que para el término de Faye queda constreñido a  $+0,55$ . En su análisis estadístico también hemos considerado los dos alternativas:  $\Delta g = f(h)$  y  $h = f(\Delta g)$ . Concretándonos, cuál en el caso de las anomalías de Bouguer, a la consideración de la primera de ellas, sus valores ajustados a rectas proporcionan coeficientes de correlación

( $r_n$ ) que en las anomalías topo-isostáticas fluctúan entre  $-0,95$  ( $h = 20$  kilómetros) y  $-0,96$  ( $h = 30$  kilómetros) y para el término de Faye es de  $+0,89$ ; los valores teóricos suministrados por el ajuste cuadrático se elevan hasta  $-0,98$  los valores de  $r_n$  para las anomalías topo-isostáticas:  $h = 20$  y  $30$  kilómetros, y hasta  $+0,97$  para el término de Faye. Estos resultados sugieren claramente que tanto los valores de las anomalías topo-isostáticas como los del término de Faye, también presentan fuertes correlaciones altimétricas; en el término de Faye, el signo de la correlación es positivo, mientras que en las anomalías topo-isostáticas es negativo, cual en el caso de las anomalías de Bouguer.

IX. Siguiendo la pauta establecida para las anomalías de Bouguer, nos ha resultado fácil establecer las fórmulas que permiten predecir los valores teóricos de estas anomalías en función de la altitud ( $h$ ) expresada en metros. Como función lineal, hemos obtenido las fórmulas siguientes:

— Valor absoluto del término de Faye ("aire libre")  $= (+0,0525 \times h) - 14$  mgls.

— Valor absoluto de las anomalías topo-isostáticas:

$$h = 20 \text{ Km.} - (-0,0693 \times h) + 10 \text{ mgls.}$$

$$h = 30 \text{ mK.} - (-0,0690 \times h) + 13 \text{ mgls.}$$

Como función parabólica, el coeficiente  $k$  de nuestra ecuación predictora:  $\Delta g = k\sqrt{h}$  presenta el valor medio de  $+0,6004$  para el término de Faye; las anomalías topo-isostáticas conducen a valores medios de  $-1,2674$  para  $h = 20$  Km. y de  $-1,1065$  para  $h = 30$  Km.; al parecer, el supuesto de una compensación a la profundidad media de 30 Km. resulta más probable habida cuenta de que suministra coeficientes de correlación más elevados y desviaciones standard más reducidas.

X. Tanto en cuanto funciones lineares como parabólicas, las fórmulas obtenidas para la predicción conducen a valores teóricos que merecen ciertas reservas de orden cuantitativo condicionadas por distintos factores. Parte de estas reservas dimanar del propio arsenal de observaciones utilizadas, pudiendo mitigarse y hasta soslayarse incrementando el número de observaciones utilizables en el análisis, particularmente si las estaciones arman redes suficientemente homogéneas (dispersión espacial regular de las estaciones, comportando cupos similares de observaciones para cada unidad de superficie) y, so-

## BIBLIOGRAFIA

bre todo, si se logra una proporcionalidad entre el número de observaciones disponibles para cada zona altimétrica y las respectivas extensiones superficiales ocupadas por estas zonas. Otro grupo de reservas resulta momentáneamente insoslayable por vincularse a variaciones laterales de la densidad crustal que, en el concreto caso de la Peínsula Ibérica, parecen evidenciadas en la conclusión VII. Marginalmente al amplio espectro sugerido por las diversas provincias para los valores medios de  $k$ , debe retenerse la existencia de comportamientos dispares en las variaciones altimétricas evidenciadas por los valores zonales de  $k$ ; al aumentar la altitud se acentúan los valores absolutos zonales negativos en algunas provincias litorales (Gerona, Vascongadas y Huelva), evolucionan ligera y dubitativamente en otras provincias (Santander, Navarra, Burgos, Ciudad Real), o disminuyen los valores negativos al aumentar la altitud (Palencia, Segovia, Avila, Toledo). Por otra parte, la inversión de signo mostrada por las anomalías en las orlas litorales y un amplio sector en el SW de la Peínsula Ibérica, resulta marginada en nuestras fórmulas predictoras que, en suma, únicamente deben ser consideradas como una primera aproximación si bien establecen una certera vía de investigación hacia una más precisa o rigurosa predicción del valor absoluto de las anomalías de la pesantez. En este sentido, parece aconsejable efectuar predicciones independientes o específicas para áreas más reducidas; por ejemplo, las delimitadas por meridianos y paralelos escalonados de grado en grado.

- (1) GAIBAR-PUERTAS, C.: *Sobre el cálculo, dificultades interpretativas y punto de aplicación de las anomalías Bouguer de la pesantez*. "Bol. Geol. y Min.", T. XXXVII (2.º Fasc.), pp. 144-169, con 10 cuadros numéricos y 5 figs., Madrid, 1976.
- (2) GAIBAR-PUERTAS, C.: *Variaciones del espesor crustal y grado de equilibrio isostático asociables a las anomalías de Bouguer en la España peninsular*. "Boletín Geológico y Minero", T. LXXXVII (4.º Fasc.), páginas 371-401, con 32 cuadros numéricos y 11 figs., Madrid, 1976.
- (3) INSTITUTO GEOGRÁFICO E CADASTRAL: *Catálogo das principais estações gravimétricas de Portugal Continental* (inédito), Lisboa, 1958.
- (4) INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CADASTRAL: *Avance del Mapa Gravimétrico de la Peínsula Ibérica: escala 1:200.000*, con 30 págs. y 3 mapas. Madrid, 1972.
- (5) LOZANO CALVO, L.: *Observations gravimétriques dans le Réseau National et Liaisons Internationales*, Rapp. sur les travaux geodesiques exécutés par l'Institut Geographique et Cadastral; (XII Ass. Gén. de l'Assoc. de Géod. de l'U.G.G.I.), con 8 págs. y 2 mapas. Madrid, 1960.
- (6) WOOLLARD, G. P.: *Regional Gravity Control in Spain*. Geophys. and Polar. Reserach Center, Madison, Univ. of Wisconsin, Report 62-6 con 27 págs. y 5 figs., 1962.
- (7) WOOLLARD, G. P.: *Bouguer - gravity anomaly Map of the Iberian Peninsula* (escala 1:1.000.000), 1965 (Unpublished).

Recibido: Julio 1976.

## Estudio mineralógico de las calizas cristalinas del Puerto de Somosierra (Provincia de Segovia)

Por S. LEGUEY JIMENEZ (\*), J. CASAS SAINZ DE AJA (\*), J. A. MEDINA NUÑEZ (\*) y M. A. HOYOS GUERRERO (\*)

### RESUMEN

Se realiza en este trabajo el estudio de una serie de calizas metamórficas, que aparecen intercaladas entre esquistos y micacitas, en la vertiente norte del Puerto de Somosierra, en la provincia de Segovia (España).

Las observaciones de campo y el estudio detallado de laboratorio mediante diversas técnicas (microscopía de polarización, rayos X, energías dispersivas y microscopio electrónico de barrido), han permitido diferenciar cuatro niveles calcáreos, con asociaciones mineralógicas diferentes.

Se discuten las condiciones genéticas de cada una de estas asociaciones, y las características de los minerales de neoformación en cada una de ellas.

### ABSTRACT

This work covers the study of a series of metamorphic limestones, which appear among shales and micacites, at the north oriented side of Somosierra, Segovia, España.

The observations on site and detailed study at the laboratory with different techniques (polarization microscopy, X rays, dispersive energies and scanning electron microscope), have permitted to find four different calcareous levels, with different mineralogical associations.

Each of these associations genetic conditions and the characteristics of the new formed minerals in each of them, are discussed.

### INTRODUCCION

Abordamos en el presente trabajo el estudio sistemático de la composición mineral de varios niveles de calizas cristalinas que, intercaladas entre micacitas y esquistos afloran en la vertiente norte del puerto de Somosierra.

Estos niveles calcáreos fueron ya estudiados por CARANDELL (1914), formando parte de un trabajo general sobre este tipo de materiales en el conjunto de la Sierra de Guadarrama.

La explotación durante los últimos años de estas calizas marmóreas, cuya manifestación en la actualidad son tres canteras principales y varias ex-

cavaciones secundarias, nos ha permitido una mejor observación tanto de la amplitud de estos materiales como de sus características petrológicas y mineralógicas.

Las acusadas diferencias observadas en el campo en cuanto a la composición mineral de estos niveles calcáreos nos indujo a profundizar en su estudio para precisar las posibles causas de las anomalías existentes, ya que tratándose de niveles calcáreos intercalados dentro de rocas metamórficas, sería lógico suponer que los efectos del metamorfismo afectarían de igual modo a todos ellos y los nuevos minerales originados deberían ser muy similares entre sí.

Es importante tener en cuenta que la intensa tectónica del área, ha interrumpido de forma sensible

la continuidad de los niveles y no es posible establecer de manera sencilla la correlación entre los afloramientos de las tres canteras antes mencionadas. Un estudio más detallado de la potencia y desarrollo de cada una de ellas ha hecho aconsejable elegir la cantera superior como la más idónea para nuestro trabajo, pues en ella aparece más completa la serie calcárea y existe una mayor diversidad en la composición mineral. El esquema adjunto muestra la localización de las canteras y la situación general del área, próxima a la CN-I, figura 1.

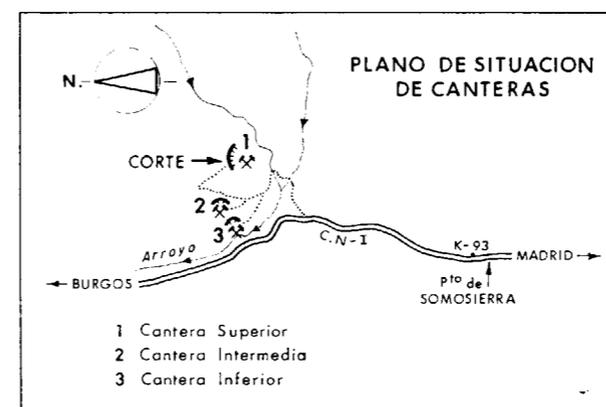


Figura 1  
Plano de situación de canteras

### DESCRIPCION GEOLOGICA

Los materiales estudiados, están constituidos por una serie de niveles calcáreos de aspecto marmóreo y diversa coloración, cuya forma de yacer varía a consecuencia de la tectónica. En la cantera superior, donde aparece mejor representada la serie, la dirección de los estratos es casi constante N-100° con buzamiento que oscila entre 35° S y 40° S. Este nivel queda desplazado por una falla unos 80 m. hacia el Norte, siendo este último tramo el que es objeto de explotación en las canteras intermedia e inferior, en las que se observa sólo parte de la serie a su vez deformada por varias fallas en sentido N.-S. y E.-W., que de una parte laminan el flanco de los paquetes y de otra interrumpen su continuidad hacia el Oeste. Es también frecuente observar en estas calizas intercalaciones de filones de cuarzo y pegmatita, con orientaciones muy variables.

La disposición detallada de estos materiales se observa en el corte núm. 1 realizado en la cantera superior con dirección N.-S. y cuya descripción es la siguiente:

- | Base | <i>Neis micáceo</i>   |
|------|---|
| 1    | 15 m. de esquistos y micacitas son dos niveles intercalados de mármol pardo-amarillento de unos 30 cm. de espesor muy alterado en superficie. |
| 2    | 0,5 m. de pegmatita de grano variable con abundantes cristales de turmalina y moscovita.  |
| 3    | 20 m. de micacitas con intercalaciones aisladas de 8 niveles calcáreos de grano grueso, coloración variable y escasa potencia.                |
| 4    | 2,5 m. de micacitas con tres niveles de mármol blanco, que presentan bandas micáceas y cristales prismáticos al techo de los estratos.        |
| 5    | 4 m. de micacitas con tres niveles intercalados de mármol negro bandeado, correspondiendo las bandas a zonas micáceas.                        |
| 6    | 1,5 m. de micacitas con un nivel calcáreo de 8 cm. en su centro.  |
| 7    | 30 cm. de mármol verde con laminaciones blancas y granate masivo en la base de los estratos que aparecen soldados.                            |
| 8    | 1 m. de mármol blanco masivo de grano grueso, sin granates.   |
| 9    | 10 cms. semejantes al 7.  |
| 10   | 1,20 m. de mármol blanco con granates.  |
| 11   | 70 cm. de pegmatita.  |
| 12   | 1,5 m. de micacita.   |
| 13   | 0,4 m. de mármol blanco con algunos granates. Techo esquistos micáceos y micacitas.   |

Desde el punto de vista litológico, y teniendo en cuenta la similitud de algunos estratos calizos, hemos diferenciado cuatro unidades. Se prescinde en ellas de los primeros niveles dado su grado de alteración y escasa potencia.

(\*) Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

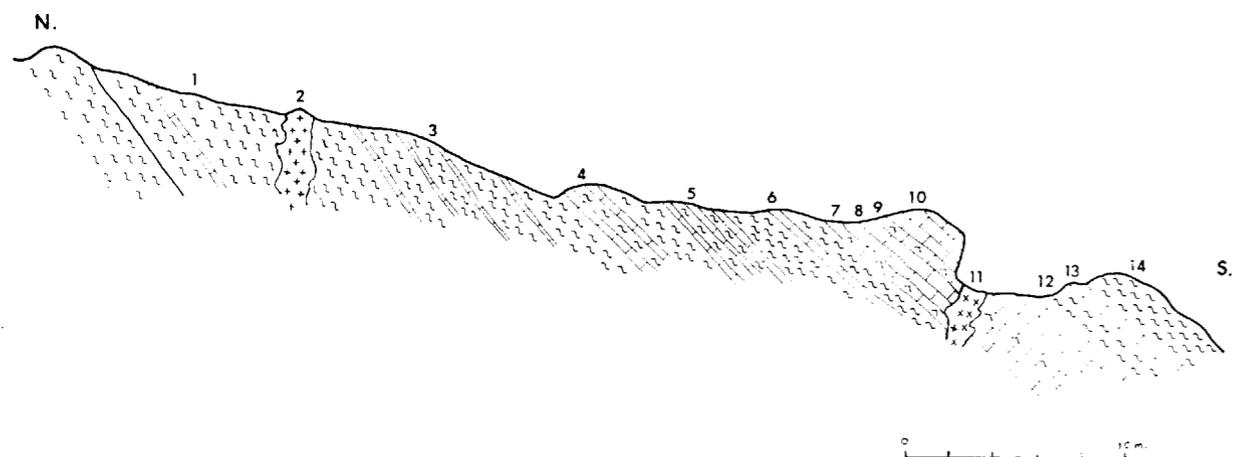
- 1) Mármol blanco bandeado.
- 2) Mármol negro.
- 3) Mármol verdoso de niveles detríticos.
- 4) Mármol blanco con granates y fajas verdosas.

Seguidamente se realiza el estudio detallado de la composición mineral de estas cuatro unidades.

#### ESTUDIO MINERALOGICO

En una primera fase se ha procedido a la observación en lámina delgada de la textura y distribución de las especies existentes, para entrar a continuación en un análisis minucioso de los minerales más característicos.

#### CORTE ESQUEMATICO EN LA CANTERA N° 1



La microscopía electrónica de barrido (Scanning) con sistema analítico EDAX incorporado, nos ha permitido completar este estudio trabajando unas veces sobre la muestra natural y en otros casos, después de un ataque previo con ácido clorhídrico en caliente, para la destrucción de carbonatos.

Finalmente, en las muestras tratadas, se han aislado los distintos minerales mediante líquidos pesados y separador magnético Franz, y sus componentes estudiados por difracción de rayos X.

Describimos a continuación los resultados obtenidos en las unidades anteriormente diferenciadas.

#### 1) Mármol blanco bandeado.

Esta unidad es representativa del nivel 4 del corte. Se trata de una caliza microcristalina en la que se observan a simple vista bandas de tonos más oscuros, aspecto micáceo y potencia oscilando entre 5 y 10 mm. El estudio microscópico permite diferenciar dentro del mosaico de cristales de carbonato que forman la mayor parte de la preparación, dos tipos: unos sucios parcialmente recristalizados, con numerosas impurezas y otros perfectamente limpios con marcada birrefringencia y exfoliación bien definida en los que se observan abundantes maclas, en su mayoría polisintéticas, aunque también pueden verse algunas de tensión.

Las bandas más oscuras destacan muy claramente en esta zona y son debidas a la presencia de minerales micáceos algo pleocroicos alternando su dis-

tribución con anfíboles. Estos aparecen en cristales subidiomorfos, normalmente desflecados, de relieve moderado y con abundantes inclusiones en su interior.

Como minerales accesorios se presentan algunas cloritas, granates y granos alotriomorfos de minerales opacos (foto núm. 1).

El análisis por difracción de rayos X de los carbonatos muestra un claro predominio de dolomita seguida en importancia por calcita, aunque su proporción es mucho más pequeña. El análisis elemental mediante energía dispersiva (EDAX) revela

la existencia de dos composiciones distintas: una correspondiente a los granos que al microscopio se presentan sucios y con incipiente cristalización, donde domina casi absolutamente el calcio, con magnesio en muy pequeña cantidad, y otra a los granos bien cristalizados y sin impurezas, donde la proporción de magnesio crece considerablemente. Comparando estos análisis con los realizados por difracción podemos afirmar que los granos sucios con inclusiones corresponden estructuralmente a una calcita, mientras que los limpios y transparentes son dolomita.



Foto núm. 1

Detalle de cristales de carbonatos. L.P. (x30).

Aunque estructuralmente sólo se observen el tipo calcita y el tipo dolomita, las proporciones de Ca y Mg sufren ciertas oscilaciones en los distintos puntos, como ha quedado patente en el análisis EDAX (foto núm. 2).

Si bien los cristales de calcita han sufrido una cierta recristalización, el proceso no es intenso, ya que no ha permitido la expulsión de las partículas extrañas, por lo que podemos considerar estos granos como primarios en cuanto a su composición original; por el contrario, los granos bien recristalizados se han originado a partir de los del tipo anterior, sufriendo durante la diagénesis o el metamorfismo un acusado incremento en magnesio.

De la fracción insoluble hemos separado los cristales de anfíbol y los componentes micáceos, que han sido analizados por rayos X.

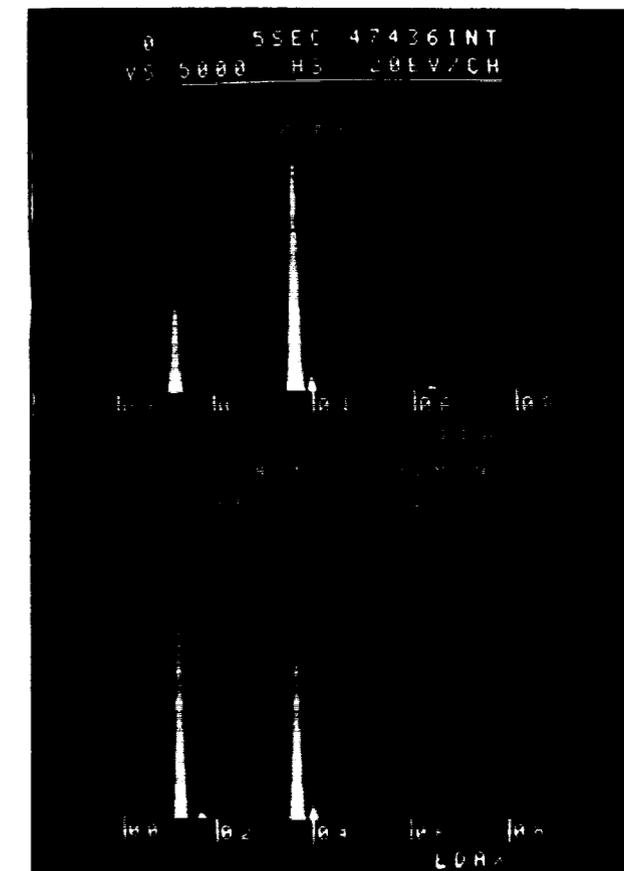


Foto núm. 2

Análisis EDAX de granos correspondientes a los dos tipos de carbonatos. En superior corresponde a una calcita magnesiada y el inferior a una dolomita

El anfíbol identificado como tremolita (tabla I) presenta orientación en bandas y numerosas inclusiones de color negro, correspondientes a materia carbonosa en agregados laminares de aspecto afieltrado, según hemos podido observar con 5.000 aumentos en el microscopio scanning.

Los rayos X no han permitido precisar con exactitud la naturaleza de los componentes micáceos, se observa un predominio mayoritario de un mineral con espaciado basal de 10 Å, y en menor cantidad clorita con espaciado a 14 Å.

El análisis por energía dispersiva de rayos X (EDAX) del mineral micáceo, cuyos resultados se presentan en la foto núm. 3, pone de manifiesto la escasa proporción de hierro y el alto contenido en magnesio, en una composición global correspondiente a una flogopita.

la existencia de dos composiciones distintas: una correspondiente a los granos que al microscopio se presentan sucios y con incipiente cristalización, donde domina casi absolutamente el calcio, con magnesio en muy pequeña cantidad, y otra a los granos bien cristalizados y sin impurezas, donde la proporción de magnesio crece considerablemente. Comparando estos análisis con los realizados por difracción podemos afirmar que los granos sucios con inclusiones corresponden estructuralmente a una calcita, mientras que los limpios y transparentes son dolomita.

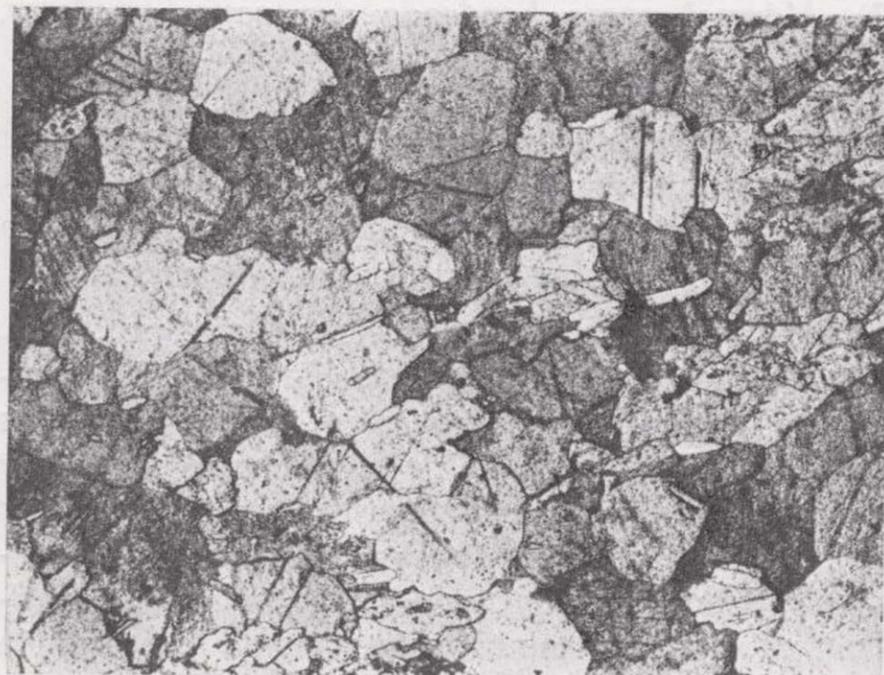


Foto núm. 1

Detalle de cristales de carbonatos. L.P. ( $\times 30$ ).

Aunque estructuralmente sólo se observen el tipo calcita y el tipo dolomita, las proporciones de Ca y Mg sufren ciertas oscilaciones en los distintos puntos, como ha quedado patente en el análisis EDAX (foto núm. 2).

Si bien los cristales de calcita han sufrido una cierta recristalización, el proceso no es intenso, ya que no ha permitido la expulsión de las partículas extrañas, por lo que podemos considerar estos granos como primarios en cuanto a su composición original; por el contrario, los granos bien recristalizados se han originado a partir de los del tipo anterior, sufriendo durante la diagénesis o el metamorfismo un acusado incremento en magnesio.

De la fracción insoluble hemos separado los cristales de anfíbol y los componentes micáceos, que han sido analizados por rayos X.

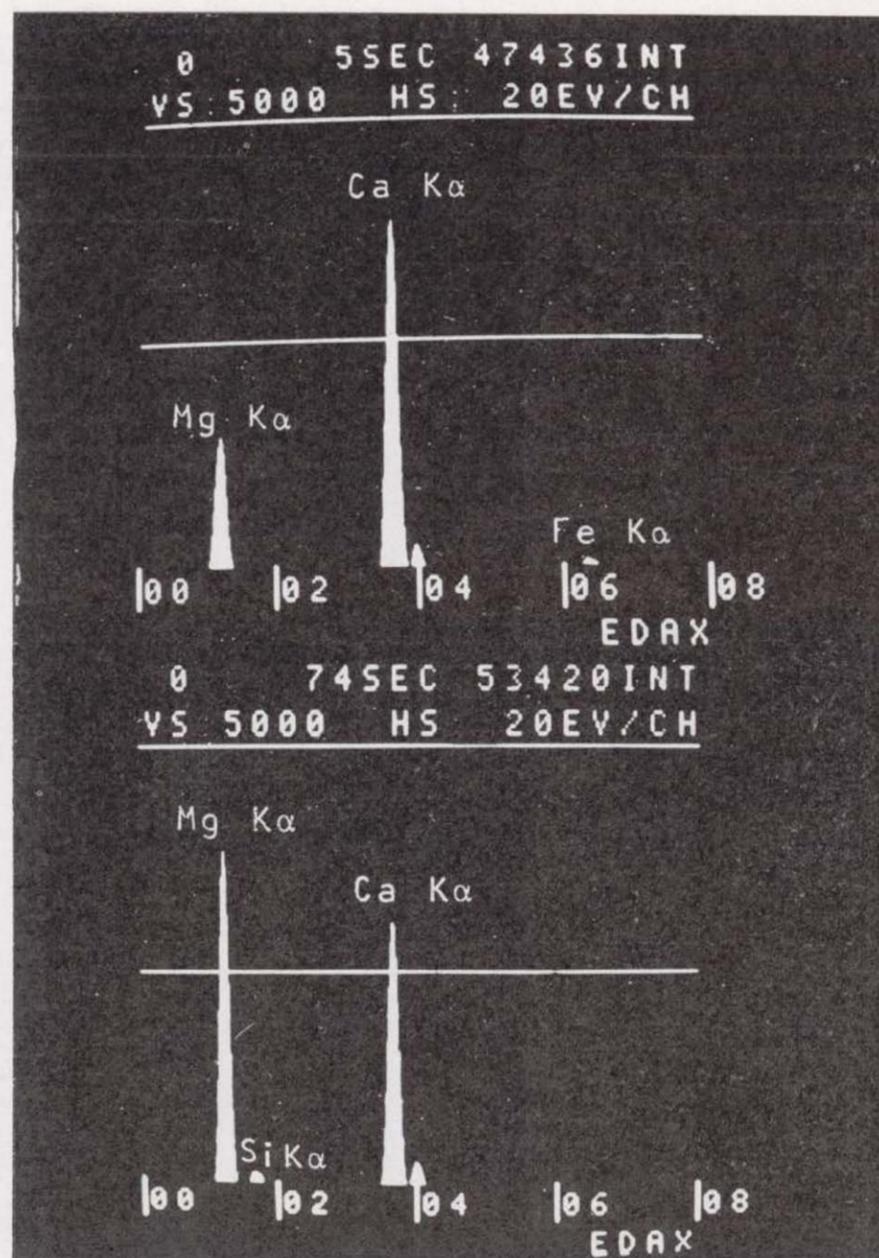


Foto núm. 2

Análisis EDAX de granos correspondientes a los dos tipos de carbonatos. El superior corresponde a una calcita magnésiana y el inferior a una dolomita.

El anfíbol identificado como tremolita (tabla I) presenta orientación en bandas y numerosas inclusiones de color negro, correspondientes a materia carbonosa en agregados laminares de aspecto afieltrado, según hemos podido observar con 5.000 aumentos en el microscopio scanning.

Los rayos X no han permitido precisar con exactitud la naturaleza de los componentes micáceos, se observa un predominio mayoritario de un mineral con espaciado basal de 10 Å, y en menor cantidad clorita con espaciado a 14 Å.

El análisis por energía dispersiva de rayos X (EDAX) del mineral micáceo, cuyos resultados se presentan en la foto núm. 3, pone de manifiesto la escasa proporción de hierro y el alto contenido en magnesio, en una composición global correspondiente a una flogopita.

TABLA I

MUESTRA		TREMOLITA (1)	
d(Å)	I	d(Å)	I
9,05	13	8,98	16
8,40	100	8,38	100
5,08	15	5,07	16
4,87	4	4,87	10
4,75	20	4,76	20
4,51	17	4,51	20
4,19	28	4,20	35
3,87	6	3,87	16
3,377	30	3,38	40
3,27	50	3,27	75
3,124	100	3,12	100
3,025	4	3,03	10
2,832	18	2,838	40
2,801	30	2,805	45
2,728	12	2,730	16
2,702	30	2,706	90
2,589	12	2,592	30
2,533	10	2,529	40
2,378	13	2,380	30
2,336	17	2,335	30
2,320	10	2,321	40
2,296	6	2,298	12
2,273	5	2,273	16
2,160	14	2,163	35

(1) Ficha A.S.T.M. 13-437.

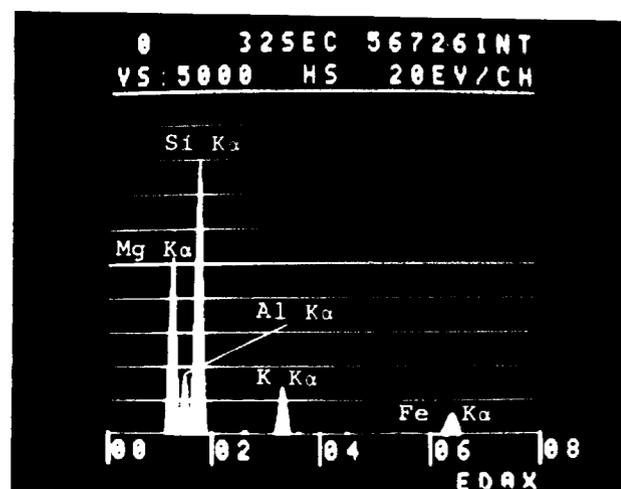


Foto núm. 3

Análisis EDAX de la mica presente en esta zona

Como resumen, en la composición mineral de este mármol fajeado predominan claramente los carbonatos, en particular la dolomita, dándose también otros granos de calcita ligeramente magnesiana. En menor cantidad y con estructura bandeada hay flogopita y un anfíbol, tremolita que, en algunas partes, a veces, está en proceso de transformación a Wollastonita. Como minerales accesorios hemos identificado pirita, pequeñas cantidades de esfalerita y algunos granates, que, debido a su grado de redondez, consideramos como de origen detrítico.

2) *Mármol negro bandeado con zonas micáceas.*

Corresponde al nivel 5 del corte geológico.

Este mineral está formado principalmente por carbonatos de grano medio con abundantes impurezas de materia orgánica, que proporcionan una típica coloración negruzca a estos niveles.

Son frecuentes las alineaciones micáceas, que, aunque aparentemente y debido al enmascaramiento por la materia orgánica, parecen distintas a las del nivel anterior, los análisis por rayos X y EDAX muestran que están constituidas también por flogopita. De manera dispersa se encuentran cristales prismáticos de tremolita, y en menor cantidad, clorita. Es también importante destacar la existencia de bandas formadas por un mineral fibroso de color verde muy pálido, y aspecto serpentínico. Este mineral, analizado por difracción, presenta los espaciados característicos de antigorita, habiendo comprobado, de acuerdo con lo descrito por DEER, HOWIE y ZUSSMAN (vol. III, p. 180), que calentando por encima de 650° se transforma en olivino.

El análisis del residuo insoluble de este nivel por difracción de rayos X figura en la tabla II.

El estudio de los carbonatos por rayos X pone de manifiesto el predominio de calcita sobre dolomita. Teniendo en cuenta que la dolomita suele presentarse muy bien cristalizada, lo que favorecería una mejor reflexión en sus espaciados, la abundancia relativa de calcita debe ser aún mayor que la que se desprende del diagrama.

3) *Mármol verdoso con niveles detríticos.*

Se localiza en dos pequeños niveles correspondientes a los estratos 7 y 9 del corte, que aunque de escasa potencia, son suficientemente caracte-

TABLA II

MUESTRA		(1) FLOGOPITA		(2) TREMOLITA		(3) ANTIGORITA		(4) CLORITA	
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
14,19	27							14,2	100
10,15	88	10,16	100						
8,39	60			8,38	100				
7,29	62					7,30	100	7,09	40
7,09	72								
5,05	16	5,07	25					4,72	60
4,72	73								
3,64	90	3,67	30			3,63	300		
3,37	100	3,38	100	3,38	40				
3,26	25			3,27	80				
2,126	80	3,16	40	3,12	100				
2,932	15	2,94	30					2,84	90
2,834	20								
2,796	17			2,80	5				
2,702	17			2,71	9				
2,529	8					2,52	70		
2,430	20	2,43	30			2,42	40	2,46	30
2,276	26							2,27	30
2,026	40	2,03	50						
2,008	7			2,01	50				
1,890	16			1,89	50				
1,811	5					1,815	25		
1,722	6							1,72	30

Fichas A.S.T.M.: (1) 10-481; (2) 13-437; (3) 17-417; (4) 10-412.

rísticos en cuanto a su composición para estudiarlos como una unidad representativa.

En lámina delgada presenta estructura bandeada constituida por capas donde predominan los carbonatos, entre los cuales se intercalan pequeños niveles lenticulares formados por restos de material detrítico parcialmente transformado, lo que dificulta la caracterización óptica de sus componentes. No obstante, se ha comprobado la existencia de granos de cuarzo así como agregados de forma arriñonada de diópsido y esporádicamente plagioclasas y cristales fibrosos de tonos verdosos correspondientes a cloritoide.

La distribución y tamaño de las bandas detríticas es muy irregular, así como el predominio de minerales en ellas, pues mientras en unas el cuarzo es el componente esencial, en otras es más

abundante el diópsido, en tanto que las plagioclasas se localizan con preferencia en el contacto con los carbonatos.

Los carbonatos están constituidos fundamentalmente por dolomita y presentan numerosas inclusiones principalmente de diópsido y en menor cantidad de cuarzo y titanita.

La foto núm. 4 muestra una panorámica representativa de la distribución de los minerales detríticos intercalados entre los carbonatos.

4) *Mármol blanco con granates.*

Corresponde al nivel 10 del corte, y tiene como característica más acusada la presencia de grandes cristales de granate cuya distribución es variable, lo que permite diferenciar, a simple vista, tres

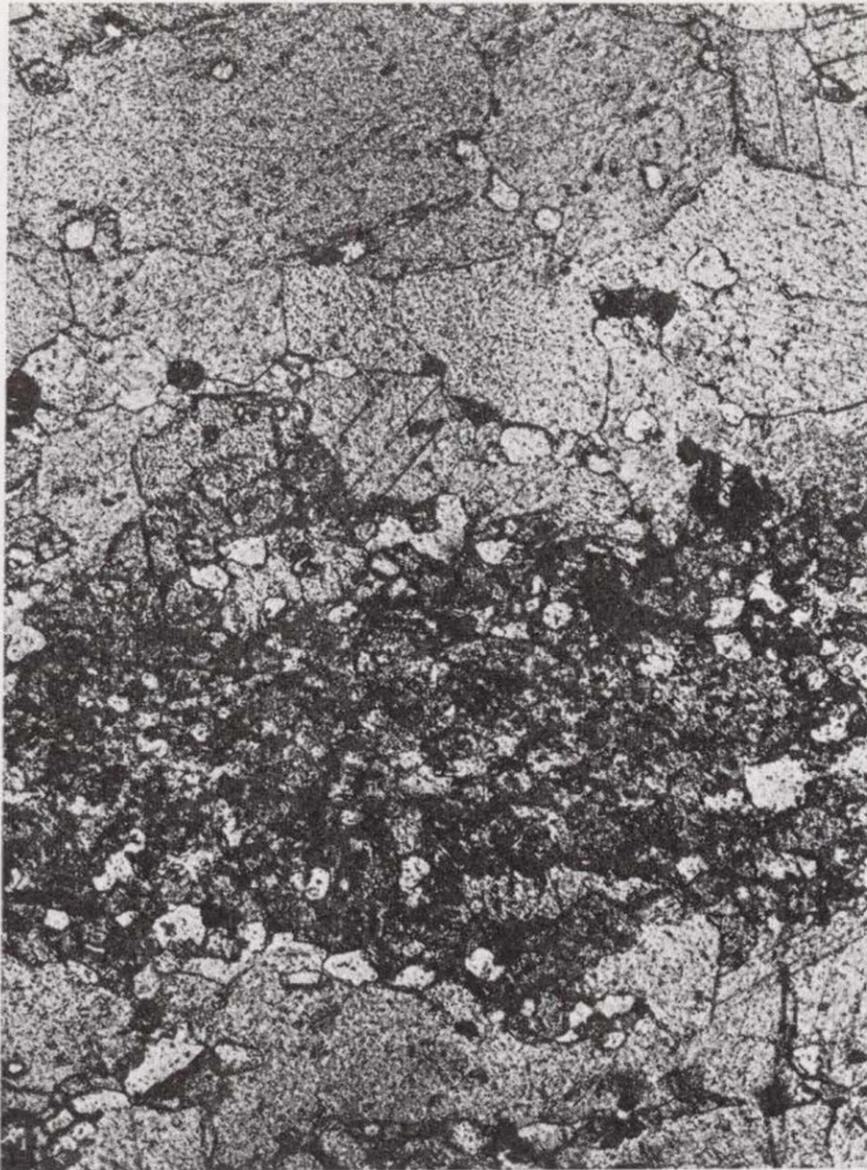


Foto núm. 4

Detalle de las bandas detríticas intercaladas entre la masa de carbonatos. L.N. ( $\times 30$ ).

tipos de texturas, que se representan esquemáticamente en la figura 2.

Las unidades que hemos diferenciado, presentan las siguientes características:

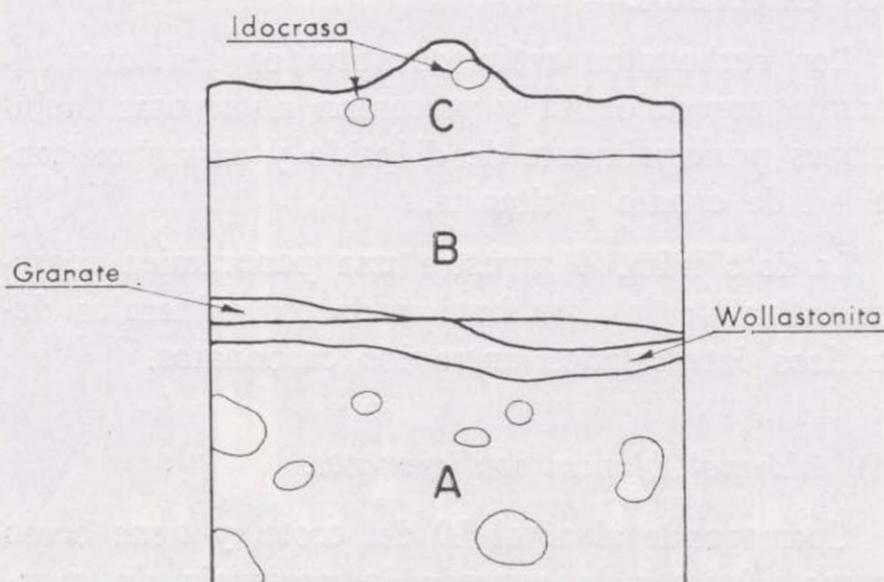


Figura 2

Esquema de la distribución de minerales en los estratos

A) Mármol blanco con fenoblastos de granate.

B) Mármol de tono verdoso con franjas claras muy marcadas y poco granate. Este mármol pasa en ocasiones de un modo gradual al tipo anterior.

C) Granate masivo localizado fundamentalmente en el techo de los estratos.

La distribución de estas áreas guarda una estrecha relación al menos en sus dos primeras zonas, con la composición del material original, observándose una marcada polaridad ya que las zonas blanquecinas con granate y wollastonita se localizan preferentemente en muro y centro de los estratos, en tanto que las zonas verdosas aparecen principalmente en el techo.

El tránsito entre el mármol blanquecino y la zona verdosa se realiza a través de una pequeña banda continua de wollastonita y, de forma intermitente, granate. Cuando el contacto entre las dos zonas es neto, suele aparecer una banda de wollastonita en la parte blanca, que pasa a granate en la zona verdosa.

La zona A está constituida principalmente por cristales de dolomita de tamaños que oscilan entre 0,5 y 1 mm. con marcada exfoliación, y entre cuyos contactos se distribuyen de forma irregular agregados de diópsido. En el interior de esta dolomita hay pequeñas inclusiones de 0,03 a 0,13 milímetros de minerales blanquecinos y otros de fuerte relieve. Para determinar la naturaleza de estas inclusiones, han sido estudiadas por difracción y EDAX, previa disolución del material con ClH, pudiendo precisar que las inclusiones de gran relieve son titanita y las blanquecinas corresponden a ortosa.

Otros minerales abundantes en esta parte son el granate y la wollastonita, esta última localizada preferentemente en los bordes irregulares del anterior, aunque también se encuentra dentro del granate en forma de inclusiones, con frecuencia aciculares y a veces mostrando crecimiento radial.

El granate se presenta en forma de fenoblastos de color acaramelado y frecuentemente idiomorfos, conteniendo en su interior, además de las inclusiones de wollastonita antes citadas, otras de calcita y algunas de diópsido mostrando su exfoliación característica. Foto núm. 5.

El tránsito entre la zona dolomítica y la parte verdosa se realiza por una capa de 2-3 milímetros constituida por wollastonita, apreciándose también



Foto núm. 4

Detalle de las bandas detríticas intercaladas entre la masa de carbonatos. L.N. (x30).

tipos de texturas, que se representan esquemáticamente en la figura 2.

Las unidades que hemos diferenciado, presentan las siguientes características:

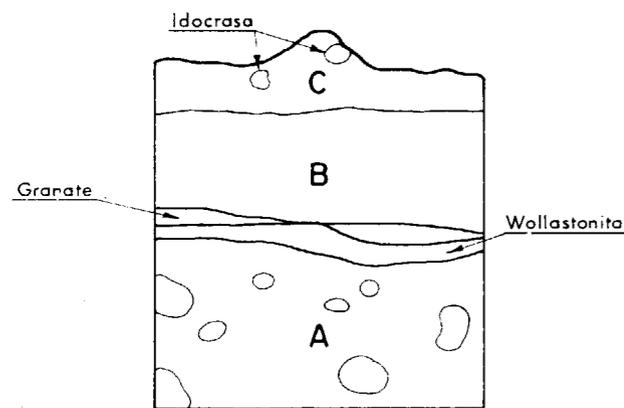


Figura 2

Esquema de la distribución de minerales en los estratos

A) Mármol blanco con fenoblastos de granate.

B) Mármol de tono verdoso con franjas claras muy marcadas y poco granate. Este mármol pasa en ocasiones de un modo gradual al tipo anterior.

C) Granate masivo localizado fundamentalmente en el techo de los estratos.

La distribución de estas áreas guarda una estrecha relación al menos en sus dos primeras zonas, con la composición del material original, observándose una marcada polaridad ya que las zonas blanquecinas con granate y wollastonita se localizan preferentemente en muro y centro de los estratos, en tanto que las zonas verdosas aparecen principalmente en el techo.

El tránsito entre el mármol blanquecino y la zona verdosa se realiza a través de una pequeña banda continua de wollastonita y, de forma intermitente, granate. Cuando el contacto entre las dos zonas es neto, suele aparecer una banda de wollastonita en la parte blanca, que pasa a granate en la zona verdosa.

La zona A está constituida principalmente por cristales de dolomita de tamaños que oscilan entre 0,5 y 1 mm. con marcada exfoliación, y entre cuyos contactos se distribuyen de forma irregular agregados de diópsido. En el interior de esta dolomita hay pequeñas inclusiones de 0,03 a 0,13 milímetros de minerales blanquecinos y otros de fuerte relieve. Para determinar la naturaleza de estas inclusiones, han sido estudiadas por difracción y EDAX, previa disolución del material con ClH, pudiendo precisar que las inclusiones de gran relieve son titanita y las blanquecinas corresponden a ortosa.

Otros minerales abundantes en esta parte son el granate y la wollastonita, esta última localizada preferentemente en los bordes irregulares del anterior, aunque también se encuentra dentro del granate en forma de inclusiones, con frecuencia aciculares y a veces mostrando crecimiento radial.

El granate se presenta en forma de fenoblastos de color acaramelado y frecuentemente idiomorfos, conteniendo en su interior, además de las inclusiones de wollastonita antes citadas, otras de calcita y algunas de diópsido mostrando su exfoliación característica. Foto núm. 5.

El tránsito entre la zona dolomítica y la parte verdosa se realiza por una capa de 2-3 milímetros constituida por wollastonita, apreciándose también

algunos granos de diópsido y otros de aspecto rodado de titanita. En ocasiones y entre esta franja de wollastonita y la zona siguiente hemos observado que aparece de forma intermitente una franja de granate.

La parte media (B) está formada por una matriz criptocristalina dentro de la cual se observan, en ocasiones, agregados de cristales de diópsido, dispuestos generalmente en dirección paralela al bandeo existente en la muestra.

Hay también franjas más claras en las que se reconocen cristales de plagioclasas de mayor tama-

ño y con frecuencia de bordes desflecados, entremezclándose con granos de diópsido. En las zonas más oscuras se advierte la matriz criptocristalina transformándose en diópsido aunque su cristalización es muy imperfecta.

Para poder conocer la composición mineral de la materia criptocristalina hemos realizado varios diagramas de rayos X pudiendo notar que en su mayoría está formada por plagioclasa concretamente del tipo bytownita, existiendo también diópsido y algo de cuarzo, como se desprende de la tabla número III.

TABLA III

MUESTRA		DIOPSIDO		BYTOWNITA		CUARZO	
d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I
6,44	40			6,42	9		
4,68	25	4,69	2	4,69	1		
4,45	30	4,47	4				
4,26	10					4,26	4
4,02	36			4,04	82		
3,86	7			3,91	26		
3,74	30			3,76	48		
3,62	18			3,63	20		
3,45	13			3,47	3		
3,34	21	3,35	12	3,36	7	3,34	100
3,23	100	3,23	25	3,25	27		
3,195	100			3,21	93		
3,174	100			3,18	85		
3,126	39			3,13	21		
3,042	10			3,04	10		
2,988	100	2,99	100				
2,953	100	2,95	25	2,95	15		
2,887	57	2,89	30	2,90	7		
2,834	15	2,83	2	2,832	5		
2,637	8			2,64	3		
2,560	67	2,56	20	2,554	3		
2,527	100	2,528	40	2,513	19		
2,463	7					2,46	10
2,349	10			2,36	9		
2,310	34	2,304	16	2,309	5		
2,257	6			2,26	8		
2,218	13	2,218	14	2,224	3		
2,196	5	2,20	12	2,18	3		
2,160	10			2,155	3		
2,137	78	2,13	16	2,138	19	2,13	10
2,107	20	2,109	8	2,105	4		
2,041	28	2,04	14				
2,008	36	2,009	10				
1,967	6	1,97	8	1,96	8		
1,862	14	1,86	4				
1,831	21	1,83	6			1,83	20
1,754	66	1,75	12				
1,673	8	1,67	6				
1,654	8	1,65	6				
1,626	55	1,62	25				
1,575	21	1,57	4				
1,544	7	1,55	4			1,54	20

Fichas A.S.T.M.: Diópsido 11-565; Bytownita 20-528; Cuarzo 5,490.

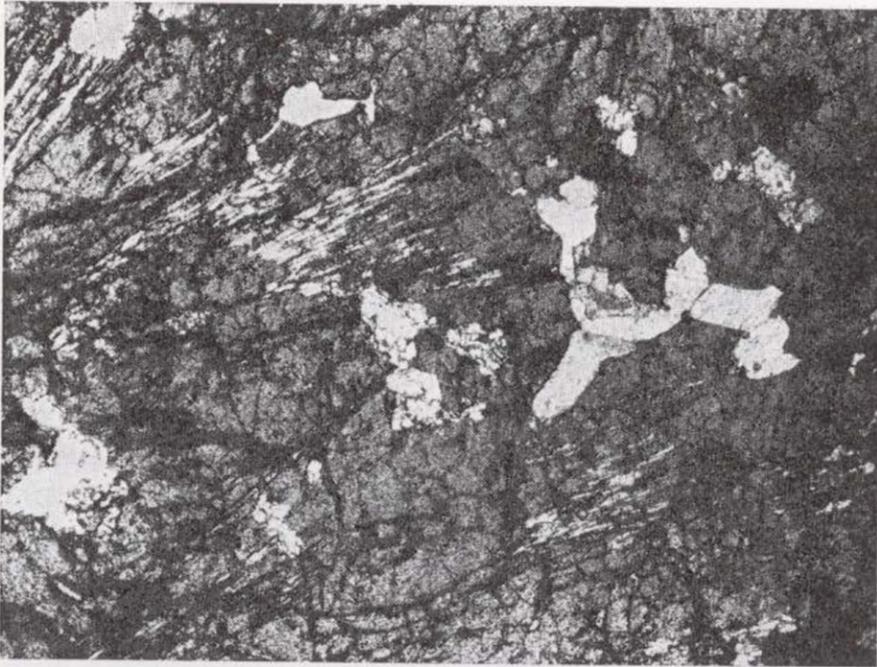


Foto núm. 5

Inclusiones en la masa de granate, correspondientes a wollastonita, diópsido y carbonatos. N. C. a 85° (×60).

El tramo C presenta gran complejidad tanto desde el punto de vista de composición mineral como en su aspecto textural. Predomina una masa de granate con numerosas inclusiones donde se pueden reconocer diópsido, wollastonita, feldespatos y restos de carbonatos, la cristalización de estos granates es muy imperfecta y presenta una textura en panal de abeja. Asociada a esta masa de granates es posible distinguir cristales bien formados de idocrasa.

Desde el punto de vista textural podemos diferenciar dos tipos de granates: el primero presenta disposición laminar, formando capas rara vez superiores al centímetro, paralelas a la estratificación y preferentemente localizadas en el techo de los estratos. El segundo es de aspecto masivo, mucho más desarrollado y se localiza también en el techo. El desarrollo y grado de cristalinidad de los minerales presentes en ambos tipos muestra ligeras variaciones. En el primer tipo, el granate es alotriomorfo, con pequeñas inclusiones de diópsido, wollastonita radial y restos de feldespatos. El segundo tipo, si bien es parcialmente semejante al anterior, permite un desarrollo mucho mayor de las inclusiones.

Además, se observan en este segundo tipo, zonas de alto contenido en feldespatos, donde pueden verse caras idiomorfas de granates así como prismas muy bien desarrollados de idocrasa en cristales de hasta 1 cm. de longitud. Finalmente es posible reconocer en los intersticios que dejan

los granates idiomorfos una serie de cavidades en las que se han desarrollado calcita, diópsido y prehnita.

Una minuciosa investigación ha permitido localizar pequeños cristales de prehnita, en contacto con los bordes de granate idiomorfo en el techo de los estratos. Los cristales de forma prismática con sección rómbica, tienen hasta 5 mm. de longitud.

Los análisis de rayos X (tabla IV) han permitido una perfecta caracterización de esta especie, que aunque de rara aparición, parece indicar procesos de metasomatismo. (Deer, Howie and Zussman, vol. III, pág. 265, 1971.)

TABLA IV

MUESTRA		PREHNITA	
d(A)	I	d(A)	I
5,28	7	5,28	10
4,61	9	4,60	20
4,15	5	4,15	10
5,53	10	3,53	10
3,47	35	3,48	90
3,26	20	3,28	60
3,083	100	3,08	100
2,804	15	2,81	30
2,554	40	2,55	10
2,372	8	2,37	40
2,309	15	2,31	40
2,129	5	2,13	10
2,069	5	2,07	20
1,930	7	1,93	30
1,833	5	1,84	20
1,767	18	1,77	70
1,656	5	1,66	20

Ficha A.S.T.M. 7-333.

## DICUSION DE RESULTADOS

La intercalación de varios niveles marmóreos dentro de una serie de micacitas y esquistos hacía suponer que al afectar el metamorfismo de manera similar a estos niveles existiría una cierta semejanza entre los distintos minerales neoformados. A la vista de los datos obtenidos hay que concluir que este hecho no se cumple de forma rigurosa sino que existe un comportamiento diferente lo que trae consigo sensibles variaciones en el resultado final del proceso metamórfico.

Aun sin tener demasiado en cuenta la evolución y transformaciones de los carbonatos se pueden distinguir tres tipos principales de asociaciones mineralógicas dentro de los mármoles:

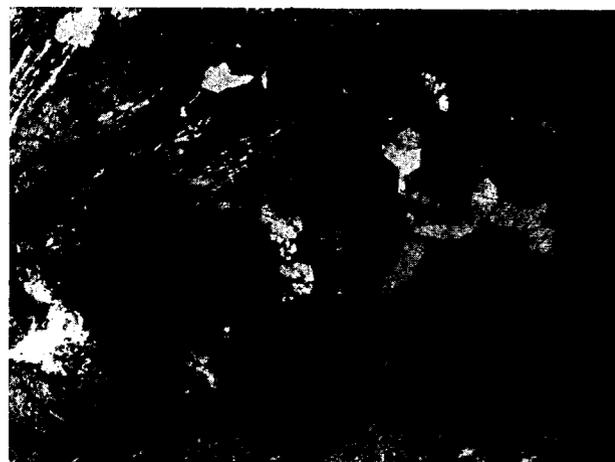


Foto núm. 5

Inclusiones en la masa de granate, correspondientes a wollastonita, diópsido y carbonatos. N. C. a 85° (×60).

El tramo C presenta gran complejidad tanto desde el punto de vista de composición mineral como en su aspecto textural. Predomina una masa de granate con numerosas inclusiones donde se pueden reconocer diópsido, wollastonita, feldespatos y restos de carbonatos, la cristalización de estos granates es muy imperfecta y presenta una textura en panal de abeja. Asociada a esta masa de granates es posible distinguir cristales bien formados de idocrasa.

Desde el punto de vista textural podemos diferenciar dos tipos de granates: el primero presenta disposición laminar, formando capas rara vez superiores al centímetro, paralelas a la estratificación y preferentemente localizadas en el techo de los estratos. El segundo es de aspecto masivo, mucho más desarrollado y se localiza también en el techo. El desarrollo y grado de cristalinidad de los minerales presentes en ambos tipos muestra ligeras variaciones. En el primer tipo, el granate es alotriomorfo, con pequeñas inclusiones de diópsido, wollastonita radial y restos de feldespatos. El segundo tipo, si bien es parcialmente semejante al anterior, permite un desarrollo mucho mayor de las inclusiones.

Además, se observan en este segundo tipo, zonas de alto contenido en feldespatos, donde pueden verse caras idiomorfas de granates así como prismas muy bien desarrollados de idocrasa en cristales de hasta 1 cm. de longitud. Finalmente es posible reconocer en los intersticios que dejan

los granates idiomorfos una serie de cavidades en las que se han desarrollado calcita, diópsido y prehnita.

Una minuciosa investigación ha permitido localizar pequeños cristales de prehnita, en contacto con los bordes de granate idiomorfo en el techo de los estratos. Los cristales de forma prismática con sección rómbica, tienen hasta 5 mm. de longitud.

Los análisis de rayos X (tabla IV) han permitido una perfecta caracterización de esta especie, que aunque de rara aparición, parece indicar procesos de metasomatismo. (Deer, Howie and Zussman, vol. III, pág. 265, 1971.)

TABLA IV

MUESTRA		PREHNITA	
d(A)	I	d(A)	I
5,28	7	5,28	10
4,61	9	4,60	20
4,15	5	4,15	10
5,53	10	3,53	10
3,47	35	3,48	90
3,26	20	3,28	60
3,083	100	3,08	100
2,804	15	2,81	30
2,554	40	2,55	10
2,372	8	2,37	40
2,309	15	2,31	40
2,129	5	2,13	10
2,069	5	2,07	20
1,930	7	1,93	30
1,833	5	1,84	20
1,767	18	1,77	70
1,656	5	1,66	20

Ficha A.S.T.M. 7-333.

#### DICUSION DE RESULTADOS

La intercalación de varios niveles marmóreos dentro de una serie de micacitas y esquistos hacía suponer que al afectar el metamorfismo de manera similar a estos niveles existiría una cierta semejanza entre los distintos minerales neoformados. A la vista de los datos obtenidos hay que concluir que este hecho no se cumple de forma rigurosa sino que existe un comportamiento diferente lo que trae consigo sensibles variaciones en el resultado final del proceso metamórfico.

Aun sin tener demasiado en cuenta la evolución y transformaciones de los carbonatos se pueden distinguir tres tipos principales de asociaciones mineralógicas dentro de los mármoles:

a) Mármoles con flogopita, tremolita y, sobre todo cuando abunda la materia orgánica, antigorita.

b) Mármoles con diópsido, granate glosularia y wollastonita, así como reducida presencia de plagioclasa cálcica preferentemente en los niveles detríticos dentro de la masa marmórea.

c) Granate masivo que se localiza en los planos de estratificación, y que presenta numerosas inclusiones de carbonatos, diópsidos y wollastonita. En algunas zonas de este granate se desarrollan cristales idiomorfos de idocrasa y diópsido, así como núcleos de apariencia criptocristalina donde los rayos X revelan la existencia de prehnita y anortita.

Parece existir una clara correlación entre la composición de los dos primeros tipos de asociaciones mineralógicas y la de los sedimentos carbonatados originales; así la flogopita y tremolita se desarrollan preferentemente cuando existen abundantes minerales arcillosos conjuntamente con los carbonatos en tanto que glosularia y wollastonita se presentan en los niveles de carbonatos con cierta cantidad de sílice pero sin arcilla, siendo el diópsido tanto más abundante cuanto más cuarzo exista en los niveles detríticos. Este hecho se pone de manifiesto en la polaridad que presentan estas asociaciones dentro de un mismo estrato, localizándose preferentemente los granates en el centro mientras que el diópsido y wollastonita se sitúan próximos a los niveles más detríticos donde predominan el cuarzo y minerales residuales como la titanita.

El mecanismo de formación de la tercera asociación es más complejo como se desprende de la naturaleza y morfología de los distintos minerales. La presencia de granate masivo estratiforme, con numerosas impurezas e inclusiones y localizado en el borde de los estratos, parece evidenciar un aporte exterior de sílice que provocaría un crecimiento rápido y poco selectivo.

Una posible explicación podría ser la influencia del dique pegmatítico que corta a estos materiales, en el sentido de producir una migración de sílice a través de los planos de estratificación, pero aunque no descartamos esta influencia, es evidente, y así se desprende de la observación del campo, la falta de transformaciones sensibles en el contacto entre las pegmatitas y los estratos calizos, que se realiza de forma neta, no produciendo ninguna modificación en los distintos niveles que corta.

Teniendo en cuenta que este granate masivo se localiza entre estratos calizos parcialmente solda-

dos y no en los estratos aislados, que se encuentran intercalados entre esquistos y micacitas, y dado el carácter más o menos impermeable de éstas, cabe suponer que en el caso de planos de estratificación limitados por carbonatos se favoreció el intercambio de aportes silíceos bien procedentes de los mismos estratos o bien del exterior.

Es posible reconocer una segunda fase de reorganización de este nivel masivo, en la que se presentan fundamentalmente la idocrasa y el diópsido idiomorfos, para lo cual debió previamente existir un cierto espacio que tras ser desalojado permitió su desarrollo.

Otro dato a favor de esta idea es la distinta naturaleza de los granates en esta fase, pues mientras el granate masivo es fundamentalmente de la especie glosularia, en los granates parcialmente idiomorfos que se desarrollan a partir de él, se puede reconocer además de su mejor cristalización, un incremento del contenido en hierro del cual carecen totalmente tanto el granate estratiforme como los fenocristales que se desarrollan en el interior de los estratos calizos.

La presencia de prehnita e idocrasa, típicos y exclusivos de esta zona de borde son un dato más para suponer unos aportes de sílice y alúmina principalmente a través de los planos de estratificación entre sedimentos calizos, pues no hemos encontrado estos minerales ni en la parte central de los estratos ni cuando los materiales están limitados por micacitas.

La complejidad de estos procesos de metasomatismo es evidente, y aunque han sido muy parcialmente localizados, no se descarta la posibilidad de que en áreas muy próximas y en situaciones similares puedan reconocerse otros minerales.

#### BIBLIOGRAFIA

- CARANDELL, J.: *Las calizas cristalinas del Guadarrama*. "Trabajos". Mus. Nac. de Ciencias Naturales. Sec. Geol. n. 8 (1914).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSMANN, J.: *Rock Forming Minerals*. Longmans (London) (1962).
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., Y GARCÍA CACHO, L.: *El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama, Sistema Central Español*. Memoria del IGME, t. 86 (1975).
- WINKLER, H.: *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag (New-York) (1974).

Recibido: Mayo 1976.

# INFORMACION

## Comisión de la Carta Geológica Internacional de Europa y de las Regiones Mediterráneas

Durante los días 12 a 14 de abril de 1976 se celebró en Madrid, la mencionada reunión de trabajo, con el fin de ultimar la preparación de la segunda edición del mapa a escala 1/1.500.000.

Se compone el mapa de siete filas de hojas, cada una con 7 hojas, lo que da un total de 49 hojas. De ellas están publicadas o en curso de publicación las cinco filas del Norte, con un total de 35 hojas y en preparación o en proyecto las dos filas inferiores, comprendiendo éstas el Mediterráneo.

De las 35 hojas superiores hay 26 publicadas, entre ellas figuran las dos del Norte de la Península Ibérica, cuatro en imprenta y cinco ultimándose los trabajos de gabinete para iniciar su edición. De la fila sexta, están muy avanzadas las dos del sur de la península Ibérica, así como otras del sur de Europa. La fila séptima está prácticamente sin iniciar.

La inauguración así como el desarrollo de las sesiones tuvo lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. En el acto inaugural se pronunciaron los tres discursos siguientes.

\* \* \*

*Resumen del discurso del Presidente de la Comisión Organizadora de la Reunión de Trabajo, Juan Manuel López de Azcona.*

Es un placer para la presidencia de esta Comisión Organizadora, el haber podido invitar a 41 países a la reunión de trabajo, inaugurada con este acto.

De la reunión celebrada en París en 1878, partió la idea de publicar una carta geológica internacional de

Europa a escala 1/1.500.000, y pronto fue una realidad su iniciación, comienzan las primeras hojas a editarse en 1881, con ocasión de la reunión de Bolonia y las de España en 1889, tarea fácil por limitarse a la actualización del mapa a escala 1/1.000.000 de Amalio Maestro ultimado en 1866.

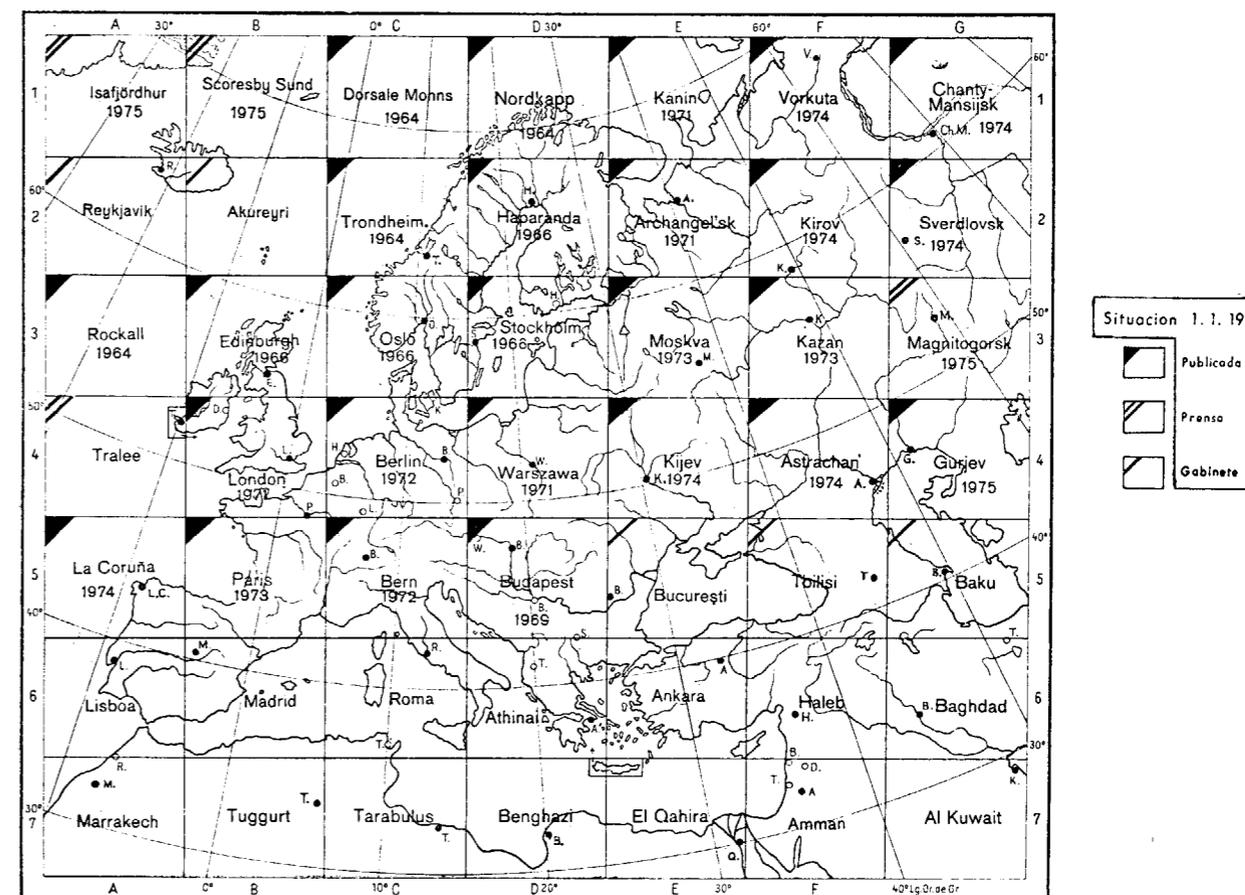
La preparación de una segunda edición de esta carta, fue objetivo primordial de esta Comisión, celebrando sus reuniones los años de Congreso Geológico en la sede del Congreso y en el par intermedio en París en la sede de la UNESCO.

En el Congreso celebrado en la India, se apreció una reducidísima participación de miembros de esta Comisión, por ello se pensó, que cuando la sede de los Congresos Geológicos no fuese Europa, las sesiones se celebrarían en el país que invitase. Con tal motivo, se ofreció España, para la reunión que correspondía con el Congreso de Canadá (1972), pero por no introducir innovaciones, se dejó aplazada la puesta en marcha de este criterio, para congresos posteriores. Acordado en Canadá que el próximo Congreso Geológico se celebrase en Australia propuso von Gaertner con todo interés, que la reunión de trabajo de 1976 se celebrase en Madrid, acordándose por unanimidad.

Para la Comisión Organizadora, es una satisfacción, sea iniciada hoy esta reunión, casualmente el jueves 13 de mayo de 1926 inauguraba S. M. el Rey D. Alfonso XIII en estos mismos locales del Instituto Geológico y de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas el Congreso Geológico Internacional y la reunión de trabajo de la Comisión.

España siempre participó con interés en este mapa internacional, de la segunda edición iniciada su publicación en 1964, ya están publicadas las dos hojas del norte de

Carta Geológica Internacional de Europa y Países Mediterráneos. Escala 1/1.500.000



la Península Ibérica de la que fui coordinador, la B5 en 1973 y la A5 en 1974 esperando que pronto sea una realidad la finalización de las A6 y B6.

\* \* \*

*Discurso del Presidente de la Comisión de la Carta Geológica Internacional de Europa y Países Mediterráneos, Gerd Lüttig.*

La elaboración de mapas geológicos echa una mirada retrospectiva en varios países, especialmente en España, sobre una historia abundante de más de cien años. La comisión para el Mapa Geológico Internacional de Europa fue fundada en Bologna durante el Congreso Internacional de Geólogos en 1881. Ella es la comisión más antigua y seguramente una de las más importantes. Aclarados estos hechos a un no participante, sin duda se levanta la pregunta, si, después de cien años, este problema todavía es tan actual que hay que ocuparse de él. Ya que la elaboración de los mapas geológicos es una

de las tareas elementales de la geología, que fueron creados servicios geológicos completos para su elaboración esta pregunta naturalmente afecta el corazón de las geociencias. Al geólogo no le es difícil encontrar una contestación; pero al hombre de la calle generalmente sorprenderá la explicación siguiente.

En la historia de la evolución de la humanidad nuestra generación ocupa un puesto notable. Nos vemos en el centro de una crisis económica, sociológica y ética que afecta todo el mundo. Esta crisis en general tiene su origen en la limitación del potencial del ambiente natural, conocida como crisis de la materia prima, de la energía y de las sustancias alimenticias. Pero también existen otras limitaciones en la geociencia, como en la abundancia de agua subterránea, la posibilidad de utilizar materiales determinados para terreno de construcciones, depositar residuos, producir comestibles.

El geólogo y el profesional que trabaja en secciones de geociencias análogas (por ejemplo, en el sector de la ciencia del suelo, la economía del agua, tratamiento de residuos, geofísica, geoquímica, etc.), es llamado por el pú-

blico para ayudarlo en el vencimiento de las dificultades. Porque solamente él y de esto la mayoría de los geocientíficos no se dan cuenta, disponen de conocimientos profesionales necesarios. Pero él también solamente puede ponerse en acción, si dispone del conocimiento exacto del potencial del ambiente natural disponible (o carente), es decir, respecto al modo de su extensión. La investigación apegada a ello y absolutamente necesaria empieza siempre con la cartografía geológica (o análogo), es decir, levantamiento de mapas. Es así que el mapa geológico es *aquel instrumento* que da noticia en forma duodimensional de la *tercera dimensión*, de la constitución del subsuelo, también de la *cuarta dimensión*, del tiempo, pues explica en el decurso de la historia geológica de la secuencia de rocas, el *dato base más importante* para aquel investigador que tiene que desempeñar la solución de problemas de la humanidad estremecida de crisis.

Sin el mapa geológico el científico del suelo no es persona alguna, le falta el conocimiento de yacimientos y de divulgación de riquezas del subsuelo, la imaginación de la forma que puede ocupar un cuerpo mineralizado. No puede estimar ni la cantidad, la que puede presentar un manto de agua subterránea, ni la posición de un diapiro de sal importante para el depósito de residuos. Reflexión geológica práctica empieza así siempre con una cartografía geológica, y, por lo tanto un mapa geológico, también el mapa de fondo netamente profesional, es *el instrumento más importante para la vanguardia de la humanidad, la que ataca y vence los problemas económicos con conocimientos y métodos geocientíficos.*

Por lo tanto, comisiones de mapas internacionales como la Comisión de la "carta geológica internacional de Europa y los países mediterráneos" son instituciones irremplazables, con la presentación uniforme para su comprensión, que pasa las fronteras.

Las instancias políticas responsables en el centenario último, ocupándose en la fundación de los servicios geológicos que trabajan en la cartografía geológica, han creado evoluciones en previsión prudente que facilitan para la actual generación la solución indicada de los problemas. Para un geólogo moderno, reflexionando responsablemente enfrente sus conciudadanos, es francamente impresionante leer, por ejemplo, el decreto que preside la fundación de la Comisión de la Carta Geológica de España, que pudimos admirar en la oficina del Director del Instituto Geológico y Minero. Más moderna concepción no podía ser perfilada.

Si hablo en la cuarta dimensión, el tiempo, que se expresa en nuestros mapas geológicos, pienso en elementos geológicos, que no deberíamos enfocar solamente sobre la historia del suelo, lo pasado. Este tiempo también tiene una variante mirando hacia adelante, el futuro. Y es una de las tareas más importantes de la geología aplicada de orientar las posibilidades durmientes en esta zona al campo de *geología prospectiva*. La geología, también la carto-

grafía, es llamada a concentrar una parte de sus esfuerzos sobre el planteamiento del futuro. Es inimaginable el vencimiento de las dificultades del crecimiento rápido de la humanidad sin la ayuda de los geólogos. La ayuda de la geología para el planteamiento del futuro sin los mapas geológicos es imposible. Por lo tanto, *los mapas geológicos son los instrumentos fundamentales para la geología prospectiva.*

Somos llamados a dilucidar esta parte oficial. Hay que aprovechar cada oportunidad de aclarar este lado de nuestra sección científica al hombre en la calle, al político, al programador del futuro. En este sentido queremos articular y ayudar a trabajar en una organización liberal del futuro.

\* \* \*

*Discurso del representante del Excmo. Sr. Ministro de Industria José Sierra López, Director General de Minas e Industrias de la Construcción.*

Sé que hubiera sido deseo del Ministro de Industria estar presente en este acto para dar a los participantes en la Sesión Plenaria de la Comisión del Mapa Geológico Internacional de Europa y de las Regiones Mediterráneas, su más cordial bienvenida y desearles el mayor éxito y eficacia en el desarrollo de las reuniones.

En nuestro país, corresponde al Ministerio de Industria, a través del Instituto Geológico y Minero de España, la publicación de los mapas nacionales, tanto de los geológicos propiamente dichos como de los correspondientes a las otras ciencias conexas de la Geología. Por otra parte, y estrechamente vinculada al Instituto Geológico y Minero de España, sede de su Secretaría, se encuentra la Comisión Nacional de Geología; Comisión interministerial, en la que están representados los diferentes Departamentos Ministeriales relacionados con las actividades geológicas, y encargada de coordinar la cooperación internacional española en el campo de la geología.

El Ministro de Industria que apenas hace unas horas ha regresado de América, me ha encargado que le represente en esta Sección de apertura y he de decirles que pocas misiones tan gratas como ésta me han sido encomendadas. En primer lugar, porque hasta ostentar este puesto, he tenido el honor, en los últimos años, de ser Vocal de la Comisión Nacional de Geología y como tal de representar a España en la Comisión del Mapa Metalogenético de Europa y de participar en diversas reuniones de comisiones de mapas geológicos a nivel europeo y mundial. En consecuencia, puedo asegurarles que aprecio en su justa medida el extraordinario mérito y valor de la labor que realizan; y ello, por dos razones fundamentales:

— por una parte, soy plenamente consciente de que el planteamiento y resolución de los grandes problemas

geológicos—aunque, a veces, se pongan de manifiesto a escala local—sólo es factible cuando se contemplan con una perspectiva que trasciende más allá de las divisiones—geológicamente artificiales—de los países. Para ello es absolutamente imprescindible la existencia de grupos de trabajo como los que ustedes constituyen, capaces de lograr esas perspectiva, con una única condición; que sea fundamentada y objetiva; es decir, científica;

— por otra parte, conozco también, cuán a menudo esa labor es insuficientemente comprendida y no recibe el apoyo que merece. Cómo hay que compensar frecuentemente la penuria de medios con la entrega personal abnegada y altruista; y, a pesar de ello, cuanto hay que padecer también por retrasos inevitables hasta que se consigue ver coronado el esfuerzo con la publicación de Hojas y Memorias. Reciban, sinceramente, mi tributo de admiración por ello.

Otro motivo que hace especialmete grata la representación que ostento, es el que sea la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, la que nos acoga en este Acto. Afortunadamente, es cada día mayor—particularmente en los últimos veinte años—el número de Facultades o Secciones de Ciencias Geológicas que están enriqueciendo con sus hombres y sus estudios el conocimiento de la Geología de nuestro país. Sin embargo, no hay que olvidar que la tradición geológica, más que centenaria, de España, se enraiza en la historia de Geólogos estrechamente vinculados a esta Escuela, heredera de la creada en Almadén en 1777, trasladada a Madrid en 1835, y asentada en este mismo lugar desde 1893. Quizás la expresión más físicamente evidente de su vocación geológica es la proximidad que siempre mantuvo con la Comisión del Mapa Geológico Primero y del Instituto Geológico y Minero de España después, que desde 1926, con motivo del XIV Congreso Geológico Internacional, se instaló en este mismo edificio. No puedo menos de recordar ahora como debió contribuir al despertar de numerosas vocaciones geológicas esa continuidad física, pues a los alumnos de la Escuela—a menudo fatigados o inquietos por las clases teóricas—nos bastaba abrir una puerta del jardín para adentrarnos directamente en el apasionante mundo de los laboratorios de mineralogía, paleontología o petrografía del Instituto Geológico.

Creo, señores miembros de la Comisión, que han elegido ustedes acertadamente nuestro país para reunirse. Si por circunstancias históricas y culturales de todo orden se le considera singular, quizás casi en ningún dominio lo sea tanto como en el de la Geología. Esta península charnela de dos continentes, es también llave de numerosos problemas geológicos.

Si los acontecimientos magmáticos, sedimentarios y tectónicos que tienen lugar en los ámbitos móviles y en las plataformas van siempre acompañados de un cortejo característico de procesos metalíferos, la extraordinaria variedad mineralógica y minera de nuestro país es la

mejor prueba de su compleja personalidad geológica. Así se da la circunstancia—extraordinariamente expresiva—de que España que por su extensión ocupa un lugar poco destacado entre los países del mundo, es, sin embargo, el sexto en cuanto al número de las sustancias minerales que se produce.

Por otra parte, sin duda pueden ustedes valorar mejor que yo la trascendencia que ha de tener la comprensión de la geología de la península para aclarar problemas tan importantes como: el posible papel de la subplaca de Alborán en relación con los movimientos entre las placas europeas y africanas, las correlaciones entre las cordilleras bética y las norafricanas, o los hallazgos de un Mioceno inferior en el sondeo 42 A del proyecto JORDES realizado en 1975, que parecen obligar a retrasar, en el tiempo el origen tectónico extensional de esta subcuenca mediterránea. Sin olvidar, desde el punto de vista de las provincias y épocas metalogenéticas la superposición que de ellas se da en nuestro país.

En fin, Señores, se encuentran ustedes en un país con una tradición geológica que es tan antigua como intenso es el esfuerzo geológico que actualmetne realizamos. Se puede considerar que la cartografía geológica de grandes zonas del país—Cataluña, Galicia, Asturias—comenzó entre 1830 y 1840, de forma que en 1849 se habían hecho varios mapas geológicos que cubrían casi la totalidad de la España peninsular y parte de las provincias ultramarinas. Así, España fue uno de los primeros países que pudieron, por los años de 1860, aportar su cartografía a la confección de la primera edición del Mapa Geológico de Europa a escala 1/1.500.000.

Han sido muchos los mapas publicados desde entonces, pero creo es de justicia destacar el esfuerzo realizado a partir desde 1969 con la preparación del Mapa de España a escala 1:200.000, síntesis de los conocimientos existentes, y del nuevo mapa Geológico a escala 1:50.000. La confección de las 1.013 Hojas durará dieciséis años y me satisface decir que en los cuatro primeros años de este programa—estrechamente coordinado en la ejecución con las Universidades y Empresas privadas—el Instituto Geológico y Minero de España ha publicado 150 Hojas y finalizado 310; es decir, un número casi análogo al de Hojas realizadas, a esa escala, en toda la historia anterior de la cartografía de España a escala 1/50.000.

Permítanme añadir, para terminar, que ello está siendo especialmente posible gracias a la visión y esfuerzo de las personas que en los últimos años se ocuparon de estos temas en el Ministerio de Industria. Personas que, antes de que se produjera la crisis de las materias primas minerales, supieron comprender que disponer de buenos mapas geológicos no era simplemente una cuestión de prestigio cultural o científico, sino que era imprescindible, para lograr un desarrollo industrial sólido, promover paralelamente el desarrollo de los recursos naturales y esto sólo es razonablemente viable asentándole en el me-

por conocimiento—aunque sea de inmanente perfectibilidad—de la geología española.

Sobre esta realidad presente, nuestros mayores esfuerzos de futuro van encaminados a completar el mapa 1:50.000, tratando de enmendar, en lo posible, los errores inherentes a todo proceso acelerado; al mismo tiempo hemos iniciado los primeros trabajos y seguimos estudiando cuáles deben ser las directrices y nuestro ritmo de actuación en la Geología Marina; finalmente, me complace anunciarles, que este año comenzamos dos *ambiciones* proyectos: El Banco de Datos Geológicos y Mineros y el Centro documental automatizado, con los que trataremos de aunar, coordinar y potenciar los esfuerzos dispersos realizados hasta ahora en ese sentido.

Y nada más Señores, sino reiterarles nuestra bienvenida y el sincero deseo de unas jornadas fructíferas en este país—viejo y joven—que quiere acogerles hoy con su tradicional afecto hospitalario. Muchas gracias.

\* \* \*

Las sesiones tuvieron un desarrollo activo, con plena discusión e intervención de los diferentes participantes, de esta reunión cerrada, por ser únicamente miembros de la misma, quienes han participado, o participan en la confección de sus hojas.

Los temas tratados fueron: Terminación de las hojas geológicas en curso, que son catorce. Estudio de la representación de la geología marina. Leyenda nueva de la carta. Aumento de la uniformidad en la representación geológica.

La programación aprobada para los próximos años fue la siguiente: Celebrar una reunión de los países interesados en la Hoja A6, en Marruecos en abril u octubre de 1977, en ella se tratarán nuevamente de la representación de los fondos marinos. Sesión en Stambul en febrero de 1977, de los países interesados en las hojas E5 y F5, para

## Toma de posesión del nuevo Subdirector del IGME

El pasado 8 de septiembre, en un sencillo acto en la sede del Instituto Geológico y Minero de España, tuvo lugar la toma de posesión del nuevo Subdirector del IGME, don Mariano Echevarría Caballero.

Presidió el acto el Director del Instituto Geológico, Sr. Fontanilla Soriano, y los Jefes de las distintas Divisiones del citado Instituto.

El Sr. Echevarría viene a suceder en el puesto a don Carlos Felgueroso Coppel, que desempeñó dicho cargo desde enero de 1975 y que cesa ahora a petición propia.

ultimarlas y poderlas remitir a imprenta. En la reunión cuatrienal de París de 1978 se insistirá con la idea de ultimar los detalles del nuevo criterio más amplio de leyenda y nota explicativa. Los detalles de la representación de las hojas marinas, se espera ultimarlos en una reunión de los países afectados a celebrar en el Reino Unido en 1979.

La próxima sesión plenaria se espera celebrarla en París en 1980, si fuese la sede del Congreso Geológico Internacional.

Fue opinión general celebrar una reunión plenaria extraordinaria en Bolonia en 1981, conmemorativa del centenario de la que fue base para lanzar la primera hoja del mapa.

La sesión de clausura fue presidida por el Académico López de Azcona como Presidente de la Comisión Organizadora, de quien transcribimos un resumen de su intervención.

Agradezco la participación de colaboradores tan notables, eficaces y entusiastas en esta Reunión de Trabajo, clausurada con este acto, y me alegro del importante progreso logrado en la reunión de Madrid.

Podéis estar seguros de que en España la Comisión Nacional de Geología, como Organismo competente en las relaciones internacionales de la geología, queda a disposición así como quienes hemos colaborado en esta segunda edición del mapa para cuantas colaboraciones precise la formación de la Carta Geológica Internacional de Europa y Países Mediterráneos. Mucho más alegre considerar como inmediata la finalización de las dos hojas que faltan de la Península Ibérica, coordinadas la parte española por el Prof. Fontboté.

En nombre de las autoridades españolas, les felicito por la labor realizada, les doy un cordial saludo y declaro clausurada esta reunión de trabajo.

El nuevo Subdirector del Instituto es Dr. Ingeniero de Minas, perteneciente a la plantilla no escalafonada de Ingenieros del IGME, único centro en el que ha desarrollado toda su actividad profesional. Jefe de la División de Geotecnica, desde su creación ha desarrollado en este campo una extensa labor. Entre los últimos programas realizados, destacamos, por coincidir además con la finalización de su publicación, el Mapa Geotécnico General de España, E. 1:200.000; el de Rocas Industriales, a la misma escala; así como el Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial, a E. 1:100.000.

## Noticias

### MINERIA

#### INVESTIGACIONES DE LA DIVISION DE MINERIA DEL IGME CON CARGO AL II PLAN DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL A TRAVES DEL PLAN NACIONAL DE MINERIA

##### A) *Estimación de las reservas de mineral de hierro en el área de Almohaja - Sierra Menera - Pedregales.*

A lo largo de tres años se han realizado trabajos de geología, geofísica, calicatas y sondeos, sobre una superficie de unas 40.000 hectáreas, que se han cartografiado a 1:25.000, y 18.400 hectáreas, a 1:10.000, utilizando cartografía geológica existente.

Se han abiertos calicatas con un volumen de 4.200 metros cúbicos de tierras y se han estudiado 2.300 muestras, practicando sobre ellas diferentes ensayos, petrológicos, químicos, metalogénicos, espectrográficos y de rayos X, así como pruebas de concentración y enriquecimiento. También se han perforado unos 7.000 metros de sondeo en las áreas favorables.

Estas investigaciones nos han permitido aumentar las reservas de óxidos, pero han puesto de manifiesto un gran yacimiento de magnesita y dolomías, que vienen a incrementar el potencial minero de la zona.

Una vez terminados los trabajos, se está sintetizando la información recogida para su publicación resumida.

##### B) *Estimación de reservas de minerales de hierro en Vizcaya.*

Durante los tres últimos años se han desarrollado investigaciones que, teniendo en cuenta todos los antecedentes geológico-mineros existentes, han permitido obtener una cartografía geológica detallada de cinco zonas, escogidas entre las que ofrecían mejores posibilidades: Sureste de Bilbao, Somorrostro, Sopuerta, Dícido y El Hoyo-Covaron. En todas ellas se han perforado sondeos de reconocimiento.

Los trabajos se han encaminado esencialmente a la determinación de carbonatos en profundidad, ya que la minería anterior ha agotado, prácticamente, los óxidos superficiales.

Al Sureste de Bilbao, aunque las posibilidades teóricas de carbonatos en profundidad eran buenas, no se detectó ninguna masa de interés. Sin embargo, próximas a la superficie, aunque no aflorantes, se han evaluado 1.500.000 toneladas de óxidos.

En la zona de Somorrostro, los datos obtenidos con los sondeos perforados por el Instituto Geológico y Minero, unidos a la reinterpretación de los anteriormente realizados, al reconocimiento obtenido por la cartografía geológica y a los datos mineros suministrados por las empresas de la zona, han permitido estimar un total de 50.500.000 toneladas de carbonatos de hierro de buena calidad.

En el área de Sopuerta, los sondeos perforados por el Instituto Geológico y Minero en la prolongación de la masa mineralizada en torno a la falla Safo y hacia San Pedro de Galdames, han permitido evaluar una masa de 16.200.000 toneladas de carbonatos, de mediana calidad, ya que su ley en hierro es del orden del 30 por 100 y el contenido en SiO<sub>2</sub> del 10 por 100.

Terminados los trabajos y el informe final, se procede a preparar la publicación resumida del estudio total.

#### LAS "FUENTES METALICAS" DE LOS MINERALES DE LOS NODULOS DE MANGANESO

El "Valdivia" ha descubierto el pasado enero, cuando exploraba los yacimientos de nódulos de manganeso del Pacífico, fuentes de agua caliente que brotaban del fondo de las zonas marinas abisales, a 4.800 metros de profundidad y a unos 600 kilómetros al Sudoeste de Hawaii, con temperaturas de 28 grados en las proximidades del fondo del mar, cuando lo normal es que a tales profundidades oscilen las temperaturas entre tres y cuatro grados. Se sospecha que los brotes de agua termal en los fondos abisales pudieran estar relacionados con la formación de los nódulos de manganeso.

En un segundo viaje realizado en febrero, el "Valdivia" no detectó temperaturas tan elevadas, si bien en tres lugares distintos se llegó a 8,9 grados, señal de la existencia de fuentes termales submarinas.

En la "zona de fuentes termales" del Pacífico se han realizados sondeos por el "Valdivia" en la capa sedimentaria del fondo, extrayendo siete núcleos de longitudes variables que llegaban hasta los 14 metros, y se trata de sedimentos abisales algo endurecidos y una coloración rojo-pardusca.

Tales hallazgos indican que con esas fuentes termales abisales se puede haber descubierto también el origen del contenido sorprendentemente alto en metales de los nódulos de manganeso que se encuentran a tales profundidades, níquel y cobalto en cantidades que probablemente permiten un aprovechamiento rentable de las mismas, constituyendo en total reservas de cientos o incluso de

miles de millones de toneladas en estos metales de tanto valor. Se ha formulado la hipótesis de que todos esos metales proceden, por aportación constante, del vulcanismo de los mares abisales.

El manganeso y el resto de los metales de las profundidades abisales del Pacífico podrían proceder de zonas de dislocación de la corteza terrestre, fraccionándose a partir de allí por medio de transformaciones químicas para volver a acumularse en los nódulos de manganeso. A ello parecen aludir las acumulaciones masivas de manganeso descubiertas por los científicos del "Valdivia" en la cima de una montaña sumbarina que se alza a unos 1.000 kilómetros al Sur de Hawaii. De la cúpula de basalto de este antiguo volcán se extrajo un trozo semiesférico de manganeso con un diámetro de 80 centímetros y un peso de 80 kilogramos. Se trata probablemente de la concreción de manganeso más pesada que se ha extraído hasta aquí del fondo del mar.

## AGUAS SUBTERRANEAS

### DECLARACIONES DEL DIRECTOR GENERAL DE MINAS SOBRE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y CAPACIDAD DE LOS ACUIFEROS

"En unos doscientos mil millones de metros cúbicos se calcula el almacenamiento de los embalses subterráneos, o sea, unas cinco veces la capacidad actual de almacenamiento de los embalses superficiales, que es del orden de los cuarenta mil millones de metros cúbicos", según declaraciones del director general de Minas, don José Sierra López.

El señor Sierra destacó la importancia de las aguas subterráneas, a las que valoró desde dos puntos de vista diferentes: el cualitativo y el cuantitativo.

Señaló también el director general de Minas que los acuíferos constituyen verdaderos embalses naturales que pueden utilizarse de manera similar a los de superficie. O sea, extrayendo de ellos el agua en período de escasez y dejando que se recuperen en las épocas de abundancia, lo que constituye un volante de seguridad para el abastecimiento del país.

Otra de las características de los acuíferos lo constituye la gran extensión superficial, que se calcula en millares o decenas de kilómetros cuadrados, según un estudio hecho por el Instituto Geológico y Minero de España. "Esta extensión —dijo— permite en muchos casos que el alumbramiento de aguas se haga en el mismo lugar de la demanda o muy próximo a él, con lo que se evitan cuantiosos gastos de desplazamiento y de obras. Un ejemplo de esta economía se encuentra en la factoría de Sagunto."

También destacó el señor Sierra que las aguas subterráneas están mejor protegidas, o sea, menos contaminadas, lo que las capacita con carácter prioritario para el consumo humano.

Por último, dijo que se están llevando a cabo planes de investigación y aprovechamiento con una inversión de mil millones de pesetas.

### PLAN DE URGENCIA DE ABASTECIMIENTO POR AGUAS SUBTERRANEAS

Incluimos a continuación un artículo del Diario "Informaciones" de Madrid, de Fernando F. Sanz, y que por su interés reproducimos.

"La larga y extensa sequía que en los dos últimos años han padecido determinadas regiones de nuestro país agravó la situación no sólo de los rendimientos agrarios, sino la de los propios abastecimientos urbanos, siendo numerosas las poblaciones en las que ha habido que imponer severas restricciones de agua.

Ante esta situación, la labor del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas, realizada durante el III Plan de Desarrollo, ha permitido poner en marcha un Plan de Urgencia de Abastecimiento, con dicho tipo de aguas, para una serie de núcleos urbanos, cuya situación presenta acusado déficit de suministro.

El programa, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España, consistió, primero, en realizar un inventario selectivo de las necesidades de agua para abastecimiento público en las provincias más necesitadas, analizando las posibilidades de atender dicho abastecimiento con aguas subterráneas.

Se estableció un orden de prioridad de acuerdo con las deficiencias existentes y su agravación en un futuro previsible; se buscó en segundo lugar la diversificación de las fuentes de abastecimiento a núcleos importantes para prevenir los riesgos de contaminación accidental, y, por último, se estudió la forma de sacar el mayor rendimiento a las inversiones.

Teniendo en cuenta estos criterios, se han clasificado los núcleos urbanos en dos grandes grupos:

En el primero se han incluido aquellos en los que existen problemas de abastecimiento grave, que se acentuarán en el futuro, dado el contexto socioeconómico que presentan y para los cuales existen soluciones económicas favorables debido a las disponibilidades en recursos subterráneos. En esta categoría se han incluido algunas poblaciones, cuyas necesidades de abastecimiento revisten especial urgencia, aunque las soluciones presentan ciertas dificultades técnicas o económicas.

El segundo grupo comprende los núcleos de población con problemas menos graves o cuyas soluciones presentan dificultades técnicas o costes particularmente elevados.

El programa se propone abastecer en el cuatrienio que ahora comienza a los núcleos urbanos encuadrados en el primer grupo, dejando para una etapa posterior a los del segundo.

En esta primera fase de actuación, que puede considerarse como una acción de urgencia tendente a remediar situaciones que no admiten demora y al mismo tiempo no representan un esfuerzo económico desproporcionado, está prevista la actuación para abastecer a 510 núcleos urbanos, con un presupuesto total de aproximadamente 780 millones de pesetas de 1975.

Dentro de la planificación efectuada no estaba previsto comenzar este programa de abastecimiento hasta el presente año, pero la ya comentada circunstancia de la sequía motivó que numerosas poblaciones que se encontraban en una situación difícil de falta de agua pidieran la ayuda de la Administración.

De esta manera, el IGME inició con carácter de urgencia una actuación, seleccionando los casos más acuciantes. Se seleccionaron los correspondientes proyectos para la ejecución de captaciones en unas veinticinco poblaciones de las provincias de Sevilla, Huelva, Málaga, Albacete, Ciudad Real, Guadalajara, Alicante, León y Santander, así como en Melilla. Otras obras de captación se destinaron a la resolución de problemas específicos, como los del aeropuerto de Málaga, donde se tuvo la fortuna de alumbrar un caudal de 50 litros por segundo de agua de buena calidad en un pozo realizado a pocos metros de la torre de control; el abastecimiento de la Escuela Naval de Marín y el de la IV Planta Siderúrgica de Altos Hornos del Mediterráneo.

El total de actuaciones fue de 29, se resolvió el problema de abastecimiento de 22 municipios y de la Comunidad de Aguas del Sorbe, con una inversión de sólo 44 millones de pesetas. La población abastecida es de 545.000 habitantes, aunque —como es natural— no en todos los puntos los resultados han sido los mismos, si bien hay que puntualizar que en las zonas previamente investigadas exhaustivamente por el P. I. A. S., el porcentaje de aciertos en los sondeos ha sido del 100 por 100, no sólo en cuanto a la ubicación de los pozos, sino de los caudales previstos.

En cuanto a logros obtenidos, aparte los citados, cabe añadir los de La Robla, que en época de estiaje tan sólo tenía agua para dos horas diarias, y se ha conseguido un caudal suplementario de 20 litros por segundo; el caso de la Comunidad de Aguas del Sorbe —abastecimiento a la ciudad de Guadalajara—, que en período de estiaje tenía un déficit de 300 litros por segundo, y que ha conseguido ver aumentado su caudal por alumbramiento de agua subterránea en otros 150 litros por segundo; Carmona, la ciudad de triste memoria en los sucesos acontecidos por la falta de agua, donde se han alumbrado

dos pozos de 18 y 25 litros por segundo, y otros, que evidencian la afirmación tantas veces repetida, de que la investigación es rentable.

## GEOFISICA

### PREVISION DE TERREMOTOS

El geólogo alemán Laubmeyer comenzó en 1933 a usar las mediciones del contenido en gas del subsuelo como una especie de herramienta geológica en las prospecciones en busca de petróleo y gas natural. En 1969 registró por vez primera extraños cambios. El contenido en gas, que normalmente oscila entre un 0,2 y un 0,3 por 100, ascendió en el transcurso de unas pocas semanas a un 2 por 100 aproximadamente. Poco después, el 26 de febrero de 1969, se registró un terremoto en el Jura de Suabia, al cabo del cual volvió a disminuir el contenido en gas, si bien antes de los temblores póstumos se incrementó otra vez hasta llegar a un 1,2 o un 1,3 por 100.

Parece, pues, que en las zonas rocosas donde se acumulan las tensiones de los movimientos sísmicos, se forman grietas muy finas por donde sale el metano, abundante en el subsuelo, con un aumento del nivel de este gas.

El doctor Werner Ernst fue designado en 1973 profesor invitado de la Universidad de San José de Costa Rica, donde realizó junto con el Servicio Geológico costarricense las mediciones correspondientes, y pudo comprobar que tales síntomas son también en Costa Rica anuncio de terremotos, y la existencia de una relación entre el contenido en gas del aire en contacto con el suelo y las erupciones volcánicas. El subsuelo de ese país eminentemente volcánico contiene más anhídrido carbónico que metano. En las zonas sísmicas principales pueden llegar a medirse en el aire en contacto con el suelo hasta un máximo de un 3 por 100 de metano y de un 12 por 100 de anhídrido carbónico.

El profesor trazó una red de cuatro observatorios que abarcan las zonas peligrosas más importantes, y el "Observatorio cero" de San José, zona relativamente tranquila donde pueden realizarse mediciones comparativas para distinguir las modificaciones del contenido en gas del aire en contacto con el suelo debidas a oscilaciones de la presión atmosférica. Esos observatorios miden el contenido en gas del aire en contacto con el suelo, la temperatura y la acidez de los lagos de los cráteres, los cuales experimentan también cambios antes de las erupciones, como enseñan las experiencias japonesas al respecto.

Complemento de este estudio es la posibilidad de descubrir las zonas de peligro inminente de terremotos o

erupciones volcánicas por los procedimientos de explotación biológica, ya que los cambios del contenido en gas del suelo parecen afectar al desarrollo de las plantas, principalmente en la coloración de las hojas. Parece que, efectivamente, existe una relación de causa a efecto entre la gasificación de las plantas y la coloración de sus hojas.

#### ENFRIAMIENTO DEL GLOBO TERRESTRE

Las estaciones meteorológicas repartidas por todo el hemisferio Norte están registrando un enfriamiento gradual del globo terrestre, iniciado hace veinticinco años. Como las estaciones meteorológicas instaladas en el hemisferio Sur son mucho más escasas, sus datos no se habían confrontado debidamente y se pensaba que el enfriamiento se extendía a la totalidad de la Tierra. Pero un análisis de los datos facilitados por la Universidad de Otago, de Nueva Zelanda, con observaciones meteorológicas, algunas de las cuales se remontan hasta 1870, han permitido establecer que el clima comenzó a endurecerse hacia principios de siglo, siendo el período más frío el comprendido entre 1900 y 1935. A partir de entonces, la situación mejoró de nuevo y las temperaturas medias actuales en Nueva Zelanda son en 1° C mayores que en dicho año de 1935. Lo mismo reflejan otros parámetros meteorológicos, coincidiendo en ello no sólo las observaciones procedentes de Nueva Zelanda, sino las de Australia y Suramérica. Estos hechos se interpretan en el sentido de que cuando en el hemisferio Norte se registra un enfriamiento climatológico, en el hemisferio Sur ocurre justamente lo contrario.

#### ENERGIA

##### EL ENIGMA DEL LAGO AFRICANO DE KIWU

Las aguas del lago de Kiwu (Africa Central), contienen unos 60.000 millones de metros cúbicos de gas natural, cuyo valor energético equivale al de 60 millones de toneladas de petróleo.

Desde hace decenios se sabe que este extraño lago, con profundidades de más de 500 metros y carente prácticamente de vida animal, posee grandes cantidades de gas a profundidades superiores a los 275 metros. Además de cantidades menores de gas de nitrógeno, cada metro cúbico de agua contiene 0,35 metros cúbicos de metano, y dos metros cúbicos de anhídrido carbónico. Hace diez años se inició la primera operación de extracción de gas del lago de Kiwu. Para ello se tendió en Gisenyi, en la orilla septentrional, un tubo de extracción que llegaba

hasta una profundidad de 300 metros, poniendo en marcha un sistema de autobombeo mediante la elevación del agua al extremo superior del tubo. Tras la reducción de la presión, el gas disuelto en el agua se concentraba en el extremo del tubo y llega por sí mismo a la superficie del lago.

Al gas así extraído se le priva en parte del anhídrido carbónico y se usa para calentar las calderas de una fábrica de cerveza.

Dos son las hipótesis que se manejan hoy para explicar el origen del gas del lago de Kiwu. Primera, como gas de fermentación formado, naturalmente, en los cienos del fondo de los lagos de aguas cálidas y abundantes en nutrientes y cuya agua profunda carece de oxígeno, que es el que evita en los lagos "sanos" de las latitudes más septentrionales la aparición de gas de fermentación. Segunda, de origen volcánico. Los alrededores y, probablemente, el subsuelo del lago de Kiwu, son muy volcánicos, existiendo, pues, la posibilidad de que lleguen al agua del lago gases como consecuencia de erupciones volcánicas subterráneas.

La creencia de los científicos del Instituto Federal de Geociencias y Materias primas es que al metano puede considerarse como un producto de desintegración de los cienos del fondo y al anhídrido carbónico asignarle un origen volcánico. Si se confirmase que el metano del agua del lago de Kiwu es un gas de fermentación, podría confiarse en su regeneración constante, ya que se produce continuamente una masa de plantas muertas que llega al fondo del lago, donde se transforma en gas de fermentación.

#### LA ENERGIA GEOTERMICA

Supuesto un enfriamiento del subsuelo hasta una profundidad de 5.000 metros, a una temperatura de 100 grados celsius, se liberaría una cantidad de energía equivalente a multiplicar por 3.000 el consumo actual de energía durante un año. Al extraer este calor del subsuelo con métodos rentables, dispondríamos de unas reservas energéticas propias prácticamente inagotables.

Llegan los expertos a la conclusión de que su aprovechamiento quedará limitado a los lugares donde se den anomalías geotérmicas, producidas por procesos volcánicos, o en conexión con reservas de aguas termales.

La producción de electricidad a partir de la energía geotérmica no es posible si no se consigue aprovechar en gran escala el calor acumulado en el roquedo seco, con la producción artificial de amplios sistemas de grietas, a través de los cuales se pueda promover la circulación de agua introducida en los mismos a presión. En la superficie de esas grietas, formada por rocas calientes, se calienta también el agua que circula por ellas.

#### PLANTA PARA LA EXPLOTACION DE UN YACIMIENTO GEOTERMAL EN BARCELONA

Un importante yacimiento de energía geotermal ha sido hallado por los investigadores de la empresa S.I.P.S.A. (Sociedad Investigadora Petrolífera, S. A.), en las proximidades de Barcelona y en el término municipal de San Cugat del Vallés.

Hasta el momento se ha procedido a la apertura de dos pozos de unos 200 metros de profundidad, de los que se obtiene un caudal de siete millones de litros diarios, a una temperatura de 60 grados centígrados. Los primeros trabajos de prospección parecen indicar que las posibilidades del área son mucho mayores en cuanto a caudal y temperatura.

En los próximos meses será puesto en explotación el yacimiento, convirtiéndose en la primera planta para la explotación de recursos geotermales en España.

#### CARBON PARA LAS TERMICAS

Incluimos a continuación un artículo del insigne Dr. ingeniero de Minas, don Enrique Dupuy de Lôme, aparecido en el Diario "Informaciones" de Madrid y que por su interés reproducimos.

Bien es sabido el gravísimo problema que para nuestro país representa su excesiva dependencia del petróleo y el gas importados en cuanto al abastecimiento de energía. La enorme subida de los precios del petróleo desde 1973 ha desequilibrado nuestra balanza de pagos y ha sido el punto de partida de la actual crisis en la que, dígame lo que se diga, todavía no hemos tocado fondo.

Pero, además, se anuncia una nueva subida en el precio del petróleo para finales de año, cuyo impacto negativo en nuestra balanza comercial es muy probable sea superior a los 500 millones de dólares, y es de temer que si la reactivación de la economía mundial incrementa de nuevo la demanda de petróleo, estas subidas se seguirán produciendo periódicamente.

De todos son conocidas las cifras de la distribución de nuestro abastecimiento energético a lo largo de las últimas décadas y cómo paulatinamente fuimos pasando de una situación en la que la energía hidráulica y el carbón eran fuentes mayoritarias de nuestra energía, a la actual, en que estos dos recursos energéticos, los únicos nacionales de que disponemos en abundancia, han pasado a representar un papel minoritario, y dependemos en gran medida de los hidrocarburos importados.

El Programa Energético Nacional prevé a largo plazo la construcción de centrales nucleares, y gracias a ellas y mediante costosísimas inversiones, conseguiremos no incrementar grandemente las cifras absolutas de nuestras importaciones de petróleo, pero no evitaremos el seguir dependiendo del exterior en cuanto a nuestro aprovisionamiento de fuentes energéticas.

La situación, hoy por hoy, parece difícilmente reversible, pero sí valdría la pena una ponderada reflexión sobre una serie de equivocaciones que nos han llevado al punto donde estamos, siquiera fuese para que ello nos permita no repetirlos en el futuro.

No puede negar el autor su interés en este debate, por cuanto que una parte de su actividad profesional se halla estrechamente ligada con la producción de carbón, pero esto le permite también disponer de elementos de juicio para poder tratar el tema con suficiente conocimiento de causa.

*De todos es sabido que las reservas españolas de combustibles sólidos son muy importantes y permitirían atender durante muchos años a una demanda más de diez veces superior a la actual.*

No se pretende cansar al lector con cifras sobre cubriciones de nuestras diferentes cuencas carboníferas en las distintas regiones productoras, pues se encuentran al alcance de todos, tanto en el Plan Nacional de la Minería como en los múltiples y detallados estudios realizados hasta la fecha por los organismos del Ministerio de Industria.

No se trata, pues, de que no dispongamos de carbón suficiente para una producción anual, incluso, como decimos, diez veces superior a la actual, sino de que seamos capaces de producirlo. Y es indudablemente que *si nuestro país pudiera plantear seriamente una producción de energía térmica basada en el consumo de carbón, del orden de diez veces superior a la que actualmente existe, ello significaría un porcentaje muy importante del total de nuestra balanza energética y una liberación casi absoluta de la losa que de forma, hoy irreparable, supone para nuestra economía la dependencia de los hidrocarburos importados.*

Dicho así, a primera vista, la hipótesis de decuplicar nuestra producción de energía térmica basada en carbón parece una fantasía irrealizable, ya que el llegar a doblarla en el futuro supondría de por sí un esfuerzo muy considerable.

Pero esto podría haber sido muy diferente si desde hace veinte años se hubiese seguido una política realista en relación con la producción nacional de combustibles sólidos, en lugar de encaminar la economía del país hacia una dependencia casi exclusiva del petróleo importado.

Al carbón no lo ha entendido casi nadie en España en los últimos decenios, y las pocas pero ilustres voces que en su defensa se alzaron durante este período no hicieron sino clamor en el vacío.

Solamente a partir de los últimos años, y cuando las orejas del lobo estaban tan próximas que era imposible el no verlas, han sido adoptadas las primeras medidas serias y coherentes sobre una política carbonífera, y sus resultados alentadores no se han hecho esperar.

El primero y gran disparate nacional en cuanto a la política del carbón ha sido el de los precios.

Los precios políticos del carbón, artificialmente bajos, se destinaron primero a proteger el transporte en ferrocarril, cuando aquél era todavía accionado por máquinas de vapor. Seguidamente, los precios oficiales terriblemente bajos de la hulla protegieron la producción de energía eléctrica de base térmica y al mismo tiempo, hasta nuestros días, la producción siderúrgica.

Todos estos sectores pudieron así desarrollarse en una parte sustancial a costa del carbón, pero ello trajo consigo el hundimiento de nuestra industria carbonífera.

Las grandes minas españolas de carbón fueron descapitalizándose, no se invirtió en nuevas explotaciones ni en el desarrollo de las existentes, lo que habría sido imprescindible, y de esta forma se llegó a una situación catastrófica que condujo de manera inevitable a la creación de HUNOSA para salvar lo poco salvable de nuestra industria hullera.

Y a pesar de los ingentes esfuerzos realizados y del crematorio que para tantos de nuestros más brillantes profesionales ha sido y seguirá siendo HUNOSA, no sólo no ha podido aumentarse prácticamente la producción de hulla, sino que las pérdidas de HUNOSA son cada día más elevadas y gravitan fuertemente sobre la economía del país.

Las minas de carbón han ido, además, despoblándose, y este fenómeno es hoy día muy difícilmente reversible.

Surge entonces aquí otra faceta, prácticamente inédita del problema, pero cuya significación no puede ser silenciada.

Nuestras capas de carbón son muy difícilmente mecanizables, y ello obliga al empleo en la industria carbonífera de un elevado porcentaje de mano de obra, hasta el extremo de que la participación del personal en el costo total de una tonelada de hulla o antracita es en general superior al 70 por 100.

Este proceso del despueblo de nuestras minas podría haber tenido incluso un significado positivo en aquellos tiempos pasados, en que se estaba próximo a alcanzar el deseado objetivo del pleno empleo pero en estos momentos en que el fenómeno del paro ya no es un fantasma, sino una realidad tangible significa una triste consecuencia de una política equivocada.

Si para mantener las cifras actuales de empleo es necesario que el producto nacional crezca a niveles superiores al 5 por 100 anual, y si éste es ahora un objetivo difícilmente alcanzable, no cabe duda de que el desarrollo de una industria como la de la extracción del carbón, que requiere tan elevado porcentaje de mano de obra, debiera ser un objetivo primordial.

Y hay que pensar en que (sin olvidar la inevitable dureza que el trabajo en las minas de carbón representa), las condiciones de salubridad y seguridad en las modernas explotaciones de carbón son muy superiores a las

que existían en el pasado, y pueden seguir mejorándose grandemente.

Lo que sí es necesario es que un trabajo duro y difícil como lo es el de las minas del interior obtenga unas remuneraciones elevadas que compensen de estas circunstancias, y sobre todo una política social que permita que el trabajador minero, una vez dedicada a esta tarea una parte de su vida pueda obtener a la edad conveniente unos niveles de retiro o de compensaciones sociales que le permitan afrontar su futuro en otro género de actividad más moderada.

Es decir, en síntesis, una política social, inteligente y realista aplicada a la minería de interior.

Pero todo esto representa un costo, y este costo ha de reflejarse en los precios del carbón, lo cual, salvo contadísimos períodos de exención, no ha tenido lugar hasta la fecha.

Ha bastado que en los años recientes se haya dado un impulso a los precios del carbón térmico y se haya establecido un cierto clima de confianza en cuanto a que esta política podría seguir hacia el futuro, para que la producción nacional del carbón para centrales térmicas haya reaccionado, hasta el extremo de que son ya muchas las centrales españolas que a pesar de funcionar a pleno rendimiento tienen hoy grandes "stocks" de carbón, cuya financiación empieza a presentar serias dificultades. Podría incluso darse la paradoja de que mientras algunas centrales térmicas en base a carbón se vean forzadas a limitar su recepción de combustible, frenando así la actividad de las minas, en otras centrales térmicas que puedan utilizar indistintamente carbón o fuel, se siga quemando fuel importado en lugar de carbón nacional.

Se han llevado voces airadas en contra de las proyectadas importaciones de carbón térmico extranjero. Creemos que podemos discrepar de esta protesta, puesto que en general, el carbón térmico que se importa se hace mediante contratos bilaterales que fomentan la exportación de productos nacionales, mientras que el petróleo importado debe, casi sin excepción, pagarse en dólares contantes y sonantes.

#### Centrales térmicas.

Una de las medidas más urgentes en cuanto a política energética es la de impedir la construcción de nuevas centrales en base a fuel-oil y obligar a todas las centrales térmicas mixtas a quemar carbón, ya sea nacional, si éste es suficiente, o bien importado, si nuestra producción no llegara a bastar.

Pero, repetimos, todas las medidas aisladas que se produzcan en relación con el carbón nacional tendrán efectos débiles y poco duraderos si no se insertan dentro del contexto de una política nacional de combustibles sólidos a largo plazo, con objetivos realistas claramente definidos y debidamente garantizados.

Si los productores nacionales de carbón tuvieran la seguridad a largo plazo de que su producción va a ser adquirida en su totalidad y lo va a ser a precios suficientemente remuneradores para permitir:

a) Remunerar al personal en la forma adecuada.

b) Cubrir los elevados costes sociales de la minería de interior.

c) Realizar las costosas inversiones que la preparación de las minas requiere y que la puesta en explotación de nuevos yacimientos exige.

d) Permitir la capitalización de sus empresas y cubrir el porcentaje de riesgo de toda explotación minera.

La producción nacional de combustibles sólidos podría crecer vertiginosamente.

La magnitud de nuestras reservas de carbón, la calidad de nuestros cuadros técnicos y la gran experiencia de nuestros empresarios hace esto perfectamente posible.

En caso contrario, es decir, si persiste la política de precios bajos y de falta de directrices y garantías hacia el futuro, nuestra minería de combustibles sólidos no podrá subsistir, y ello representará la desaparición de una industria nacional en la que el valor añadido es superior al 90 por 100.

## HIDROCARBUROS

### LA EXPLORACION Y EXPLOTACION PETROLIFERA EN EL PERU

El Gobierno declaró disponibles para exploración y explotación petrolífera, mediante el sistema de contrato de operaciones, un conjunto de lotes ubicados en el zócalo continental y en la región de la selva norte, central y sur. Asimismo, declaró disponibles los lotes devueltos al Estado por la suelta de áreas y se convoca a licitación internacional la ejecución de las operaciones de recuperación secundaria de los yacimientos de la Brea y Paríñas, Lobitos, El Alto y los Organos.

### MAS PETROLEO GRACIAS A LOS MICROORGANISMOS

Cultivos de bacterias producen una sustancia de drenaje. Método biotécnico de extracción secundaria.

Cuando la presión del gas natural o la presión artesiana se agota, está todavía en los campos petrolíferos una cantidad considerable del crudo. Para poder seguir extrayendo ese petróleo se recurre a medidas secundarias que aporten la energía necesaria, como introducción de agua en la formación petrolífera, pero este sistema hidráulico no consigue tampoco una extracción total del petróleo resi-

dual, debido a las tensiones capilares y superficiales. Para eliminar estas fuerzas de atracción usan líquidos tensoactivos semejantes a los detergentes, muy sensibles a los cambios del agua de los yacimientos y de fabricación cara.

El profesor Fritz Wagner, encomienda esta operación en casi su totalidad a microorganismos, alimentados también de petróleo y productos al mismo tiempo de ácidos y detergentes muy aptos para la desorción.

Los minúsculos productores de micobacterias, nocardios e individuos del género Pichia se crían previamente en el exterior. Todos ellos son aerobios, es decir, dependen del oxígeno del aire y se caracterizan por tasas de crecimiento muy elevadas, con lo que aumenta también la producción de las sustancias que mejoran el drenaje. La cría de los cultivos se realiza a temperaturas de 10 a 37 grados celsius en un caldo regulado en el grado de acidez por una mezcla de agua y petróleo y una solución de amoníaco. Concluido el crecimiento, se filtra y se evacua la masa celular surgida de la mezcla en cuestión, la cual puede utilizarse además como aditivo de piensos o para la producción de abono. El petróleo restante se separa también del caldo de cultivo y posee incluso propiedades frigoríficas mejoradas, ya que los microorganismos se han encargado de devorar en él las parafinas fácilmente solidificables con 10-24 átomos de carbono.

El caldo de cultivo que contiene las sustancias que mejoran el drenaje se hace llegar al pozo por tubería del agua de inundación. Dentro de él estimula la formación de una mezcla de petróleo y agua, extraída por el orificio de producción. Una pequeña cantidad se desvía para volver a desarrollar la próxima generación de microorganismos.

Las raciones de petróleo consumidas por los microorganismos son muy pequeñas en comparación con las cantidades supletorias de petróleo obtenidas con la ayuda de este método.

Actualmente están preparando pruebas para demostrar en un pozo de un campo petrolífero de la Sajonia Baja (Alemania Occidental), la confirmación en la práctica de los resultados favorables obtenidos a escala de laboratorio.

### EL PETROLEO SIBERIANO

El eminente geólogo soviético Andrei Trofimuk, del Instituto de Problemas Tecnológicos de la Física (Yarkutsk), ha dirigido una serie de trabajos de investigación, como resultado de los cuales se ha establecido una relación entre la posición que ocupaban las gruesas capas de hielo en la era glacial del Pleistoceno y la ubicación de los yacimientos petrolíferos que se están descubriendo masivamente en el oeste de Siberia.

Comparando las situaciones de los yacimientos petrolíferos conocidos con la de los glaciares en otros países, ha elaborado una teoría, según la cual las zonas más

prometedoras en cuanto a la posibilidad de encontrar yacimientos petrolíferos y de gas natural son aquellas que se encuentran en la periferia de los antiguos glaciares, especialmente las que han sufrido varias glaciaciones. La causa la atribuye a la presión geostática adicional que el hielo ejerció sobre las capas subterráneas (más de 270 Kg/cm<sup>2</sup> por encima de la normal), y que habrá tenido como efecto exprimir los fluidos en ellas existentes (petróleo, gas y agua) y provocar su acumulación en las zonas periféricas de estos glaciares.

#### SONDEOS PETROLIFEROS HASTA LAS CAPAS DEL DEVONICO EN LA REPUBLICA FEDERAL ALEMANA

El devónico constituye la formación geológica más profunda de Alemania, que ofrece perspectivas de hallazgo de yacimientos petrolíferos y de gas natural.

Hasta ahora, los yacimientos petrolíferos de la República Federal Alemana, cuya producción cubre apenas el 6 por 100 de la demanda de petróleo y el 50 por 100 de la de gas natural, procedían de formaciones geológicas más modernas que el "Devónico". El pozo más profundo de Alemania Occidental, el "Darching 1", situado en Baviera y propiedad de la firma Preussag (Hannover), tiene una profundidad de 4.412 metros. El nuevo pozo que se está perforando con intención de alcanzar capas devónicas (unos 7.000 metros) es el "Velpke Asse Devon 1".

Las razones de que hasta ahora no se haya intentado alcanzar estas profundas capas del período devónico son varias. Al aumentar la profundidad del sondeo, los costes se incrementan fuertemente y no de un modo lineal, sino cuadrático e incluso más. Las masas rocosas muy profundas son muy densas y poco porosas, como consecuencia de la presión alta a que están sometidas y de los procesos de cristalización que han experimentado; de aquí que sea menor la probabilidad de que contengan petróleo o gas natural. Las formaciones rocosas muy antiguas, que, a su vez, se encuentran a mayor profundidad, han estado más expuestas a los procesos tectónicos que pueden dispersar los yacimientos. El petróleo no es estable a profundidades grandes, debido a las temperaturas altas de estas capas, y que sólo podría, en todo caso, hallarse en forma de gas.

La República Federal Alemana se ha visto obligada a ampliar su radio de acción en la búsqueda de combustibles petrolíferos, a consecuencia de la decreciente producción de sus yacimientos y del decreciente ritmo de hallazgo de nuevos yacimientos.

No obstante, el programa de sondeos del devónico viene siendo preparado desde hace varios años. Se han realizado numerosos estudios geofísicos hasta profundidades de 10.000 metros, empleando los más modernos métodos, cuyo resultado indica que hay cinco zonas (Rehden, Balmsen, Wustrow y Velpke Asse) en las que

las capas profundas presentan anticlinales que pueden encerrar bolsas de gas natural y cuyas charnelas pueden alcanzarse con perforaciones de una profundidad comprendida entre los 7.000 y 7.500 metros. Tras un estudio concienzudo en la historia geológica del norte de Alemania, se eligió como primer punto de sondeo el de Velpke-Asse.

El riesgo de error es grande y conviene no olvidar que el coste de la perforación se estima en más de 10 millones de DM. El sondeo llegaba hace unos meses hasta una profundidad de unos 3.500 metros, y en el curso del mismo se encontró una inesperada capa de sedimentos volcánicos (lavas y cenizas) de un espesor no inferior a dos kilómetros, que no influirá sobre las posibilidades de éxito de la perforación.

#### HA COMENZADO LA CARRERA POR LA EXPLOTACION DEL FONDO DEL MAR

Se calcula que el 50 por 100 de las reservas mundiales de petróleo se encuentra en el fondo del mar. Actualmente procede de las zonas offshore el 18 por 100 de la producción mundial de crudos, calculándose que en 1980 se elevará dicha proporción al 25 por 100. A juicio de Heierhoff, ello significa un aumento de la producción anual offshore del orden de 500 a 900 millones de toneladas.

Concepciones claras han cuajado ya en plataformas flotantes de sondeos, plataformas de extracción para profundidades grandes, plataformas de licuación del gas natural, aparatos e instalaciones para su utilización submarina, sistemas polivalentes de inmersión, tendido de pipelines, terminal offshore con almacenamientos subterráneos en cavernas. En el fondo de los océanos yacen grandes cantidades de distintos tipos de minerales metálicos: aluviones y arenas de minerales pesados (titanio, cromo, circonio, tierras raras y diamantes) a profundidades máximas de 200 metros; cienos orgánicos con uranio a profundidades inferiores a los 150 metros; cienos con minerales metálicos relacionados con fenómenos volcánicos submarinos (hierro, manganeso, cobre, cinc y plata) a profundidades máximas de 2.500 metros, y a más de 4.000, nódulos de manganeso (manganeso, cobre, níquel y cobalto). En comparación con los yacimientos terrestres de minerales, las posibilidades de prospección en los marinos son, en parte, menos complejas. El inconveniente principal lo constituyen las concentraciones bajas de metales y la deficiente calidad de los minerales submarinos. Su explotación resulta casi siempre más difícil que en tierra. Ello, no obstante, considera las reservas marinas como "potencial minero del futuro", en el transcurso de la década de los 80 y a medida que se vaya perfeccionando la técnica offshore para la extracción de hidrocarburos —ambas tecnologías son muy similares—, podrán ponerse en explotación.

## MINERALURGIA

### MAYOR PRODUCCION DE ACERO EN EL PERU

La empresa SIDERPERU elevará su producción a cuatro millones de toneladas de acero por año, según anunció ayer el Presidente de dicha empresa. El Gerente de Planeamiento y Desarrollo destacó que los planes de expansión responden a la necesidad de atender la demanda interna de la industria y se ha considerado la conveniencia de elevar, en una primera etapa, la capacidad instalada a dos millones de toneladas métricas de acero, y en una segunda, a cuatro millones.

### METALURGIA MICROBIANA

Se conocen varias especies de bacterias, entre las que viven en el suelo, las cuales son capaces de oxidar los sulfuros de ciertos metales, como cobre, níquel, uranio, plomo y cinc, las cuales han contribuido activamente a la historia geológica de la Tierra, debido a que los sulfatos que han producido son fácilmente ionizables en estado disuelto. Tales bacterias, denominadas mesófilas porque trabajan a una temperatura de alrededor de 30° C, se están utilizando ya en Estados Unidos y Canadá para el beneficio de minerales de ley baja. Su ventaja principal reside en la economía de energía que permite su temperatura baja de trabajo, aunque esta ventaja queda muy disminuida por el inconveniente que supone la lentitud de las reacciones que realizan.

El Director del Departamento de Tratamiento Microbiano de Metales del "Warren Spring Laboratory", dependiente del Gobierno británico, buscó bacterias similares, que fueran capaces de realizar el mismo trabajo, pero a temperaturas más altas, confiando en que, al igual que ocurre en todos los organismos vivos, la mayor temperatura produjera una mayor actividad. Para ello determinó si en las fuentes termales existían bacterias del tipo de los "Thiobacillus oxidans" y, en tal caso, si sus metabolismos y, por lo tanto, sus procesos de oxidación, eran más rápidos. En 9 de las 10 muestras analizadas se encontraron bacterias capaces de oxidar sulfuros que trabajaban a un ritmo tres o cuatro veces más rápido que las bacterias mesófilas conocidas. Entre estas bacterias termófilas había especies capaces de oxidar sulfuros de níquel, de uranio, de cinc y de cobre. Las posibilidades que estas cepas ofrecen son incalculables.

El uso de las bacterias termófilas supone mayor consumo de energía que en el caso de las mesófilas. En efecto, aquéllas necesitan que el medio en el que trabajan se halle a una temperatura elevada. Gracias a que la reacción de oxidación que efectúan es exotérmica, este calentamiento bastaría con que fuera inicial. Para conservar la temperatura necesaria será preciso calori-

fugar los fermentadores, lo cual es un gasto adicional, compensado también porque, al ser mayor el rendimiento, el espacio de reacción podrá ser menor en un 65-75 por 100. Este es precisamente el trabajo que ha emprendido el "Warren Spring Laboratory": determinar la rentabilidad del proceso global de producción de bacterias termófilas y oxidación con ellas de los sulfuros minerales. Los resultados logrados hasta ahora parecen prometedores.

Una de las aplicaciones más inmediatas de las bacterias oxidantes, tanto de las termófilas como de las mesófilas, parece ser el aprovechamiento de los minerales agotados por otros procedimientos de beneficio, y de los almacenados hasta ahora en las escombreras.

Las perspectivas de éxito de las técnicas de metalurgia bacteriana son muy favorables. Tres factores principales impulsan su desarrollo. La creciente escasez y carestía de los combustibles fósiles. La urgencia de evitar, en lo posible, la contaminación del medio ambiente. Y la creciente escasez de yacimientos minerales de ley alta. Además, el tiempo juega a favor de estos nuevos métodos, puesto que los avances que se están registrando en el campo de la microbiología, contribuirán a su perfeccionamiento, desarrollo y rentabilidad, en medida igual o mayor que los factores económicos.

### EL HIDROGENO COMO COMBUSTIBLE PARA PROCESOS METALURGICOS

Las ventajas principales del hidrógeno como combustible para los procesos de metalurgia extractiva de metales no féreos son las siguientes:

- 1) Posibilidad de obtenerlo en cantidades ilimitadas a partir del agua.
- 2) Apenas produce contaminantes por combustión.
- 3) El empleo de hidrógeno no perjudica los ciclos de la Naturaleza.
- 4) Sus posibilidades de almacenamiento y transporte son mejores que las de la energía eléctrica.
- 5) Posibilidad de transformarlo en energía eléctrica mediante pilas de combustibles y otros medios.
- 6) Amplia gama de posibilidades de aplicación no sólo como combustible, sino como reactivo en los procesos de fusión.

A la vista de estas ventajas, resulta muy probable que el uso del hidrógeno como combustible suponga una verdadera revolución en el sector metalúrgico. Se puede contar, sobre todo, con que empiecen a desarrollarse procedimientos de metalurgia de sulfuros con empleo de hidrógeno, en los que cabe incluso que se obtenga el hidrógeno a partir de minerales sulfurados.

## REUNIONES CIENTIFICAS

COMISION DE HISTORIA  
DE LAS CIENCIAS GEOLOGICAS

Entre los días 16 y 25 de agosto de 1976, tuvo lugar en Sidney la reunión plenaria de la INHIGEO.

Con motivo de estas sesiones se presetnaron 13 comunicaciones, entre ellas figura la del Académico Sr. López de Azcona, titulada "INTRODUCCION DE LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA EN LOS PAISES DE LENGUA ESPAÑOLA". Comunicación con una información muy minuciosa, principalmente durante el período 1748 a 1898. Sorprendió a los participantes en la reunión, la labor realizada por España en este campo.

También tuvo interés para los españoles la comunicación del Dr. R. A. Petti de U.S.A., titulada "Observaciones geológicas de los principales exploradores españoles en el SW de América". Estas expediciones geológicas cubrieron ocho estados de los que hoy forman los Estados Unidos de Norteamérica.

En la elección del Consejo Rector de la Comisión fue designado por aclamación vocal por los países de habla española el Prof. López de Azcona. Prosperó la propuesta del Dr. López de Azcona, de la inclusión en el Consejo Rector de un representante de habla portuguesa, designándose por aclamación al Dr. De Barros e Carvalhosa de los Servicios Geológicos de Portugal.

En la elección de nuevos miembros correspondientes, se designó al Prof. Solé Sabaris de Barcelona, con esta los miembros españoles son: López de Azcona, Valle Menéndez y Solé Sabaris.

El Consejo indicó la conveniencia de crear en España una filial de dicha Comisión, encargada fundamentalmente de fomentar este tipo de investigaciones históricas.

XI CONGRESO INTERNACIONAL  
DE GALVANIZACION EN CALIENTE

Bajo el patrocinio de la European General Galvanizers Association (E.G.G.A.), organización internacional que agrupa a las asociaciones de investigación, desarrollo y promoción de la galvanización de la mayoría de los países europeos, y organizado por la Asociación Técnica Española de Galvanización (ATEG), se celebrará en el Palacio Nacional de Congresos y Exposiciones de Madrid, del 4 al 8 de octubre de 1976, el XI Congreso Internacional de Galvanización en Caliente.

## CONTAMINACION

LOS RESIDUOS ATOMICOS EN LA REPUBLICA  
FEDERAL ALEMANA

Los residuos radiactivos de los reactores, desechos radiactivos de las instalaciones de recuperación del combustible nuclear y los materiales estructurales activos de las centrales nucleares desmanteladas son los problemas más delicados que habrá que solucionar en el futuro.

Han tomado como fundamento para los pronósticos sobre los residuos, el rendimiento de las centrales electrónicas instaladas actualmente, así como el programa de construcción hasta 1981, que se conoce hoy día. Para los años entre 1982 y 1990 han empleado datos-pronósticos de la asociación alemana de centrales de electricidad, a los que, sin embargo, no se pudo subordinar ningún proyecto concreto de central atómica. De 1990 a 2000 calculóse un índice de incremento anual del rendimiento de las centrales electrónicas instaladas, de un siete por ciento aproximado, ya que actualmente sólo existen datos orientativos provisionales sobre ese período. De 1975 hasta el año 2000 se va a multiplicar el rendimiento de las centrales nucleares instaladas, que pasará de unos 3.500 megavatios a unos 140.000 megavatios.

Los residuos radiactivos brutos acumulados, líquidos y sólidos, de todas las centrales electro-nucleares de la República Federal Alemana, ascenderán en ese tiempo de 1.700 metros cúbicos a 478.000 metros cúbicos. De las centrales de recuperación, en las que los elementos consumidos de los reactores se separan de los productos de fisión y se los elabora para ser empleados nuevamente en los reactores, hay que contar igualmente con un incremento de los residuos acumulados de 1.500 metros cúbicos (1975) a 43.000 (1990).

A partir del año 2000 será cuando habrá que empezar a contar con residuos radiactivos provenientes de la paralización y desmantelamiento de centrales atómicas.

Por cada central habrá que eliminar entoces unas 8.000 toneladas de material activo, principalmente hormigón y acero. Pero se carece de centros de almacenaje para tal material "inmanejable". En opinión de los expertos no resulta aplicable el depósito subterráneo en una mina de sal.

Las experiencias realizadas hasta ahora sólo comprendían residuos débil o medianamente radiactivos. Los elementos altamente radiactivos, que empezarán a producirse a partir de 1987, provocarán graves problemas.

AGUA POTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES  
RADIATIVAS

La primera instalación de vaporización del mundo que trabaja con arreglo al sistema Böhler de flujo doble para la depuración de aguas residuales radiactivas, entró re-

## INVESTIGACION ESPACIAL

DESCUBRIMIENTO DE UNA GALAXIA VECINA  
DE LA VIA LACTEA

Con la ayuda de la nueva técnica fotográfica de rayos infrarrojos, han conseguido, científicos del Instituto Max Planck de Astronomía (Heidelberg), identificar un nuevo sistema estelar. La galaxia ha sido descubierta con el telescopio de 1,2 metros del Centro Astronómico Hispano-Alemán situado en la cumbre del Calar Alto (2.168 metros), en el Sudoeste de España. La montaña ha dado también nombre a la galaxia ("Calar Alto 1"), cuyo diámetro aparente es grande, por lo que probablemente se sitúa en la vecindad inmediata de nuestra Vía Láctea. Hasta la fecha, las masas de polvo de esta última la hacían pasar por un objeto impreciso de intensa coloración roja.

## EL CAMPO MAGNETICO DE JUPITER

El intenso campo magnético de Júpiter, dos veces superior al de la Tierra, había sido determinado mediante las emisiones de onda de radio decimétricas procedentes del planeta, que se atribuían a la radiación sincrotrónica de los electrones atrapados en este campo magnético. Las mediciones directas efectuadas con las sondas espaciales Pioneer 10 y 11, dieron lugar a la elaboración de dos modelos de campo magnético, que diferían considerablemente entre sí. En el Pioneer 10 se había montado un tipo de magnetómetro, y en el Pioneer 11, dos; uno igual que el del Pioneer 10 y otro diferente. El modelo, confeccionado con los datos del primer magnetómetro, correspondía a un campo básicamente dipolar, análogo al de una barra imantada, pero con momentos tetrapolar y octopolar superiores en un 20 por 100 y 15 por 100, respectivamente, al momento dipolar. Por el contrario, en el modelo elaborado por el otro magnetómetro, los momentos tetrapolar y octopolar eran superiores en un 45 por 100 para el primer componente y en un 91 por 100 para el segundo.

## ECONOMIA

NACIONALIZACION DEL HIERRO Y MANGANESO  
EN BOLIVIA

El Gobierno boliviano ha dispuesto la nacionalización de todos los yacimientos de hierro y manganeso del país, cancelando las concesiones otorgadas a favor de sociedades privadas tanto nacionales como internacionales. En lo sucesivo, la Corporación Siderúrgica Boliviana trazará las líneas a seguir en cuanto a explotación, industrialización y comercialización de estos dos productos.

cientemente en servicio en la central nuclear de Neckarwestheim (777 megavatios). La instalación puede transformar horariamente dos metros cúbicos de agua radiactiva en agua potable. La depuración alcanza una proporción del 1:5.000.000.000, lo que significa que su grado de pureza es superior al del agua potable de mejor calidad.

## NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

BOYA COMO PUNTO DE REFERENCIA PARA  
LA DETECCION DE MINERALES SUBMARINOS

La exploración en busca de los minerales abisales que contienen principalmente los nódulos de manganeso del fondo del mar se desarrollan casi exclusivamente en las inmensidades del Pacífico, a profundidades que oscilan entre los 5.000 y los 6.500 metros. Esta labor requiere un sistema muy preciso de localización, posibles con un margen de error de unas decenas de metros, mediante la ayuda de cadenas radiotelemétricas. De esta posibilidad de la radionavegación se carece en las inmensidades del Pacífico, por ello se va a anclar en aguas profundas una boya "NAREF" ("Boya de referencia navegacional") como punto de referencia para los períodos intermedios entre la aparición de los satélites artificiales utilizados como puntos de referencia las boyas con anclajes que pueden llegar a tener diez kilómetros de longitud, no son absolutamente fijas, pudiendo experimentar desviaciones de kilómetros. En las regiones marítimas con vientos y corrientes constantes, como la de los alisios en el Pacífico, no resulta excesiva la desviación en las horas que median entre las localizaciones vía satélite. Así se consigue un punto de referencia bastante útil para el método de radiolocalización, con lo que se posibilita el trabajo continuo de barcos tan caros como los dedicados a las exploraciones marítimo-mineras.

La boya consta de un cuerpo flotante donde se alojan la radioemisora con una antena de varilla, una señal luminosa y un reflector de radar. Las baterías de alimentación de la señal luminosa y la emisora las carga la energía eólica. En 1975 se realizaron las primeras pruebas de la boya de tipo "NAREF", en aguas de Helgoland. Esta boya emite señales que captaban estaciones itinerantes de recepción en Sankt Peter (Eiderstadt), Fanö, Sylt y Blaavandshuk. De acuerdo con esos ensayos, el radiosistema de la boya tendrá un alcance aproximado de 200 kilómetros, de forma que con unos pocos anclajes se puede medir un campo de nódulos de manganeso cuya extensión media se cifra en varias decenas de millares de kilómetros cuadrados. Esta boya se ancló por vez primera en aguas de Hawaii en el mes de enero de 1976.

### AUMENTO DEL REFINO DE PETROLEO EN LA PAMPILLA

La planta de La Pampilla, en los alrededores de Lima, aumentará su capacidad de refino de petróleo de 35.000 barriles diarios a 100.000 a partir de diciembre de 1976, cuando terminen las obras de ampliación, a un costo de dos mil millones de soles. Dentro de las nuevas instalaciones que se están montando, figura una unidad para el tratamiento de crudo por destilado con capacidad de 66.000 barriles por día y otra para el tratamiento del kerosene y derivados, con capacidad de 8.500 barriles por día.

### PUBLICACIONES

#### RELACION DE HOJAS PUBLICADAS DEL MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000

A continuación damos una relación de la totalidad de las Hojas publicadas hasta la fecha, del Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2.ª serie, proyecto MAGNA, y que son las siguientes:

6, San Salvador de Serantes (La Coruña). 8, Vivero (Lugo). 12, Busto (Asturias). 13, Avilés (Asturias). 14, Gijón (Asturias). 15, Lastres (Asturias). 21, La Coruña (La Coruña). 22, Puente deume (La Coruña). 23, Puentes de García Rodríguez (Lugo). 28, Grado (Asturias). 29, Oviedo (Asturias). 30, Villaviciosa (Asturias). 33, Comillas (Santander). 37, Algorta (Vizcaya). 38, Bermeo (Vizcaya). 40, Jaizquibel (Guipúzcoa). 41, Irún (Guipúzcoa). 47, Villalba (Lugo). 52, Proaza (Asturias). 53, Mieres (Asturias). 61, Bilbao (Vizcaya). 62, Durango (Vizcaya). 63, Eibar (Guipúzcoa). 64, San Sebastián (Guipúzcoa). 65, Vera de Bidasoa (Navarra). 66, Maya del Baztán (Navarra). 72, Lugo (Lugo). 78, Pola de Lena (Asturias). 88, Vergara (Guipúzcoa). 91, Valcarlos (Navarra). 91 bis, Mendizar (Navarra). 97, Guntin (Lugo). 98, Baralla (Lugo). 154, Lalin (Pontevedra). 155, Chantada (Lugo). 159, Bembibre (León). 175, Sigiés (Zaragoza). 187, Orense (Orense). 188, Nogueira de Ramuin (Orense). 225, Ribadavia (Orense). 226, Allariz (Orense). 236, Astudillo (Palencia). 237, Castrogeriz (Burgos). 263, Celanova (Orense). 264, Ginzo de Limia (Orense). 274, Torquemada (Palencia). 301, Lovios (Orense). 302, Baltar (Orense). 329, Pons (Lérida). 330, Cardona (Barcelona). 331, Puigreig (Barcelona). 336, Portela D'Home (Orense). 351, Olvega (Soria). 362, Calaf (Barcelona). 363, Manresa (Barcelona). 391 Igualada (Barcelona). 392, Sabadell (Barcelona). 417, Espluga de Francoli (Tarragona). 418, Montblanch (Tarragona). 419, Villafranca del Panadés (Barcelona). 420, Hospitalet de Llobregat (Barcelona). 446, Valls (Tarragona). 447, Vi-

llanueva y Geltrú (Barcelona). 448, Prat de Llobregat (Barcelona). 473, Tarragona (Tarragona). 510, Marchamalo (Guadalajara). 545, Morella (Castellón de la Plana). 546, Ulldecona (Castellón de la Plana). 547, Alcanar (Tarragona). 570, Albocacer (Castellón de la Plana). 571, Vinaroz (Castellón de la Plana). 571 bis, Con la 571 (Castellón de la Plana). 582, Getafe (Madrid). 583, Arganda (Madrid). 584, Mondéjar (Guadalajara). 593, Cuevas de Vinroma (Castellón de la Plana). 594, Alcalá de Chisvert (Castellón de la Plana). 607, Tarancón (Cuenca). 614, Manzanaera (Castellón de la Plana). 615, Alcora (Castellón de la Plana). 616, Villafames (Castellón de la Plana). 617, Faro de Oropesa (Castellón de la Plana). 631, Ocaña (Toledo). 635, Fuentes (Cuenca). 636, Villar del Humo (Cuenca). 637, Landete (Cuenca). 638, Alpuente (Valencia). 640, Segorbe (Castellón de la Plana). 641, Castellón de la Plana (Castellón de la Plana). 642, Islas Columbretes. 663, Valera de Abajo (Cuenca). 664, Enguidanos (Cuenca). 665, Mira (Cuenca). 666, Chelva (Valencia). 668, Sagunto (Valencia). 669, Moncofar (Valencia). 690, Santa María del Campo Rus (Cuenca). 691, Motilla del Palancar (Cuenca). 693, Utiel (Valencia). 694, Chulilla (Valencia). 696, Burjassot (Valencia). 719, Venta del Moro (Valencia). 720, Requena (Valencia). 722, Valencia (Valencia). 763, Sotuélamos (Albacete). 788, El Bonillo (Albacete). 789, Lezusa (Albacete). 794, Canals (Valencia). 796, Gandía (Valencia). 820, Onteniente (Valencia). 823, Javea (Alicante). 826, Chelva (Badajoz). 827, Alconchel (Badajoz). 851, Rabito (Badajoz). 852, Villanueva del Fresno (Badajoz). 887, Orcera (Jaén). 890, Calasparra (Murcia). 891, Cieza (Murcia). 893, Elche (Alicante). 894, Cabo de Santa Pola (Alicante). 903, Montoro (Córdoba). 907, Viñacarrillo (Jaén). 908, Santiago de la Espada (Jaén). 910, Caravaca (Murcia). 911, Cehégín (Murcia). 912, Mula (Murcia). 913, Orihuela (Murcia). 919, Almadén de la Plata (Sevilla). 920, Constantina (Sevilla). 921, Navas de la Concepción (Sevilla). 922, Santa María de Trasierra (Córdoba). 923, Córdoba (Córdoba). 924, Bujalance (Córdoba). 931, Zarcilla de Ramos (Murcia). 932, Coy (Murcia). 933, Alcantarilla (Murcia). 940, Castilblanco de los Arroyos (Sevilla). 941, Ventas Quemadas (Sevilla). 942, Palma del Río (Córdoba). 943, Posadas (Córdoba). 944, Espejo (Córdoba). 953, Lorca (Murcia). 954, Totana (Murcia). 962, Alcalá del Río (Sevilla). 963, Lora del Río (Sevilla). 964, La Campana (Sevilla). 965, Ecija (Sevilla). 975, Puerto Lumbreras (Murcia). 976, Mazarrón (Murcia). 977, Cartagena (Murcia). 978, Llano del Beal (Murcia). 983, Sanlúcar la Mayor (Sevilla). 997, Aguilas (Murcia). 997 bis, Cope (Murcia). 999/1016, Huelva/Los Caños (Huelva). 1000, Moguer (Huelva). 1013, Macael (Almería). 1014, Vera (Almería). 1015, Garrucha (Almería). 1017, El Abalarío (Huelva). 1018, El Rocío (Huelva). 1030, Tabernas (Almería). 1031, Sorbas (Almería). 1032, Mojacar (Almería). 1033, Palacio de Doñana (Huelva).

En prensa se encuentran otras cincuenta Hojas y Memorias que irán apareciendo próximamente.

## Información legislativa

### PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
168	13774	14-VII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Granada.
169	13832	15-VII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Córdoba.
187	15233	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Burgos.
187	15233	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación del expediente de solicitud del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial del Granada.
187	15235	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
187	15235	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Madrid.
187	15235	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Oviedo.
187	15236	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Salamanca.
187	15236	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la cancelación del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Segovia.
187	15238	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Teruel.
187	15238	5-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Valencia.
216	17571	8-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan.
216	17575	8-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, Delegación Provincial de Murcia.
216	17573	8-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Ciudad Real.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
216	17573	8-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Granada.
217	17645	9-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación que se citan, Delegación Provincial de Cuenca.
217	17646	9-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Guadalajara.
219	17813	11-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia.
221	17968	14-IX-76	Ind.	RESOLUCIONES por las que se hacen públicos los otorgamientos de los permisos de investigación minera que se citan.
221	17969	14-IX-76	Ind.	RESOLUCIONES por las que se autoriza y declara de utilidad pública en concreto las instalaciones de los centros de transformación y líneas de alimentación que se citan, Delegación Provincial de Jaén.
225	18295	18-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Córdoba.
231	18780	25-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Lugo.
231	18781	25-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Segovia.
231	18781	25-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Teruel.
232	18866	27-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan.
232	18866	27-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Lugo.
232	18866	27-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento del permiso de investigación minera que se cita, Delegación Provincial de Zamora.
233	18940	28-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace pública la caducidad de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Palencia.
233	18940	28-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se hace público el otorgamiento de los permisos de investigación minera que se citan, Delegación Provincial de Valencia.
<b>HIDROCARBUROS</b>				
181	14658	29-VII-76	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento de 10 permisos de investigación de hidrocarburos en Zona A.
186	15156	4-VIII-76	Ind.	ORDEN por la que se declaran extinguidos por caducidad al vencimiento de su plazo los permisos de investigación de hidrocarburos "Tarragona" y "Villanueva y Geltrú".

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
222	18034	15-IX-76	Ind.	ORDEN por la que se declaran extinguidos los permisos de investigación de hidrocarburos denominados "Golfo de Cádiz, A. F, G y H", por renuncia de sus titulares.
224	18229	17-IX-76	Ind.	REAL DECRETO por el que se aprueba el contrato de opción de CNWL a GALSPAIN y CIEPSA de un 50 por 100 de participación en varios permisos.
224	18229	17-IX-76	Ind.	REAL DECRETO de otorgamiento al Monopolio de Petróleos de tres permisos de investigación de hidrocarburos situados en la zona A.
224	18229	17-IX-76	Ind.	REAL DECRETO por el que se aprueba el contrato de cesión de CAMPSA a CIEPSA y COPAREX de un 25 por 100 y un 24 por 100, respectivamente, en cinco permisos de investigación de hidrocarburos en la zona A.
<b>RESERVAS</b>				
202	16441	23-VIII-76	Ind.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado, para investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en la zona subsector I, área 1-2 (Sn-W/I-1 y ti/I-1), comprendida en la provincia de La Coruña.
204	16610	25-VIII-76	Ind.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado, para investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la zona "Subsector II, área I (Sn-W/I-2), comprendida en las provincias de La Coruña y Pontevedra.
204	16614	25-VIII-76	Ind.	RESOLUCION por la que se cancela la inscripción número 29, "Cuevas del Almanzora-Lubrín", comprendida en la provincia de Almería.
221	17967	14-IX-76	Ind.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado, para investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los radiactivos e hidrocarburos fluidos, en la zona subsector II, área 3 (Alanis-Cerro Muriano), comprendida en las provincias de Córdoba, Sevilla y Badajoz.
232	18866	27-IX-76	Ind.	ORDEN por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los radiactivos e hidrocarburos fluidos, en la zona "Sierra Moncayo", comprendida en las provincias de Zaragoza y Soria.
235	19102	30-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se cancela la inscripción número 21, "Ampliación a Málaga", comprendida en la provincia de Málaga.
235	19102	30-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se cancela la inscripción número 22, "Ampliación del subsector XII, área I, Alburquerque", comprendida en la provincia de Cáceres.
235	19102	30-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se publica la inscripción de propuesta de reserva provisional a favor del Estado para exploración e investigación de yacimientos minerales de fosfatos, lignito y azufre en un área de las provincias de Albacete, Valencia, Murcia y Alicante.
235	19102	30-IX-76	Ind.	RESOLUCION por la que se limitan los recursos a que efecta la inscripción número 35, zona noroeste, comprendida en las provincias de La Coruña, Lugo, Orense, Oviedo, León y Zamora.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
<b>V A R I O S</b>				
185	15029	3-VIII-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede al Grupo Sindical de Colonización número 10.382 de Sierra Engarcerán un aprovechamiento de aguas públicas subálveas del barranco de Pinalba, en término municipal de Sierra Engarcerán (Castellón), con destino a atenciones de una granja.
185	15031	3-VIII-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a "Santa María del Carmen, S. A." un aprovechamiento de aguas subálveas del río Guajaraz, en término municipal de Layos (Toledo), con destino a riego por aspersión.
193	15746	12-VIII-76	Gob.	ORDEN por la que se declara de utilidad pública el manantial "La Bastida", del término municipal de Alaró (Baleares).
203	16527	24-VIII-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Salvador Babra Arroyo un aprovechamiento de aguas subálveas de los torrentes Martí, Cabanyés y Raimina, en término municipal de Argenton (Barcelona), con destino a abastecimiento y riego de zonas verdes de una urbanización.
203	16528	24-VIII-76	O. P.	RESOLUCION por la que se hace pública la concesión otorgada a "Industrias Textiles de Guadalhorce, S. A.", de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Guadalhorce, en término municipal de Málaga, con destino a usos industriales.
221	17967	14-IX-76	Ind.	Aguas minero-medicinales.—Orden por la que se crea un perímetro de protección de posible contaminación del agua del manantial Fuen Mayor", en el término municipal de Cañizar del Olivar (Teruel).
231	18778	25-IX-76	Ind.	ORDEN por la que se declara a "Minas de Almagrera, S. A.", incluida en la zona de preferente localización minera del suroeste.
231	18779	25-IX-76	Ind.	ORDEN por la que se declara a "Rio Tinto Patiño, S. A.", incluida en la zona de preferente localización minera del noroeste.
234	19016	29-IX-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a don Narciso Coll Frigola y doña Carmen Ferrer Cama un aprovechamiento de aguas subálveas del río Daro, en término Municipal de Serra de Daro (Gerona), con destino a riegos y atenciones ganaderas.
234	19016	29-IX-76	O. P.	RESOLUCION por la que se concede a doña Elisabeth Weber de Horcher un aprovechamiento de aguas subálveas del arroyo Pozuelo, en término municipal de Marbella (Málaga).

## Notas bibliográficas

### VOLCANOLOGIA

LUIS SOLÉ SABARIS: *Predescubrimiento de la región volcánica de Gerona*, Estudios Geográficos, núms. 140-141, págs. 1.069-1.076, Madrid, agosto-noviembre 1975.

Es conocida que la región volcánica gerundense fue descubierta por Francisco Bolós, según comunicación que presentó a la Real Academia de Ciencias de Barcelona,

en 1820. Manuscrito que, al parecer, lo tenía escrito desde 1796.

Según un manuscrito de la Biblioteca Nacional, del año 1787, en el "Diario de viaje", de Francisco de Zamora, ya se da información de estos volcanes, por ello puede considerarse este manuscrito como el primer texto referente al descubrimiento de la región volcánica gerundense, y anterior a los considerados hasta ahora como primitivos.—L. DE A.

### CRISTALOGRAFIA

JULIO GARRIDO MARECA: *Taxonomía matemática y filosofía de las formas de la Naturaleza*. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias. Madrid, 16 de junio de 1976, 68 págs.

Advierte que la voz *forma* la utiliza siempre en su sentido filosófico, o designación del principio activo que da a un ser individual su entidad, y constituye su esencia. Divide el discurso en seis capítulos:

1.º Materia y forma, donde considera: los grados de abstracción, discontinuidades y especies, materia, forma y *philosophia perennis*, unicidad y pluralidad de la forma, materia-forma y taxonomía.

2.º Atributos, propiedades y unidades taxonómicas, dividido en: propiedades y atributos taxonómicos, matriz taxonómica fundamental, las unidades taxonómicas, relaciones entre los atributos.

3.º Taxonomía matemática y noción de especie. Trata en él: Clasificaciones monométicas y politéticas, el espacio de los atributos, las "nubes" de puntos representativos y la noción de especie, valor taxonómico de las unidades taxonómicas y forma específica, número de formas posibles y reconocibles.

4.º Transformación y origen de las formas, comprende: Estudio sincrónico y diacrónico de las formas, cambio y estabilidad, agentes morfogenéticos internos, genotipo y potencia, el azar y la inteligencia, la contingencia y la finalidad de la morfogénesis.

5.º La taxonomía matemática y la noción de forma en algunos campos de las ciencias de la Naturaleza, subdividido en: Los átomos, moléculas y cristales, los objetos geológicos, los seres vivos.

6.º Consideraciones generales a manera de epílogo, donde expresa sus ideas personales agrupadas en: porvenir y limitaciones de la taxonomía matemática, dualidad de oposición y dualidades de complementariedad.

Completa el discurso con una bibliografía de 74 citas.—L. DE A.

### GEONUCLEONICA

PIERRE GUEGUENIAT, YVES BARON, JEAN PAUL AUFFRET y varios colaboradores:

*Note sur l'évolution de la radioactivité artificielle dans les sédiments de la Manche pendant les années 1971-1975*. Informe CEA-R-4739, 1976, 39 págs.

Fue medida con contador, sobre sonda germanio-litio, la radiactividad de los sedimentos del litoral de la Man-

cha y del Atlántico, en las fracciones globales y finas de las muestras tomadas durante las campañas 1971 a 1975. La influencia de la fábrica de tratamiento de combustibles irradiados de La Hague, punto central de la zona estudiada, no se evidenció claramente hasta 1974, por un lado en las fracciones globales en lo que respecta al  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ , y por otra parte en las fracciones inferiores a  $28\ \mu\text{m}$  en los núclidos  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{110}\text{Ag}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ . En el caso del  $^{137}\text{Cs}$  no se pudo detectar su influencia de los desechos, a pesar de ser relativamente importantes. En los aspectos de las modalidades de fijación in situ de los radionúclidos sobre los sedimentos se pudieron establecer, de una parte, comparando las actividades reveladas en los sedimentos en ellos desechados, y por otra, considerando las características de desorción.

JEAN YVES BARZIC: *Etude de l'aerosol d'une mine d'uranium*. Informe CEA-R-4743, 1975, 97 págs.

Con vistas a la radioprotección de los mineros de uranio, estudia el autor el comportamiento de los aerosoles, radiactivos o no, presentes en el aire de una mina experimental, donde la temperatura, la presión, la higrometría y la ventilación son constantes, y de una cantera explotada, donde la naturaleza del aerosol depende de la fase de los trabajos. Las mediciones del radón y de sus descendientes, efectuadas en diferentes puntos del tajo, muestran que este gas es rápidamente diluido, que el equilibrio entre éste y sus productos de desintegración (Ra A, Ra B, Ra C) jamás es alcanzado y que el tiempo de contacto del aerosol radón es corto (del orden de algunos minutos). Del estudio granulométrico del aerosol minero (partículas de diámetro superior a  $0,3\ \mu\text{m}$ ), realizado por medio de un impactor Andersen de siete escalones, se deduce el coeficiente que interviene en la ley de Junge  $dN/d \log r = \text{Cr}^{-B}$ . Determina los diámetros característicos de cada escala de Andersen y, con la ayuda del método gráfico de las rectas de Henry, verifica que la distribución de los aerosoles en las escalas inferiores del impactor son log-normales en la mayoría de los casos. Procede a la determinación de la distribución granulométrica de la radiactividad  $\alpha$ , que aparece como fijada en las partículas finas. Una evaluación del porcentaje de actividad  $\alpha$  existente bajo forma libre la logra con la utilización de bacterias de difusión.—L. DE A.

### GEOESTADISTICA

*Concepts in Geostatistics* (Conceptos en Geoestadística). Editor: Mc. Cammon, R. B. Springer Study Edition, 36 figs. XVI, 168 págs. (1975). Cubierta plastificada D. M.

29, 40; US\$ 12,70. Berlín - Heidelberg - New York; Springer - Verlag., ISBN 3-540-06892-9.

El libro está editado por Richard B. Mc Cammon, de la Universidad de Chicago y escrito por los siguientes autores:

F. Chayes, W. T. Fox, J. E. Klován, W. C. Krumbein, R. B. Mc Cammon y D. F. Merriam (¡difícilmente se podría reunir en U. S. A. una lista más impresionante de geomatemáticos!).

Se deriva de un curso dado en 1972, en la Universidad de Illinois, y "trata de llenar el vacío entre los tradicionales cursos introductorios en geología... y la geoestadística, tal como la desarrollan los geólogos y estadísticos que aplican la estadística en geología".

Comprende seis capítulos, uno por autor, y una colección de problemas, recopilados por el editor.

Los capítulos son muy variables en cuanto a claridad, profundidad y aplicaciones posibles.

Así, los capítulos 2, 3 y 4, sobre técnicas de análisis factorial (Klován), análisis de series temporales (Fox) y cadenas de Markov (Krumbein), tratan los temas de forma clara, con buenos ejemplos, muy académicos en su tratamiento, aunque, como todo el libro, sólo pueden ser aprovechados integralmente por personas con buen conocimiento de la teoría de probabilidades y técnicas de computación.

El problema principal se encuentra en la falta de continuidad de unos capítulos con otros y su gran desigualdad en el tratamiento matemático, que hacen difícil la lectura.

Las personas introducidas en el campo de la geoestadística encontrarán nuevo material interesante (como el programa del capítulo 5), pero quien desee iniciarse en este campo deberá leer antes otros libros más generales, incluso de los mismos autores, antes de abordar el que nos ocupa.—A. ARCHE.

## SEDIMENTOLOGIA

*Tidal Deposits. A case book of recent Examples and fossil counterparts.* Ed.: R. N. Ginburg, 1 retrato, 373 figuras, 14 tablas, XIII, 428 págs. (1975). Encuadernado pasta dura; precio: D. M. 85, Us \$ - 34,80. Berlín - Heidelberg - New York: Springer Verlag. ISBN3 - 540 - 06823 - 6.

El presente libro ha sido editado por Robert N. Ginsburg, de la Universidad de Miami. Consta de 45 artículos escritos por 52 autores, una introducción, un epílogo y una bibliografía. Está dedicado a uno de los primeros en los estudios de sedimentos tidales.

La base del libro se encuentra en una serie de artículos presentados en una semana de trabajo sobre este tipo de sedimentos realizada en la Estación de Fisher-Island, de la Universidad de Miami, en 1973, posteriormente completada por diversos autores.

Se encuentra dividido el libro en dos partes fundamentales: sedimentos elásticos silíceos (actuales y antiguos) y sedimentos carbonatados (actuales y antiguos). Reunir en un libro toda la gama de estos sedimentos demuestra una aguda visión de las necesidades actuales de los investigadores interesados en el tema, con 22 artículos dedicados a la primera parte y 23 a la segunda.

La sección I (ejemplos actuales siliciclásticos) es tal vez la que parezca un poco corta, aunque contiene excelentes artículos, como el de Graham Evans, sobre el Wash (Inglaterra); el de J. C. Kraft y Elizabeth A. Allen, sobre la costa de Delaware (U. S. A.), y el de R. J. Knight y R. W. Dalrymple, sobre la bahía de Fundy, en Canadá.

La sección II (ejemplos siliciclásticos antiguos), con 12 artículos, presenta una revisión de casos completa, desde los muy claros y evidentes a otros de más difícil interpretación; gran parte del material presentado es nuevo y muy ilustrativo. Si algo se debe destacar, sería en mi opinión la notación empleada en la figura 21-1 por G. S. Vishner para columnas. Pocas veces se expresan de forma esquemática y clara tantos datos y con tanta simplicidad.

Los sedimentos carbonatados se estudian en las secciones III (ejemplos de carbonatos actuales), IV (ejemplos de carbonatos antiguos: secuencias verticales de estructuras sedimentarias), V (ejemplos de carbonatos antiguos laminados, microestratificados y estromatolíticos) y VI (aspectos sedimentarios y distribuidores de facies), con pocos pero escogidos ejemplos actuales y una larga serie de casos antiguos entre los que se deben destacar el de P. Hoffman, en los territorios del NW, Canadá; I. Zamarreño, sobre la formación Láncara, y el de Davis Jr., sobre sedimentos del Ordovícico inferior del valle superior del Mississippi.

La calidad de los trabajos y su enfoque hacia la interpretación de submedios en cada posible caso lo convierte en el libro "standard" de referencia, estado en el que creo permanecerá mucho tiempo.

Por último ("last but not least") hay que mencionar la cuidada edición y la composición "vanguardista" de textos e ilustraciones. Nunca hasta ahora, en un libro de geología había podido encontrar algo tan agradable de leer y tan bien distribuido.

Creo que Springer-Verlag, en este caso, ha establecido unas cotas de calidad difícilmente alcanzable nuevamente (¡incluso por ellos mismos!), y por lo que merecen todas nuestras felicitaciones y gratitud.—A. ARCHE.

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

## Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcado la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

## Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

## Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de

la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

## Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

## Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en el original o en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

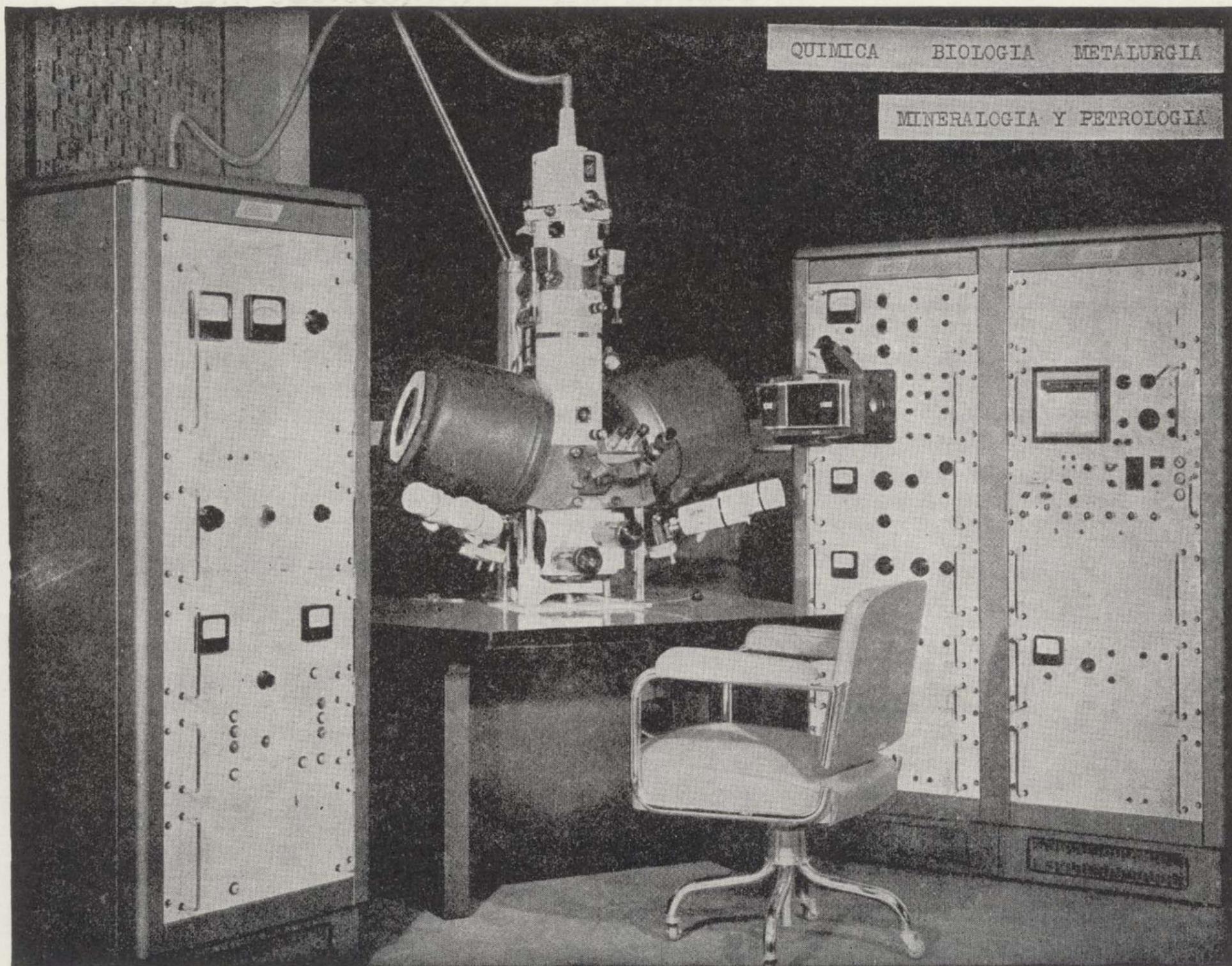
La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. Madrid 3

# LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

---

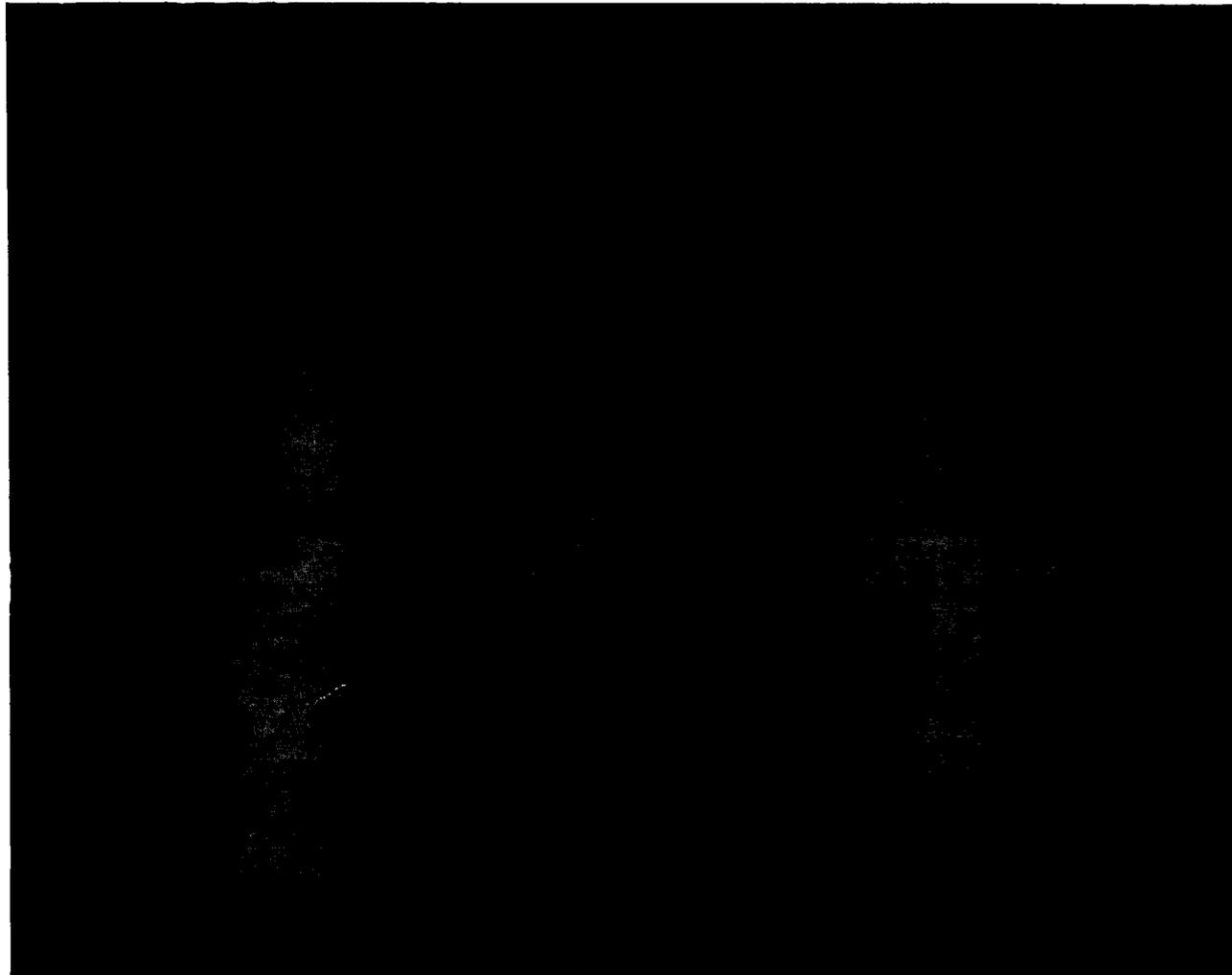
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

# LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



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

---

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid - 3

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)



# 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.**

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)

CENTROS DE TRABAJO: SEVILLA, VALLADOLID y CIUDAD REAL

# COMPañIA GENERAL DE SONDEOS S.A.

LEYENDA DEL MAPA METALOGENETICO DE ESPAÑA A ESCALA 1:200.000

## YACIMIENTOS E INDICIOS MINERALES

### MORFOLOGIA

REPRESENTACION SIMBOLICA	desconocida		1	estratiforme		3
	filoniana		2	masiva y diversas		4
YACIMIENTO CARTOGRAFIABLE	filoniana		mineralizado mineralizable	masiva		
	estratiforme		mineralizado mineralizable	aluvionar		
DENSIDAD DE MANIFESTACIONES SUPERIOR A LA REPRESENTABLE	Grado de densidad creciente según grosor de curvas de contorno					

### PROCESO GENETICO

	alteración superficial	a		aluvionar	b		sedimentario	c
	vulcano-sedimentario	d		volcánico	e		hidrotermal sin diferenciar	f
	mesotermal	h		catatermal	i		cata-neumatolit.	j
	pegmatítico	l		intramagmático	m		metasomático	n
							epitermal	g
							neumatolítico	k
							metamórfico metamorfizado	p

### MENA

	Pb, Zn, Ag.	a		Sb	j		U y radiactivos	s		TR(tierras raras) Zr, mnc. (monacita)	v
	F	b		Ba, Sr, Mg.	k		sales: Na, K, Mg.	t		alu (alunita)	w
	Cu	c		pyr. (pirita)	i		carbones: ant. (antracita) hul. (hulla) lig. (lignito) tur. (turba)	u		grf. (grafito)	x
	Cu, Co, Ni.	d		Au, Ag, As.	m		silicatos industriales asb. (asbesto) pmz. (pómez) gnt. (granate) tlc. (talco) ben (bentonita)	z		Al. (bauxita)	y
	Cr, Ni, Pt.	e		dmt (diamante)	n						
	Sn, W, Mo, Bi.	f		Li, Be, Nb, Ta, Ti.	o						
	Hg.	q		Sb, As, Bi.	p						
	S	h		P (fosfato)	q						
	Fe	i		Mn.	r						

### DATOS ECONOMICOS (Laboreo y reservas)

	sin datos	1		pequeño	2		mediano	3		grande	4
	productivo	a		improductivo	b						

### QUIMISMO

MENA		GANGA	
n	nativos	1	silicatada
z	sulfuros y combinaciones afines	2	carbonatada
h	sales haloideas	3	sulfatada
o	óxidos, hidróxidos (tantalatos, niobatos, titanatos, antimoniatos)	4	otras
c	carbonatos, boratos, nitratos, yodatos	5	
t	sulfatos, cromatos, molibdatos, wolframatos	6	
f	fosfatos, arseniats, vanadatos	7	
s	silicatos	8	

### EDAD

	CAMBRIANO	A	OLIGOCENO	I	edad señalada
	SILURIANO	B	MIOCENO	J	posterior a
	DEVONIANO	C	CUATERNARIO	K	anterior a
	CARBONIFERO	D	HURONIANA	L	entre las edades señaladas
	TRIASICO	E	CALEDONIANA	M	en la orogenia señalada
	JURASICO	F	HERCINIANA	N	
	CRETACEO INF.	G	CIMERICA	P	
	CRETACICO SUP.	H	ALPINA	Q	

### ROCA ENCAJANTE (en el caso de no estar implícita en la base geológica)

	1 - CALIZA Y DOLOMIA	1	2 - FILITA Y CUARCITA	2	3 - PIZARRA	3
	4 - DACITA Y ANDESITA	4	5 - MARMOL	5	6 -	6

### OTRAS CARACTERISTICAS

	1 - Masivo	1	2 - Enriquecimiento o bonanzas	2	3 -	3
	4 - Diseminado	4	5 -	5	6 -	6

Codificación

### METALOTECTOS

	1 - Límites comprobados
	2 - Límites probables
	3 - Límites posibles

	Indicio exterior directamente relacionado con el metalotecto.
	Indicio exterior con relación genética posible.



# 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**