

II/2-4-1

En este número:

- Serie turbidítica del Cretácico Superior del País Vasco.
- Trilobites Agnóstidos del Cámbrico Medio de la Sierra de Córdoba.
- Nuevos Hybodontidos del Cretácico Inferior de Santa María de Meyá (Lérida).
- Ensayo de tipología de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura.
- Tendencias actuales para tratamiento de datos gravimétricos: Aplicación de un sistema desarrollado por el IGME.
- Introducción a los métodos empíricos de diseño de sostenimientos en galerías mineras.
- Las silicificaciones del valle de Amblés (inmediaciones de Avila).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

Tomo XCVI. Cuarto Fascículo. Julio - Agosto 1985

boletín geológico y minero

29 NOV. 1985

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



Tomo 96
Fascículo IV
Julio - Agosto 1985

Boletín Geológico y Minero

29 NOV. 1985



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

SUMARIO

Geología	J. ROSELL, E. REMACHA, M. ZAMORANO y V. GABALDÓN: Serie turbidítica del Cretácico Superior del País Vasco	3
	MARÍA DOLORES GIL CID: Trilobites Agnóstidos del Cámbrico Medio de la Sierra de Córdoba	9
	J. E. GÓMEZ PALLEROLA: Nuevos Hybodóntidos del Cretácico Inferior de Santa María de Meyá (Lérida)	14
Minería	F. PALERO, P. GUMIEL y J. FERNÁNDEZ CARRASCO: Ensayo de tipología de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura.	23
Geofísica	J. L. PLATA TORRES y J. L. GARCÍA LOBÓN: Tendencias actuales para tratamiento de datos gravimétricos: Aplicación de un sistema desarrollado por el IGME	55
Geotecnia	F. J. AYALA CARCEDO y J. M. RODRÍGUEZ ORTIZ: Introducción a los métodos empíricos de diseño de sostenimientos en galerías mineras	66
Estudio de minerales y rocas	J. SAAVEDRA, A. GARCÍA SÁNCHEZ, J. A. ROMERO ESCUDERO y F. CARRIÓN MOLES: Las silicificaciones del valle de Amblés (inmediaciones de Avila)	79
Información	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. José de Larrañaga y Arámbarri	86
	G. NÚÑEZ ROMERO-BALMAS: La minería Alpujarreña en la primera mitad del siglo XIX. Capítulos 6 y 7	88
	Noticias y Notas bibliográficas	98

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

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

Condylonyx rex (BARRANDE 1846). Jince Formation. Tyrovice, longitud: 7 mm.
Reproducción del ejemplar del Museum of Natural History de Praga.

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - 28016-MADRID



Serie turbidítica del Cretácico Superior del País Vasco

Por J. ROSELL (*), E. REMACHA (*), M. ZAMORANO (*) y V. GABALDON (**)

RESUMEN

Se describen las facies de las turbiditas del Cretácico Superior de Vizcaya y se distinguen niveles separados por paraconformidades, localizados en los cambios bruscos de facies. Estos niveles se asimilan a secuencias deposicionales en el sentido de MITCHUM et al. (1977).

Estas secuencias se correlacionan con sus sincrónicas y de igual facies del Prepirineo Central.

ABSTRACT

The Upper Cretaceous turbiditic facies from Vizcaya (Spain) are described. Paraconformities, coinciding with abrupt facies variations, separate several lithostratigraphic successions, which are to be considered as depositional sequences in the sense of MITCHUM et al. (1977).

Correlations between these sequences and their equivalents both in age and facies, from the Central Pre-Pyrenees are discussed.

INTRODUCCION

El Cretácico Superior en el Prepirineo meridional, se dispone al O de la falla del Segre, en dos franjas que, de E a O, se extienden hasta el País Vasco. Las facies en la franja meridional son litorales y de plataforma. Mientras que en la septentrional son turbidíticas. Estas últimas se depositaron en un surco alineado de E a O, alimentado desde el S a partir de sistemas deltaicos. Este surco está afectado por accidentes transversales que lo compartimentan en subcuencas.

El Cretácico del área septentrional del País Vasco está formado por dos potentes series turbidíticas limitadas por facies de plataforma: Las turbiditas albienses o flysch negro, situadas entre la plataforma calcáreo arrecifal urgoaptiense, y la margosa cenomano/turoniense. Y, las turbiditas del Cretácico Superior entre esta última y la plataforma carbonática del Maastrichtiense.

Las turbiditas del Cretácico Superior son bien

(*) Universitat Autònoma. Dpto. Estratigrafia. BELLATERRA (Barcelona).

(**) IGME. División de Geología. MADRID.

conocidas, en un sentido general, desde los trabajos de GÓMEZ DE LLARENA (1954 y 1956), JEREZ MIR et al. (1971), Hojas del mapa 1/50.000 de: Eibar, núm. 63 (1973), y San Sebastián, núm. 64 (1972), RAT et al. (1983), y FLOQUET y MATHEY (1984). En esta nota se analizan los resultados de un estudio sedimentológico de detalle de esta serie turbidítica realizado por el IGME (Mapa de Síntesis 1/200.000, Hoja de Bilbao, núm. 6-2).

Las turbiditas del Cretácico Superior afloran en dos áreas importantes (fig. 1) en el sinclinorio de Bilbao y en el flanco N del anticlinorio de Vizcaya entre Deva y Behobia. Ambas áreas durante la sedimentación funcionaron como subcuencas separadas (HENRY et al., 1971). En el sinclinorio de Bilbao las series son parciales, ya por la tectonización, ya por la cobertura vegetal. Estas series parciales, no obstante, en base a su posición aproximada dentro de la columna estratigráfica general y a las características de sus facies, pueden correlacionarse con algún tramo de la serie completa realizada en el flanco N del anticlinorio de Vizcaya. En éste los afloramientos, especialmente los costeros y en marea baja, permiten un estudio mucho más detallado. El

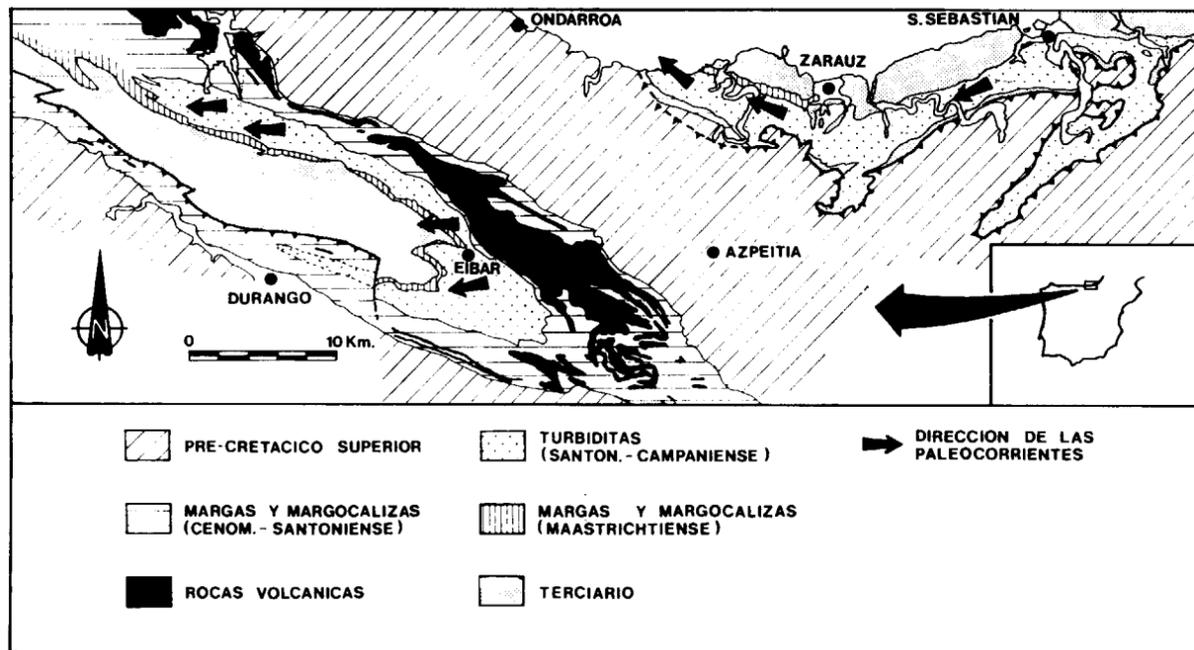


Figura 1

más completo es el de la ensenada de Aitzxui donde la serie turbidítica aflora en su casi totalidad.

LA SERIE DE AITZXUI

Esta serie, se ha realizado siguiendo la ensenada de Aitzxui (fig. 1), desde la Punta del mismo nombre, donde afloran las margas de plataforma del Cenomano/Turonense, hasta la Punta de Aitzgorri formada por las margocalizas del final del Cretácico Superior.

Por sus facies puede dividirse en los siguientes tramos (fig. 2):

A) El yacente lo constituyen las margas del Cenomaniense Superior y base del Senoniense.

En las inmediaciones del contacto, aún ligado al Senoniense Inferior, existe una megaturbidita de 20,8 m. de espesor. Esta megaturbidita está formada en la base por un intervalo de cantos de margas infrayacentes de hasta 1 m. de diámetro y alguno, de menor tamaño, procedente del flysch negro, unidos por una matriz pelí-

SERIE TURBIDITICA DEL CRETACICO SUPERIOR EN LA ENSENADA DE AITZXUI

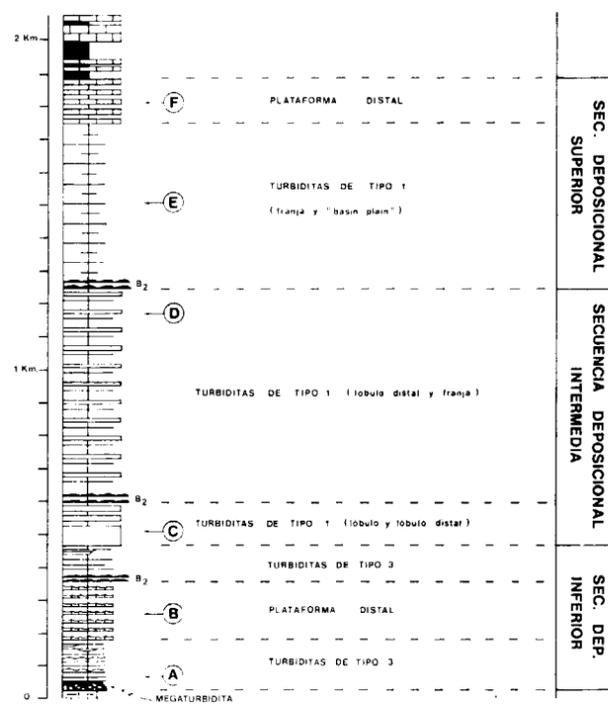


Figura 2.—Serie turbidítica del Cretácico Superior en la ensenada de Aitzxui.

tica. La parte superior de la brecha se caracteriza por la acumulación de cantos blandos derivados del flysch negro. Coronan esta megaturbidita 0,3 m. de calcarenita y 0,5 m. de margas (fig. 2).

Sobre ella y en contacto ligeramente mecanizado descansa un nivel de 1,5 m. de espesor de margas rojo ladrillo, sobre el que yace la serie turbidítica. Este contacto es difícil de observar sobre el terreno por la calidad de los afloramientos.

B) 415 m. Nivel compuesto por 55 m. basales de grupos de capas turbidíticas delgadas, de granulometría entre fina y muy fina, cortados discordantemente entre sí. Frecuentemente la pelita se halla eslampizada. Estos *slumps* raras veces rebasan los 40 cm. de espesor. La bioturbación es horizontal y muy abundante. Se adivina, localmente, una cierta ciclicidad formada por una alternancia de capas más pelíticas con otras más areniscosas (fig. 3A). Presentan alguna intercalación canaliforme de areniscas que incluyen cantos esporádicos de hasta 15 cm. de diámetro.

Las facies en el sentido de MUTTI & RICCI LUCCHI (1972) son predominantemente D₃ y G y raras veces D₂ y D₁.

Los 355 m. suprayacentes, por el contrario, poseen una facies un tanto particular. Es pelítico/areniscosa y predominantemente pelítica. Las areniscas son casi siempre de granulometría que va de fina a muy fina. Las capas son, ya lenticulares formadas por *ripples*, ya raras veces con un intervalo de laminación paralela y algunas canaliformes de orden métrico. Incluyen cantos aislados de marga procedentes del nivel infrayacente. De estas margas que forman su substrato deriva el intervalo de *hemipelagita* muy importante por frecuencia y espesor, en toda la serie. Presentan restos vegetales muy abundantes, así como una intensa bioturbación entre la que dominan los *Zoophicos*.

Su aspecto, a la escala del afloramiento, es de tabularidad y aciclicidad.

No obstante las dos características más importantes de este nivel son: a) La de pre-

sentar frecuentes capas tractivas de granulometría grosera B₂ y E. Y, b) en el intervalo correspondiente a la granulometría limo estos estratos presentan un intervalo margoso similar a la *hemipelagita* típica con grandes ondulaciones (erosivas?) paralelas a las paleocorrientes de una longitud de onda como máximo de 210 cm. de difícil interpretación (fig. 3B).

Los 50 m. de la parte más alta son similares a los basales con fuertes cicatrices erosivas entre grupos de estratos discordantes.

En conjunto, aunque las facies de la parte intermedia del nivel no sean típicas (figura 3B) (en afloramientos reducidos confundibles con facies de *basin plain*), se han considerado como equivalentes al tipo III de MUTTI (1985) o *channel levee*, es decir, originadas en un momento de relativo mar alto y con continuidad física con sedimentos de una plataforma deltaica que desconocemos.

El contacto con el nivel suprayacente viene marcado por un brusco cambio de facies.

C) 700 m. Formados por cuerpos areniscosos tabulares con una ciclicidad manifiesta. Las areniscas poseen una granulometría dominante entre fina y muy fina. En ellas es frecuente la laminación paralela incipiente. Las capas delgadas de la base de los ciclos, presentan, por lo general, un intervalo superior de *hemipelagitas* (figs. 3C y 4D). La bioturbación es muy abundante entre la que destacan los *trace fossils* (*Chondrites* y *Zoophicos*). Los primeros restos fósiles de *Inocerámidos* aparecen a los 450 m. de la base.

Las facies en sensu MUTTI & RICCI LUCCHI (op. cit.) son predominantemente D₁ y D₂. Encontrándose también abundantes D₃ y algunas tractivas B₂ y E.

Estos cuerpos pueden interpretarse como formando parte de facies de lóbulos, de lóbulos distales y de franja de lóbulo.

La transición al nivel superior viene marcada por la presencia entre los lóbulos de capas de facies B₂ microconglomeráticas y con abundantes fragmentos de glauconita.

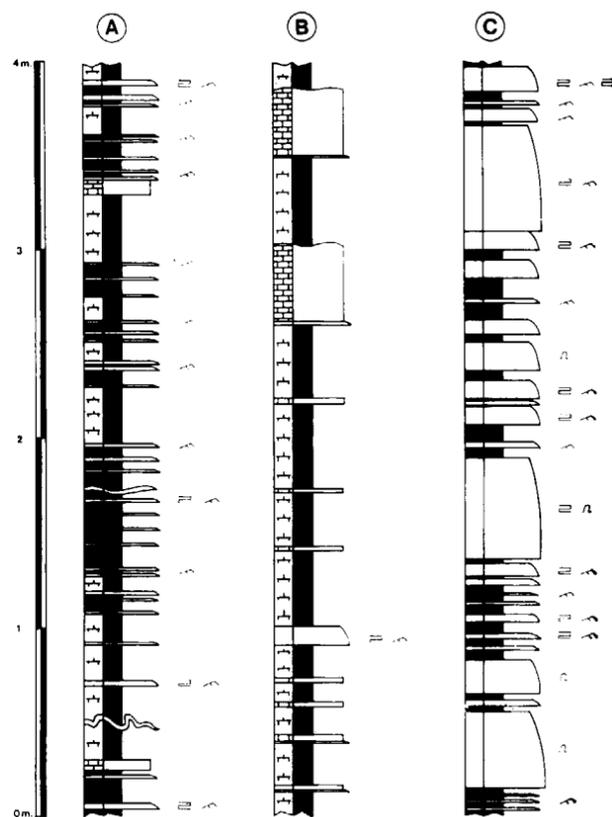


Figura 3

D) 500 m. Facies predominantemente pelíticas con una marcada aciclicidad. Las capas de areniscas derivan de corrientes muy diluidas, con *ripples* en los que existen laminitas producto de la decantación. Raras veces presentan laminación paralela inferior (incipiente por lo general) y frecuentemente poseen laminaciones paralelas superiores con una buena gradación arena-limo. La granulometría oscila, por lo general, entre fina y muy fina, raras veces media. La *hemipelagita* es abundante y el espesor de sus capas aumenta hacia la parte alta de la serie; a veces es claramente reciclada y se localiza en el límite de los intervalos arena y pelita. Las facies más abundantes en el sentido de MUTTI & RICCI LUCCHI (op. cit.) son D₃, D₂ y D₁ y más raramente alguna de E (fig. 4E).

Presentan una abundante bioturbación entre la que figuran los *Chondrites* y los

Zoophicos y a partir de los 460 m. de la base, abundantes conchas de grandes *Inocerámidos*.

Las paleocorrientes, al igual que en los niveles C y D, se alinean hacia el ONO.

Atendiendo estrictamente a la litología y estratificación, estas facies pueden asimilarse a las descritas en la literatura como

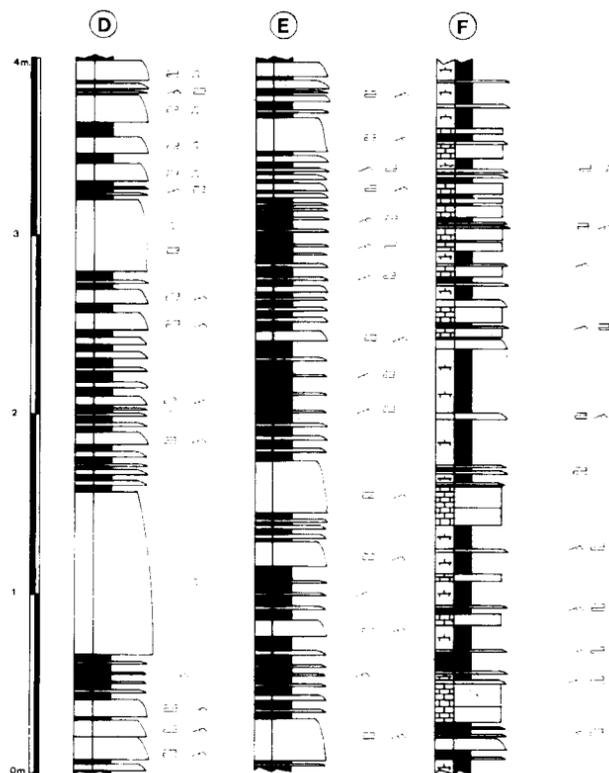


Figura 4

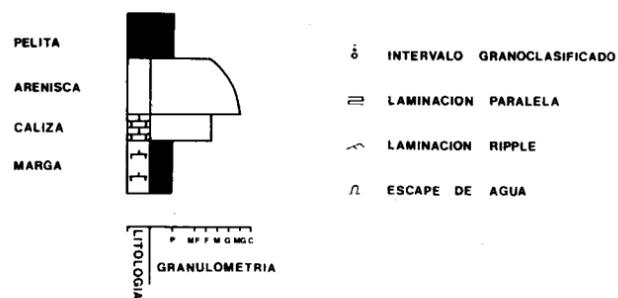


Figura 5.—Simbología.

basin plain, en el que existiría algún tramo en que las areniscas presentan una cierta ciclicidad y podría atribuirse a la franja de lóbulos. Corresponderían, a facies comparables al tipo I de MUTTI (1985).

El contacto con el nivel suprayacente queda establecido por la aparición de capas micríticas. Es decir, por pérdida en el porcentaje de terrígenos y aumento en el de carbonatos (fig. 4F).

ANALOGIAS Y DIFERENCIAS ENTRE LAS SERIES TURBIDITICAS DEL CRETACICO SUPERIOR DEL PAIS VASCO Y DEL PREPIRINEO

El límite entre niveles con facies turbidíticas distintas son paraconformidades. Este límite, a veces, corresponde a una única superficie de estratificación, otras, a un corto intervalo de capas en las que se manifiesta un cambio en las condiciones de sedimentación. Frecuentemente las capas de este intervalo son de facies B₂ con un porcentaje alto de glauconita en su composición. Ello puede interpretarse como un lapso de tiempo con retrabajamiento del fondo y paro prolongado de la sedimentación.

Los distintos niveles turbidíticos así diferenciados son correlacionables con discordancias de tipo I en el sentido de VAIL et al. (1984) originados en la plataforma por parcial o total destrucción de la misma, por caída brusca del nivel del mar. Estos límites se consideran como límites de secuencias deposicionales (MITCHUM et al., 1977). Permiten, además, la correlación entre estas series y las depositadas, asimismo turbidíticas, en el Prepirineo Central.

— La secuencia inferior, de facies *channel levee* de MUTTI (1984) y equivalentes, de nivel del mar relativamente alto, está limitada en la base por la discontinuidad sedimentaria que la separa del tramo margoso de plataforma del Cenomano/Turonense (FLOQUET & MATHÉY, 1984). Y, en el techo, por la paraconformidad marcada por la aparición de los primeros lóbulos deposicionales que representan una caída brusca del nivel del mar. Esta secuencia equivale al Ritmo C-II de GARRIDO (1975) o el ciclo Cb₃ de SOUQUET (1984), descritos en el Prepirineo central

(Esera-Noguera Pallaresa) y que viene delimitado a base y techo, respectivamente, por una discontinuidad sedimentaria y por las intrasantonienses. Ambas limitan las Margas con Micráster o Formación Anserolas de ROSELL (1970) o MEY et al. (1968) o la parte superior de la secuencia de St. Corneli de SIMO & PUIGDEFABREGAS (1985).

— La secuencia intermedia o lóbulos de Punta Andata está limitada al techo por una paraconformidad marcada por la presencia de facies B₂ microconglomeráticas y con abundante glauconita. En el Prepirineo Central se correlacionaría con la discordancia intracampaniense «sensu» GARRIDO (1975). Los lóbulos de Punta Andata equivaldrían temporalmente al Ritmo C-III de GARRIDO (op. cit.) al ciclo Cb₄ de SOUQUET (op. cit.), a parte de la Formación Vallcarga de MEY et al. (op. cit.), al Miembro Puigmanyons de NAGTEGAAL (1972) y a la secuencia deposicional de Vallcarga de SIMO & PUIGDEFABREGAS (op. cit.). En el valle del Esera la discordancia basal es espectacular, pues en el flanco activo de la estructura del Turbón se depositan al mismo tiempo las «brechas de Campo» o superposición de megaturbiditas muy concentradas, quizá equivalentes a las brechas y megaturbiditas del sector Behobia-Hendaya.

— La secuencia deposicional superior está limitada en su base por la discordancia intracampaniense. Esta discordancia al N de Tremp se manifiesta por una fuerte incisión erosiva sobre la que se deposita el nivel olistostrómico denominado Miembro Puigmanyons por NAGTEGAAL (op. cit.), «nivel arcilloso con corales» por ROSELL et al. (1972), parte inferior del Ritmo C-IV de GARRIDO (op. cit.) o ciclo Cb₅ de SOUQUET (op. cit.). Este nivel se interpreta como el relleno de un cañón submarino cortado por la topografía actual casi longitudinalmente. Por él habían hecho *by passing* los materiales que han dado lugar a los lóbulos del Valle del Isábena. Con ellos puede correlacionarse, aunque en facies mucho más distales, la secuencia deposicional superior de las turbiditas de Aitzxui.

— La parte del *highstanding* que cierra el ciclo y secuencia viene marcada por la casi desaparición de las areniscas y la aparición y

rápido aumento de las calizas micríticas. El límite de la secuencia se localizaría en el contacto neto entre esta serie caliza y el primer nivel de margas rojo violáceas situado a 120 m. de la base. La alternancia de niveles de calizas con otros de pelitas rojo violáceas y en contactos muy netos podría marcar límites de otras tantas secuencias deposicionales. Ello tendría asimismo su paralelismo al N de Tremp con la parte de la secuencia de Aren (sensu SIMO & PUIGDEFABREGAS, op. cit.) o mejor con las varias secuencias sensu SGAVETTI et al. (1984).

BIBLIOGRAFIA

- FLOQUET & MATHEY: *Evolution sedimentologique, paleogeographique et structurale des marges iberique et europeenne dans les regions Basco-Cantabrique et Nord-Iberique au Cretacé moyen et superieur*. Strata, vol. 1. Actes du Laboratoire de Géologie Sedimentaire et Paléontologie de l'Université Paul Sabatier, Toulouse. Serie 1. Communications, pp. 129-136 (1984).
- GARRIDO-MEGÍAS, A.: *El Cretácico superior en la zona central de la vertiente surpirenaica, dentro del contexto de la cadena pirenaica*. Primer Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico de España. (Trabajos de Congresos y Reuniones. Serie 7, núm. 1, pp. 103-116, julio 1975. Enadimsa Ed. (1975).
- GÓMEZ DE LLARENA: *Observaciones geológicas en el flysch cretácico-nummúltico de Guipúzcoa*. Monogr. Inst. «Lucas Mallada. Inv. Geol., núm. 13-15, 98 pp., 47 pl. (1954-56).
- HENRY, LANUSSE & VILLANOVA: *Evolution du domaine marin pyrénéen du Sénonien supérieur à l'Eocène inférieur*. Histoire structurale du Golfe de Gascogne, IV, 7, Ed. Technip (1971).
- IGME: *Memoria explicativa de la Hoja núm. 252 del Mapa 1/50.000 (Tremp)* (1970).
- IGME: *Memoria explicativa de la Hoja núm. 64 del Mapa 1/50.000 (San Sebastián)* (1972).
- IGME: *Memoria explicativa de la Hoja núm. 63 del Mapa 1/50.000 (Eibar)* (1973).
- JEREZ, ESNAOLA & RUBIO: *Estudio geológico de la provincia de Guipúzcoa*. Mem. IGME, núm. 79, 130 pp. (1971).
- MEY, NAGTEGAAL, ROBERTI & HARTEVELT: *Lithostratigraphic*

subdivision of Post-Hercynian deposits in the South Central Pyrenees, Spain. Leid. Geol. Meded., 41, 221-228 (1968).

MITCHUM, R. M.; VAIL, P. R., & THOMSON, S.: *Seismic Stratigraphy and Global Changes of the Sea Level, Part. 2: The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis*. A.A.P.G., Memoire 26, pp. 53-62 (1977).

MUTTI: *Turbidite facies and sea-level variations in the Eocene Hecho Group, South Central Pyrenees, Spain*. Abstracts of the 5th. European Regional Meeting I.A.S. Marseille, pp. 310-311 (1984).

MUTTI: *Turbidite systems and their relations to depositional sequences*. In: *Provenance of Arenites* (Zuffa ed.). NATO ASI Series. Serie C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 148, pp. 65-93 (1985).

MUTTI & RICCI LUCCHI: *Le torbiditi dell'Apennino settentrionale: Introduzione all'analisi di facies*. Memorie Società Geologica Italiana, v. 11, pp. 161-199 (1972).

NAGTEGAAL: *Depositional history and clay minerals of the Upper Cretaceous Basin in the South-Central Pyrenees, Spain*. Leid. Geol. Meded., 47, pp. 251-275 (1972).

RAT, AMIOT, FEUILLEE, FLOQUET, MATHEY, PASCAL & SALOMON: *Vue sur le Cretacé Basco-Cantabrique et Nord-Iberique. Une marge et son arrière-pays, ses environnements sédimentaires*. Mém. Géol. Univ. Dijon, vol. 9, 191 pp. (1983).

ROSELL, OBRADOR & PONS: *Significación sedimentológica y paleogeográfica del nivel arcilloso con corales del Senoniense superior de los alrededores de Pobla de Segur (prov. de Lérida)*. Acta Geológica Hispánica, tomo VII, núm. 1, pp. 7-11 (1972).

SIMO & PUIGDEFABREGAS: *Transition from shelf to basins on an active slope, Upper Cretaceous, Tremp area, Southern Pyrenees*. 6th. European Regional Meeting I.A.S. Excursion Guidebook. Lleida. Exc. núm. 2, pp. 62-108 (1985).

SGAVETTI, MUTTI, ROSELL & LEGARRTA: *Tectonically controlled depositional sequences in the Upper Cretaceous Aren Sandstones, South Central Pyrenees, Spain*. Abstracts on the 5th. European Regional Meeting I.A.S., Marseille, pp. 406-407 (1984).

SOUQUET: *Les cycles majeurs du Cretacé de la paleomarge Iberique dans les Pyrenees*. STRATA, vol. 1, pp. 47-70 (1984).

VAIL, P. R.; HANRDENBOL, J., & TODD, R. G.: *Jurassic Unconformities, Chronostratigraphy, and Sea-Level Changes from Seismic Stratigraphy and Biostratigraphy: In Interregional unconformities and Hydrocarbon accumulation*. (Ed. by John S. Schlee), pp. 129-145. Mem. 36. A.A.P.G. (1984).

Recibido: Julio 1985.

Trilobites Agnóstidos del Cámbrico Medio de la Sierra de Córdoba

Por MARIA DOLORES GIL CID (*)

RESUMEN

Se describen y figuran ejemplares de *Condylopyge rex* Barrande 1846, trilobites Agnóstido del Cámbrico Medio (zona E. pusillus) de la Sierra de Córdoba (España).

RESUME

On y descri et on fait la figuration des exemplaires de *Condylopyge rex* Barrande 1846 trilobites Agnostido du Cambrienne Moyen (zone E. pusillus) de Sierra de Córdoba (España).

INTRODUCCION

Son escasos los trilobites Agnóstidos citados hasta ahora en el SO del Macizo Hespérico; en el Cámbrico Inferior y Medio de la zona Córdoba-Alanís, basándonos en datos recientes tenemos la relación siguiente, de más moderno a más antiguo.

Piso	Subpiso	Género
Cámbrico Medio	Conocoryhe ovata	Peneropsella
Cámbrico Infer.	Marianense Sup.	Hebediscus Serrodiscus
	Marianense Medio	Delgadella Pagetiellus

(Basado en LIÑÁN, E., 1984).

El orden Agnóstida, está representado en el Cámbrico español por varias familias, una de las cuales es la Familia *Condylopygidae*; el género *Condylopyge* fue mencionado en 1961 por K. SDZUY

(*) Departamento de Paleontología U.C.M. e Instituto de Geología Económica U.C.M.-C.S.I.C.

(*) Este trabajo ha sido financiado, en su mayor parte, con cargo al Proyecto 456 del Instituto de Geología Económica U.C.M.-C.S.I.C.

para el Cámbrico de Asturias y Cadenas Celtibéricas; en este trabajo describe y figura *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846), p. 521, lám. 1; los ejemplares a que se hace mención pertenecen a las localidades de Los Barrios de Luna, Genestosa, Láncara y Murero. Posteriormente (SDZUY, 1967), en su trabajo sobre el Cámbrico Medio de Asturias, cita *Condylopyge aff. rex* BARRANDE, 1846 (página 80), si bien no existe figuración de los ocho ejemplares mencionados, para la localidad de Soto de Caso, incluida en el «Piso de Badulesia».

La especie *Condylopyge rex* BARRANDE, 1846, ha sido citada, por tanto, hasta la fecha, para las localidades de Murero y zona de Asturias, si bien sólo tenemos figuración de los ejemplares asturianos; para el Cámbrico del SO español no existen datos acerca de la presencia de esta especie en él.

SDZUY, 1972, p. 43, incluye esta especie en su trabajo sobre la fauna Acadobáltica del Cámbrico Medio, concretamente en el apartado que dedica al Cámbrico de España; en él, aparece dentro del piso de «Acadolenus-Badulesia». Este autor ya había indicado en 1971 la posible repartición estratigráfica de esta especie y su relación con los horizontes con *Badulesia tenera* (p. 777).

A partir de los trabajos publicados recientemente, *Condylopyge rex* BARRANDE, 1846, estaría situa-

do en el piso de *Paradoxides* (*Acadoparadoxides*). Los ejemplares que hemos encontrado en las cercanías de la localidad cordobesa de Santa María de Trasierra, constituyen los primeros ejemplares de esta especie para el Cámbrico Medio de esta zona; se encuentran asociados principalmente a Braquiópodos, Hyolita, Trilobites y Equinodermos. La edad de las capas en que se encuentran los ejemplares de *Condylopyge rex* en la Sierra de Córdoba es de Cámbrico Medio bajo (zona *Ecceparadoxides pusillus*)*.

Material

Hemos estudiado dos cefalones completos y varios restos (lám. 1).

Terminología

La terminología morfológica que hemos utilizado está basada en MOORE (1957) y COURTESOLE (1973).

Medidas

Las medidas que hemos tomado se han efectuado según el esquema de la figura 1. Nuestros ejemplares son muy pequeños y los tamaños oscilan entre H=(3 mm.-4 mm.) y C=(2 mm.-3 mm.).

Depósito de materiales: Depto. de Paleontología. Fac. de C. Geológicas. U.C.M.

Descripción sistemática

Familia: *Condylopygydae*. Raymond, 1913.
Género: *Condylopyge*. Hawle y Corda, 1847.
Especie tipo: *Battus rex*. Barrande, 1846.

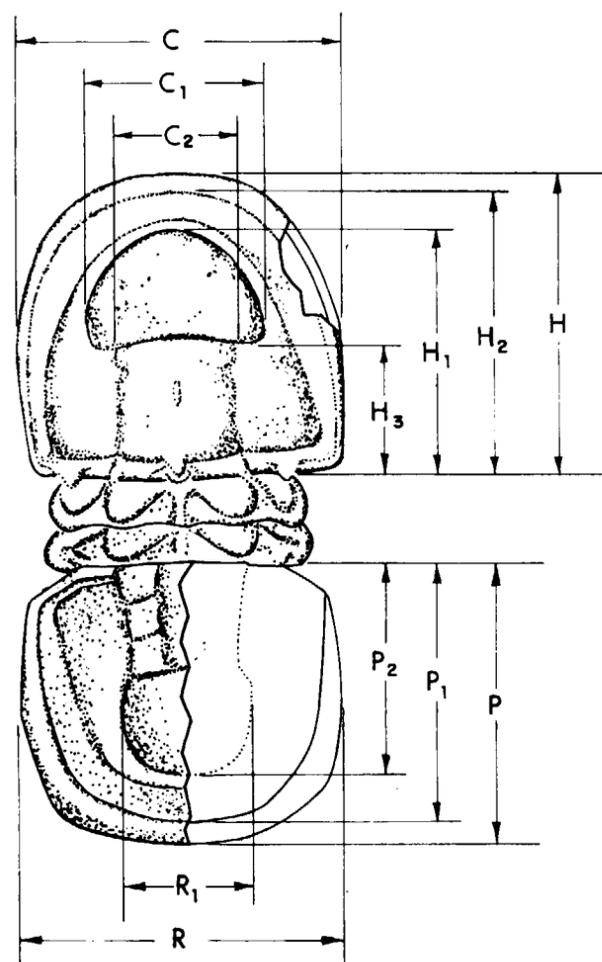
Condylopyge rex (BARRANDE, 1846).

Figura 1, lám. 1 (núms. 1 y 2).

1846. *Battus rex* BARRANDE; J. Barrande, Notice préliminaire sur le système silurien et les trilobites de la Bohême Strana 17.

1847. *Condylopyge rex* HAWLE a CORDA; I. Hawle a A. J. C. Corda, Prodrum einer Monographie der bohmischen Trilobiten. Abhandl. der koniglichen bohm. Gesellsch der Wissenschaften, V. Folge. Bd. 5, str. 50, tab. III, obr. 24.

- ? *Condylopyge dux* DORMITZER (nomen nudum); nekolik jedincu takto onzacenych ve sbirce I HAWLW.
1852. *Agnostus rex* BARRANDE; J. Barrande, Systeme silurien du centre de la Boheme, Vol. I, str. 908, tab. 49.
1868. *Agnostus rex* BARRANDE; J. J. Bigsby, The-saurus Siluricus. The Flora and Fauna of the Silurian Period and Addenda, str. 35.
- ?1880. *Agnostus rex* BARRANDE; S. A. Tullberg, Om Agnostus Arterna i de Kambriska aflagringerne vid Andrarum. Sveriges Geologiska Undersokning, Ser. C, No. 42, str. 30, tab. 2, obr. 21.



EXPLICACION LAMINA 1

Números 1 y 2.—Cefalones de *Condylopyge rex*. Barrande (×15) del yacimiento de Santa María de Trasierra (Córdoba).

N.º 1=NT85 N.º 2=NT86

- ?1882. *Agnostus rex* BARRANDE; G. Linnarson, De undre Paradoxideslagren vid andrarum. Sveriges Geologiska Undersokning, Ser. C, No. 45, str. 33.
1895. *Agnostus rex* BARRANDE; F. J. Pompeckj, Die Fauna des Cambrium von Tejrovitz und Skrej in Bohmen. Jahrb. der K. K. Geologischen Reichs-Anstalt, Bd. XLV, str. 523.
- ?1896. *Agnostus rex* var. *transsectus* MATTHEW; G. F. Matthew, Faunas of the Paradoxides Beds in Eeastern North America, No. 1. Trans. N. Y. Academy of Science, vol. XV, str. 214, tab. XVI, obr. 2.
1909. *Paragnostus rex* BARRANDE; O. Jaekel, Uber die Agnostiden. Zeitschrift der Deuschen Geol. Gesellschaft, Bd. 61, str. 396, obr. 12 v textu.
- ?1917. *Agnostus rex* BARRANDE; V. Ch. Illing, The Paradoxidian Fauna of a Part of the Stockingford Shales. Quart. Journal of the geol. Soc., vol. LXXI, str. 420, tab. XXXII, obr. 1.
1922. *Agnostus rex* BARRANDE; J. Koliha, Prispvek k poznani rodu Agnostus Brongniart. Veda prirodni, roc. III, zcl. otisk, obr. 1.
1925. *Agnostus rex* BARRANDE; P. E. Raymond, Some Trilobites of the Lower Middle Ordovician od Eastern North America Bull. of the Museum of Compartive Zoology, vol. LXVII, No. 1, str. 6.
- ?1925. *Agnostus rex* BARRANDE; B. F. Howell, The Faunas of the Cambrian paradoxides Beds at Manuels, Newfoundland. Bull. of American Paleontology, vol. 11, Np. 43.
- ?1925. *Agnostus* cf. *rex* BARRANDE; B. F. Howell, ibidem.
1941. *Cheirurus insignis* (BEYRICH); F. Prantl, Poselstvi trilobitu. Zdroj roc 1941, obr., u str. 100.



EXPLICACION LAMINA 1

Números 1 y 2.—Cefalones de *Condylopyge rex*. Barrande ($\times 15$) del yacimiento de Santa María de Trasierra (Córdoba).

N.º 1=NT85 N.º 2=NT86

- ?1882. *Agnostus rex* BARRANDE; G. Linnarson, De undre Paradoxideslagren vid andrarum. Sveriges Geologiska Undersokning, Ser. C, No. 45, str. 33.
1895. *Agnostus rex* BARRANDE; F. J. Pompeckj, Die Fauna des Cambrium von Tejrovitz und Skrej in Bohmen. Jahrb. der K. K. Geologischen Reichs-Anstalt, Bd. XLV, str. 523.
- ?1896. *Agnostus rex* var. *transsectus* MATTHEW; G. F. Matthew, Faunas of the Paradoxides Beds in Eeastern North America, No. 1. Trans. N. Y. Academy of Science, vol. XV, str. 214, tab. XVI, obr. 2.
1909. *Paragnostus rex* BARRANDE; O. Jaekel, Uber die Agnostiden. Zeitschrift der Deuschen Geol. Gesellschaft, Bd. 61, str. 396, obr. 12 v textu.
- ?1917. *Agnostus rex* BARRANDE; V. Ch. Illing, The Paradoxidian Fauna of a Part of the Stockingford Shales. Quart. Journal of the geol. Soc., vol. LXXI, str. 420, tab. XXXII, obr. 1.
1922. *Agnostus rex* BARRANDE; J. Koliha, Prispvek k poznani rodu *Agnostus* Brongniart. Veda prirodni, roc. III, zcl. otisk, obr. 1.
1925. *Agnostus rex* BARRANDE; P. E. Raymond, Some Trilobites of the Lower Middle Ordovician od Eastern North America Bull. of the Museum of Compartive Zoology, vol. LXVII, No. 1, str. 6.
- ?1925. *Agnostus rex* BARRANDE; B. F. Howell, The Faunas of the Cambrian paradoxides Beds at Manuels, Newfoundland. Bull. of American Paleontology, vol. 11, Np. 43.
- ?1925. *Agnostus* cf. *rex* BARRANDE: B. F. Howell, ibídem.
1941. *Cheirurus insignis* (BEYRICH); F. Prantl, Poselstvi trilobitu. Zdroj roc 1941, obr., u str. 100.

1942. *Condylopyge rex* (BARRANDE); W. E. Schmidt, Doberlug, B. 354. Taf. 21. Fig. 15-17.
1946. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846); Westergard, Agnostidea, B. 35. Taf. 2. Fig. 9-13.
1957. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846); Sdzuy, Doberlug, P. 9.
1958. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846); M. Snajr, Trilobiti..., p. 51, pl. figs. 23-31, pl. 2 figs. 1-4.
1961. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846); F. Sdzuy, Das kambrium Spaniens, II, p. 239-240, p. 11, fig. 11-17.
1967. *Condylopyge raff. rex* (BARRANDE, 1846); K. Sdzuy, Trilobites Cámbrico medio Asturias, p. 80.
1971. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846); K. Sdzuy, La subdivisión Bioestratigráfica y la correlación del Cámbrico medio de España, pp. 775, 777, 781.
1972. *Condylopyge rex* (BARRANDE, 1846); K. Sdzuy, Das kambrium der acabobaltischen Faumenprovinz, pp. 42-45.

Estrato tipo: zona de *Eccaparadoxides pusillus*.

Descripción

Esta especie está caracterizada por un cefalón alargado sagitalmente de contorno subcuadrangular; borde anterior de trazado subparalelo a la base, glabella con forma de hongo y glabella con un típico lóbulo anterior dilatado, en su posición frontal redondeado-semicircular anteriormente; zona posterior glabellar más reducida (estrechada); lóbulo frontal glabellar bien diferenciado del resto de la glabella; puede presentar una «espina» de breve relieve en la región axial glabellar. Sutura marginal bien diferenciada, con surco bien definido y con un recorrido subparalelo al borde exterior del cefalón; borde posterior del cefalón subrectilíneo con pequeñas protuberancias subgenerales retrodirigidas. La superficie del cefalón aparece lisa, sin crenulaciones. El pigidio presenta una forma, en cuanto a su contorno, semejante al cefalón; el raquis pigidial aparece deprimido en su parte media; presenta cuatro lóbulos y tres surcos; los surcos son discontinuos en la zona

(1) Para una descripción morfológica detallada del tipo, nos remitimos a Snajdr, 1958, pp. 51-54.

central como consecuencia de la existencia de una pequeña cresta longitudinal; el lóbulo terminal es de contorno redondeado y de relieve prominente (1).

Observaciones

Nuestro material destaca por sus reducidas dimensiones (3-4 mm.) si bien el estado de conservación es muy bueno; tipológicamente son comparables a las figuradas por Sdzuy (1961) para Asturias y Murero, si bien aquellos ejemplares alcanzaban tamaños algo mayores. La edad de estos ejemplares parece ser más antigua que la de los yacimientos descritos, en función de las asociaciones que presenta, pudiendo situarse en la base del Cámbrico Medio.

Situación geográfica

En España se han citado en Asturias ocho especímenes de *Condylopyge aff. rex* BARRANDE, 1846, en la localidad de Soto de Caso en el trabajo publicado en 1967 «Trilobites del Cámbrico Medio de Asturias» por K. Sdzuy, y en Murero se han citado por este mismo autor ejemplares de esta especie en 1961 (lám. 1, núms. 11-17). Con la cita objeto de este trabajo se amplía la presencia de *C. rex* al Cámbrico de la zona de Ossa Morena, concretamente en la carretera de Sta. María de Trassierra (Córdoba).

Posición estratigráfica

Zona de *Eccaparadoxides pusillus*, subpiso de *C. ovata*.

BIBLIOGRAFIA

- BERGSTROM, J.: *Organization, life, and systematics of trilobites Fossils and Strata*, núm. 2, pp. 1-69, pls. 1-5, Oslo (1973).
- COURTESOLE, R.: *Le Cambrien moyen de la Montagne Noire*. Lab. Geol. C.E.A.R.N. Fac. Sc. Toulouse (1973).
- GIL CID, D.: *Preliminar sobre el contenido faunístico y edad del Cámbrico de Zafra y Alconera (Badajoz)*. Bol. Inst. Geol. y Min., 84, 26-31 (1973).
- GIL CID, D.: *Los Trilobites Agnóstidos del Cámbrico inferior y medio de España*. Bol. Inst. Geol. y Min., t. XCII-II, 111-126 (1981).
- LIÑÁN, E.: *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tesis Doctoral Universidad de Granada, 212 pp., 17 láminas (1978).

- LIÑÁN, E., y Sdzuy, K.: *A trilobite from the Lower Cambrian of Córdoba (Spain) and its stratigraphical significance*. Senckenb. Lethaea, 59, 4/6, 387-399 (1978).
- LIÑÁN, E.: *Introducción al problema de la paleogeografía del Cámbrico de Ossa Morena* (1984).
- Sdzuy, K.: *Das kambrium Spaniens. Teil II. Trilobites*. Akad. Wiss. Lit. Abh. Mth.-naturw. Wiss., pp. 217-408, Mainz (1961).
- Sdzuy, K.: *Revision der mitterkambrischen Trilobiten von Doberlug*. Senckenb. Lethaea, 38, 1/2, pp. 7-28 (1957).

- Sdzuy, K.: *Trilobites del Cámbrico medio de Asturias*. Trabajos de geología, núm. 1, fac., Oviedo, p. 77 (1967).
- Sdzuy, K.: *Mitterkambrische Fossilien aus neuen Bohrungen bei Doberlug und bei Delitzsch*. Geologie, H 9, pp. 1066-1091 (1970).
- Sdzuy, K.: *La subdivisión bioestratigráfica y la correlación Cámbrico medio de España*. I Congr. Hisp.-Amer. Geol. Econ., 2, secc. I, pp. 769-782, Madrid (1971).
- SNAJDR, M.: *Trilobiti Esskeho Stredniho Kambria*. Rozpr. Ustr. ust. Geol., 24, pp. 1-280, 46 figs., 46 láms., Praha (1958).

Recibido: Junio 1985.

Nuevos Hybodóntidos del Cretácico Inferior de Santa María de Meyá (Lérida)

Por J. E. GOMEZ PALLEROLA

RESUMEN

Se dan a conocer en este trabajo dos fragmentos de la zona media de *Hybodus*, y un diente aislado del mismo género.

Y otro ejemplar (cráneo y aletas pectorales) que corresponde probablemente al género *Lonchidion*.

Este último, citado por primera vez en el yacimiento de Santa María de Meyá, aportando datos inéditos acerca de su anatomía, ya que este fósil sólo era conocido por dientes y espinas sueltas.

ABSTRACT

Two fragments of the central part of *Hybodus* and isolated tooth of the same specimen have been discovered in this work.

Other specimens like a skull and pectoral fins have also been found and they probably belong to *Lonchidion* specimen.

Lonchidion was mentioned for the first time at the quarry of Santa María de Meyá.

These discoveries bring completely new information about the anatomy of *Lonchidion* species since this fossil was only known by its teeth and its isolated fishbones.

INTRODUCCION

Los *Hybodontiformes* son un orden de peces elasmobranquios con aspecto de tiburón, caracterizados por sus dos espinas dorsales (ichtyodolites) alargadas y curvadas, normalmente con dos series de pequeños denticulos en su pared externa posterior a modo de garfios.

Otra característica del grupo la constituyen las espinas cefálicas.

Los primeros representantes de este orden aparecen en el Carbonífero Inferior de Escocia (*Tristychius*). En el Carbonífero y Pérmico de Norteamérica se hallan espinas cefálicas, dientes y espinas dorsales de *Hybodóntidos*.

En el Permo-Trías se encuentran restos dispersos de *Arctacanthus*, *Lissodus* y dientes sueltos y espinas de *Hybodus*.

A partir del final del Jurásico fueron gradualmente reemplazados por los tiburones actuales.

Hacia el final del Cretácico, *Acrodus* e *Hybodus* se extinguieron, pero *Asteracanthus* persiste hasta el Paleoceno.

Generalmente se ha venido admitiendo que el tiburón de Port-Jackson (*Heterodontus*) era un descendiente de los *Hybodóntidos* mesozoicos, pero esta interrelación está en la actualidad discutida.

Como he indicado anteriormente, los *Hybodóntidos* se conocen principalmente por sus dientes o espinas, pero en algunos casos nos han llegado ejemplares más completos, como:

El *Hybodus hauffianus* (FRAAS, 1889, 1896; BROWN, 1900; JAEKEL, 1906; KOKEN, 1907).

El *H. fraasi* (BROWN, 1900).

El *H. delabechei* (CHARLESWORTH, 1839; DAY, 1864; WOODWARD, 1889).

El *H. basanus* (EGERTON, 1845; WOODWARD, 1889, 1916 y 1919).

El *H. cassagensis* (TEIXEIRA, 1954, 1956, 1978).

El *Lissodus africanus* (BROOM, 1909; BROUGH, 1935).

Esqueletos parciales de *Acrodus*, *Asteracanthus* y *Palaeobates* fueron igualmente descritos.

En 1915, LUIS MARIANO VIDAL describe un fragmento en el que se aprecia una porción bastante mal conservada de la columna vertebral, costillas y primera aleta dorsal. (Nota Geológica y Paleontológica sobre el Jurásico Superior de la provincia de Lérida. Bol. IGME, Madrid, 1915.) VIDAL atribuyó aquella porción a un *Hybodus* (basándose principalmente en la espina dentada del ejemplar) creando además la nueva especie *woodwardi*. Esta nueva especie fue creada sin ninguna diagnosis y con un fósil muy incompleto, por lo que en mi opinión creo que hubiera sido más correcto dejar el fósil como *Hybodus sp.*

En este trabajo damos a conocer dos fragmentos de *Hybodus*; un diente aislado, que atribuímos también a este género, y un fragmento que consideramos perteneciente al género *Lonchidion*. Todos ellos procedentes de la colección del autor.

Comencemos, pues, por la descripción de estos ejemplares.

Orden: HYBODONTIFORMES

Familia: HYBODONTIDAE OWEN, 1846

Género: HYBODUS AGASSIZ, 1837

Hybodus sp.

Se trata de un fragmento muy mal conservado, que mide 210 mm. de longitud y 217 de anchura. Se aprecian en el mismo el esqueleto axial y el arranque de la segunda espina dorsal. La anchura máxima de la columna vertebral es de 25 mm. Son perfectamente visibles las espinas neurales y hemales. Las primeras, gruesas y rectilíneas, las otras más delgadas y curvadas. La distancia máxima entre los dos extremos de las neurapófisis y hemapófisis correspondientes es de 80 mm. Nosotros calculamos para este ejemplar una longitud aproximada de 1,50 m.

Se observa de forma clara en toda la superficie de la piel del pez las escamas placoides. Al haberse hallado la caliza que contiene el frag-

mento al descubierto, han actuado sobre él los elementos atmosféricos dejando bastante borrada su impresión. Hemos realizado una sección transversa de la espina dorsal correspondiendo a la parte no dentada de la misma, distinguiéndose dos capas diferenciadas ovaladas (debido al aplastamiento). La capa interior posee una estructura más porosa formada por tejido laminar y la externa formada por osteodentina, que presenta una estructura más compacta (fig. 1).

Es muy probable que este fósil pertenezca a un *Hybodus woodwardi*, pero al carecer dicha especie de una diagnosis correcta, nos limitamos a clasificarlo como *Hybodus sp.*

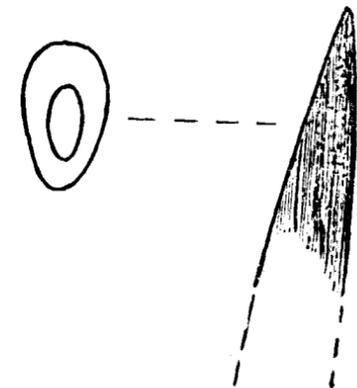


Figura 1.—Sección de la segunda espina dorsal.

Cf. *Hybodus woodwardi*. VIDAL 1915

Consiste en un fragmento de 131 mm. de longitud y 122 mm. de anchura (desde el extremo de la espina anterior a la zona ventral más alejada). En él se distinguen muy bien las dos aletas dorsales, precedidas de sendas espinas dentadas, y la aleta pélvica (foto 1).

La conservación de la piel del mismo es excelente, teniendo un tacto áspero debido a la multitud de escamas placoides que la recubren.

Cuerpo

Este pequeño seláceo se encuentra de perfil y posee un notable ensanchamiento en la parte ventral.

El flanco visible del mismo está recorrido por la línea lateral, que se divisa perfectamente (fig. 2).

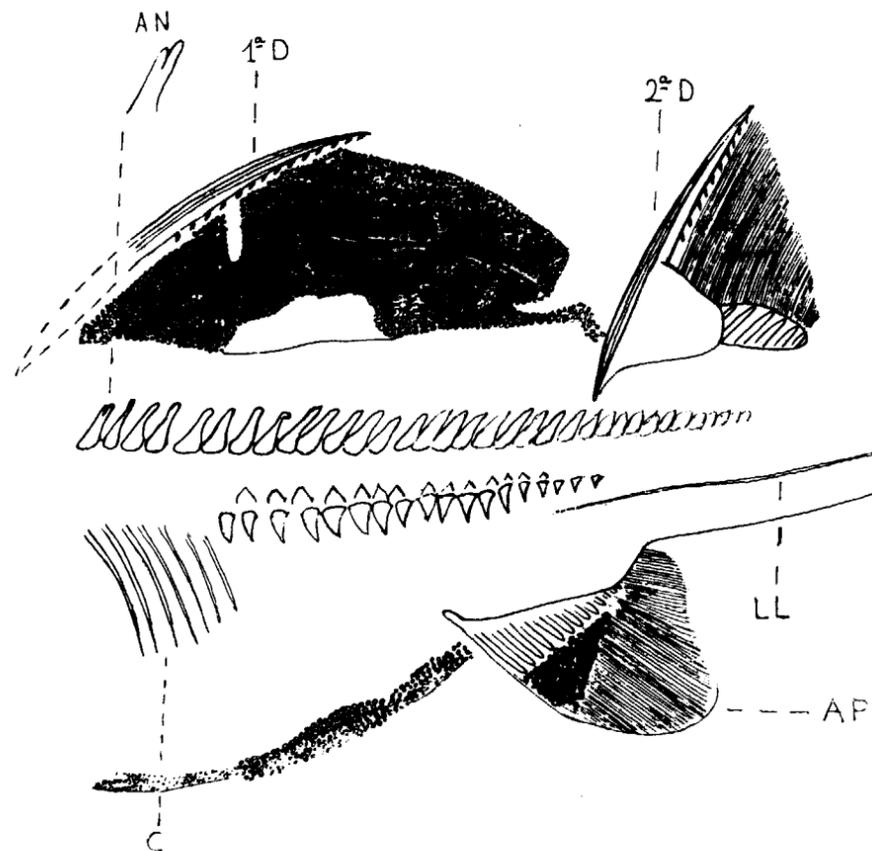


Figura 2

AN: Apófisis neural.
 1.ª D: Primera aleta dorsal.
 2.ª D: Segunda aleta dorsal.
 LL: Línea lateral.
 C: Costillas.
 AP: Aleta pélvica.

Esqueleto axial

Presenta con claridad las apófisis neurales y hemales, siendo las primeras de recorrido tortuoso, más delgadas y largas que las otras. La zona correspondiente a la columna vertebral se encuentra totalmente ocupada por cartilago recubierto de escamas placoides (foto 2). La línea lateral circula a escasos milímetros del final de las apófisis hemales. En la parte anterior del pez, se diferencian las costillas, que son largas y delgadas. Se ven siete largas (la de mayor longitud mide 25 mm.) y me parece ver, además, una o dos más pequeñas. Esta zona no está completa, por eso no podemos saber su número exacto. El *Hybodus cassangensis* posee once pares; el *H. fraasi* probablemente doce, y el *H. hauffianus* once o doce pares.

El fósil descrito en 1915 por VIDAL y clasificado como *woodwardi*, posee las apófisis espinosas tortuosas y bífidas.

En opinión de M. SMITH WOODWARD (consultado por VIDAL acerca de esta peculiaridad): «Este efecto era producido por aplastamiento durante la fosilización, partiéndose en sentido longitudinal y aparentando doble apófisis.»

Hemos observado en nuestro ejemplar, así como en algunas apófisis del *H. hauffianus*, el mismo fenómeno, lo cual interpretamos como una característica de estos *Hybodontidos*.

Primera aleta dorsal

Se halla precedida por una espina dentada desde aproximadamente la mitad hacia arriba (no se ve con exactitud el número de denticulos). Describe un arco de ángulo menor respecto a la columna vertebral que la segunda espina dorsal.

En cuanto a la aleta, observamos que el recorrido de la misma no está formada por los radios

que todos los *Hybodus* poseen en ella sino por una superficie lobulada recubierta por multitud de escamas placoides y cruzada por una línea (aproximadamente en la mitad de la misma) que tiene un recorrido paralelo al borde externo (foto 3). He consultado esta anomalía al Dr. COLIN PATTERSON, del British Museum (Natural History), el

cual muy amablemente me ha comunicado su opinión basada en fotografías y dibujos que le remití. Así, pues, este eminente paleoictiólogo considera que la piel de este fósil puede haberse partido después de la muerte y abrirse, por esto el aparente borde ventral del estómago es una parte del corte de la piel y la aparente primera aleta dorsal es la otra. Si esta interpretación es correcta, la línea o arruga que cruza la aleta podría ser la línea lateral de la otra cara (derecha) del pez. Efectivamente, la línea que atraviesa la aleta es de la misma naturaleza que la línea lateral que antes hemos citado. Otro punto en el que se apoya esta hipótesis es la presencia de escamas inmediatamente detrás de la primera aleta dorsal, no puede esperarse una tan densa escamación como esta en la aleta dorsal de un tiburón.

Otro punto a considerar es la gran proximidad de ambas aletas, lo que es atípico en *Hybodus*.

Finalmente, en la descripción de VIDAL sobre el *H. woodwardi*, el insigne geólogo señalaba que la primera aleta dorsal estaba enteramente cubierta por radios «que arrancan del pie de la espina y se extienden por toda la superficie de la aleta».

Nosotros encontramos esta hipótesis totalmente correcta, pero hacemos notar la gran casualidad de ocupar justamente la zona que corresponde a la aleta. Tendremos que esperar la aparición de un nuevo ejemplar en el yacimiento para esclarecer definitivamente la verdadera naturaleza de la primera aleta dorsal.

Segunda aleta dorsal

Se encuentra igualmente precedida de una espina dentada de naturaleza idéntica a la anterior, pero con un ángulo respecto a la columna vertebral más abierto. La superficie de dicha aleta se encuentra cubierta de radios contrariamente a la primera aleta (foto 4).

La mayor o menor inclinación de las espinas respecto al cuerpo del pez ha dado origen a dos teorías distintas, que pueden resumirse del modo siguiente:

1. Este pez, al igual que algunos otros seláceos, poseía en vida las espinas dorsales en la misma posición que ahora ocupa.



que todos los *Hybodus* poseen en ella sino por una superficie lobulada recubierta por multitud de escamas placoides y cruzada por una línea (aproximadamente en la mitad de la misma) que tiene un recorrido paralelo al borde externo (foto 3). He consultado esta anomalía al Dr. COLIN PATTERSON, del British Museum (Natural History), el

cual muy amablemente me ha comunicado su opinión basada en fotografías y dibujos que le remití. Así, pues, este eminente paleoictiólogo considera que la piel de este fósil puede haberse partido después de la muerte y abrirse, por esto el aparente borde ventral del estómago es una parte del corte de la piel y la aparente primera aleta dorsal es la otra. Si esta interpretación es correcta, la línea o arruga que cruza la aleta podría ser la línea lateral de la otra cara (derecha) del pez. Efectivamente, la línea que atraviesa la aleta es de la misma naturaleza que la línea lateral que antes hemos citado. Otro punto en el que se apoya esta hipótesis es la presencia de escamas inmediatamente detrás de la primera aleta dorsal, no puede esperarse una tan densa escamación como esta en la aleta dorsal de un tiburón.

Otro punto a considerar es la gran proximidad de ambas aletas, lo que es atípico en *Hybodus*.

Finalmente, en la descripción de VIDAL sobre el *H. woodwardi*, el insigne geólogo señalaba que la primera aleta dorsal estaba enteramente cubierta por radios «que arrancan del pie de la espina y se extienden por toda la superficie de la aleta».

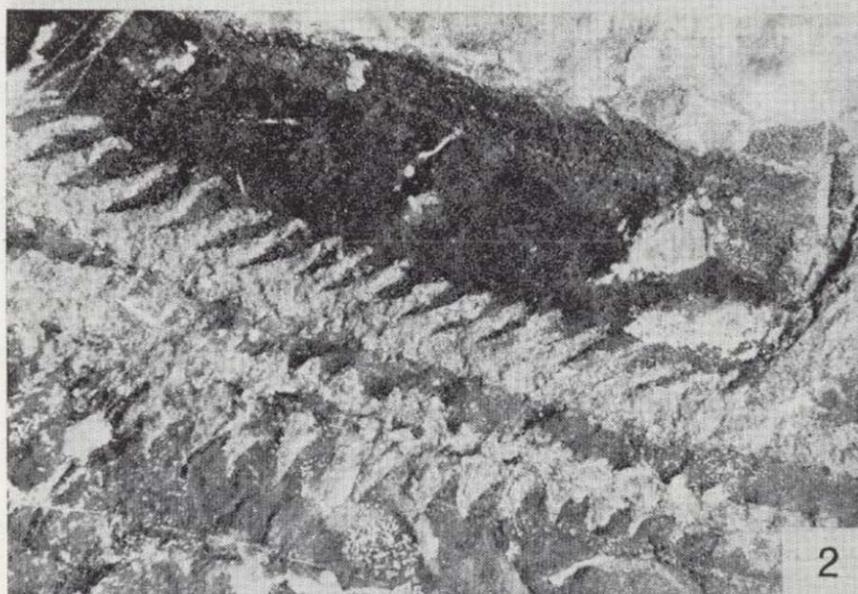
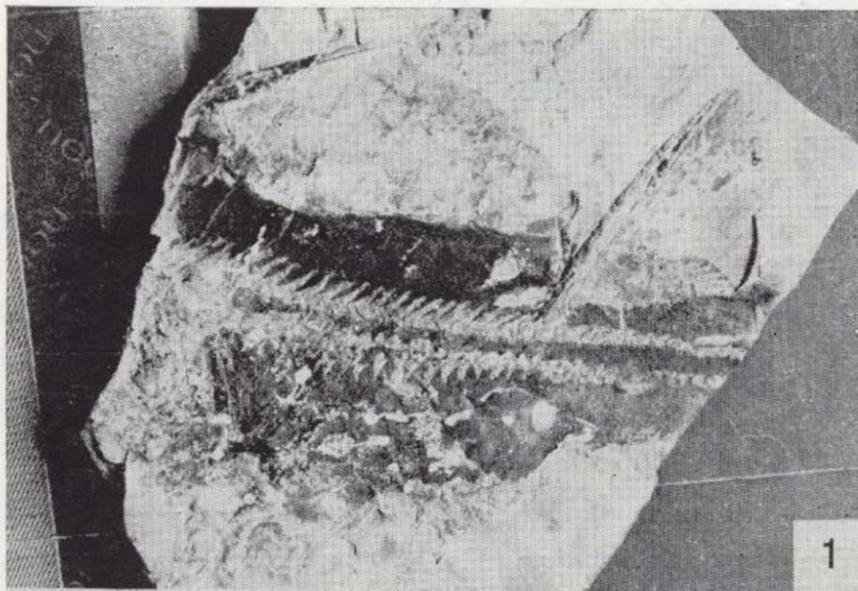
Nosotros encontramos esta hipótesis totalmente correcta, pero hacemos notar la gran casualidad de ocupar justamente la zona que corresponde a la aleta. Tendremos que esperar la aparición de un nuevo ejemplar en el yacimiento para esclarecer definitivamente la verdadera naturaleza de la primera aleta dorsal.

Segunda aleta dorsal

Se encuentra igualmente precedida de una espina dentada de naturaleza idéntica a la anterior, pero con un ángulo respecto a la columna vertebral más abierto. La superficie de dicha aleta se encuentra cubierta de radios contrariamente a la primera aleta (foto 4).

La mayor o menor inclinación de las espinas respecto al cuerpo del pez ha dado origen a dos teorías distintas, que pueden resumirse del modo siguiente:

1. Este pez, al igual que algunos otros seláceos, poseía en vida las espinas dorsales en la misma posición que ahora ocupa.



2. La primera espina dorsal ha sufrido un desplazamiento post-mortem debido a la inconsistencia del cartílago de base.

SAINT-SEINE, en su estudio sobre los peces de CERIN (1949), observa también esta particularidad en los elasmobranquios de aquel yacimiento y opina que estos peces poseían en vida las espinas dorsales con ángulos sensiblemente iguales respecto a la columna vertebral, produciéndose el desplazamiento después de la muerte del pez. Al mismo tiempo, apunta la posibilidad de que la primera aleta fuera más baja y más inclinada.

Por consiguiente, vemos que la mayor o menor inclinación de las espinas dorsales es una constante en todos los ejemplares fósiles conocidos.

Entre los radios de esta segunda aleta dorsal observamos la presencia de algunas escamas placoides. En la parte basal se observan los elementos cartilaginosos.

Aleta pélvica

Se encuentra situada un poco antes de la altura de la segunda dorsal, posee numerosos radios cartilaginosos gruesos en un número aproximado de 12 ó 13. El cinturón pélvico es pequeño y acabado en punta. El metapterigio, los segmentos basales del mismo, y los segmentos intermedios no se distinguen con claridad.

La zona correspondiente al mixipterigio (prolongación cartilaginosa) tampoco se ve. La parte anterior de la aleta está recubierta de una gran profusión de escamas, al igual que la parte correspondiente al vientre del pez, con lo que dichas escamas pertenecerían a la piel abierta del

pez según la hipótesis antes expresada del doctor PATTERSON.

Nosotros consideramos el fósil que acabamos de describir como un probable *Hybodus woodwardi*. Hemos observado algunas diferencias respecto a los otros *Hybodus* conocidos (columna vertebral, aleta pélvica, costillas), pero hacemos hincapié en que el *Hybodus woodwardi* carece de una definición válida. Esperamos encontrar un nuevo ejemplar para poder emitir un diagnóstico más preciso sobre esta especie.

Hybodus sp.

Para finalizar, queda por describir un pequeño diente (fotos 5 y 6) perteneciente a un *Hybodus* que mide 10 mm. de ancho y 3 de alto (de la base de la raíz al final de la cúspide central), esta última es más alta y tiene situadas dos a cada lado de menor altura, respectivamente.

Los dientes de *Hybodus* son abundantes en el Wealdense británico. Estos ejemplares se encuentran en aguas dulces, lo que viene a confirmar una vez más que la ictiofauna del yacimiento de Santa María de Meyá es enteramente de agua dulce.

Para la restauración completa de *Hybodus* sp. adjunto un dibujo extraído de JOHN G. MAISEY, 1982 (fig. 3).

Paso a continuación a describir un nuevo género para el yacimiento de Santa María de Meyá.

Orden: HYBODONTIFORMES

Familia: HYBODONTIDAE OWEN, 1846, o LONCHIDIIDAE HERMAN, 1977

Género: LONCHIDION ESTES, 1964

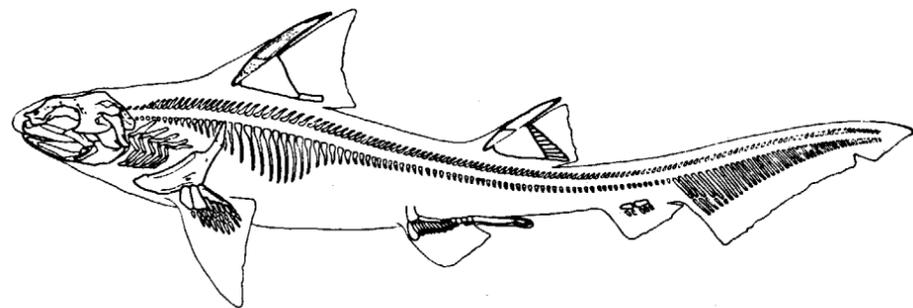


Figura 3.—*Hybodus* sp. (tomado de J. G. MAISEY), 1982.



Cf. *Lonchidion* sp.

Constituye éste un ejemplar de gran interés, ya que únicamente estaba descrito por dientes y espinas aislados.

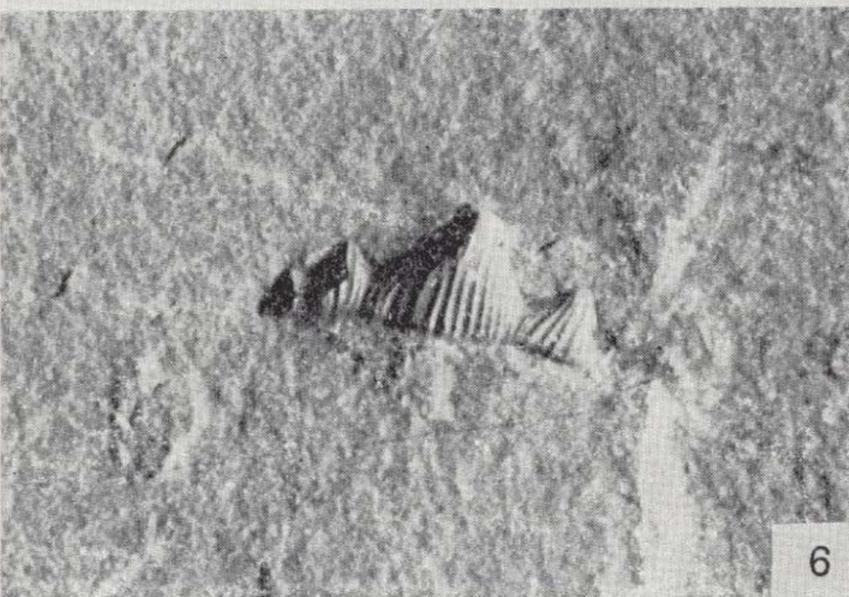
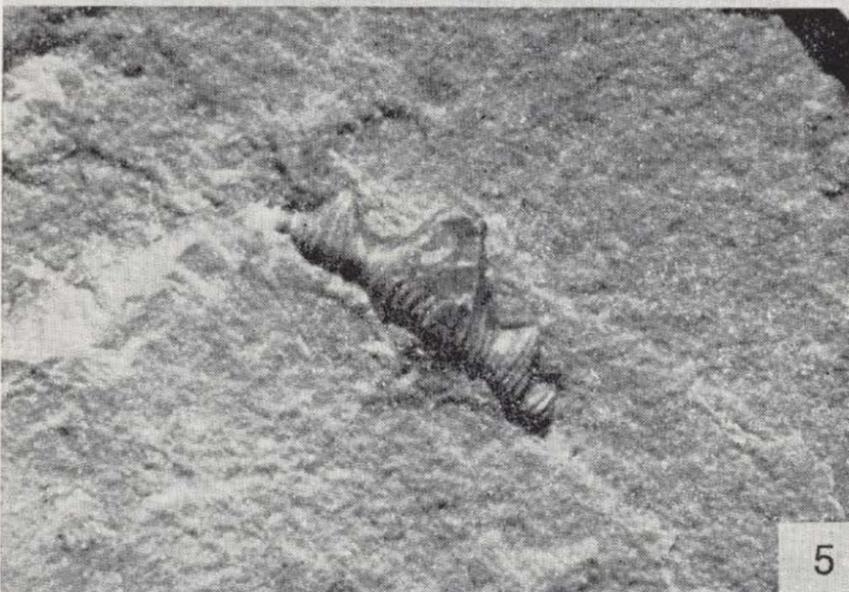
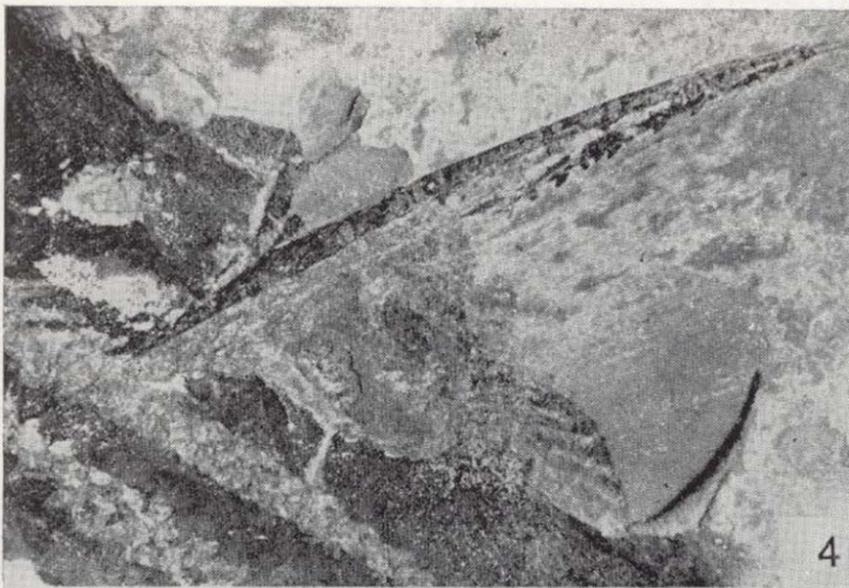
Lonchidion es un pequeño *Hybodontido* de agua dulce, débil o fuertemente heterodonto. Posee la corona alargada, no mucho más baja que la raíz. Los dientes anteriores son tricúspides, presentando varias formas: corona lisa o con estrías verticales dispersas, gran proyección labial o con apoyo debajo de la cúspide central. Sin cúspides laterales o pequeñas e irregulares. En las formas avanzadas es squatinoide. Dentina de la corona, espesa como en *Polyacrodus*. Espinas dorsales con o sin surcos esmaltados en las caras laterales, con una serie simple de denticulos posteriores sin púa terminal.

ESTES, 1964, describió este *Hybodontido* por los dientes aislados y alguna espina dorsal suelta procedentes de la «Formación Lance» de Wyoming. PATTERSON, 1966, estudiaba diversos dientes procedentes del Wealdense británico, pero haciendo notar que el diente anterior descrito por ESTES puede pertenecer a un *squatinoide* o a un *Orectoloboide*. Esto fue posteriormente verificado por HERMAN, 1977, el cual los identificó provisionalmente como *Mesiteia*, y por CASE, 1979, que los situaba dentro de los *Chiloscyllium*. DUFFIN, 1981, ha concluido que *Lonchidion* y *Lissodus* son sinónimos.

El ejemplar que presentamos corresponde a una porción en posición ventral de 100 mm. de longitud y 98 mm. de anchura. En ella se aprecia el cráneo y las dos aletas pectorales extendidas (foto 7). No se ha conservado el esqueleto axial, tan sólo me parece ver dos apófisis neurales y una hemal, pero con poca certeza. En algunos tramos de la superficie del pez se ven escamas placoides.

Cráneo

Tiene el contorno de un triángulo casi equilátero, con los ángulos redondeados. Su longitud es de 33 mm. y la anchura de 30 mm. Se halla en posición ventral. En él se aprecia el arco mandibular formado por los cartílagos palato-cuadrado y de Meckel, donde se observa un diente (fig. 4), el cual mide 0,5 mm. de alto y 1 mm.



Cf. *Lonchidion* sp.

Constituye éste un ejemplar de gran interés, ya que únicamente estaba descrito por dientes y espinas aislados.

Lonchidion es un pequeño *Hybodóntido* de agua dulce, débil o fuertemente heterodonto. Posee la corona alargada, no mucho más baja que la raíz. Los dientes anteriores son tricúspides, presentando varias formas: corona lisa o con estrías verticales dispersas, gran proyección labial o con apoyo debajo de la cúspide central. Sin cúspides laterales o pequeñas e irregulares. En las formas avanzadas es squatinoide. Dentina de la corona, espesa como en *Polyacrodus*. Espinas dorsales con o sin surcos esmaltados en las caras laterales, con una serie simple de dentículos posteriores sin púa terminal.

ESTES, 1964, describió este *Hybodóntido* por los dientes aislados y alguna espina dorsal suelta procedentes de la «Formación Lance» de Wyoming. PATTERSON, 1966, estudiaba diversos dientes procedentes del Wealdense británico, pero haciendo notar que el diente anterior descrito por ESTES puede pertenecer a un *squatinoide* o a un *Orectoloboide*. Esto fue posteriormente verificado por HERMAN, 1977, el cual los identificó provisionalmente como *Mesiteia*, y por CASE, 1979, que los situaba dentro de los *Chiloscyllium*. DUFFIN, 1981, ha concluido que *Lonchidion* y *Lissodus* son sinónimos.

El ejemplar que presentamos corresponde a una porción en posición ventral de 100 mm. de longitud y 98 mm. de anchura. En ella se aprecia el cráneo y las dos aletas pectorales extendidas (foto 7). No se ha conservado el esqueleto axial, tan sólo me parece ver dos apófisis neurales y una hemal, pero con poca certeza. En algunos tramos de la superficie del pez se ven escamas placoides.

Cráneo

Tiene el contorno de un triángulo casi equilátero, con los ángulos redondeados. Su longitud es de 33 mm. y la anchura de 30 mm. Se halla en posición ventral. En él se aprecia el arco mandibular formado por los cartílagos palato-cuadrado y de Meckel, donde se observa un diente (fig. 4), el cual mide 0,5 mm. de alto y 1 mm.

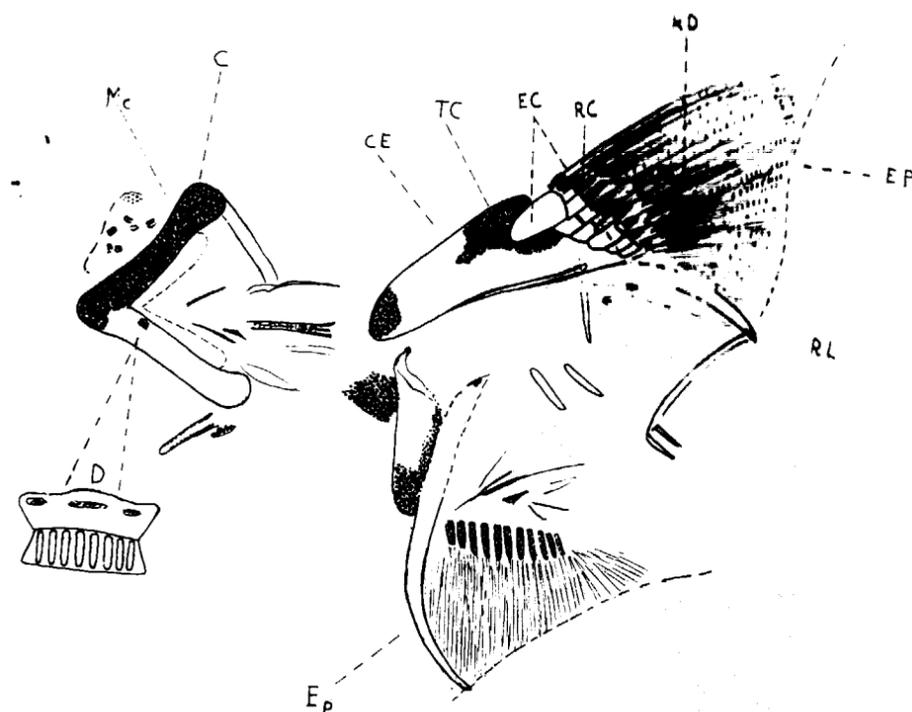


Figura 4

C: Cráneo.
 Mc: Cartílago de Meckel.
 D: Diente.
 CE: Cintura escapular.
 TC: Tejido cartilaginoso.
 EC: Elementos cartilagosos basales.
 RC: Radios cartilagosos.
 RD: Radios dérmicos.
 EP: Escamas placoides.
 RL: Restos de *Leptolepis*.
 EP: Espina pectoral.

de ancho; es la parte más significativa del fósil, ya que es similar a los dientes de *Lonchidion*. Entre las varias especies de *Lonchidion*, la más aproximada es la de (fig. 5) *L. breve breve*, si bien difiere de aquél en la constitución de la raíz. En la parte derecha del cráneo y ya fuera de él, se encuentran varios dientes sueltos idénticos al anterior. Estos dientes poseen la corona tricúspide, aplanada y lisa, y la raíz, unos característicos segmentos paralelos en depresión que no hemos podido constatar en ninguno de los dientes de *Lonchidion* con los cuales hemos establecido comparaciones.

Aletas pectorales

La aleta pectoral derecha se ve mucho mejor que la izquierda. Consta de una cintura escapular muy robusta recubierta de cartílago. La escápula se abre al final de la misma en dos lóbulos (el derecho más corto que el izquierdo) en medio de los cuales quedan alojados los elementos cartilagosos basales. En sugerencia del Dr. PATTERSON, es probable que dicha aleta no esté completa y conste tan sólo del metapterigio y las radiales.

Establecida la sinonimia de *Lonchidion* y *Lissodus*, se conoce de este último algún detalle de las aletas y son del tipo ordinario de *Hybodón*.

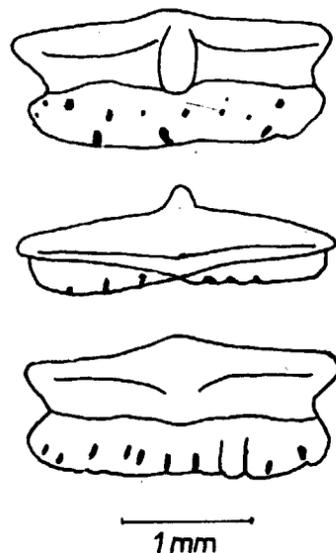


Figura 5.—*Lonchidion breve breve* (tomado de C. PATTERSON), 1966.

tido, lo que contrasta con la configuración del fósil que estamos describiendo, cuyos elementos basales son distintos de los *Hybodóntidos*.

La longitud de la cintura escapular hasta el final del elemento basal más alejado es de 43 mm. El final de los radios de la aleta no se aprecia, por estar la piedra fragmentada.

En la aleta izquierda, se ve una posible espina no dentada situada en la parte anterior. Esta ha saltado dejando la huella de la misma, que no tiene estrías. Así, pues, dado lo incompleto del ejemplar, podemos elaborar dos hipótesis:

1. Que esta especie de espina sea una prolongación en punta de la escápula.
2. Que corresponda a una verdadera espina no dentada (como sucede en algunos seláceos) que anteceda a las aletas pectorales.

En cuanto a la aleta derecha, parece también existir una espina que igualmente ha saltado, pero su recorrido no se diferencia con seguridad. Señalemos que en el aparato digestivo del fósil aparecen restos de un pequeño vertebrado, probablemente un *Leptolepis*. Entre los ceratotricos de las aletas se encuentran intercaladas algunas escamas placoides.

Después de todo lo dicho y atendiendo principalmente al tipo de dientes de este fósil, lo incluimos dentro del género *Lonchidion* de manera provisional, a la espera de obtener nuevos ejemplares.

CONCEPTUACIONES FINALES

El yacimiento de Santa María de Meyá se considera dulceacuícola, pero aún no se ha determinado si constituía un recinto cerrado o con comunicación al mar. La presencia de *Paleoxyris* en el yacimiento, interpretados como huevos de elasmobranchios u holocéfalos (SAUVAGE, 1903) deben corresponder a *Hybodóntidos*, ya que hasta el presente son éstos los únicos seláceos que aparecen en el yacimiento.

En 1979 se publicó un trabajo mío en el Boletín del IGME, bajo el título de: «Un ave y otras especies fósiles nuevas de la biofacies de Santa María de Meyá (Lérida). En el que erróneamente atribuía el ejemplar que acabo de descri-

bir (de pésima conservación) como perteneciente a un ave, creando el nombre de *Priscavolucris Montsechi* para él.

El empleo de ácidos sobre algunas partes del mismo, me permitieron darme cuenta del error. En 1982, en otro trabajo publicado por el IGME: «Nuevas aportaciones a la ictiofauna y a la flora del Neocomiense del Montsech de Rubies», yo mismo hacía una corrección de este ejemplar, colóndolo como un probable seláceo, opinión que se ratifica en el presente trabajo. Por tanto, *Priscavolucris Montsechi* queda suprimido de la nomenclatura paleontológica.

AGRADECIMIENTOS

«Agradezco a la Dra. SYLVIE WENZ, del Museo de Historia Natural de París, las atenciones brindadas en la elaboración del presente trabajo.»

De la misma forma agradezco la amabilidad del Dr. COLIN PATTERSON, del Departamento de Paleontología del British Museum (Natural History) de Londres, al haber contestado a todas y cada una de las consultas efectuadas acerca del material objeto de la presente nota.

Doy las gracias también al Dr. JOHN G. MAISEY, del Departamento de Paleontología de Vertebrados del American Museum (Natural History) de Nueva York, por el envío de algunos de sus trabajos referentes a la familia *Hybodontidae*.

BIBLIOGRAFIA

- BROUGH, J.: *On the structure and relationships of the Hybodont sharks*. Mem. Proc. Manchester Lit. Phil. Soc., vol. 79, 35-49 (1935).
- CASE, G. R.: *Additional fish records from the Judith River Formation (Campanian) of Montana*. Geobios, núm. 12, fasc. 2, pp. 223-233.
- ESTES, R.: *Fossil vertebrates from the late Cretaceous Lance Formation, eastern Wyoming*. Bull. Dept. Geol. Univ. Calif., vol. 49, pp. 1-187.
- HERMAN, J.: *Les selaciens des terrains neocrétacés et paléocènes de Belgique et des contrées limitrophes*. Mem. Serv. Geol. Bel.
- KOKEN, E.: *Ueber Hybodus*. Geol. Palaeont. Ab. Handl. n.s. (1907).

- MAISEY, J. G.: *Growth and form of finspines in hybodont sharks Pal.*, vol. 21, Part 3, pp. 657-666, London (1978).
- MAISEY, J. G.: *The Anatomy and Interrelationships of Mesozoic Hybodont Sharks. Novitates*, núm. 2.724, páginas 1-48, Nueva York (1982).
- MAISEY, J. G.: *Cranial Anatomy of Hybodus basamus Egerton from the Lower Cretaceous of England. Novitates* núm. 2.758, pp. 1-64, figs. 1-26, Nueva York (1983).
- PATTERSON, C.: *British Wealden sharks*. Bull. British Museum (Natural History), vol. 2, núm. 7, Londres (1966).
- TEIXEIRA, C.: *Sur un hybodontidé du Karroo de l'Angola*. García de Orta, vol. 2, núm. 2, pp. 205-207 (1954).
- TEIXEIRA, C.: *Sur un hybodontidé du Karroo de l'Angola*. Rev. Fac. Cien. Ser. C., vol. 5, pp. 135-136, Lisboa.
- TEIXEIRA, C.: *Les poissons fossiles du Karroo du Lota et de Longo en Angola*. Centenario da Academia das Ciências de Lisboa, núm. II, pp. 17-55.
- VIDAL, L. M.: *Nota geológica y paleontológica sobre el Jurásico Superior de la provincia de Lérida*. Bol. IGME, Madrid (1915).
- WOODWARD, A. S.: *On head of Hybodus delabechei, associated with dorsal finspines from the lower Lias of Lyme Regis Dorsetshire*. Ann. Rept. Com. Yorks. Phil. Soc. (1889).

Recibido: Marzo de 1985.



Ensayo de tipología de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura

Por F. PALERO (*), P. GUMIEL (*) y J. FERNANDEZ CARRASCO (**)

RESUMEN

En este trabajo se presenta una clasificación tipológica de los yacimientos e indicios BPGC para el área de la Alta Extremadura. Se han establecido cuatro tipos bien caracterizados de mineralizaciones:

- I. Relacionadas con zonas de cizalla.
- II. Venas de distribución irregular en el exocontacto de granitoides.
- III. Filones de relleno de fracturas tardías.
- IV. Venas de relleno de fracturas en diques porfídicos.

Dentro de cada tipo se han determinado varios subtipos en base a sus caracteres morfológicos, paragenéticos, estructurales y texturales.

Finalmente, se presentan una serie de hipótesis genéticas para las distintas mineralizaciones, que conducen a pensar que el origen de los yacimientos BPGC de la Alta Extremadura se puede atribuir a varias fases metalogénicas diferenciadas en el tiempo. Por primera vez se ponen de manifiesto ciertos yacimientos, principalmente de Zn, cuya formación es anterior al emplazamiento de los granitos. Estos se originan en una primera fase metalogénica pre-variscica, cuyo representante principal es el yacimiento de San Roque, en Aldeacentenera (Cáceres). Una segunda fase, probablemente variscica, que daría lugar a los yacimientos de esfalerita y sulfosales de Ag, así como a los de fosforita con sulfuros BPGC, relacionados ambos con los granitos, y por último, una tercera fase metalogénica tardihercínica, rica en Pb-Cu y a veces Zn, que daría lugar a las mineralizaciones de los tipos III y IV.

ABSTRACT

This paper intends to summarize the most relevant features of the BPGC occurrences of the Alta Extremadura area (Spain). In the first place a typological classification is proposed. Four types of mineralizations are described:

- I. Related with shear zones.
- II. Irregular veins in the exocontact zone of granitoids.
- III. Ore veins of later filling fractures.
- IV. Ore veins of filling fractures in porphyry dykes.

Each type is divided into several subtypes according to their morphological, paragenetical, structural and textural characters.

In second place several metallogenetic hypothesis for the mineralizations are shown. The origin of BPGC occurrences may be the result of various metallogenetic epochs differentiated in age. Some of them, mainly Zn deposits, the existence of which had not been reported previously in Spain, are related with shear zones acting before the emplacement of the hercynian granites. These occurrences belong to the first metallogenetic phase pre-variscan in age and its main representing deposit is San Roque mine, near Aldeacentenera (Caceres). A second, probably variscan metallogenetic phase, could be considered responsible for the sphalerite-Ag sulphosalts deposits and phosphate-BPGC mineralizations related to the hercynian granites and finally, a third metallogenetic phase, later-hercynian in age, shows an enrichment in Pb-Cu and sometimes Zn could have originated the III and IV mineralization types.

INTRODUCCION

Con este trabajo se pretende contribuir al establecimiento de una clasificación tipológica de

los yacimientos e indicios BPGC para el área de la Alta Extremadura (Cáceres y norte de Badajoz). Para su realización ha sido de gran utilidad la intervención de los autores en el Proyecto de Investigación de los yacimientos de Zn-(Pb) estratoides de la Alta Extremadura, realizado por

(*) Dirección de Recursos Minerales. IGME.

(**) Compañía General de Sondeos.

la Compañía General de Sondeos (C. G. S.) para el IGME, durante el año 1984.

ENCUADRE GEOLOGICO

Los materiales que ocupan el área de estudio están situados en la zona Centroibérica del Macizo Hespérico, siendo Ossa Morena el límite sur de dicha área.

La zona Centroibérica se caracteriza por la existencia de una potente formación infrayacente denominada Complejo esquisto-grauváquico, de edad Precámbrico Superior, y por el carácter transgresivo de la cuarcita del Ordovícico Inferior. Se ha reconocido una fase tectónica principal y la actividad magmática fue predominantemente granítica, dando lugar a granitoides de distinta edad y composición, de tendencia principalmente calcoalcalina.

El metamorfismo regional es de muy bajo grado en todo el área y sólo se aprecia una recristalización de la clorita. Rodeando a los granitoides, existen aureolas de metamorfismo de contacto que a veces son muy importantes, llegando a encontrarse facies de corneanas.

Las formaciones geológicas que aparecen en el área pueden agruparse en tres grandes conjuntos:

- 1) Materiales anteordovícicos.
- 2) Materiales Paleozoicos.
- 3) Materiales Terciarios y depósitos cuaternarios.

1) Los materiales anteordovícicos constituyen el llamado Complejo esquisto-grauváquico, cuya edad ha sido atribuida al Precámbrico Superior. La mayoría de los autores que han trabajado en la región lo subdividen en dos grandes conjuntos (BOUYX, 1970; CRESPO y REY DE LA ROSA, 1971; TAMAIN, 1972; MORENO, 1977 a; BRASIER et al., 1979; SAN JOSÉ, 1983, etc.).

— El Inferior, de carácter turbidítico, constituido por una monótona sucesión de grauwacas y pizarras, y

— El Superior, más heterogéneo, formado por pizarras, areniscas, cuarcitas, conglomerados y lentejones de calizas. Su edad se considera Vendiciense (BRASIER et al., 1979).

El contacto entre ambos conjuntos está en discusión. Para algunos autores (BOUYX, 1970) éste es discordante; otros no descartan la posible discordancia (CRESPO y REY DE LA ROSA, 1971) y finalmente, algunos consideran que no existe discordancia (TAMAIN, 1972), o que son discordancias locales debidas esencialmente a procesos sin-sedimentarios (MORENO, 1977 b).

El Conjunto Inferior está bien representado en la Alta Extremadura (antiforma de Cáceres, Hurdes, antiforma de Valencia de Alcántara-Alburquerque y Castuera). El Superior aparece en la zona del embalse de Orellana, en la antiforma de Ibor y su prolongación NE en el Puerto de Miravete y al norte de Las Hurdes, en el límite con la provincia de Salamanca.

Las observaciones realizadas en el Proyecto IGME (1984), junto con los datos obtenidos de recientes investigaciones sobre el significado sedimentológico de estos materiales (ARRIBAS et al., 1983, MARTÍN IZARD y ARIBAS, 1984) han puesto de manifiesto que éstos no pueden ser interpretados como turbiditas s. str., sino que por sus características corresponden a facies de plataformas detríticas.

El Cámbrico está muy mal desarrollado en la región de estudio. Tan sólo en la zona NE, la parte extremeña de los Montes de Toledo (Castañar de Ibor), han sido datadas varias formaciones como pertenecientes al Cámbrico. El límite Cámbrico-Precámbrico es muy impreciso.

Gran parte de las mineralizaciones BPGC estudiadas en este trabajo están situadas en estos materiales del Complejo esquisto-grauváquico.

2) Los materiales paleozoicos ocupan estrechos sinclinales de gran continuidad lateral. El Ordovícico presenta caracteres bastante uniformes, se sitúa directamente sobre el Precámbrico y/o Cámbrico en clara discordancia (fase erosiva probablemente Sárdica) y presenta un marcado carácter transgresivo. De modo general, las cuarcitas del Arenig se superponen directa y discordantemente sobre el Precámbrico.

En el núcleo de algunos sinclinales (Herrera del Duque, Cáceres y Aliseda) aparecen formaciones del Silúrico, constituidas principalmente por pizarras ampelíticas con graptolites. El Devónico aparece muy localizado en ciertos sinclinales, como en el de Herrera del Duque, y especialmente

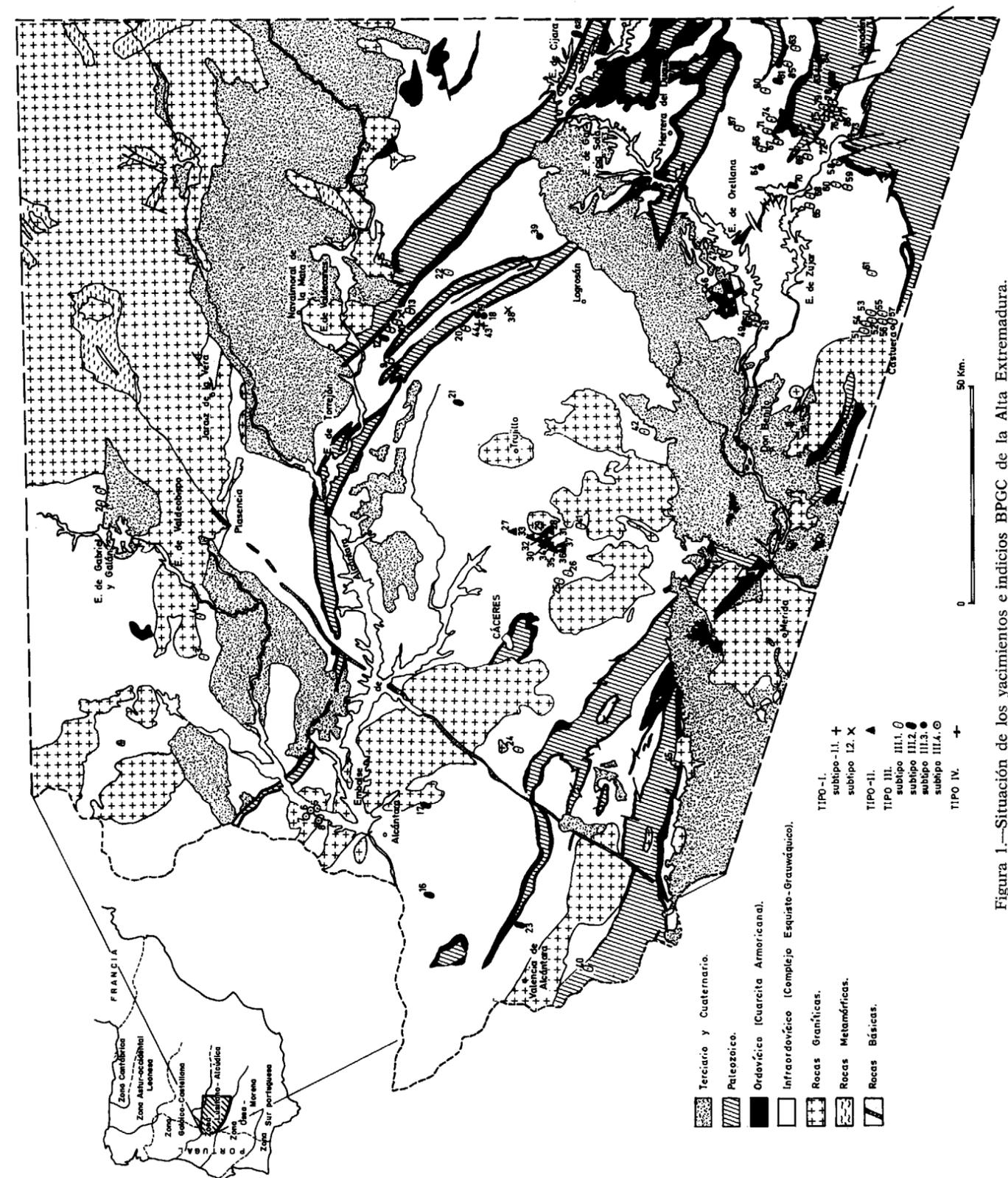
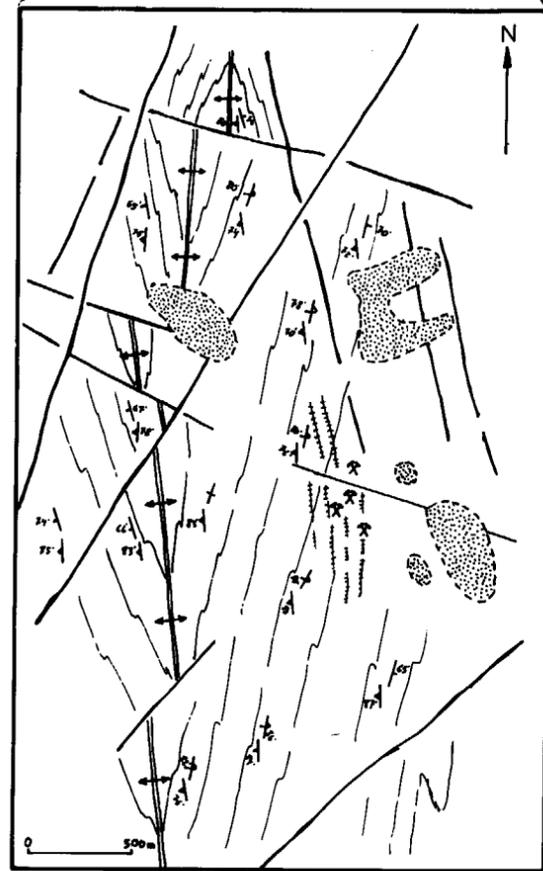
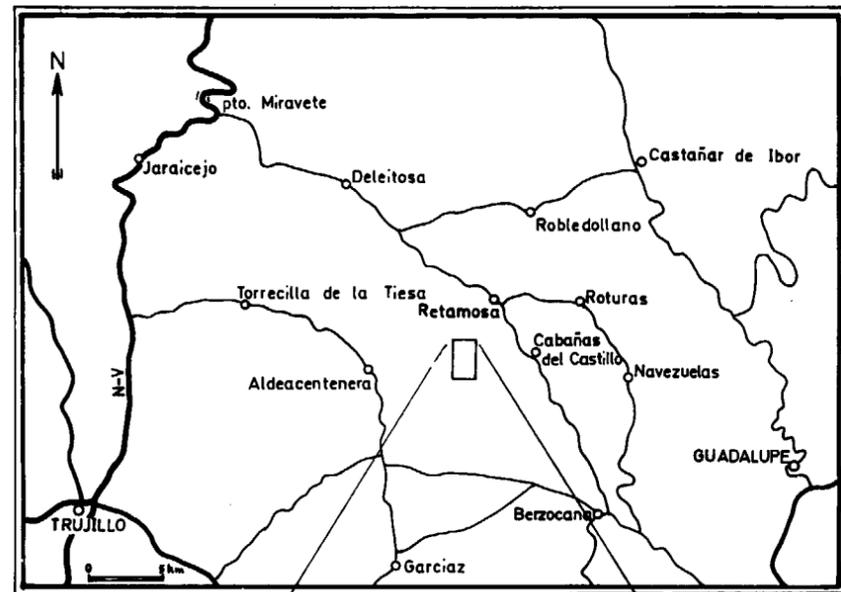


Figura 1.—Situación de los yacimientos e indicios BPGC de la Alta Extremadura.



- 1 Estratificación (So)
- 2 Estratificación invertida
- 3 Esquistosidad (Si)
- 4 Falla - fractura
- 5 Traza de la estratificación
- 6 Traza axial anticlinal
- 7 Recubrimiento cuaternario
- 8 Traza de filones
- 9 Labor minera

Cartografía basada en la de VERGES y FERNANDEZ (1984)

Figura 2.—Esquema geológico-minero de los alrededores de la mina San Roque, Berzocana (Cáceres). Paragénesis q.-Zn-Pb.

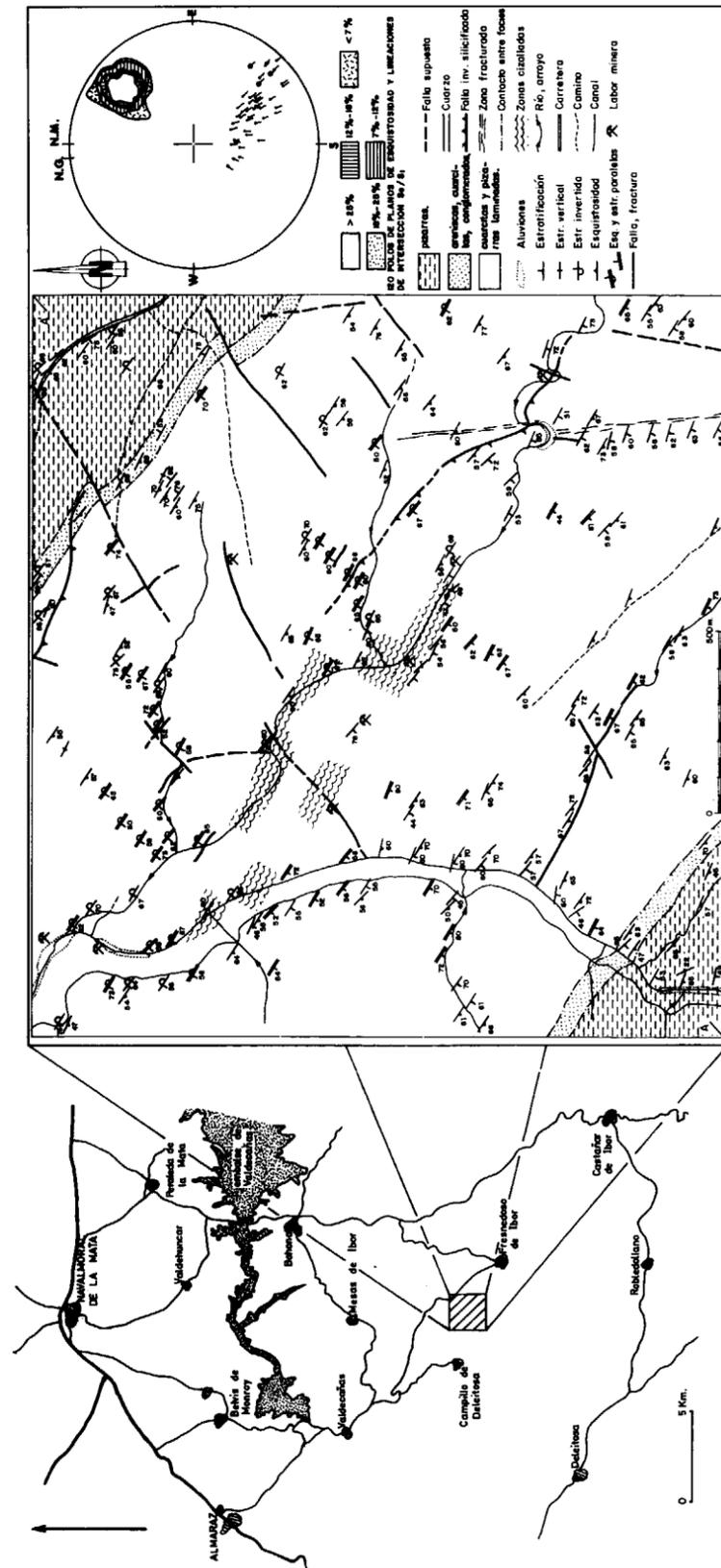


Figura 3.—Esquema geológico-minero de los alrededores de la mina del Picito, Fresnedoso de Ibor (Cáceres). Paragénesis q.-Zn-Pb.

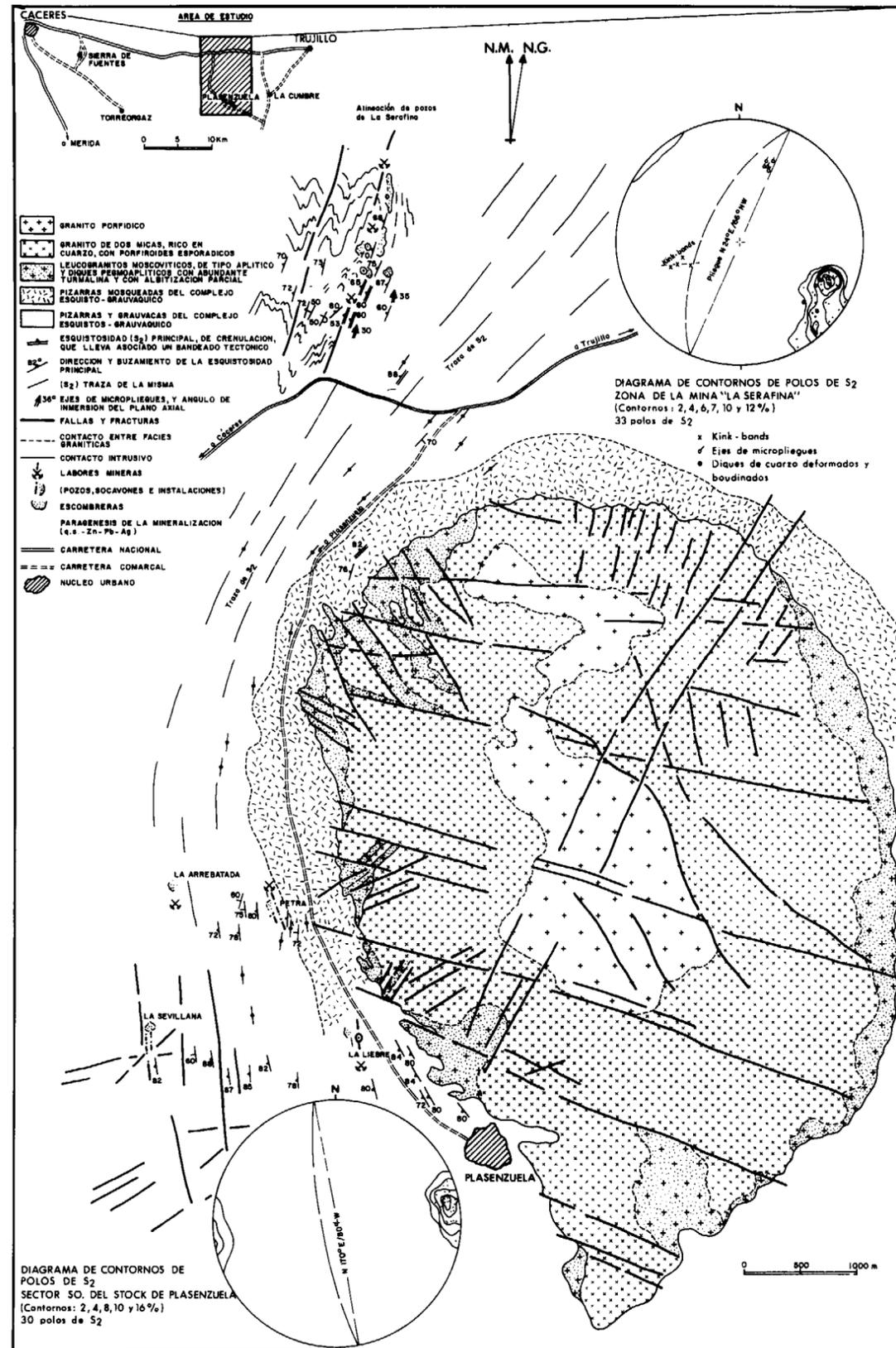


Figura 4.—Esquema geológico-minero de los alrededores de la mina Serafina, Plasenzuela (Cáceres). Paragénesis q.-c-Zn-Pb-Ag.

en el de La Codosera, donde en determinadas facies de las formaciones carbonatadas se encuentran las mineralizaciones de antimonio más importantes de la Península Ibérica-Mina San Antonio: paragénesis q.Sb-W (GUMIEL, 1982).

El Carbonífero está localizado en los sinclinales de Cáceres y Aliseda. Se encuentran mineralizaciones de fosfatos, relacionadas con niveles calcáreos de esta edad, en Aldea Moret y en Aliseda-Mina del Caracol (AIZPURÚA et al., 1982).

Estos materiales precámbricos y paleozoicos han sido deformados durante la Orogenia Hercínica, la cual se manifiesta en la región por una fase de deformación principal, que da lugar a grandes pliegues de dirección general ONO-ESE, megaestructuras definidas por la Cuarcita Armoricana, y a una esquistosidad dominante que es de plano axial. Los materiales precámbricos han sido afectados, además, por movimientos tectónicos anteriores, que se ponen de manifiesto por pliegues de eje vertical y por una dispersión de las lineaciones de intersección S₀/S₁ (L₁) que está contenida en el plano de la S₁.

El Terciario en Extremadura aparece representado en su facies continental por sedimentos de carácter detrítico con intercalaciones de lutitas. Estos materiales se localizan preferentemente en fosas y cubetas de origen tectónico.

Imprimiendo una morfología típica a la región, aparecen formaciones detríticas tipo «raña» de edad pliocuaternaria, que están constituidas por cantos y bloques de diferente naturaleza y variado tamaño, en una matriz arcillosa roja, que se deposita de forma caótica y desordenada cubriendo amplias zonas de la penillanura extremeña.

CRITERIOS ADOPTADOS PARA ESTABLECER LA CLASIFICACION TIPOLOGICA

Se han establecido cuatro tipos bien caracterizados de yacimientos BPGC en la región de la Alta Extremadura (tabla 1). Todos ellos son filonianos, pero cada uno presenta las suficientes peculiaridades como para ser diferenciado. Dentro de cada tipo se han establecido varios subtipos en base a los caracteres morfológicos, paragenéticos o estructurales.

Por primera vez se ponen de manifiesto ciertos yacimientos cuya formación es anterior al emplazamiento de los granitos y por consiguiente no es factible relacionarlos genéticamente con ellos.

A continuación se presenta la lista de mineralizaciones que han sido objeto de estudio. En la figura 1 se puede observar la situación de los yacimientos e indicios numerados. Los números señalan el nombre de las minas o las localidades próximas a las áreas mineralizadas. De esta forma se podrán localizar más fácilmente las mineralizaciones a las que se hace referencia en el texto.

Principales yacimientos e indicios BPGC de la Alta Extremadura

1. Fraternal, Abadía (Cáceres).
2. San José, Abadía (Cáceres).
3. Guijo de Galisteo (Cáceres).
4. España, Montehermoso (Cáceres).
5. La Tabaquera, Zarza La Mayor (Cáceres).
6. La Fortuna, Zarza La Mayor (Cáceres).
7. Zarza La Mayor (Cáceres).
8. La Paloma, Zarza La Mayor (Cáceres).
9. La Norteña, Higuera de Albalá (Cáceres).
10. Santa Engracia, Fresnedoso de Ibor (Cáceres).
11. Picito, Fresnedoso de Ibor (Cáceres).
12. Mina Providencia, Valdecañas de Tajo (Cáceres).
13. Mina María, Fresnedoso de Ibor (Cáceres).
14. Mina Sebastiana, Campillo de Deleitosa (Cáceres).
15. Minas de San Román, Peraleda de San Román (Cáceres).
16. Minas del Salor, Membrío (Cáceres).
17. Santa Bárbara, Brozas (Cáceres).
18. La Favorita, Retamosa (Cáceres).
19. San Gregorio, Retamosa (Cáceres).
20. Dehesa de Campo de Ramos, Retamosa (Cáceres).
21. Mina del Baldío de Uguillón, Torrecilla de la Tiesa (Cáceres).
22. Mina del Rostro, Castañar de Ibor (Cáceres).
23. Zamoranos, Valencia de Alcántara (Cáceres).
24. El Carrascal, Arroyo de la Luz (Cáceres).
25. San Crispín, Torquemada (Cáceres).
26. Mina Pajarilla, Torquemada (Cáceres).
27. Mina Serafina, Plasenzuela (Cáceres).
28. La Liebre, Plasenzuela (Cáceres).
29. Petra, Plasenzuela (Cáceres).
30. La Arrebatada, Plasenzuela (Cáceres).

31. La Sevillana, Plasenzuela (Cáceres).
32. Horco de Arriba, Cáceres.
33. Casa Blanca, Cáceres.
34. El Carmen, Cáceres.
35. Las Golondrinas, Cáceres.
36. Los Palacios, Cáceres.
37. El Hornillo, Botija (Cáceres).
38. El Piojo-Concepción, Solana (Cáceres).
39. Las Portezuelas, Guadalupe (Cáceres).
40. Ribera de Jola, Valencia de Alcántara (Cáceres).
41. La Quiniela, Botija (Cáceres).
42. Lourdes, Escorial (Cáceres).
43. Grupo Minero San Roque, Berzocana (Cáceres).
44. San Fernando, Berzocana (Cáceres).
45. Mina Curra, La Roca de La Sierra (Badajoz).
46. Piedras Blancas, Navalvillar de Pela (Badajoz).
47. Mina del Risquillo, Puebla de Alcocer (Badajoz).
48. El Burgo, Orellana la Vieja (Badajoz).
49. Mina Loluca, Orellana la Vieja (Badajoz).
50. Cerro Gordo, Orellana la Vieja (Badajoz).
51. Rebelde Julia, Castuera (Badajoz).
52. La Alondra, Castuera (Badajoz).
53. El Rayo, Castuera (Badajoz).
54. Miraflores, Castuera (Badajoz).
55. El Peñoncillo, Castuera (Badajoz).
56. El Prodigio, Castuera (Badajoz).
57. La Gamonita, Castuera (Badajoz).
58. Minas de Peñalsordo, Peñalsordo (Badajoz).
59. Mina San Juan, Zarza Capilla (Badajoz).
60. Mina Santa María, Zarza Capilla (Badajoz).
61. Las Trescientas, Castuera (Badajoz).
62. Navajerosa, Bohonal (Badajoz).
63. Mina Baqueta, Baterno (Badajoz).
64. Mina Loreto, Siruela (Badajoz).
65. Mina Piojo, Peñalsordo (Badajoz).
66. Mina Carbonero, Siruela (Badajoz).
67. Mina Aliseda, Siruela (Badajoz).
68. Mina de Cerrollano, Peñalsordo (Badajoz).
69. Arroyo Madroño, Risco (Badajoz).
70. Arroyo Garbayuela, Risco (Badajoz).
71. Mina El Ruidero, Siruela (Badajoz).
72. Mina de Cerro Bollero, Risco (Badajoz).
73. Mina del Mesto, Capilla (Badajoz).
74. Mina del Manantial, Siruela (Badajoz).
75. La Minilla, Garlitos (Badajoz).
76. La Solana, Garlitos (Badajoz).
77. Mina Santa Isabel, Garlitos (Badajoz).
78. La Víbora, Capilla y Garlitos (Badajoz).
79. Mina del Bajohondillo, Garlitos (Badajoz).

80. Mina de la Dehesa, Siruela (Badajoz).
81. El Remudo, Tamurejo (Badajoz).
82. Mina Cucharrada, Garlitos (Badajoz).
83. Mina Borracho Nuevo, Garlitos (Badajoz).
84. Mina Borracho Viejo, Garlitos (Badajoz).
85. Las Minillas, Baterno (Badajoz).
86. Arroyo de la Rivera de Garlitos, Garlitos (Badajoz).
87. Mina Garbayuela, Badajoz.

TABLA 1

Tipología de los yacimientos e indicios BPGC de la Alta Extremadura

- I. MINERALIZACIONES RELACIONADAS CON ZONAS DE CIZALLA
 - I.1. *En cizallas sin-fase de deformación principal: San Roque, San Fernando (paragénesis q.-Zn-Pb).*
 - I.2. *En cizallas más tardías: El Piccito, El Piojo-Concepción, Piedras Blancas (paragénesis q.-Zn-Pb).*
- II. VENAS DE DISTRIBUCION IRREGULAR EN EL EXCONTACTO DE GRANITOIDES

Mina Serafina, La Liebre, Petra, La Arrebatada, La Sevillana, Horco de Arriba, Casa Blanca, El Carmen, Las Golondrinas, Los Palacios y El Hornillo (paragénesis q.-c.-Zn-Pb-Ag).
- III. FILONES DE RELLENO DE FRACTURAS TARDIAS
 - III.1. *Paragénesis q.c.-Pb-(Cu-Zn): Mina Miraflores, Fraternal, San José, Guijo de Galisteo, España, La Norteña, Santa Engracia, Mina María, Mina Sebastiana, Minas de San Román, Dehesa de Campo de Ramos, El Rostro, El Carrascal, San Crispín, La Pajarilla, Ribera de Jola, La Quiniela, Lourdes, Mina Curra, El Risquillo, El Burgo, Cerro Gordo, Rebelde Julia, La Alondra, El Rayo, El Peñoncillo, El Prodigio, La Gamonita, Peñalsordo, Mina San Juan, Santa María, Las Trescientas, Baqueta, Mina Piojo (Peñalsordo), Carbonero y Aliseda (Siruela), Cerrollano, Arroyo Madroño, El Ruidero, Cerro Bollero, Mina del Manantial, La Minilla y La Solana (Garlitos), Santa Isabel, La Víbora, El Bajohondillo, La Dehesa, Las Minillas (Baterno), Arroyo de la Rivera de Garlitos y Garbayuela.*
 - III.2. *Paragénesis q.(c.)-Zn-Pb: Minas del Salor, Mina Providencia, Santa Bárbara, Mina del Baldo de Uguillón, Zamoranos, Loluca, Navajerosa, Arroyo Garbayuela, El Remudo y Cucharrada.*
 - III.3. *Paragénesis q.-Cu: Mina La Favorita, San Gregorio, Las Portezuelas y Loreto.*
 - III.4. *Paragénesis q.p.-(Pb-Zn-Cu): Mina La Paloma, La Tabquera, La Fortuna y Zarza La Mayor.*
- IV. VENAS DE RELLENO DE FRACTURAS EN DIQUES PORFIDICOS

Mina Borracho Nuevo, Borracho Viejo y Mina del Mesto (paragénesis q.-Ba-c.-Pb-(Cu-Sb)).

DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES CARACTERES DE LOS YACIMIENTOS TIPO

I. MINERALIZACIONES RELACIONADAS CON ZONAS DE CIZALLA

Estos yacimientos se presentan como cuerpos filonianos de dirección y buzamiento subparalelos a la esquistosidad principal. La mineralización, constituida principalmente por esfalerita, está fuertemente tectonizada y lleva asociada una intensa silicificación. La distribución de la mineralización es irregular y está limitada a bandas de tectonización que corresponden a zonas de cizalla, unas congruentes con la fase de deformación principal y otras posteriores a ella. En base a esto, se han establecido dos subtipos que a continuación se describen: I.1. San Roque, y I.2. El Piccito.

I.1. El yacimiento de San Roque, Berzocana (Cáceres)

El Grupo Minero San Roque está situado al este de la provincia de Cáceres, cerca de la Sierra de Las Villuercas. Se encuentra en el término municipal de Berzocana, dentro de la Hoja núm. 680, Aldeacentenera, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. La población cercana más importante es Trujillo, a unos 45 kilómetros al oeste, por carretera. Los accesos se realizan desde Aldeacentenera, por la carretera local de Berzocana hasta el puente del río Valbellido, de donde sale un camino en dirección norte. También se puede llegar a las labores por la carretera local de Deleitosa, que parte del alto de Miravete hasta la localidad de Retamosa, de donde sale un camino que, una vez pasado el río Berzocana, llega a la mina.

El entorno geológico

La mina San Roque está situada en el borde NE de la gran antiformal de Cáceres, donde afloran materiales pizarroso-cuarzíticos del Precámbrico Superior (¿Vendiense?) pertenecientes al Complejo esquistograuváquico. Estos están formados por pizarras y cuarcitas, muchas veces feldespáticas, con abundante matriz sericítica y con aportes volcanoclasticos. Sobre el Precámbrico se apoya discordante el Paleozoico, que comienza en esta parte de las Villuercas por el Ordovícico Inferior.

Estos materiales están afectados por la Orogenia Hercínica, que en los alrededores del Grupo Minero sólo se manifiesta por una fase de deformación que da lugar a pliegues de dirección N 170° E aproximadamente, vergentes hacia el E (figura 2). Son pliegues con eje muy verticalizado, con esquistosidad penetrativa de plano axial.

En concreto, la mina de San Roque se sitúa en el flanco «vergente» de un anticlinal, donde la estratificación (S₀) está verticalizada o ligeramente invertida al oeste. La esquistosidad (S₁) lleva una dirección media N 170° E, con buzamientos del orden de 70° al oeste. El eje del pliegue tiene una inclinación de alrededor de 50° en dirección N 190° E.

Descripción del yacimiento

La mineralización se distribuye en varios cuerpos constituidos por venas y filones de cuarzo con esfalerita principalmente y galena. En la investigación mediante sondeos realizada por el IGME se ha determinado la existencia de cuatro cuerpos principales de mayor desarrollo. Los dos más orientales presentan mayor continuidad longitudinal (aproximadamente 1.000 metros) y en profundidad. No obstante, el desarrollo longitudinal y vertical es bastante irregular. Las potencias son variables, oscilando entre centimétricas y aproximadamente 2 metros. La potencia reducida de la mineralización es difícil de establecer, dada la irregularidad de la metalización (fig. 14.1), pero puede estimarse que oscila entre 1 y 70 cm.

Los cuerpos mineralizados son bandas de roca intensamente silicificadas y deformadas, de dirección entre N 160° E y N 170° E, con buzamientos de 60° a 70° al oeste. No presentan alteraciones con el encajante excepto una ligera cloritización que a veces puede observarse.

La paragénesis pertenece al tipo (q.-Zn-Pb) y está formada esencialmente por esfalerita y galena, siendo la primera el sulfuro más abundante, con una relación de 4/1 respecto al segundo. También aparecen, aunque en mucha menor proporción, marcasita, piritita y trazas de calcopirita, pirrotina y boulangerita. La ganga está constituida casi exclusivamente por cuarzo, y hay pequeñas cantidades de cloritas y carbonatos.

El aspecto y las texturas que presentan los minerales está condicionado por la intensa deformación que han sufrido los cuerpos mineraliza-

dos. Normalmente los minerales son de grano fino a muy fino, y nunca se han visto cristales idiomorfos, salvo en los carbonatos. Son frecuentes y característicos los bandeados miloníticos entre esfalerita y galena (fig. 14.1 y 2), tanto en San Roque como en el Socavón San Fernando, situado en las proximidades (fig. 14.3).

Por último, los minerales se distribuyen de una forma anárquica dentro de los cuerpos mineralizados, apareciendo en masas irregulares con contornos imprecisos o en masas de aspecto fluidal a causa de la milonitización. Generalmente las zonas más ricas en sulfuros aparecen en las zonas más silicificadas, lo que parece indicar que hay una relación entre la mineralización y el grado de silicificación.

No se ha podido establecer una sucesión mineralógica, ya que el estado actual de los cuerpos es producto de una intensa deformación; tan sólo los carbonatos aparecen en cristales tapizando huecos, lo que da idea de una deposición más tardía que el resto de la mineralización. La deposición debe ser prácticamente simultánea con la deformación, existiendo un escaso intervalo de tiempo en el depósito de los minerales.

Por otra parte, todo parece indicar que la formación de esta mineralización se produjo a baja temperatura.

1.2. La mina del Picito, Fresnedoso de Ibor (Cáceres)

La mina del Picito se encuentra en el término municipal de Fresnedoso de Ibor, al NE de la provincia de Cáceres. Está dentro de la Hoja número 632, Jaraicejo, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. En esta zona, comprendida entre la Garganta de Descuernacabras y el Arroyo de Fresnedoso, existen varios indicios pertenecientes al tipo III, y entre ellos, en dicho arroyo, se haya la citada mina del Picito.

El entorno geológico

El yacimiento se sitúa en el Anticlinal de Ibor, estructura de dirección aproximada NO-SE, formada en la Orogenia Hercínica. Afloran materiales pizarroso-cuarcíticos, conglomerados y calizas pertenecientes al Precámbrico Superior, Vendense.

Las rocas encajantes de la mineralización son pizarras y cuarcitas finamente bandeadas, a veces muy feldespáticas. Por encima de ellas aparecen lentejones conglomeráticos de potencias no superiores a los cuatro metros, y sobre éstos se encuentran unas pizarras sericíticas de tacto muy suave, masivas o con laminación paralela muy fina (fig. 3). A techo de la serie se encuentra una potente formación carbonatada denominada Calizas de Valdecañas.

Desde el punto de vista estructural, la mineralización del Picito se encuentra situada en el núcleo del Anticlinal de Ibor. Esta estructura hercínica es un pliegue vergente al NE, con esquistosidad de plano axial, de dirección N 125° E y buzamientos del orden de 60°-70° al SO (fig. 3). Estas zonas del núcleo están afectadas por cizallas con componente de desgarre de dirección NO-SE, de desarrollo y grado de deformación muy irregular.

Descripción del yacimiento.

El cuerpo mineralizado del Picito es un filón de cuarzo deformado, de potencia no superior a 60 cm., con mineralización de esfalerita y galena. Tiene una longitud aproximada de 300 metros y la dirección y el buzamiento son subparalelos a la esquistosidad (NO-SE/60° SO).

La mineralización no presenta alteraciones con el encajante, excepto una silicificación que está muy restringida al propio cuerpo mineralizado. La paragénesis pertenece al tipo q.-Zn-Pb y está constituida principalmente por esfalerita y galena en ganga de cuarzo. Como mineral secundario aparece cerusita.

Los minerales están tectonizados y son de grano fino o muy fino. Hay bandeados miloníticos y se distribuyen de forma anárquica e irregular dentro del cuerpo de cuarzo (fig. 14.4 y 5). Morfológicamente, son característicos de este yacimiento los boudines de eje subvertical (fig. 14.6), así como los bandeados y «esquistosidad» milonítica, que presenta el cuerpo mineralizado.

II. VENAS DE DISTRIBUCION IRREGULAR EN EL EXOCONTACTO DE GRANITOIDES

Estas mineralizaciones se presentan como venas y filoncillos de distribución irregular y están localizadas en la zona de exocontacto, posiblemente

te relacionadas con cuerpos intrusivos de granitoides.

Las paragénesis son bastante complejas, con gran abundancia de siderita y sulfoantimoniuros de Pb-Ag (paragénesis q.c.-Zn-Pb-Ag). A veces presentan brechificaciones locales.

Mina Serafina, Plasenzuela (Cáceres)

La mina Serafina está situada entre Cáceres y Trujillo, en el término municipal de Plasenzuela, dentro de la Hoja núm. 705, Trujillo, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Los accesos se realizan desde la carretera de Trujillo a Cáceres, en el kilómetro 14,100 hay una pista que llega al cortijo de las Alberguerías, de donde sale un camino que después de recorrer 1,5 kilómetros llega a las instalaciones.

El entorno geológico

La mina Serafina está situada en la parte central de la antiforma de Cáceres, en materiales pertenecientes al Complejo esquistograuváquico del Precámbrico Superior. Es muy característica la situación de esta mineralización en el borde occidental del stock de Plasenzuela.

En las rocas encajantes hay un predominio de las pizarras sobre las grauvacas. También se encuentran niveles microconglomeráticos y todo el conjunto está afectado por una fuerte esquistosidad de crenulación, que enmascara la esquistosidad normal (S₁) y que da lugar a un bandeo tectónico muy característico en el área de la mina (fig. 15.1). La dirección de esta esquistosidad, que debe corresponder a una fase de deformación posterior (S₂), de carácter local y observable en las proximidades de algunos granitoides, varía entre N 20° E y N 180° E, con buzamientos entre 60° y 70° al oeste. Esta esquistosidad de crenulación (S₂) normalmente muestra una disposición de plano axial respecto a los pliegues a los que se asocia su formación. Estos pliegues presentan una dirección general media N 24° E buzando 66° hacia el NO (fig. 4).

Las variaciones en la dirección de esta esquistosidad (S₂), desde N 40° E en el norte del stock de Plasenzuela, a N-S en el SO de dicho stock (zona de las minas; La Liebre, Petra y La Sevilla, fig. 4) puede indicar, de acuerdo con CORRETEGUE y MARTÍNEZ (1978), un mecanismo de «in-

yección forzada» en el emplazamiento del stock granítico, que deforma la esquistosidad de los materiales precámbricos encajantes.

También es muy característica la presencia de abundantes cuarzos de segregación en la serie encajante. Estos cuarzos están fuertemente deformados y boudinados (fig. 15.1) y las mineralizaciones de este tipo no están relacionadas con ellos.

Posterior a la fase de deformación principal, que en el área de Plasenzuela da lugar a la S₂, se desarrolla una etapa de kink-bands, con una orientación de plano axial que oscila entre N 150° E-N 160° E con buzamientos entre 35° y 45° al norte (fig. 4).

El stock de Plasenzuela ha producido una aureola de metamorfismo de contacto, con una anchura de más de 500 metros, que consiste en un mosqueado de porfidoblastos de andalucita en las pizarras encajantes. A veces, pueden encontrarse corneanas pelíticas, aunque muy subordinadas.

En el borde oeste del stock (fig. 15.2) existen digitaciones de granitos aplíticos y diques pegmatíticos con abundante turmalina, en los que pueden observarse procesos de albitización en algunas zonas. Estos diques, de direcciones principales N 130° E-N 140° E y N 20° E - N 30° E, atraviesan el granito y se ocultan en las pizarras, no aflorando en superficie en las zonas de minas. Son leucogranitos moscovíticos con microfeno-cristales hipidiomorfos de feldespato y plagioclasa, que están en una matriz de grano fino con estructura en mosaico. La moscovita, a la que a veces se asocia la biotita, se dispone en haces radiales. Una facies más interna del plutón está constituida por un granito de dos micas rico en cuarzo, también con turmalina, el cual se presenta en cristales de 1 cm. de tamaño medio, y finalmente, un granito porfídico en las partes internas del plutón, que se diferencia del anterior en que disminuye algo la cantidad de cuarzo y se iguala la proporción de las dos micas, generalizándose el número de fenocristales de feldespato que rara vez sobrepasan los 5 cm. de tamaño máximo.

Descripción del yacimiento

La mineralización se presenta en cuerpos filonianos formados por numerosas venas y filoncillos de espesor centimétrico irregularmente dis-

tribuidos en la roca encajante. Tanto es así, que morfológicamente recuerda a un stockwork. No se conocen valores de potencias reales, ni de profundidad de la mineralización, ya que no ha sido posible el acceso directo a ninguna de las labores. No obstante, por la magnitud y distribución de las escombreras, se puede estimar que la longitud y profundidad de cada haz filoniano no debe superar los 300 metros.

Un rasgo caarcterístico de esta mineralización y del conjunto de las existentes en el área de Plasenzuela (minas La Liebre, Petra, La Arrebatada, La Sevillana, etc.), además de su situación periplutónica en el exocontacto occidental del stock, es la existencia en cada zona de mina, de varios cuerpos filonianos, subparalelos, explotados en un intervalo de unos 50 metros. Esto, unido a la reducida longitud filoniana individual, y a la disposición de la mineralización en venas y filoncillos que atraviesan la roca encajante (fig. 5.a) hace suponer que en cada mina existía un pequeño haz filoniano o incluso un stockwork más o menos definido, del que se explotaron los filones principales. Estos presentan dos direcciones definidas: N 165°/170° E y N 20°/25° E, las cuales coinciden con la dirección de los pliegues originados por la segunda fase de deformación, que en el área de Plasenzuela es la principal.

Los filones y venas mineralizadas rellenan zonas de fractura irregulares y bandas de cizalla en zonas de charnela y flancos inversos de los pliegues F₂ (N 24° E) en La Serafina y N 170° E en La Sevillana, La Liebre, Petra y La Arrebatada.

Esta esquistosidad de crenulación (S₂) debió ser contemporánea con la intrusión del granito de Plasenzuela, lo que ayuda a relacionar espacial y genéticamente estas mineralizaciones con dicho granito, y en particular, con los diques pegmoaplíticos que le atraviesan, que caracterizan su borde occidental y que pueden existir en profundidad en las zonas de mina.

La paragénesis es del tipo q.c.-Zn-Pb-Ag y está constituida por esfalerita, boulangerita (fig. 15.3), jamesonita, pirita, arsenopirita y calcopirita en ganga de cuarzo y siderita.

Los sulfuros son de tipo microgranudo y el cuarzo y los carbonatos son macro a mesocristalinos. Los minerales se disponen en venas centimétricas mono o polimineriales, en las que a veces se puede reconocer una cierta zonación, con siderita hacia

los bordes y cuarzo con los sulfuros en la parte central (fig. 5.a). A veces, aunque menos frecuente, se encuentran brechas constituidas por fragmentos centimétricos de la roca encajante, cementados por boulangerita (fig. 15.4), o por carbonato, el cual contiene los sulfuros. También se observan escarapeles de carbonato (siderita) rodeando los fragmentos del encajante (fig. 5.b) y todo el conjunto cementado por cuarzo.

III. FILONES DE RELLENO DE FRACTURAS TARDIAS

Este tipo es el más frecuente y a él pertenecen el mayor número de mineralizaciones filonianas de la Alta Extremadura. Se han establecido cuatro subtipos en función del predominio de alguno de los minerales que constituyen las paragénesis. No obstante, los yacimientos presentan una serie de características comunes. Las mineralizaciones rellenan fracturas tardihercínicas, a veces, con importante desarrollo longitudinal, dando lugar a campos filonianos de considerable dimensión. Por ejemplo, el campo filoniano de Castuera y el de Zarza Capilla.

Los minerales que integran las paragénesis son los típicos del grupo BPGC (galena, esfalerita, pirita y calcopirita). Estos rellenan espacios abiertos en los filones, no presentan ningún grado de deformación, y son frecuentes los bandeados simétricos. El cuarzo, que es la ganga principal, suele cristalizar hacia los bordes y los sulfuros y carbonatos hacia el centro de las venas. También son frecuentes las brechificaciones posteriores, y finalmente, los filones suelen ocupar una situación extratolítica, aunque algunos llegan a encajar en el granito.

A continuación se describen los cuatro subtipos en que se ha dividido este grupo de yacimientos.

III.1. La mina Miraflores, Castuera (Badajoz)

Es la mina más importante del Distrito Minero de Castuera. Se encuentra situada al norte de esta población, en el SE de la provincia de Badajoz. Fue la principal productora de galena argentífera de la zona, a partir de sus filones de dirección E-O que encajan en Complejo esquisto-grauváquico. La mina está ubicada en la Hoja núm. 806, Cabeza del Buey, del Mapa Topográfico Nacional

a escala 1:50.000. El acceso es por la carretera de Castuera a Puebla de Alcocer, en el kilómetro 94 sale una pista en dirección NO, que tras recorrer un kilómetro llega directamente a las labores.

Hay que señalar que el laboreo del área de Castuera probablemente comenzó al igual que en muchas zonas del sur del Macizo Hespérico, en época romana. Gran parte de los rafados existentes probablemente corresponden a esta época. El área conoció su máximo apogeo minero a finales del siglo XIX y principios del XX, poniéndose en explotación la totalidad de las minas de la zona, algunas de las cuales están situadas sobre antiguas rafas romanas. La mina Miraflores, situada en el extremo norte del campo filoniano de Castuera, fue la principal y su explotación fue llevada a cabo por la Sociedad Minero Metalúrgica Peñarroya. En el período comprendido entre 1950-70 tuvo lugar el relavado de escombreras de las principales minas, y en la actualidad la actividad minera del área es nula.

El entorno geológico

Los materiales encajantes de la mina Miraflores pertenecen al Complejo esquisto-grauváquico del Precámbrico Superior (fig. 6), que en el área de la mina están constituidos principalmente por pizarras, que predominan sobre las grauvacas, con intercalaciones de materiales volcanoclásticos. Todo el conjunto está afectado por la Orogenia Hercínica, observándose pliegues ligeramente vergentes al NO, y de dirección media N 130° E-140° E. Estos pliegues llevan asociados una esquistosidad dominante muy penetrativa que es de plano axial. PROST-DAME (1977) indica la existencia de una fase de deformación pre-hercínica que afecta a estos materiales.

Por otra parte, hay que señalar la importancia que adquiere en la zona la tectónica de fracturación tardihercínica, con tres sistemas de fracturas bien definidos a favor de los cuales se van a desarrollar los principales conjuntos filonianos. El sistema de mayor importancia tiene una dirección comprendida entre N 70° E y N 100° E, la cual corresponde con la dirección de los filones principales (fig. 6). Los otros dos, de menor importancia, tienen direcciones N 130°-140° E, y N 10°-20° E la cual coincide con el desarrollo de los denominados «filones norteados».

Diques de pórfidos, con disposiciones en relevo, atraviesan los materiales precámbricos. Sus potencias no sobrepasan los 20 metros, y microscópicamente están constituidos por fenocristales de feldespato potásico, cuarzo hipidiomorfo o redondeado, con golfos de corrosión y plagioclasas, en una matriz de grano fino formada por cuarzo, feldespato, moscovita y agregados sericíticos. Las mineralizaciones son posteriores a estos diques.

Descripción del yacimiento

El yacimiento está constituido por dos sistemas filonianos; el principal, de dirección N 70°-85° E, que ha dado lugar a las explotaciones más importantes. El secundario o «norteado» varía de N 170° E a N-S. Estas direcciones filonianas se mantienen en otras áreas del Distrito; por ejemplo en Peñalobosa, el filón norteado de Las Trescientas situado entre Castuera y Cabeza del Buey, Los Pastos y Zarza Capilla donde hay filones de dirección E-O. En la mina de Peñalsordo, situada en el comienzo del Valle de Alcuña, adquiere importancia la dirección NE-SO, la cual se mantiene como una de las principales de dicho Valle.

El sistema filoniano principal (N 70°-85° E) alcanza un desarrollo longitudinal de unos 1.000 metros, mientras que los filones norteados no sobrepasan los 300 ó 400 metros. La dirección puede mantenerse constante en toda su longitud, aunque, por el estado actual de las labores, es difícil la observación directa de los filones en el encajante. Se ha estimado que la potencia no supera 1,5 metros y que el buzamiento parece siempre subvertical, o con tendencia al norte en los filones principales. La profundidad de la mineralización no excede de 300 metros, aunque en la mina Miraflores se alcanzaron cotas de 400 metros.

La paragénesis pertenece al tipo q.c.-Pb-(Cu-Zn), con galena, que suele ser argentífera, muy dominante, calcopirita y de carácter accesorio, esfalerita, y pirita. La ganga está formada por cuarzo y carbonatos (dolomita/ankerita-calcita). Es frecuente observar brechas con fragmentos de roca encajante, cementados por cuarzo y/o carbonatos, así como bandeados simétricos con cuarzo, a veces calcedonia, en los bordes y carbonatos en el centro de las cajas filonianas. Los sulfuros rellenan huecos y espacios abiertos en el cuarzo y en los carbonatos.

La sucesión mineral puede verse en la figura 7. La mineralización presenta una secuencia de deposición continua, donde los primeros minerales que se depositan son pirita, arsenopirita, bismuto y bismutina, en cantidades accesorias. Posteriormente, esfalerita, calcopirita y galena, que lo hace

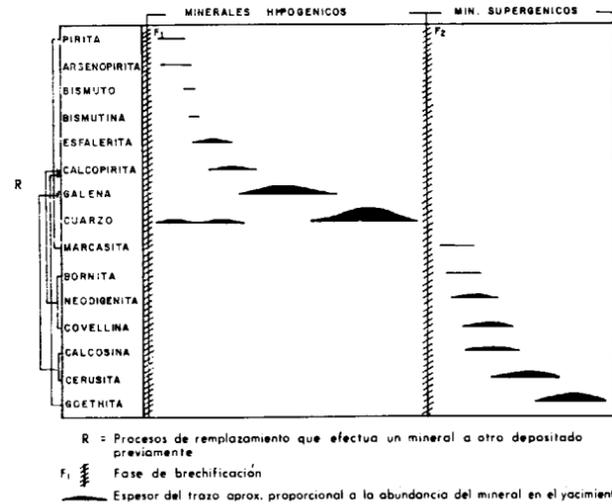


Figura 7.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (mina Miraflores).

de forma mayoritaria. Los minerales supergénicos, calcosina, cerusita y covellina, neodigenita, bornita, se forman a expensas del remplazamiento de la galena (fig. 15.5) y calcopirita, respectivamente. También se encuentra marcasita reemplazando parcialmente a la pirita.

Otras paragénesis del Distrito son análogas, si bien, puede observarse siderita en las minas de Zarza Capilla y bournonita en Peñalsordo. Asimismo, los filones norteados presentan una asociación más simple, con galena y esfalerita accesorias, en ganga exclusivamente de cuarzo (a veces calcedonia). Son típicos los bandeados simétricos con una banda centimétrica de calcedonia-ágata y esfalerita en los bordes, y en el centro cuarzo con galena rellenando huecos (figs. 5 c, d y e). Otro tipo de relleno que se puede observar es de cuarzo calcedónico de color blanco, con una dispersión de cristales de galena de tamaño mili-

métrico (fig. 5, f). Un ejemplo de esta disposición es la del filón de Las Trescientas, cuya longitud alcanza aproximadamente tres kilómetros.

III.2. Las minas del Salor, Membrío (Cáceres)

Las minas del Salor se encuentran al oeste de la provincia de Cáceres, cerca de la frontera con Portugal, donde el río Salor se encaja en la penillanura y desemboca al río Tajo. Pertenecen al término municipal de Membrío, dentro de la Hoja número 676 del mismo nombre, del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000.

Los accesos a las minas se realizan desde la localidad de Membrío por la carretera local de Carabajo. Después de cruzar el arroyo de la Rivera de Membrío, se toma un camino de tierra con dirección norte que lleva a la finca de la Mortera. A unos ocho kilómetros por este camino, se desvía al este un carril que llega hasta la mina.

El entorno geológico

Las minas del Salor encajan en el Complejo esquistograuváquico que aflora al oeste de la provincia de Cáceres. Esta gran mancha de materiales pizarroso-cuarcíticos está limitada al sur por el Ordovícico de la Sierra de San Pedro y al norte y NE por el granito de Cabeza de Araya. En los alrededores de la mina, esta formación se presenta como una monótona sucesión de pizarras y cuarcitas feldespáticas distribuidas en alternancias de paquetes de tamaño irregular, pero nunca superior a dos metros. Se observan frecuentemente estructuras sedimentarias, así como secuencias de Bouma completas e incompletas, agrupándose en facies C y D de MUTTI y RICCI LUCCHI (1975). Esporádicamente se pueden ver microconglomerados dispersos en las rocas cuarcítico-feldespáticas.

Cortando a estas rocas aparece una gran multitud de rocas filonianas de carácter básico (figura 8). Presentan dos direcciones principales NE-SO y E-O. Estas rocas, junto con otros cortejos filonianos que se encuentran en Extremadura, han sido estudiados por GARCÍA DE FIGUEROA (1974).

Desde el punto de vista tectónico, las rocas de los alrededores de la mina forman una sucesión

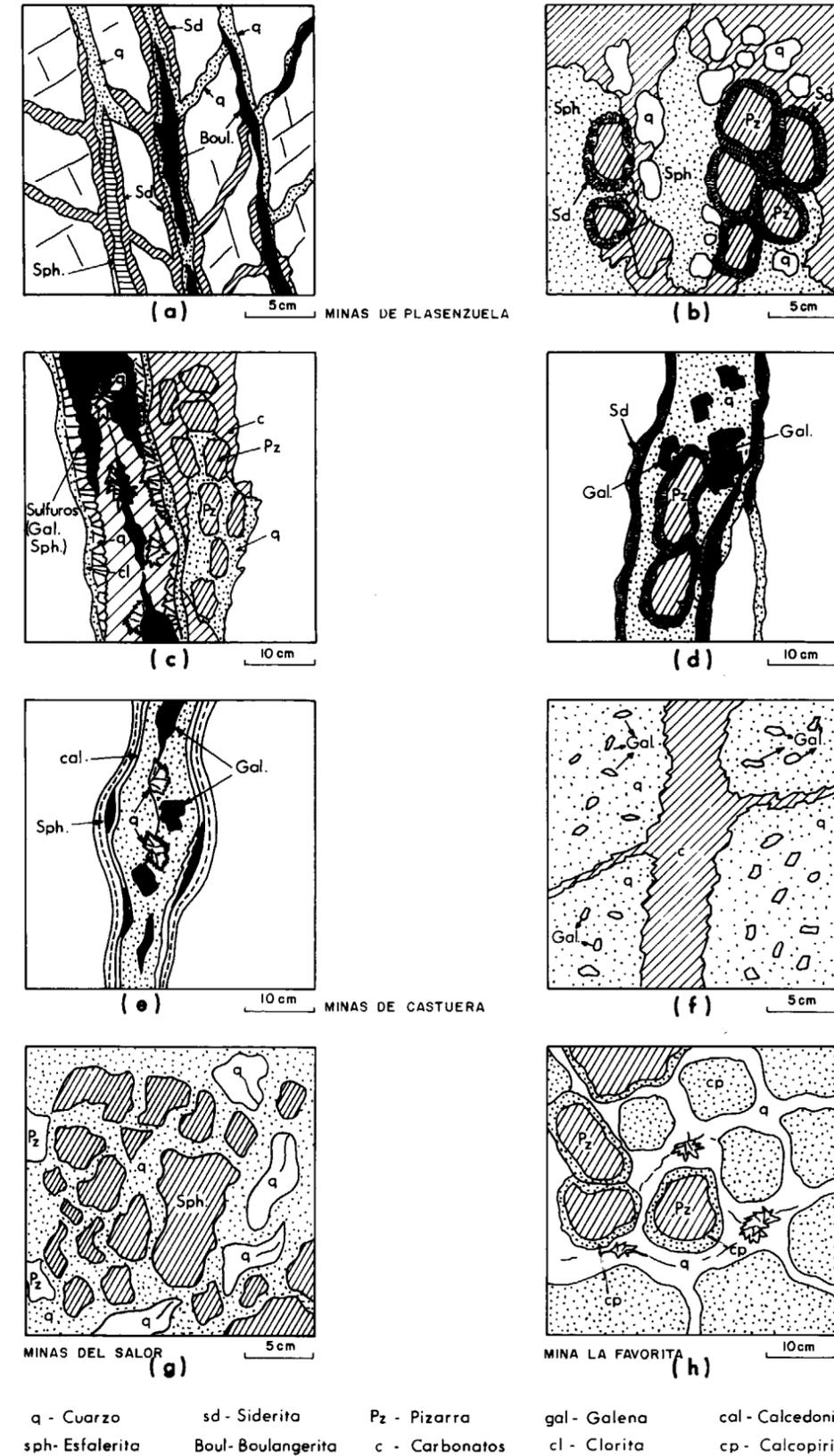


Figura 5.—Texturas típicas de algunas de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura.

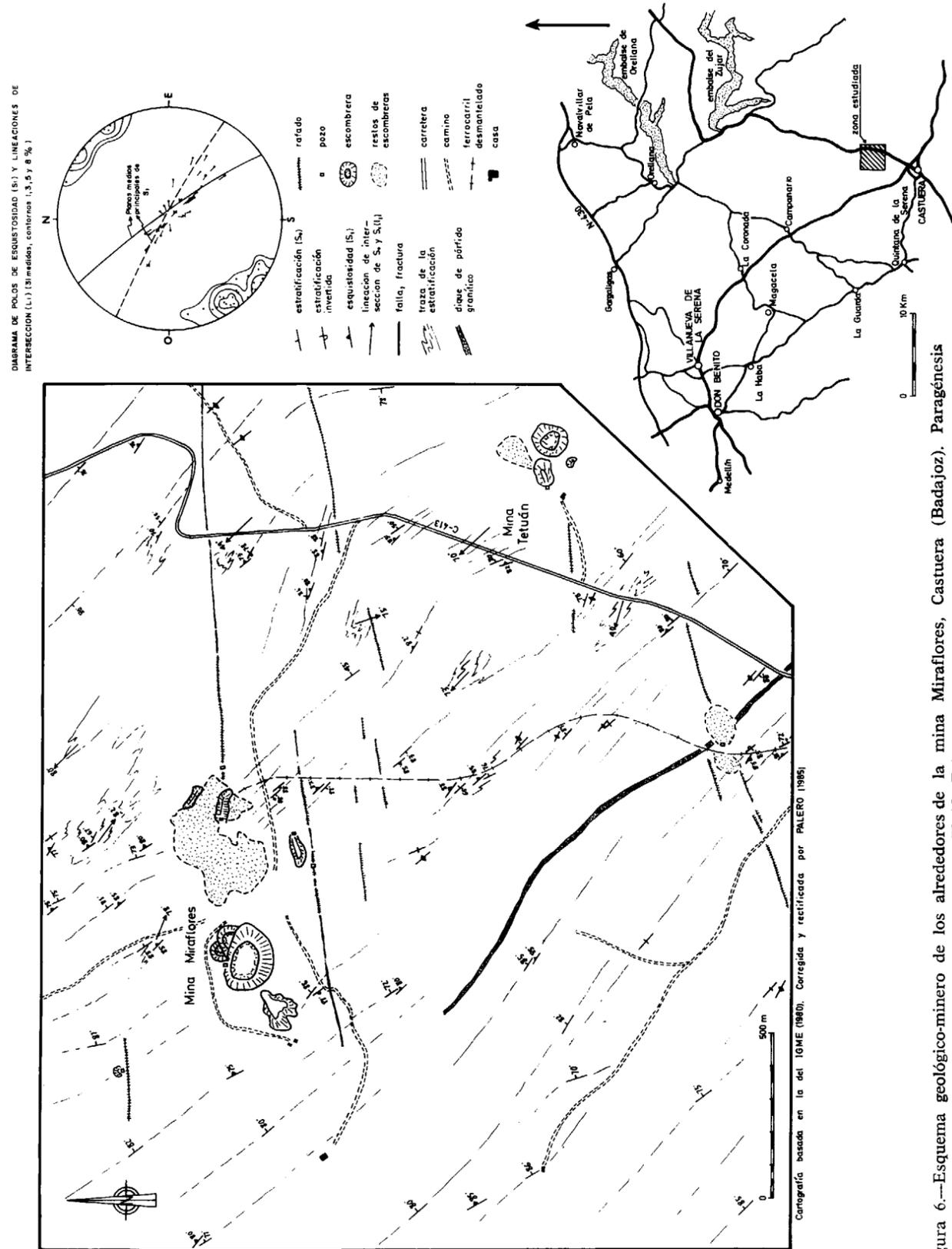


Figura 6.—Esquema geológico-minero de los alrededores de la mina Miraflores, Castuera (Badajoz). Paragénesis q.-c.-Pb-(Cu-Zn).

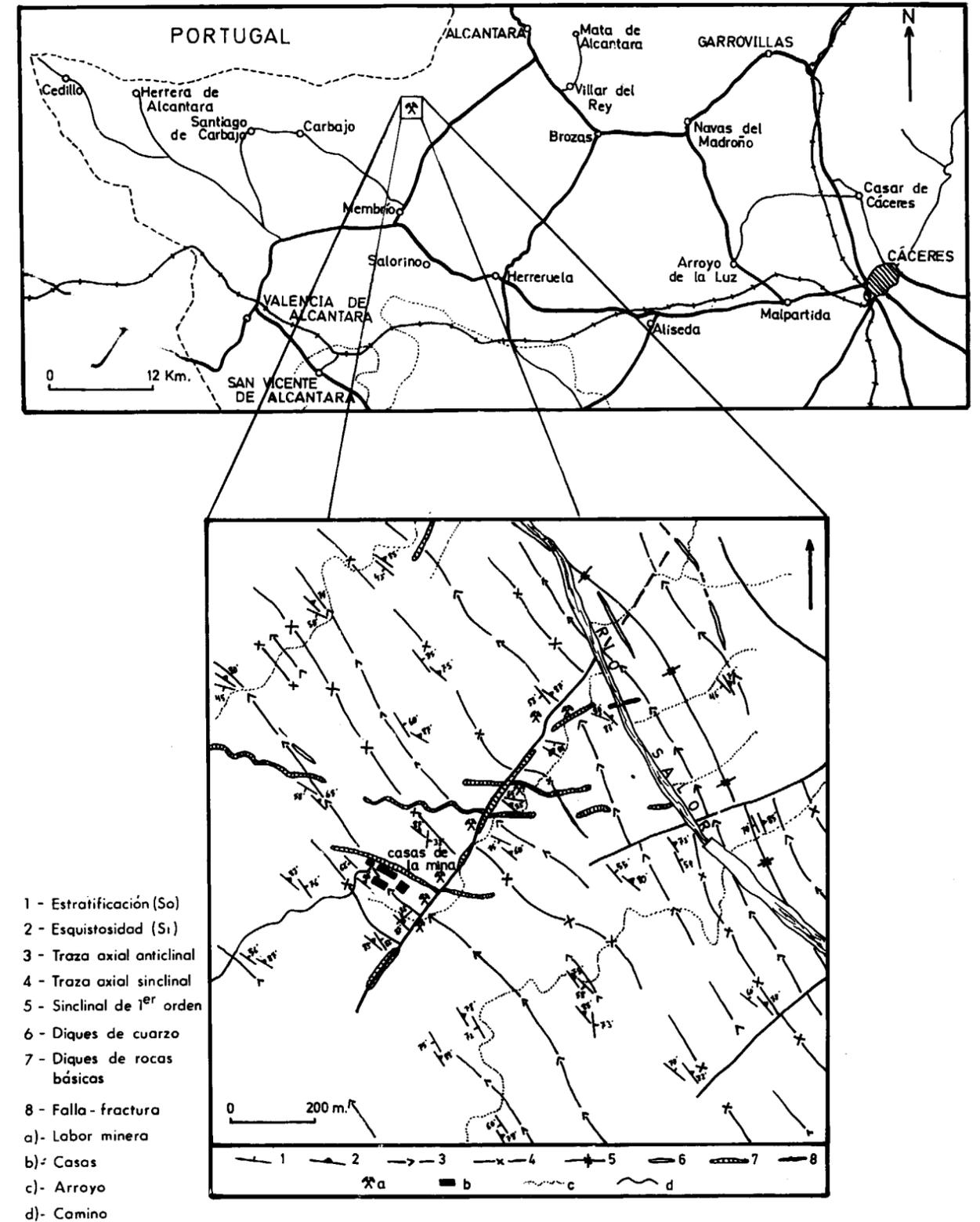


Figura 8.—Esquema geológico-minero de los alrededores de las minas del Salor, Membrijo (Cáceres). Paragénesis q.-c)-(Zn-Pb).

de anticlinales y sinclinales de pequeña amplitud y longitud de onda (fig. 8). Son pliegues isopacos y cilíndricos de dirección general NO-SE, ligeramente vergentes al SO. Llevan asociados una esquistosidad de plano axial (S_1), la cual está afectada por kinks subverticales que no aparecen de forma homogénea en todo el área, sino concentrados en bandas de deformación de dirección general NE-SO.

Descripción del yacimiento

En las minas del Salor se investigó y explotó una brecha tectónica de dirección media $N40^\circ E$ con buzamiento fuerte al NE. Se trata realmente de una zona brechificada cuyo espesor puede alcanzar los cinco metros. Dentro de esta zona se distinguen dos partes: una, donde la esquistosidad y la estratificación están rotas pero apenas trastocadas, y otra que se trata de una auténtica brecha tectónica. Estas últimas se sitúan hacia los bordes o atravesando la zona de brechificación con un ángulo de unos 15° . Estas brechas tectónicas son las que están mineralizadas. Presentan una geometría lenticular e irregular distribución.

La paragénesis pertenece al tipo q.(c)-Zn-Pb y está formada por esfalerita como sulfuro más abundante, galena y trazas de pirita y calcopirita.

La mineralización presenta texturas brechoides (fig. 5.g) y drúsicas. La esfalerita se presenta englobando fragmentos de la brecha o formando elementos de ella (fig. 5.g). La galena siempre aparece rellenando huecos o englobando fragmentos de roca. La textura en drusas la presentan la esfalerita y el carbonato, acompañado a veces por cuarzo.

La sucesión mineral se muestra en la figura 9. Parece que existió primeramente una fase de cristalización caracterizada por la deposición de cuarzo-galena y esfalerita. Después de una fase de brechificación posterior existió otra etapa de mineralización caracterizada por la deposición de una segunda generación de esfalerita y los carbonatos.

III.3. Mina La Favorita, Retamosa (Cáceres)

La mina de La Favorita está situada al norte del Grupo Minero San Roque, en el cauce del río Berzocana, en la Hoja núm. 680, Aldeacentenera, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. El acceso a las labores se efectúa por la carretera de Deleitosa a Solana. Pasando Retamosa hay una casa a la derecha de la carretera, desde donde, campo a través, y en dirección $N160^\circ E$ se llega a la mina.

Las rocas encajantes de esta mineralización son pizarras del Complejo esquistograuváquico del Precámbrico Superior (¿Vendiense?) idénticas al encajante de la mina de San Roque.

La peculiaridad de esta mineralización es que la paragénesis pertenece al tipo q.-Cu. Es muy simple y está constituida principalmente por calcopirita y pirita en ganga de cuarzo. La mineralización, de tipo filoniano, rellena fracturas tardihercínicas, de dirección nortada y con una longitud que no sobrepasa los 1.500 metros aproximadamente.

El haz filoniano de La Favorita está constituido por tres filones principales de unos 400 metros de longitud cada uno, y con espesores comprendidos entre 1 y 1,5 metros. La dirección es $N30^\circ-35^\circ E$ y los buzamientos son subverticales o de aproximadamente 80° hacia el oeste.

Es frecuente observar brechificaciones en los filones, y la disposición de la mineralización de calcopirita en los mismos es, o formando elementos de la brecha, o en escarapeles rodeando frag-

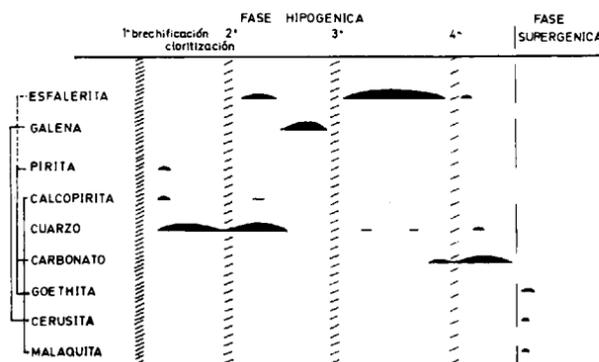


Figura 9.—Paragénesis y sucesión mineral. Minas del Salor, Membrío (Cáceres).

La ganga principal es cuarzo calcedónico y drúsico, y carbonato del tipo ankerita. Con los fragmentos de rocas encajantes apenas se produce reacción, limitándose a una débil claritización.

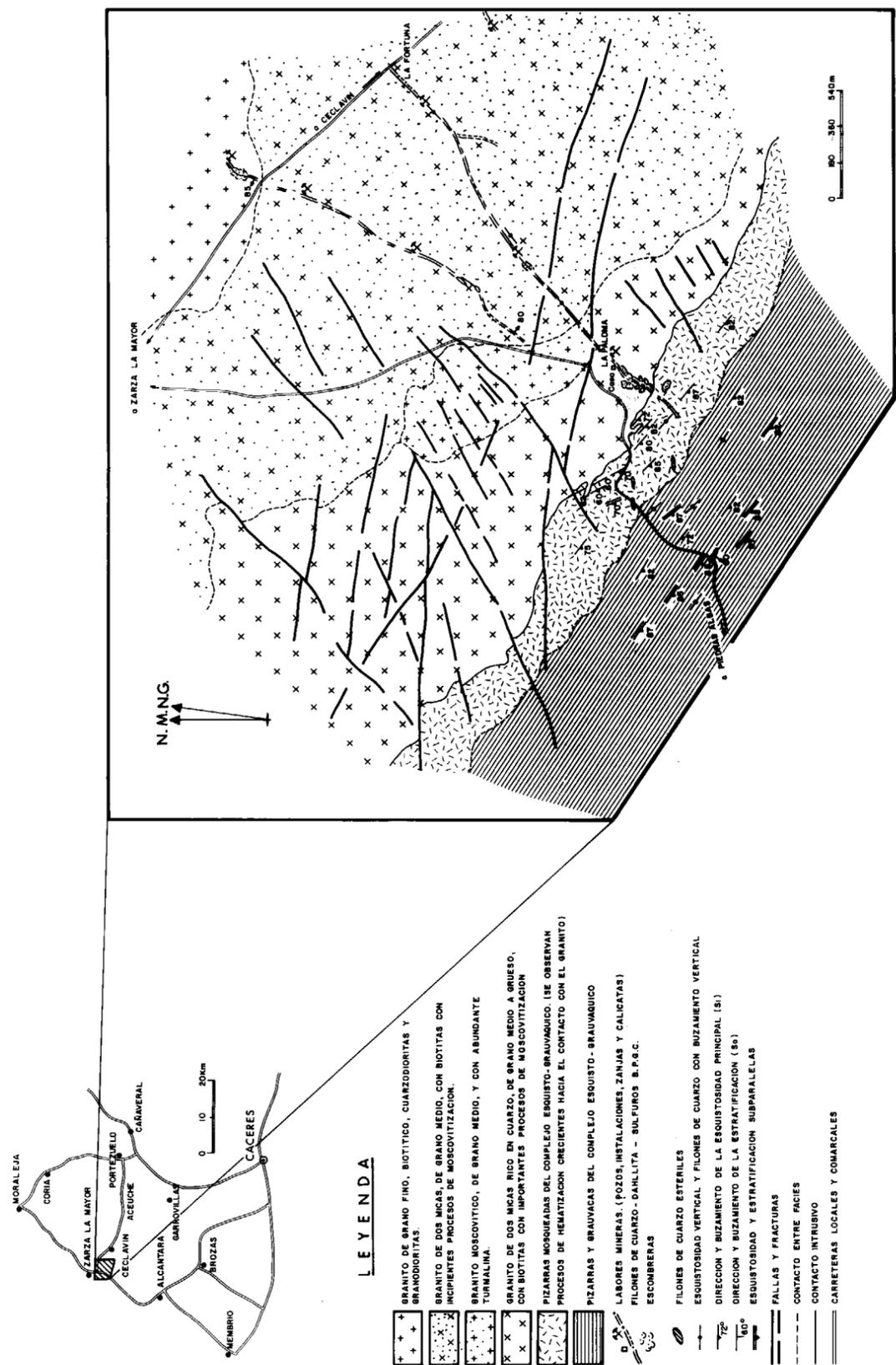


Figura 11.—Esquema geológico-minero de los alrededores de la mina La Paloma, Zarza La Mayor (Cáceres). Paragénesis q.-p-(Pb-Zn-Cu).

mentos de la roca encajante (fig. 5.h). Todo el conjunto se encuentra cementado por cuarzo macrocristalino que, a veces, da lugar a geodas.

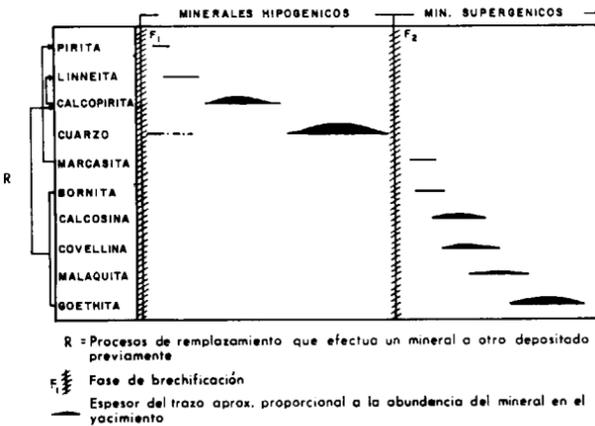


Figura 10.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral (mina La Favorita).

La sucesión mineral puede verse en la figura 10. Comienza con piritita y linneíta (fig. 15.6) y posteriormente se produce la deposición mayoritaria de calcopirita que, en parte, reemplaza a la linneíta. Los minerales supergénicos, bornita, calcosina, covellina y malaquita se forman a expensas del reemplazamiento de la calcopirita. También hay marcasita, que sustituye parcialmente a la piritita.

III.4. Mina La Paloma, Zarza La Mayor (Cáceres)

El grupo de minas situadas cerca de la localidad de Zarza La Mayor (La Paloma, La Fortuna, La Tabquera y Aceña de la Orden) fueron explotadas para fosfatos, si bien presentan sulfuros BPGC como minerales accesorios en las paragénesis. Por esta razón, se ha definido la asociación q.p.-(Pb-Zn-Cu) y se ha tomado como tipo la mina de La Paloma porque fue probablemente la principal explotación de la zona.

La mina La Paloma está situada en las cerca-

nías de Zarza La Mayor, en la provincia de Cáceres. Se ubica en la Hoja núm. 621, Zarza La Mayor, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Los accesos se realizan por la carretera de Cáceres a Portugal por Alcántara. Desde Piedras Albas y siguiendo la desviación a Zarza La Mayor, entre los kilómetros 10 y 11 se encuentran las antiguas labores.

El entorno geológico

La mina de La Paloma y todo el conjunto de indicios de la zona encajan en el macizo granítico de Zarza La Mayor. Este supone un ámbito de constitución favorable para que se desarrollen fracturas que eventualmente pueden ser rellenas por las soluciones mineralizadoras. En la mina La Paloma también existe alguna labor en el exocontacto (fig. 11), dentro de la aureola de metamorfismo de contacto que rodea al plutón, pues los filones se prolongan hasta encajar en los materiales del Complejo esquisto-grauváquico. Pero como puede verse por la magnitud de la labor, esta litología no supone un ámbito encajante favorable para que se desarrollen fracturas continuas que puedan ser mineralizadas, ya que la mineralización se pierde aquí.

El macizo granítico de Zarza La Mayor está constituido por varias facies. Al norte se encuentra un granito de grano fino, biotítico, junto con granodioritas, a veces con textura porfídica y estructura variable, llegando incluso a ser cataclásica. Algunos indicios encajan en esta facies (figura 11).

La facies predominante es un granito de dos micas, de grano medio, en el que algunas biotitas presentan incipientes procesos de moscovitización. Este granito es el encajante principal de las mineralizaciones. También se encuentran leucogranitos moscovíticos con abundante turmalina, aunque de forma esporádica y de carácter restringido (fig. 11).

Finalmente, la facies de borde del plutón, donde está situada la mina La Paloma, está constituida por un granito de dos micas rico en cuarzo, en el que las biotitas están fuertemente moscovitizadas, de aquí que sea difícil su diferencia-

ción de la facies central. Es un granito de grano medio a grueso con megacristales de cuarzo y mica. Los minerales principales son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y en menor proporción biotita; como accesorios, apatito y óxidos de hierro y, como secundarios de plagioclasas y feldespato potásico, productos sericítico-arcillosos.

Descripción del yacimiento

La mineralización se presenta en dos filones principales (fig. 11), que junto con los filoncillos en pluma que éstos llevan consigo constituyen un «haz» de dirección aproximada NE-SO (N 25°-50° E, N 35° E en la mina La Paloma) con buzamientos que varían de subverticales (entre 80° E y 85° O) a verticales (fig. 16.1). La longitud total es de aproximadamente 1.800 metros, con tramos mineralizados de hasta 500 metros. Las potencias oscilan entre centimétricas y llegan hasta cuatro metros, pudiendo estimarse una potencia media útil de un metro.

La paragénesis es del tipo q.p.-(Pb-Zn-Cu) y está constituida principalmente por apatito, y como accesorios, esfalerita, galena, piritita, calcopirita y marcasita. La ganga dominante es cuarzo (a veces calcedonia), productos sericítico-arcillosos, y de carácter muy accesorio fluorita. Se reconoce malaquita, como principal mineral secundario, la cual aparece relleno de huecos, así como calcosina y covellina, que reemplazan a la calcopirita.

Los filones presentan texturas bandeadas simétricas muy características constituidas por finas alternancias de cuarzo (variedades drúsico y agatiforme) y apatito (variedades criptocristalino y palmeado-dahllita-) (figs. 16.2 y 3). Otras veces se observan disposiciones fajeadas alternantes de cuarzo-apatito criptocristalino (fig. 16.4). También se encuentran texturas brechoides. Todas estas texturas son características de la mayoría de los filones de cuarzo-fosforita intragraníticos que existen en Extremadura (AIZPURÚA et al., 1982).

En detalle, la mineralización de apatito (variedad dahllita) se presenta en agregados de cristales tabulares de hábito prismático (fig. 16.3), de color blanco-crema, que dan lugar a formas amorfoloidales o finamente fibrosas. Los sulfuros

BPGC, principalmente esfalerita y galena, suelen aparecer relleno de huecos y cavidades drúsicas, bordeadas por finos niveles agatiformes, en el cuarzo (fig. 16.5). También se presentan como elementos constituyentes de zonas brechoides, asimismo bordeadas por finas bandas agatiformes y por cuarzo drúsico (fig. 16.5).

La sucesión mineral puede verse en la figura 12. Comienza con una etapa de cuarzo-apatito (q-p) de más alta temperatura, a la que sigue una segunda etapa de sulfuros BPGC, de más baja temperatura, en la que los minerales se depositan a favor de una fase de brechificación muy marcada. La deposición comienza con un cuarzo de

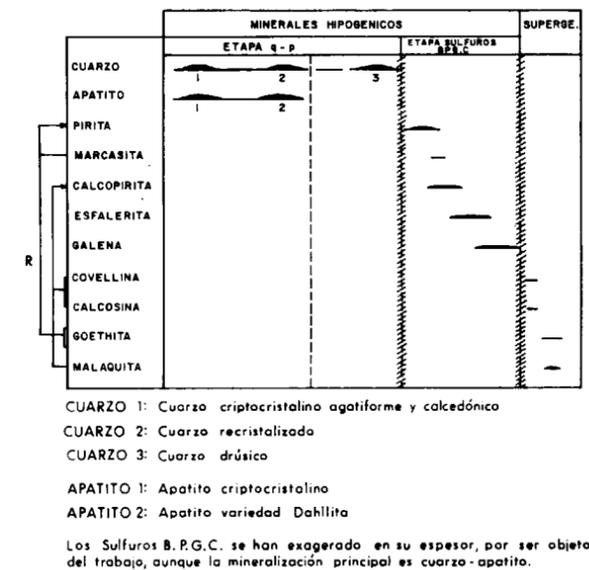


Figura 12.—Paragénesis y sucesión mineral. Grupo La Paloma, Zarza La Mayor (Cáceres).

tipo criptocristalino (1), al que le sigue un cuarzo recristalizado (2) y finalmente, otro con texturas en peine que da lugar a drusas y geodas (3). Del mismo modo, se puede distinguir un apatito de carácter criptocristalino (1), cuya deposición parece anterior al apatito con textura palmeada (variedad dahllita-2-) que es tan característico de esta paragénesis.

IV. VENAS DE RELLENO DE FRACTURAS EN DIQUES PORFIDICOS

IV.1. La mina de El Borracho

Está situada al NE de la provincia de Badajoz, a unas decenas de metros del límite con la provincia de Ciudad Real, en la Hoja núm. 781, Siruela, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Los accesos se realizan por la carretera local de Chillón a Siruela. Las minas de El Borracho se encuentran a unos 14 Km. de Chillón.

El entorno geológico

Las rocas sedimentarias del entorno de la mina están constituidas por materiales siliciclásticos de edad Arenig-Llanvirniense. De muro a techo, se diferencian los siguientes tramos: *Alternancias Pochico* (TAMAIN, 1972), constituidas por una sucesión de cuarcitas y areniscas micáceas de color marrón claro a beige, con intercalaciones poco potentes de pizarras. Existen abundantes pistas bilobadas. Este tramo, de unos 170-180 metros de potencia, se sitúa inmediatamente por encima de la cuarcita armoricana, en la que llegan a encajar parte de los diques porfídicos a los que se asocia la mineralización.

Sobre las Alternancias Pochico se encuentra una potente sucesión (450 m.) de pizarras oscuras (Pizarras de Calymene), de edad Llanvirniense-Llandeiloense, en la que se distinguen tres tramos: *Pizarras de Calymene Inferiores* (125 m.) que se disponen a techo de las Alternancias Pochico. El paso de las alternancias a las pizarras es transicional. El segundo tramo está constituido por una alternancia de areniscas y pizarras, organizadas en megasecuencias negativas, de unos 200-250 m. de potencia y de colores beige a verdosos. Los bancos areníticos presentan potencias centimétricas a decimétricas. Finalmente, el último tramo está formado por pizarras de color grisáceo en fractura fresca.

En las Pizarras de Calymene tan sólo encajan los diques del complejo subvolcánico de El Borracho, sin que se hayan observado filones mineralizados en él.

En el entorno del Grupo Minero de El Borracho existe una importante actividad ígnea (fig. 13). Por una parte, se encuentra un volcanismo de tipo piroclástico (FERNÁNDEZ CARRASCO, 1972) a techo de las Alternancias Pochico. Hay puntos

de observación donde se reconoce que éste se desarrolló durante el depósito de los materiales sedimentarios que constituyen las Alternancias Pochico. Este volcanismo presenta una facies común constituida por fragmentos de tamaño milimétrico a centimétrico, de origen volcánico (vidrios soldados, vidrios con burbujas, dacitas, etc.) y de origen sedimentario (areniscas, grauvacas y pizarras). Estos fragmentos suelen estar unidos por material arenoso. Probablemente se trate de una epiclastita a brecha epiclastica, en el sentido de FISHER (1961), producto de remoción de niveles volcánicos, más que de el resultado de una proyección de productos volcánicos depositados directamente sobre la cuenca. El volcanismo es de carácter ácido a intermedio.

Además de estas rocas de tipo epiclastico, aparece un complejo subvolcánico de edad muy posterior, probablemente tardihercínica, con gran variedad de facies petrográficas. Dentro de éstas predominan las que se encuentran en diques de dirección preferente N 60° E (fig. 13), constituidas por pórfidos de carácter ácido e intermedio (riolitas, riodacitas y dacitas), aunque más al NE se han localizado cuerpos de composición basáltica encajando en esta facies.

En la zona situada al NO de El Borracho (El Hoyozno) las facies son más variadas, apareciendo además de los diques de pórfidos ácidos e intermedios, brechas de emplazamiento mixtas, brechas y aglomerados volcánicos y facies fluidales microbrechoides, todas ellas de composición ácida a intermedia.

La mineralización de El Borracho aparece en fracturas del mismo tipo que los diques y, en bastantes casos, asociada a éstos (Borracho Viejo, figura 13).

Descripción del yacimiento

La mineralización de El Borracho es de tipo filoniano y aparece rellenando fracturas abiertas en las que también se encuentran pórfidos ácidos. Existen dos grupos de labores principales: El Borracho Viejo, que encaja en un gran dique de riolita-riodacita (fig. 13), con un filón de corrida reconocida de más de 800 metros. Este se llegó a explotar hasta unos 200 metros de profundidad y las labores de explotación datan de la época de los romanos (se han encontrado martillos ibéri-

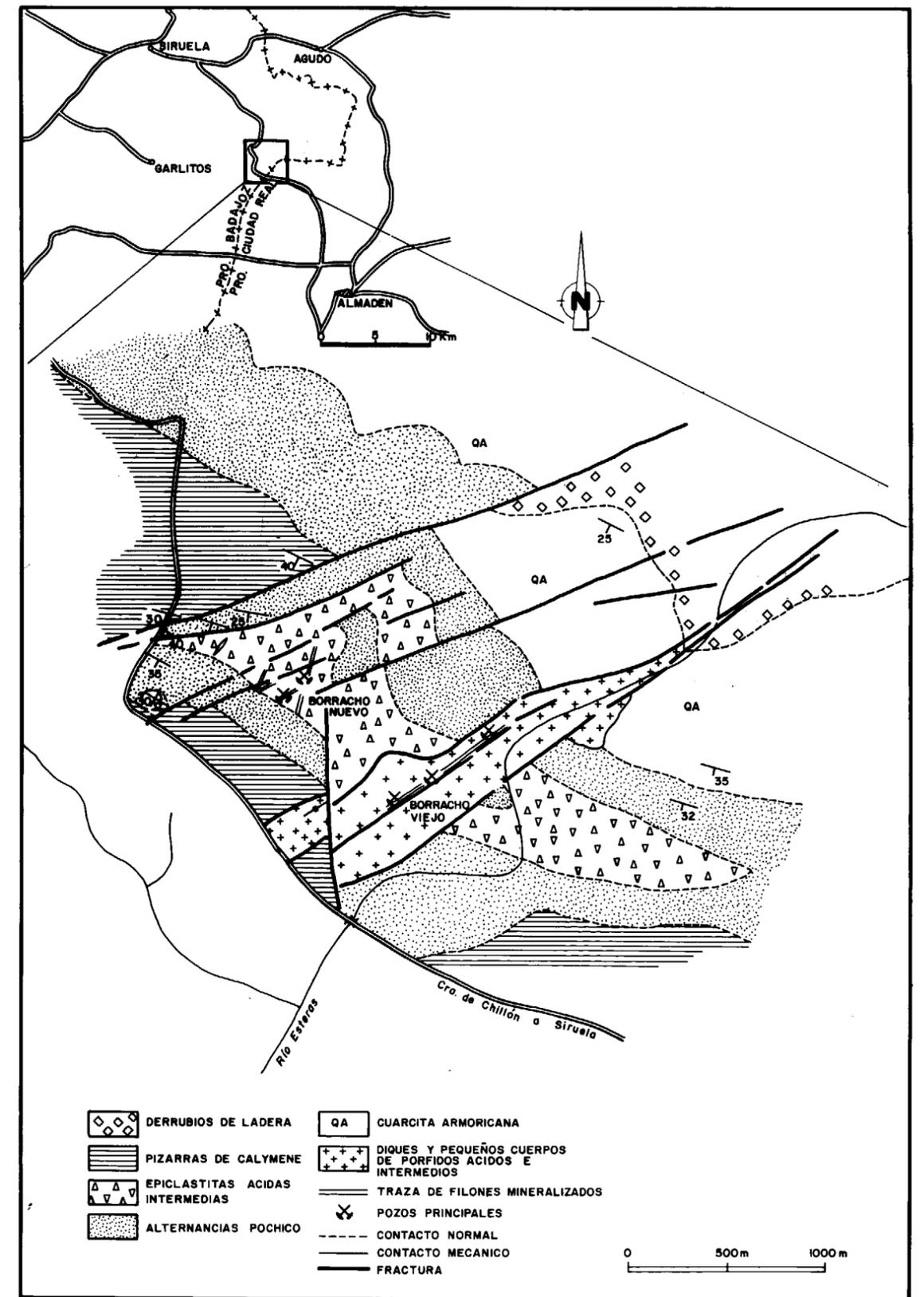
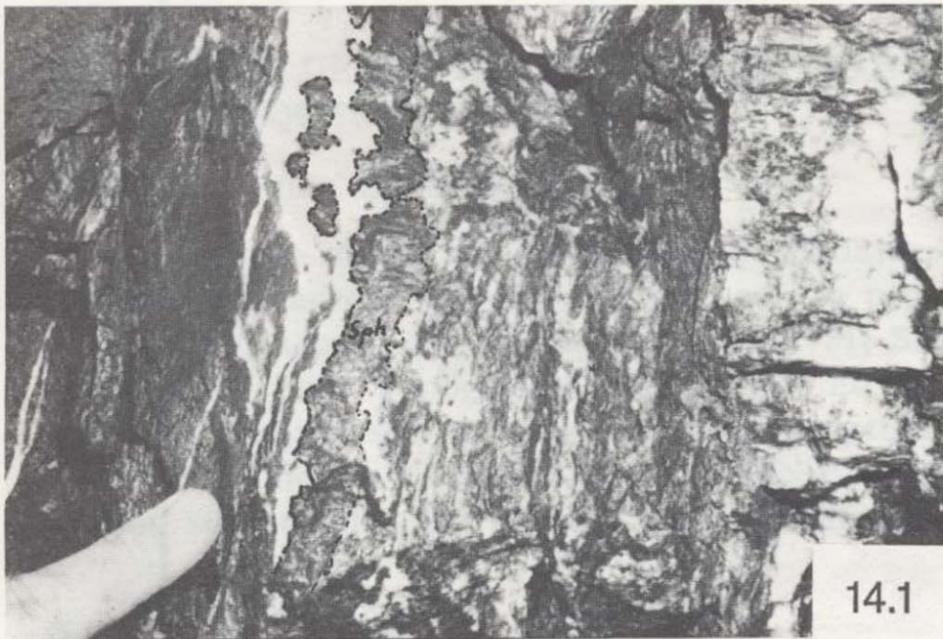
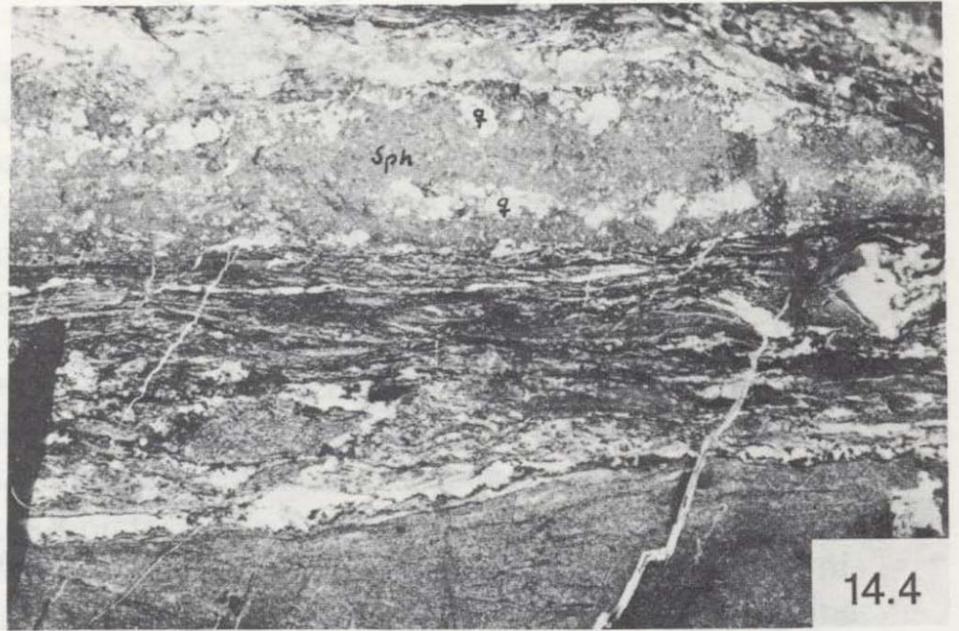


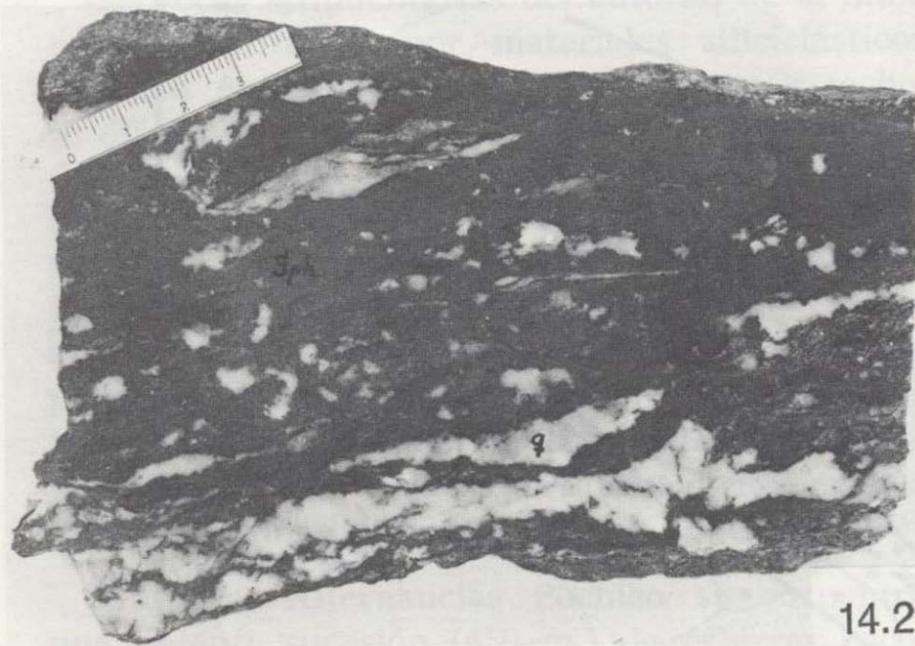
Figura 13.—Esquema geológico-minero de los alrededores del Grupo Minero El Borracho, Garlitos (Badajoz). Paragénesis q.-Ba-c-Pb-(Cu-Sb).



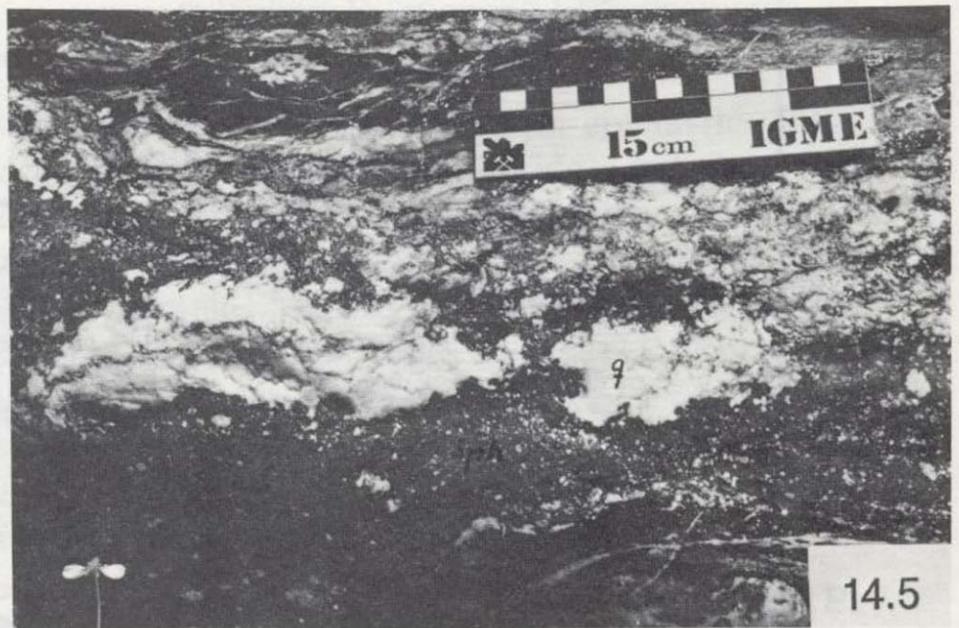
14.1



14.4



14.2



14.5



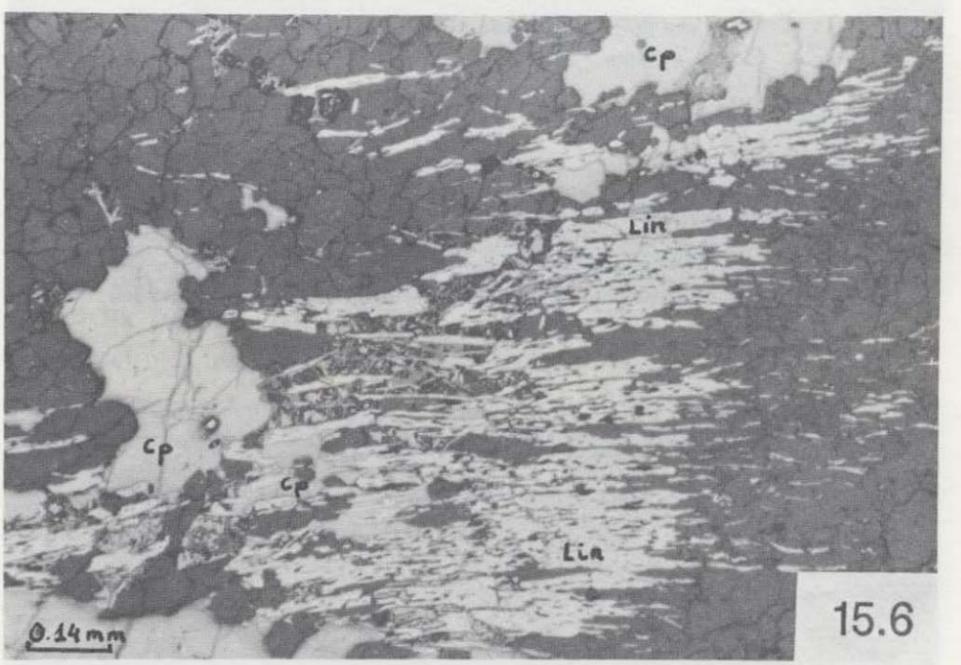
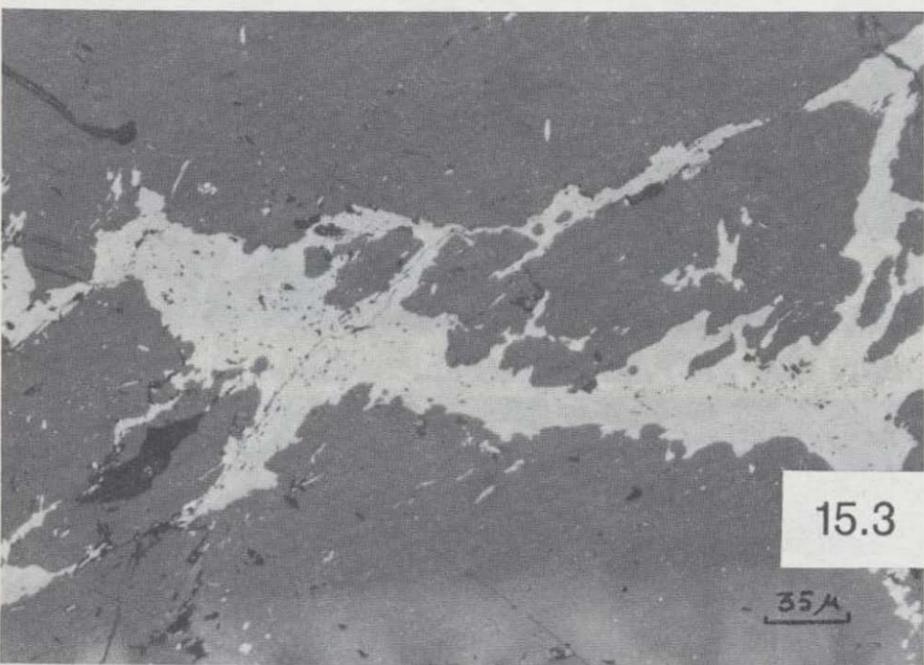
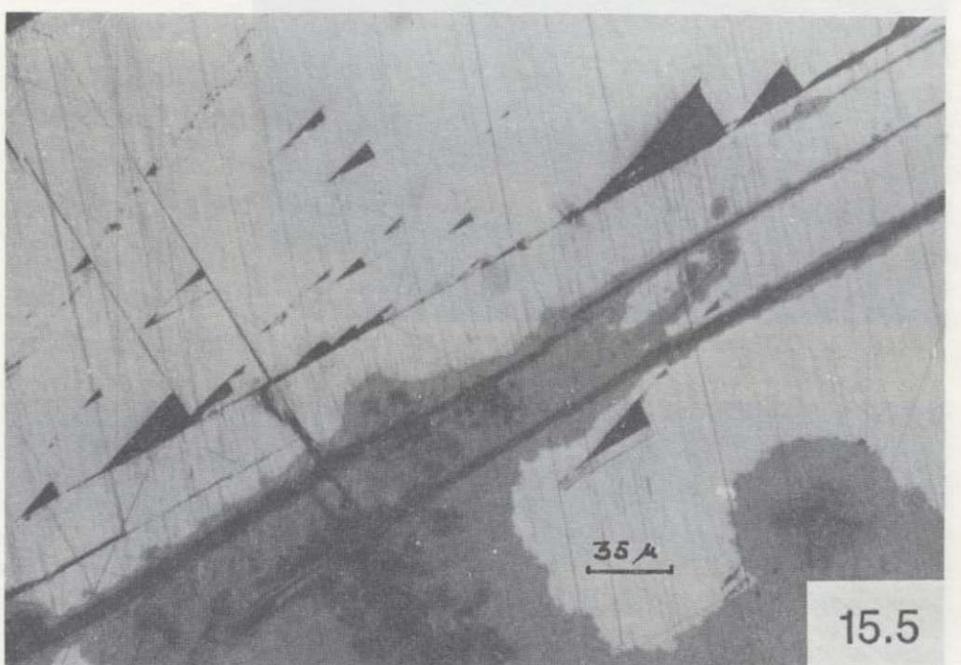
14.3



14.6

- 14.1. Distribución irregular de la mineralización de esfalerita (Sph) en un frente del nivel (-50) de la mina San Roque, Berzocana (Cáceres). Detalle del bandeo milonítico *in situ*.
- 14.2. Detalle en muestra de mano del bandeo milonítico entre esfalerita (Sph) y cuarzo (q). Mina San Roque, Berzocana (Cáceres).
- 14.3. Bandeo milonítico entre esfalerita (Sph), galena (gal) y cuarzo (q) en el Socavón San Fernando, proximidades de San Roque, Berzocana (Cáceres). Foto mirando al techo. Potencia de la zona mineralizada, 0,60 m.

- 14.4. Aspecto del «filón» de El Picito en el curso del Arroyo Fresnedoso. Obsérvese el bandeo milonítico paralelo a los contactos del cuerpo mineralizado.
- 14.5. Detalle de la anterior, donde se observa el bandeo milonítico entre esfalerita (Sph) y cuarzo (q). Mina El Picito, Fresnedoso de Ibor (Cáceres).
- 14.6. Boudines de eje subvertical en el «filón» de El Picito, Fresnedoso de Ibor (Cáceres).



- 15.1. Bandeado tectónico en las proximidades de la mina Serafina, Plasenzuela (Cáceres). Obsérvese cómo los cuarzos de segregación de la serie encajante están fuertemente deformados y boudinados.
- 15.2. Digitaciones de granitos aplíticos y diques pegmatíticos que caracterizan los bordes del stock de Plasenzuela (Cáceres).
- 15.3. Boulangerita (gris claro) rellenando fisuras en esferita (gris oscuro). Mina Serafina, Plasenzuela (Cáceres). Luz Refl. L. N. inmersión.

- 15.4. Brecha constituida por fragmentos de cuarzo y de la roca encajante cementada por boulangerita. Obsérvese la marcada anisotropía de la boulangerita. Mina Serafina, Plasenzuela (Cáceres). Luz Refl. N. C.
- 15.5. Galena (gris claro) reemplazada a favor de bordes y fisuras por calcosina (gris medio). Mina Miraflores, Castuera (Badajoz). Luz Refl. L. N. inmersión.
- 15.6. Haces de cristales subidiomorfos de linneíta (Lin) parcialmente reemplazados por calcopirita (Cp). Mina La Favorita, Retamosa (Cáceres). Luz Refl. L. N.



16.1

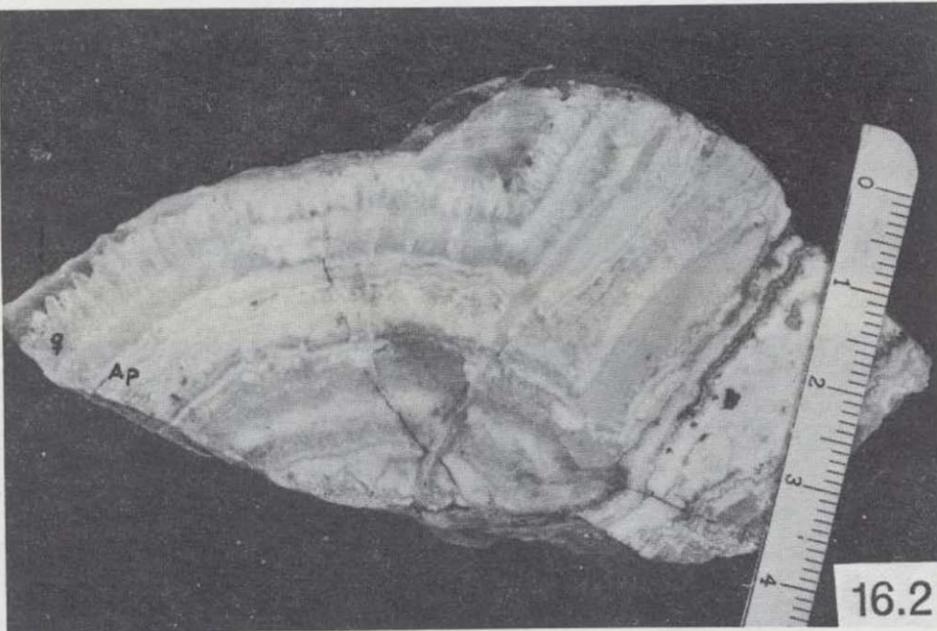
16.1. Aspecto de un frente en el que se observan los filones de cuarzo-apatito con sulfuros BPGC de la mina La Paloma, Zarza la Mayor (Cáceres). El haz filoniano tiene una dirección NE-SO con buzamientos que oscilan entre 80° Oeste y verticales.

16.2. Muestra de mano en la que se observa la textura bandeada simétrica, constituida por finas alternancias de cuarzo (q) y apatito (Ap) de la mina La Paloma, Zarza La Mayor (Cáceres).

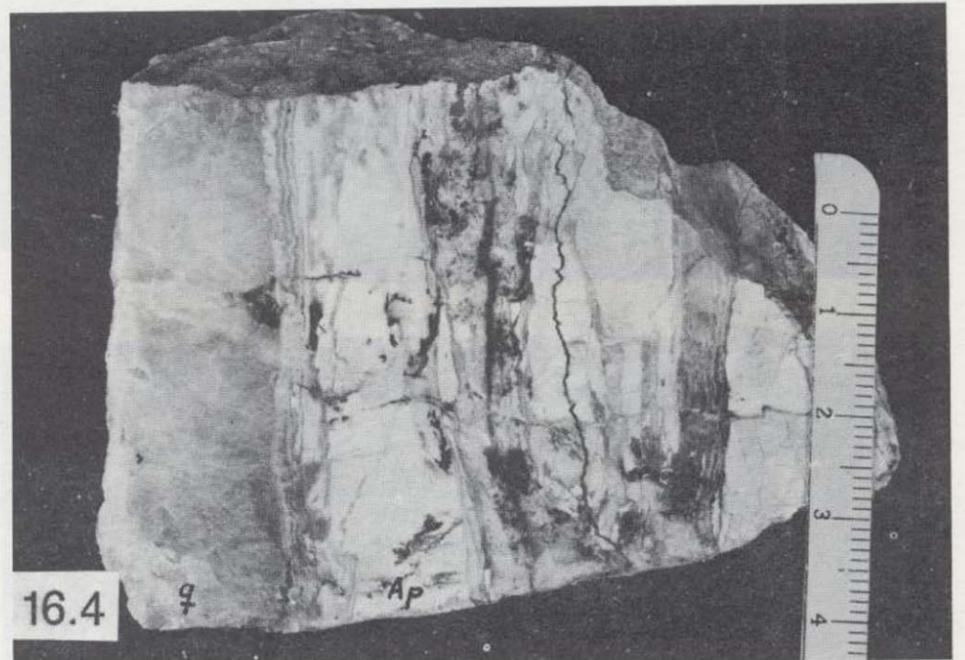
16.3. Detalle microscópico de las finas alternancias de cuarzo-apatito que forman la textura bandeada de la muestra anterior. Obsérvense los haces de cristales tabulares de hábito prismático de apatito (variedad dahllita) que constituyen una de las bandas. El borde de la misma está formado por cuarzo recrystalizado y algún cristal de apatito.

16.4. Muestra de mano en la que se observa la textura «fajeada» constituida por bandas alternantes de cuarzo (drúsico y agatiforme-q) y apatito criptocrystalino (Ap). Mina La Paloma, Zarza la Mayor (Cáceres).

16.5. Detalle en afloramiento de la disposición de los sulfuros BPGC en los filones de la mina La Esperanza, Zarza La Mayor (Cáceres). La esfalerita (núcleos oscuros —Sph—) rellena huecos y cavidades drúsicas, bordeadas por finos niveles agatiformes (ag) en el cuarzo. Obsérvense también cómo forma elementos del núcleo brechoide de otra cavidad drúsica.



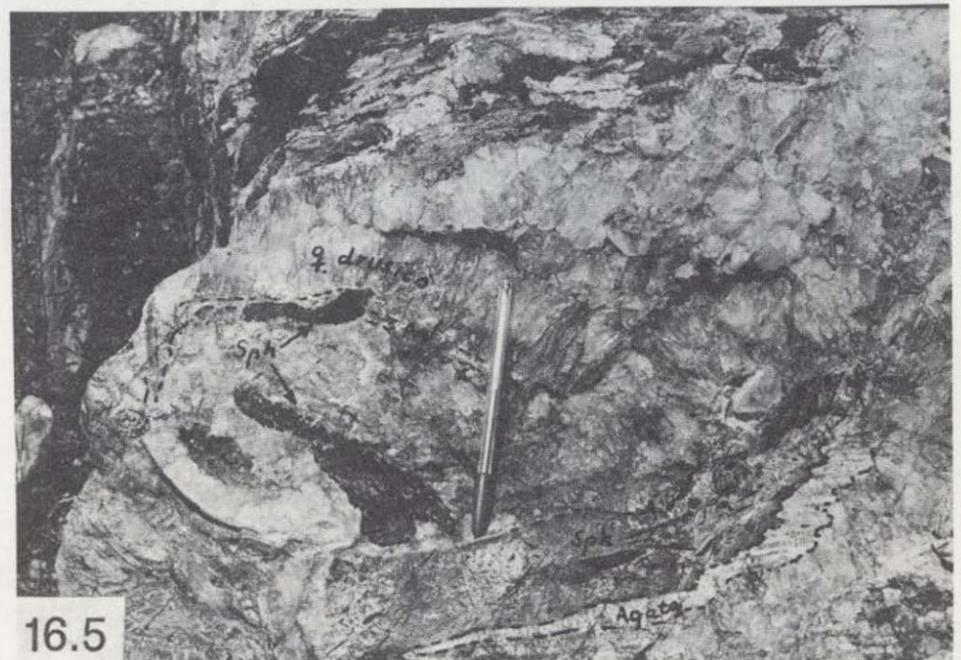
16.2



16.4

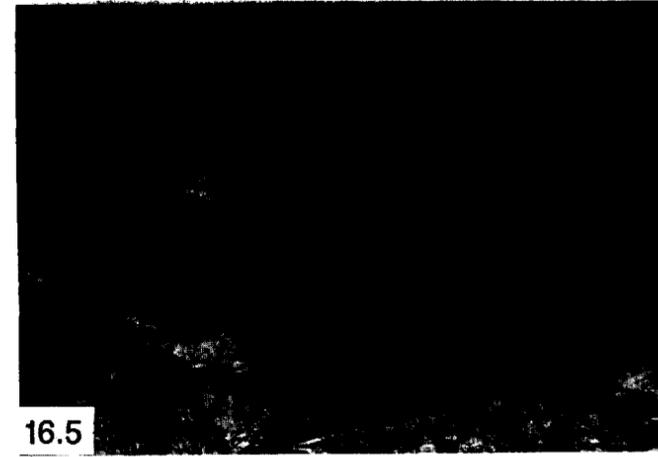
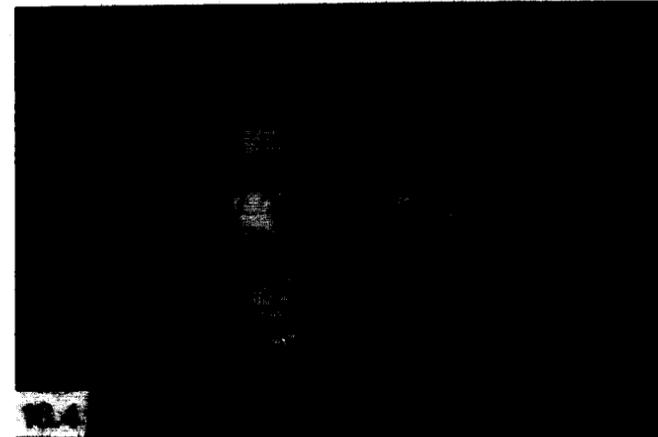
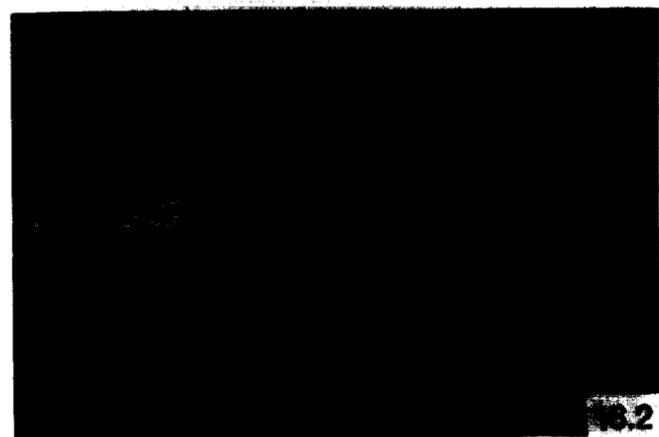
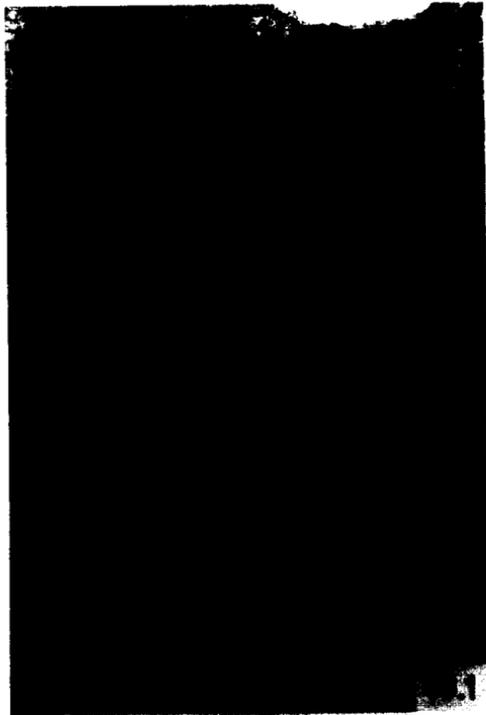


16.3



16.5

- 16.1. Aspecto de un frente en el que se observan los filones de cuarzo-apatito con sulfuros BPGC de la mina La Paloma, Zarza la Mayor (Cáceres). El haz filoniano tiene una dirección NE-SO con buzamientos que oscilan entre 80° Oeste y verticales.
- 16.2. Muestra de mano en la que se observa la textura bandeada simétrica, constituida por finas alternancias de cuarzo (q) y apatito (Ap) de la mina La Paloma, Zarza La Mayor (Cáceres).
- 16.3. Detalle microscópico de las finas alternancias de cuarzo-apatito que forman la textura bandeada de la muestra anterior. Obsérvense los haces de cristales tabulares de hábito prismático de apatito (variedad dahllita) que constituyen una de las bandas. El borde de la misma está formado por cuarzo recristalizado y algún cristal de apatito.
- 16.4. Muestra de mano en la que se observa la textura «fajeada» constituida por bandas alternantes de cuarzo (drúsico y agatiforme-q-) y apatito criptocristalino (Ap). Mina La Paloma, Zarza la Mayor (Cáceres).
- 16.5. Detalle en afloramiento de la disposición de los sulfuros BPGC en los filones de la mina La Esperanza, Zarza La Mayor (Cáceres). La esfalerita (núcleos oscuros —Sph—) rellena huecos y cavidades drúsicas, bordeadas por finos niveles agatiformes (ag) en el cuarzo. Obsérvense también cómo forma elementos del núcleo brechoide de otra cavidad drúsica.



cos en las escombreras). La última época de la boreo es de finales del siglo pasado.

El otro grupo de labores (Borracho Nuevo) está constituido principalmente por los filones San Jesús y San Antonio, que llevan una dirección N 30° E y N 60° E, respectivamente. Estos filones encajan en las rocas epiclásticas descritas anteriormente (fig. 13).

Los filones llegaron a explotarse en su parte superior a cielo abierto, vaciándose la caja filoniana para beneficiar la barita que aparecía en las cotas superiores. En cotas inferiores la mineralización se enriquece en galena argentífera, aparecen pirita y cuarzo, y disminuye la barita.

La paragénesis pertenece al tipo q-Ba-c-Pb-(Cu-Sb) y está constituida por galena argentífera, pirita, calcopirita, bravoita, tetraedrita y marcasita, en ganga de cuarzo, baritina y carbonatos. El único mineral supergénico que se ha encontrado es cerusita (LUNAR HERNÁNDEZ et al., 1979).

HIPOTESIS GENÉTICAS

La clasificación tipológica que en este trabajo se presenta está basada en características morfológicas, paragenéticas, estructurales y texturales. La razón de que estas características sean distintas en cada uno de los tipos y subtipos es, indudablemente, la génesis y diferente evolución de los yacimientos en cada uno de los casos.

En el caso de la mina San Roque (subtipo I.1) existe un evidente control estructural de los cuerpos mineralizados en el flanco «vergente» de un anticlinal. Este hecho, unido a la relación de subparalelismo de los cuerpos mineralizados con respecto a la esquistosidad principal (S₁), a la intensa deformación sufrida, así como la fuerte silicificación, sugieren la idea de que los «filones» se traten en realidad de cizallas desarrolladas durante la etapa compresiva. Aparte del hecho de que la situación estructural sea la idónea para el desarrollo de este tipo de estructuras, se ha podido corroborar en el campo al encontrarse en el contacto del «filón» venas de cuarzo sigmoidales con los bordes muy estirados, indicando movimientos de cizalla congruentes con el plegamiento que se da en la zona.

Se podría pensar que aunque las estructuras mineralizadas son las citadas, la mineralización

fuese más tardía por aperturas posteriores a la formación de las zonas silicificadas. Pero después del estudio detallado de la mineralización, tanto en el cuerpo metalizado como en microscopio, resulta evidente que la metalización y la silicificación son contemporáneas y han sufrido una historia común, observándose que la deformación ha afectado de igual manera a los minerales metálicos y al cuarzo de silicificación.

El problema surge, por tanto, al intentar explicar un modelo de formación de filones en zonas compresivas. PALERO (1983) realizó un estudio sobre el campo filoniano de El Hoyo de Mestanza en Ciudad Real. En ese distrito existe un control estructural y litológico muy estricto de los cuerpos mineralizados en la Formación Estratos Pochico del Ordovícico Inferior. Si bien la situación estructural de ellos no es la misma que en el yacimiento de San Roque, es evidente que se tratan también de cizallas silicificadas y mineralizadas congruentes con el plegamiento de la región. El mismo autor propuso un modelo de evolución continua de estas cizallas desde simplemente dúctiles a frágiles, pasando de simple flexión a fallas inversas. La silicificación y mineralización se producirían cuando la cizalla presentara momentos tensionales, es decir, cuando fuera dúctil-frágil y frágil-dúctil. La milonitización y cataclasis se desarrollaría cuando la cizalla funcionara sólo como frágil. A este tipo de filones los denominó de «segregación tectónica». Todo parece indicar que las mineralizaciones del subtipo I.1 se originen de forma similar al descrito en el Hoyo de Mestanza.

El momento de la formación de estas cizallas mineralizadas sería al final de la fase de deformación principal, cuando la esquistosidad ya está formada y el plegamiento comienza a ser lo suficientemente apretado para permitir el desarrollo de cizallas en el flanco vergente de la anti-forma. Por tanto, como no existe ningún hecho a escala regional ni local que pueda explicar el desarrollo de estas cizallas en etapas posteriores al plegamiento principal, resulta imposible relacionarlas con las intrusiones graníticas de Extremadura, las cuales son tardías respecto al plegamiento.

Según la idea expuesta, la mineralización provendría del encajante y se acumularía en estas cizallas por un proceso de removilización. Un hecho importante es que en el encajante, tanto

en San Roque como en el Hoyo de Mestanza y en las mineralizaciones de este subtipo, abundan las pizarras negras satinadas (Black shales) que, si bien no tienen minerales de Zn y Pb como tales, sí pudieron contener un elevado stock metal en estos elementos. La removilización se produciría por un gradiente de presión capaz de movilizar un cierto volumen de fluidos intersticiales de la roca encajante hacia las zonas de cizalla, que representan zonas de liberación de tensión durante la etapa compresiva (IGME, 1982; PALERO, 1983; IGME, 1984). Se puede pensar que esta movilidad de fluidos fue posible gracias a que el grado de litificación de la roca en esta etapa precoz de la deformación aún no era muy importante (abundancia de fluidos intersticiales).

En conclusión, de acuerdo con los datos disponibles, parece un hecho indiscutible que las mineralizaciones del tipo San Roque pueden representar la primera etapa metalogénica de Zn-Pb en la Alta Extremadura.

Las mineralizaciones del subtipo I.2 (El Picito), si bien presentan una morfología muy similar a las anteriores, hay ciertas diferencias que muestran un origen distinto. Son mineralizaciones deformadas por procesos de cizalla, pero todo parece indicar que la deformación ha sido posterior a la formación de la mineralización. De hecho, se han visto en algún caso restos de un bandeo simétrico con los minerales poco deformados, que indican una deposición tranquila de los minerales en fracturas abiertas y posterior deformación. Igualmente, se ha comprobado en todos los ejemplos de este subtipo, que la cizalla que deforma la mineralización es de componente de desgarre, no siendo congruente con la deformación principal de la roca.

El hecho de que estas mineralizaciones tengan una dirección paralela a las estructuras hercínicas principales, pliegues y esquistosidad principalmente, sugieren la idea de que sean fracturas abiertas desarrolladas en los momentos de relajación de esfuerzos después de la fase compresiva. Estas fracturas suelen ser paralelas a las estructuras de deformación compresiva y se forman a favor de planos de esquistosidad en las charnelas de los pliegues, o por desarrollo de fallas normales en los flancos de las grandes estructuras. Parece ser que el caso del Picito sería el primero de los citados. Estas zonas de fracturación son zonas de debilidad que en movimien-

tos posteriores pueden actuar como cizallas de desgarre que serían las causantes de la deformación de la mineralización.

En conclusión, estas mineralizaciones serían posteriores a las del subtipo I.1 y muy probablemente anteriores a las del tipo II y III.

El origen de las mineralizaciones del tipo II (Mina Serafina) hay que buscarlo en la relación espacial que éstas tienen con el stock granítico de Plasenzuela. Como se recordará, estas mineralizaciones aparecen en zonas de fractura irregular, en charnelas y flancos de los pliegues originados en una segunda fase de deformación local, que debió ser contemporánea con la intrusión de dicho granito. El origen de los metales debe estar relacionado con los diques pegmatíticos que caracterizan el borde occidental del stock y que pueden existir en profundidad. Esto viene corroborado porque se han encontrado fragmentos de pegmatitas en las escombreras de las labores.

Las mineralizaciones del subtipo III.4 (Mina La Paloma) son representantes de una metalogenia típicamente granítica, como resultado de un hidrotermalismo «fosfatífero», de más alta temperatura, que sería responsable de la mineralización de fosfato. En una etapa metalogénica posterior de más baja temperatura, se produciría la deposición de la fase sulfurada BPGC, que lo haría rellenando huecos y espacios abiertos en las fracturas mineralizadas previamente en fosfatos.

El resto de los subtipos del grupo III presentan características comunes, como son la morfología, el control estructural, a favor de grandes fracturas tardías, así como una asociación mineral y alteraciones con el encajante propias de mineralizaciones hidrotermales de baja temperatura. La distinta mineralogía de la paragénesis con la presencia o no, o predominio de unos minerales respecto a otros, indicarían diferentes etapas evolutivas del mismo proceso metalogénico. Esta es la razón que justifica la clasificación en subtipos.

El origen de las soluciones mineralizadas en estos elementos es problemático. Serían soluciones ascendentes que precipitan minerales en fracturas abiertas tardías. En unos casos se pueden relacionar directamente con cuerpos ígneos, como pudieran ser las del campo filoniano de Castuera (Mina Miraflores), y en otros no hay criterios

como para asignarlas un origen granítico. Estas últimas se podrían asimilar a las soluciones del Segundo Ciclo mineralizador definido por PERICHAUD (1971, 1980) en el distrito de Brioude-Massiac (Macizo Central Francés).

El origen de estas soluciones del Segundo Ciclo mineralizador, que además son de muy baja temperatura (por ejemplo, en Brioude-Massiac BRIL, 1982, encuentra que la temperatura de homogeneización de las soluciones varía entre 100° y 120° C), según RÖSLER et al. (1968) es muy profundo. Precisamente éstas mineralizaciones de Segundo Ciclo serían de más baja temperatura porque están más alejadas de sus ámbitos generadores. Estas soluciones efectúan un largo recorrido a través de la corteza terrestre, capturando y enriqueciéndose en elementos de las rocas encajantes. De aquí la existencia, a veces, de gangas más complejas.

Por otra parte, el origen de las mismas, según BURNOL (1974), corresponde a aguas vadasas que se van cargando en sales minerales en las partes superficiales de la corteza terrestre, por lixiviación en zonas fracturadas, a través de las cuales existen circulaciones ascendentes en fases distensivas.

Independientemente de que el origen de estas soluciones sea profundo, o por el contrario debido a aguas vadasas próximas a las partes superficiales de la corteza terrestre, estas mineralizaciones BPGC rellenan fracturas distensivas. Por consiguiente, esta tectónica de carácter distensivo ha favorecido, sin duda, la existencia de circulaciones ascendentes que son las responsables de la génesis de las mineralizaciones.

En cuanto a las mineralizaciones de tipo IV, éstas se diferencian de las del tipo III por la relación espacial con cuerpos tabulares subvolcánicos de carácter ácido a intermedio. Estos cuerpos suelen rellenar fracturas del mismo tipo que las anteriores. El origen de los metales podría estar relacionado directamente con el volcanismo, aunque esto no se ha podido demostrar. No obstante, en base a los datos que se poseen, el papel del volcanismo ha podido ser importante. Se puede pensar que ha actuado como «foco térmico» capaz de generar células convectivas hidrotermales. La circulación de estos fluidos (Segundo Ciclo mineralizador) ha podido lixiviar y concentrar un determinado stock metálico que existiese

previamente en las rocas encajantes, hacia zonas de fracturas distensivas, donde se ha producido la deposición de los metales. Este proceso de termomodificación asignado al volcanismo puede invocarse para explicar el origen de algunas mineralizaciones del Grupo III.

SINTESIS METALOGENICA

A modo de conclusión, y en base a lo anteriormente expuesto, se puede pensar que la génesis de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura se puede atribuir a varias fases metalogénicas diferenciadas en el tiempo (Cuadro II). Una primera fase metalogénica pre-variscica, predominantemente zincífera, cuyo representante principal es el yacimiento de San Roque. Una segunda fase, probablemente variscica, que daría lugar a los yacimientos de fosfatos y sulfuros BPGC claramente relacionados con los granitos (minas de Zarza La Mayor y del área de Plasenzuela). En esta fase también se produciría la primera mineralización por fracturación (El Picito).

Finalmente, una tercera fase metalogénica tardihercínica que da lugar a las mineralizaciones del tipo III y IV (minas de Castuera, La Favorita, minas del Salor y El Borracho). En esta fase se pueden diferenciar dos etapas metalogénicas; una primera, caracterizada por una cristalización temprana rica en cobre, la cual va seguida de una deposición mayoritaria de plomo (en algún caso la secuencia de deposición queda interrumpida después del depósito del cobre, por ejemplo en La Favorita), y una segunda, caracterizada por una nueva deposición de esfalerita, que en algún caso es la principal, por ejemplo en las minas del Salor.

Por último, esta evolución temporal que muestran las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura está de acuerdo con los Ciclos Metalogénicos reconocidos en Europa para el pre-variscico y variscico (BERNARD y MARGNAC, 1976).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a don Esteban de la Cruz y doña Pilar Martín Gil la delineación y mecanografía del texto, respectivamente.

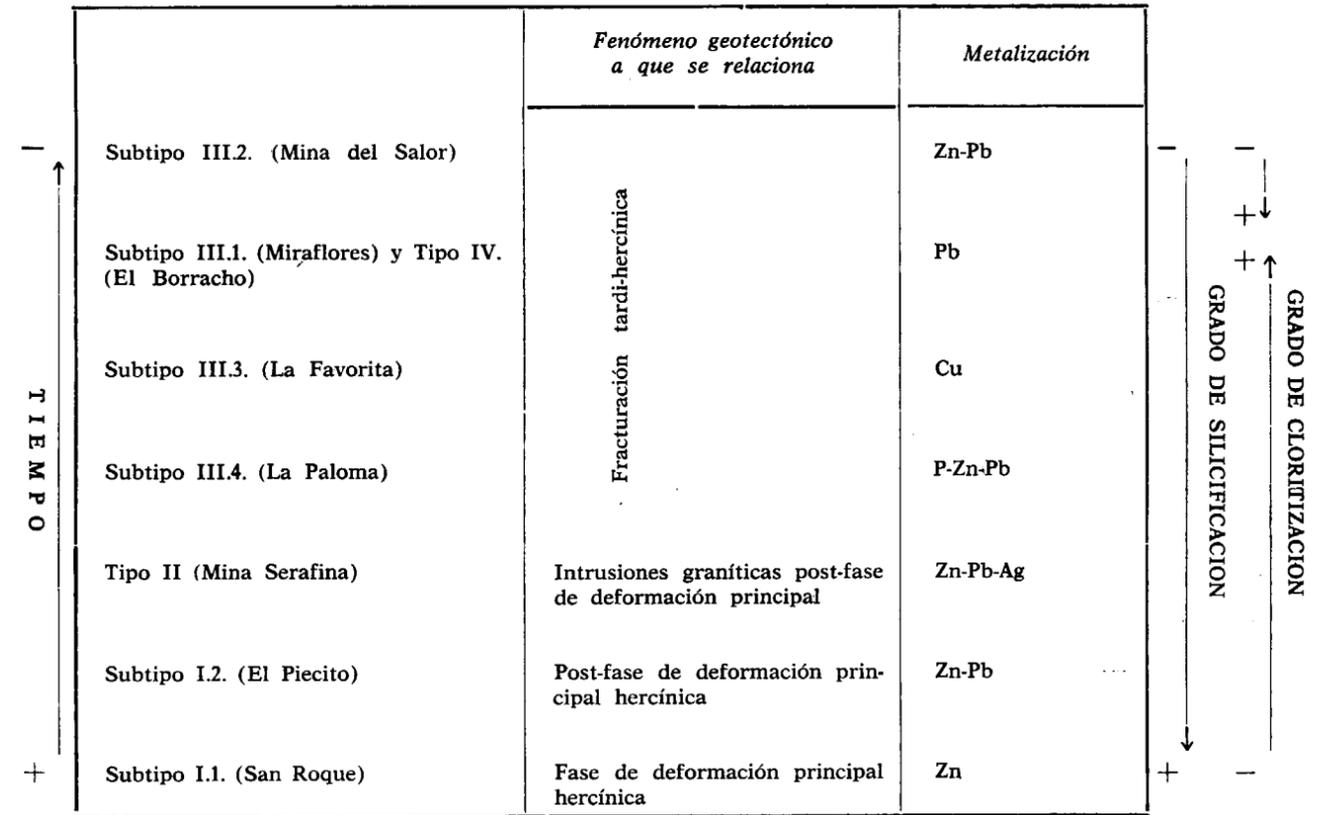
CUADRO I

Caracteres generales de los yacimientos BPGC de la Alta Extremadura

	TIPO I		TIPO II		TIPO III				TIPO IV
	Subtipo I.1 (Mina San Roque)	Subtipo I.2. (Mina El Piccito)	(Mina La Serafina)		Subtipo III.1. (Mina Miraflores)	Subtipo III.2. (Minas del Salor)	Subtipo III.3. (Mina La Favorita)	Subtipo III.4. (Mina La Paloma)	(Mina El Borracho)
PARAGENESIS	q.-Zn-Pb	q.-Zn-Pb	q.c.-Zn-Pb-Ag		q.c.-Pb-(Cu-Zn)	q.(c.)-Zn-Pb	q.-Cu	q.p.-(Pb-Zn-Cu)	q.-Ba-c.-Pb-(Cu-Sb)
ALTERACIONES	Silificación intensa y ligera cloritización	Silificación y ligera cloritización	Ligera cloritización		Cloritización y ligera silificación	Cloritización no muy intensa	Ligeras silificación y cloritización	Ligera argillización y hematización	Silificación, cloritización
ENCAJANTE	Pizarras y grauwacas del CEG	Pizarras y grauwacas del CEG	Pizarras mosqueadas del CEG		Pizarras y grauwacas del CEG y granitos y Paleozoico	Pizarras, grauwacas y conglomerados del CEG	Pizarras y grauwacas del CEG	Granitos, tonalitas y pizarras mosqueadas del CEG	Diques subvolcánicos ácidos e intermedios
CONTROL ESTRUCTURAL	Bandas de cizalla silificadas sin fase de deformación.	Zonas de cizalla tardías	Haces de pequeñas fracturas en corredores estructurales		Brechas tectónicas tardías	Brechas tectónicas tardías	Brechas tectónicas tardías	Fracturas abiertas	Brechas tectónicas intradique
MORFOLOGIA DEL CUERPO	Bandas irregulares de cuarzo deformadas	Venas de cuarzo deformadas boudinadas	«Stockwork»		Red de filones s. str.	Filones s. str.	Filones s. str.	Filones de relleno	Filones y venas en relevo
DISPOSICION DE LA MINERALIZACION	Irregular	Irregular	En los bordes o rellenando toda la vena		Rellenando huecos	Rellenando huecos y fragmentos aislados en la brecha.	En los bordes y con brechificación parcial	Fosforita en los bordes y sulfuros rellenando huecos	Rellenando huecos y fisuras
TEXTURAS	Bandeados miloníticos	Bandeados miloníticos	Escarapel y rellenos monominerales		Bandeados simétricos	Brechoide	Crecimientos en escarapel y brechoide	Bandeados simétricos, agatiformes y drúsicas	

CUADRO II

Situación cronológica de los yacimientos BPGC de la Alta Extremadura



BIBLIOGRAFIA

AIZPURUA, J.; GUMIEL, P., y PINEDA, A.: *Introducción al estudio de los yacimientos de fosfatos del Macizo Ibérico Meridional*. Bol. Geol. Min., 93-5, pp. 390-414 (1982).

ARRIBAS, A.; MARTÍN IZARD, A., y MONTES, J.: *Las mineralizaciones de uranio de la zona de Alameda de Gardón y su posición en el contexto geotectónico y metalogénico de las pizarras del oeste de la provincia de Salamanca*. VIII Reunión de Geol. del Oeste Peninsular (1983).

BERNARD, A. J., y MARIGNAC, Ch.: *Métallogénie et tectonique des plaques. Réflexions méthodologiques*. Ann. Min. Belgique, 9, pp. 729-746 (1976).

BOUYX, E.: *Contribution a l'étude des Formations Anté-ordoviennes de la Meseta Méridionale (Ciudad Real et Badajoz)*. Mem. Inst. Geol. y Min. de España, 73, 263 pp. (1970).

BRASIER, M. D.; PEREJÓN, A., y SAN JOSÉ, M. A. DE: *Discovery of an important fossiliferous Precambrian-Cambrian sequence in Spain*. Est. Geol., 35, pp. 379-383 (1979).

BRIL, M.: *Etude metallogénique des filons plombo-zincifères du second cycle dans le district de Brioude-Massif (Massif Central Français)*. Symposium Gîtes filoniennes Pb, Zn, F, Ba de basse température du domaine varisque d'Europe et d'Afrique du Nord. B.R.G.M. Orleans (1982).

BURNOL, L.: *Géochimie du béryllium et types de concentrations dans les Leucogranites du Massif Central Français. Relations entre les caractéristiques géochimiques des granitoides et les gisements endogènes de type départ acide (Be, Sn, Li) on de remanient tardif (U, F, Pb et Zn)*. Mem. BRGM, 85, 168 pp. (1974).

CORRETEGE, L. G., y MARTÍNEZ, F. J.: *Problemas sobre estructuras y emplazamiento de los granitoides: aplicación a los batolitos hercínicos del Centro-Oeste de la Meseta Ibérica*. Cuad. Sem. Estud. Cerám. Sargadelos, 27, pp. 113-134 (1978).

CRESPO, V., y REY DE LA ROSA, J.: *Contribución al estudio del Valle de Alcudia*. Bol. Geol. Min., 82 (6), pp. 512-515 (1971).

FERNÁNDEZ CARRASCO, J.: *Estudio geológico de un sector situado al NO de Almadén (provincias de Badajoz y*

- Ciudad Real*). Tesis de Licenciatura. Univ. de Granada. Inédito (1972).
- FISHER, R. V.: *Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks*. Geol. Soc. of America Bull., 72, pp. 1409-1414 (1961).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C.: *El dique de Alentejo-Plasencia y haces de diques básicos de Extremadura (estudio comparativo)*. Bol. Geol. Min., 85 (3), pp. 308-337 (1974).
- GUMIEL, P.: *Metagenia de los yacimientos de antimonio de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Univ. de Salamanca, 324 pp. (1982). Resumen publicado en *Tecniterrae*, 53, 120 pp. (1983).
- IGME: *Proyecto de exploración estratégica y táctica del Pirineo Central*. Informe final. Inédito (1982).
- IGME: *Proyecto de Investigación de los yacimientos de Zn-(Pb) estratoides de la Alta Extremadura*. Informe final. Inédito (1984).
- LUNAR HERNÁNDEZ, R.; VINDEL CATENA, E., y SIERRA LÓPEZ, J.: *Estudio mineralógico y metalogénico del yacimiento de plomo de «El Borracho (Badajoz)»*. Acta Geol. Hispánica. Homenaje a Lluís Sole Sabaris, t. 14, pp. 103-105 (1979).
- MARTÍN IZARD, A., y ARRIBAS MORENO, A.: *Relaciones entre la estratigrafía y las mineralizaciones uraníferas del Complejo esquistó-graúvácico en el Oeste de la provincia de Salamanca*. I Congreso Español de Geología, tomo II, pp. 577-587 (1984).
- MORENO, F.: *Estudio geológico de los Montes de Toledo Occidentales*. Tesis Doctoral. Univ. Compl. de Madrid (inédito) (1977a).
- MORENO, F.: *Tectónica y sedimentación de las Series de Tránsito (Precámbrico-Terminal) entre el Anticlinal de Valdelacasa y el Valle de Alcudia*. Ausencia de Cámbrico. Est. Geol., 12, pp. 123-136 (1977b).
- MUTTI, E., y RICCI-LUCHI, F.: *Turbidite Facies and Facies associations*. In E. Mutti, C. G. Parea, F. Ricci-Luchi, M. Saggi, A. Zauzucchi, G. Ghibando and S. Iaccarino: *Exemples of turbidite facies and facies associations from selected Formations of the northern Apennines*. Field trips A-11, Book-9. Congres. Intern. Sed. (Nice), pp. 21-36 (1975).
- PALERO, F.: *Estudio geológico y metalogénico del Campo filoniano de El Hoyo de Mestanza (Ciudad Real). Un nuevo modelo genético de filones de Pb-Zn en Sierra Morena Oriental*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Salamanca, 135 pp. Inédito (1983).
- PERICHAUD, J. J.: *Les gisements metalliques du district à antimoine de Brioude-Massiac (Massif Central Français)*. Bull. BRGM, sec. II, 2, pp. 1-55 (1971).
- PERICHAUD, J. J.: *L'antimoine, ses minerais et ses gisements. Synthèse géologique sur les gisements du Massif Central Français*. Chr. Rech. Min., 456, pp. 5-64 (1980).
- PROST-DAME, V.: *Etude géologique et métallogénique de L'Alcudien de Castuera. Secteur des mines «Mirafloras» et «La Campana» province de Badajoz (Espagne)*. Université Paris XI. Fac. Scien d'Orsay. Lab. Geol. Structurale et appliquée, 18 pp. (1977).
- RÖSLER, M. J.; BAUMANN, L., y JUNG, W.: *Postmagmatic mineral deposits of the Northern Edge of the Bohemian Massif (Erzgebirge, Harz)*. Guia Excursión 22 AC (C) Intern. Geol. Congres. XXIII, Praga (1968). Ed. Central. Geol. Inst. German Democratic Republic. Berlin (1968).
- SAN JOSÉ, M. A. DE: *El Complejo sedimentario pelítico-graúvácico*. En Libro Jubilar a J. M. Ríos. Tomo I Geología de España. Sección II: *Los tiempos precámbricos y paleozoicos. El ciclo Hercínico*. Comisión Nacional de Geología, pp. 91-100 (1983).
- TAMAIN, G.: *Recherches Géologiques et minières en Sierra Morena Orientale, Espagne*. Thèse, Orsay (Paris XI) (1972).

Recibido: Abril de 1985.

Tendencias actuales para tratamiento de datos gravimétricos: Aplicación de un sistema desarrollado por el IGME

Por J. L. PLATA TORRES (*) y J. L. GARCIA LOBON (*)

R E S U M E N

En esta comunicación se bosqueja el método desarrollado por el IGME para cálculos gravimétricos, desde los datos de campo hasta la obtención de anomalías residuales y su interpretación.

Se utilizan técnicas de análisis espectral e inversión.

Mediante un ejemplo de aplicación, se muestra la utilidad de estos métodos, que están haciendo reconsiderar el método gravimétrico como portador de valiosa información.

A B S T R A C T

This paper outlines the method developed by IGME for the calculation of gravity anomalies, going from the data collected in the field up to residual anomalies and their interpretational models.

The techniques employed make use of spectral analysis and inversion.

An example is shown to demonstrate the usefulness of these new tools which are making to review the valuable information held in Bouguer maps.

INTRODUCCION

El método gravimétrico comporta un elevado número de cálculos desde que se efectúan las lecturas con el gravímetro hasta que se dispone de un documento interpretable.

A pesar de las simplificaciones que pueden adoptarse en la gravimetría aplicada a la prospección de recursos geológicos, debido fundamentalmente a la poca extensión de las zonas prospectadas y al estar interesados solamente en las variaciones relativas de la gravedad, la naturaleza del método hace que el dato realmente medido en el campo no sea más que una fase previa y mínima de la serie de operaciones a realizar.

Quizá sea por esto que desde la introducción de los ordenadores en la geofísica se ha buscado su inmediata aplicación a los cálculos gravimétricos. En efecto, sería impensable y ruinoso efectuar hoy día una gravimetría en que los cálculos conducentes a la obtención de la anomalía de

Bouguer, no se efectuaran automáticamente, de manera parcial o total.

Conseguido el mapa de anomalías de Bouguer comienza el problema de recuperar una información contenida en mezcla con otras señales que no son de interés: la separación de anomalías. Aisladas las señales de interés, debe procederse a su interpretación en términos cuantitativos y con correspondencia geológica.

Todas estas etapas requieren nuevamente un elevadísimo número de operaciones de cálculo y, de hecho, hasta la introducción de las técnicas espectrales y de inversión, originadas en el desarrollo de tratamiento de datos sísmicos, no se habían realizado de manera satisfactoria.

La aplicación de estas nuevas teorías físico-matemáticas y de sus potentes técnicas de cálculo es lo que está haciendo reconsiderar con una nueva óptica métodos que por otra parte habían llegado al techo de sus posibilidades.

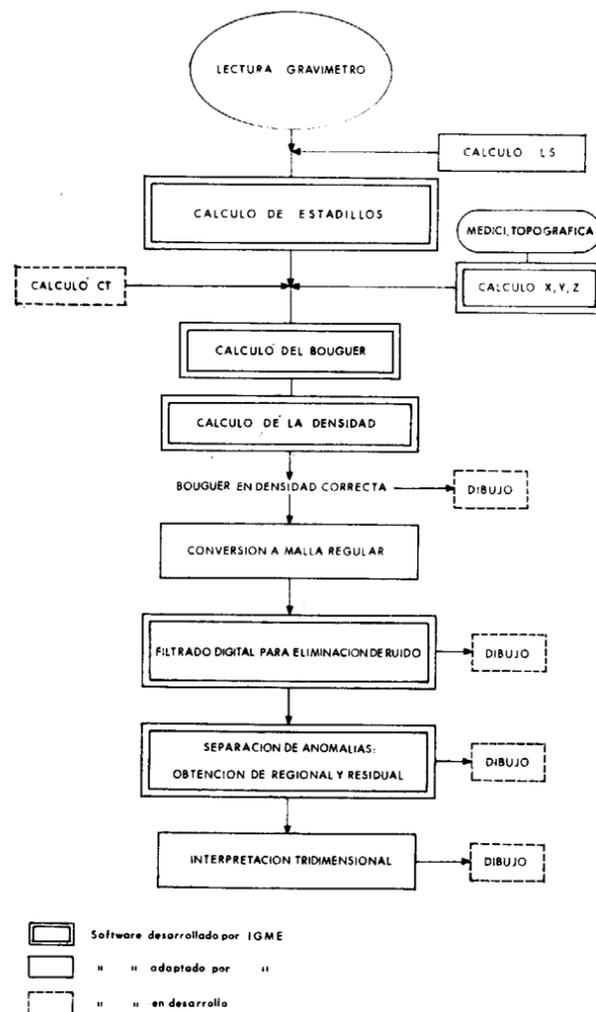
La Sección de Geofísica del IGME viene desde hace tiempo realizando una serie de trabajos di-

(*) Sección de Geofísica del IGME.

rigidos al desarrollo metodológico de técnicas de tratamiento e interpretación de datos geofísicos y en particular gravimétricos.

En esta comunicación se va a hacer una reseña de la línea seguida, demostrando su utilidad en una aplicación concreta.

El esquema siguiente sintetiza los bloques de operaciones a realizar:



Hasta la obtención de la anomalía de Bouguer, se han desarrollado en el IGME programas propios para cálculos topográficos, cálculos de interpolación del efecto de relieve y cálculos de anomalía de Bouguer.

El establecimiento de una correcta densidad de reducción ha sido objeto de un sistema nuevo, que ya fue comunicado anteriormente (BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO. Tomo XCIV-IV, 1983, «Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría», J. L. Plata).

Previamente a la separación de anomalías, se ha diseñado un filtrado bidimensional de los datos, a fin de eliminar el ruido tras obtener éstos en malla regular.

Separadas las anomalías en regional y residual, se procede a su interpretación por inversión tridimensional.

Todos los resultados son sucesivamente ploteados para confección de los correspondientes mapas de anomalías.

A excepción de los métodos y programas de cálculo de efecto luni-solar, conversión de datos en malla regular e interpretación tridimensional, la totalidad del sistema ha sido íntegramente efectuado por el IGME.

Se va a analizar la aplicación del sistema a una prospección gravimétrica de la faja piritica. El objetivo de dicha campaña es la localización de anomalías de interés minero, en el CVS, recubierto por el Culm. En esta zona el Culm está a su vez recubierto por sedimentos terciarios.

Los datos fueron tomados en perfiles separados 300 m. y estaquillados cada 100 m.

2. OBTENCION DE LA DENSIDAD DE REDUCCION

El mapa de anomalías de Bouguer obtenido originalmente fue establecido utilizando como densidad de reducción 2,6 g/cm³, en el pensamiento de que esta densidad es la más adecuada dada la litología de los terrenos carboníferos presentes.

Al analizar este mapa de Bouguer se observa una alta correlación entre los accidentes topográficos y la presencia de zonas anómalas, por lo que una primera etapa del proceso será el cálculo de la densidad más idónea a aplicar. Para ello se ha empleado el método anteriormente mencionado, del que sólo comentaremos aquí sus resultados.

En la figura 1-a puede verse el histograma y el mapa de distribución de densidades obtenido por aplicación del sistema de minimización a muestras de unos 3 Km², distanciadas 1 Km. Las zonas donde aflora el Culm o éste está poco profundo, se manifiestan como de densidad superior a 2 g/cm³. La zona recubierta por el Terciario se mantiene en densidades próximas a 2 g/cm³, salvo unos sectores en los que el método no ha encontrado una densidad razonable que permitiera minimizar las anomalías: estas zonas se corresponden lógicamente con las anomalías detectadas ya en parte en el mapa de Bouguer para 2,6 g/cm³.

Un muestreo más fino, a intervalos de 200-400 m.

y en muestras de 0,5 Km² solamente en la parte recubierta por el terciario, proporciona un buen histograma de densidad-frecuencia, con valor medio de 2 g/cm³ (figura 1-b).

El mismo muestreo aplicado a la zona de Culm aflorante indica, sin embargo, como densidad de reducción idónea un valor del orden de 2,4 ó 2,5 g/cm³ (fig. 1-c).

Recalculando, pues, el mapa de Bouguer en densidad 2,0 g/cm³, para la zona recubierta por sedimentos terciarios, se ha obtenido el documento reflejado en la figura 2-b. Una comparación con el original en densidad 2,6 g/cm³ (fig. 2-a) permite apreciar las sustanciales diferencias entre

MAPA E HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE DENSIDADES PARA R=Δx=Δy=1000 m

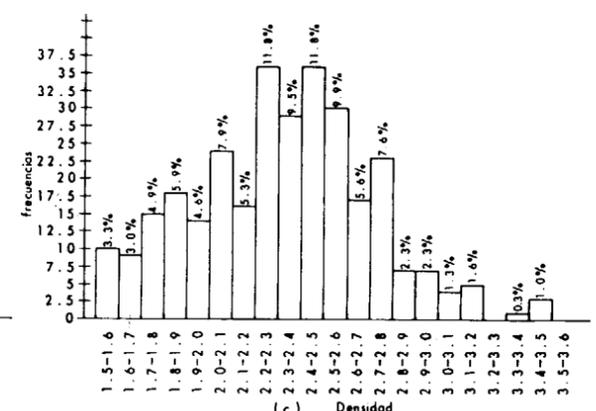
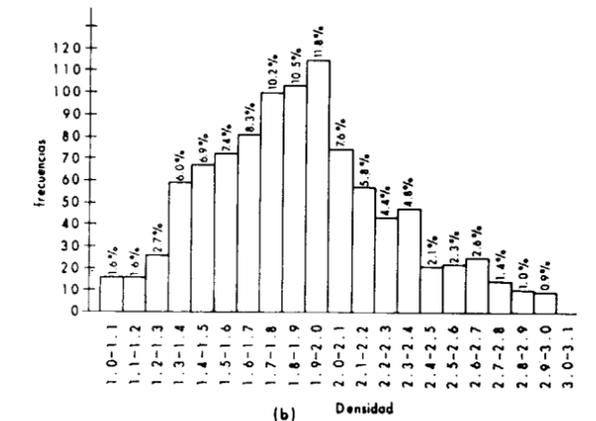
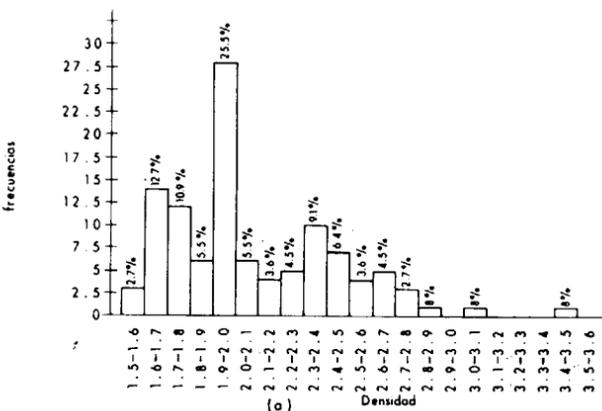
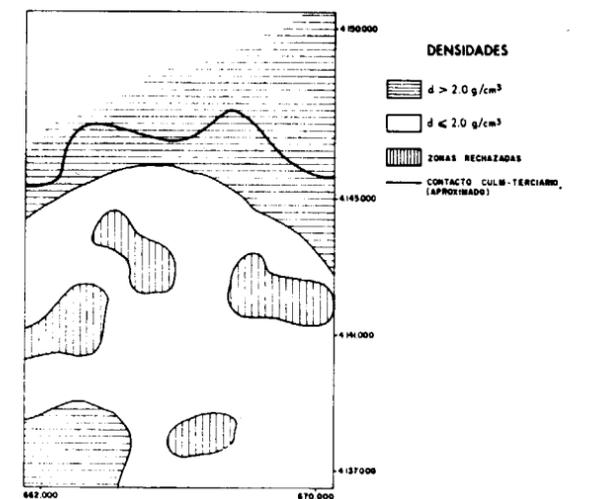


Figura 1.—Mapa de distribución de densidades obtenidas por el método de anulación de anomalías. El histograma para toda la zona (a) está mejor especificado en los parciales obtenidos por muestreo en el Terciario (b) y en los afloramientos de Culm (c).

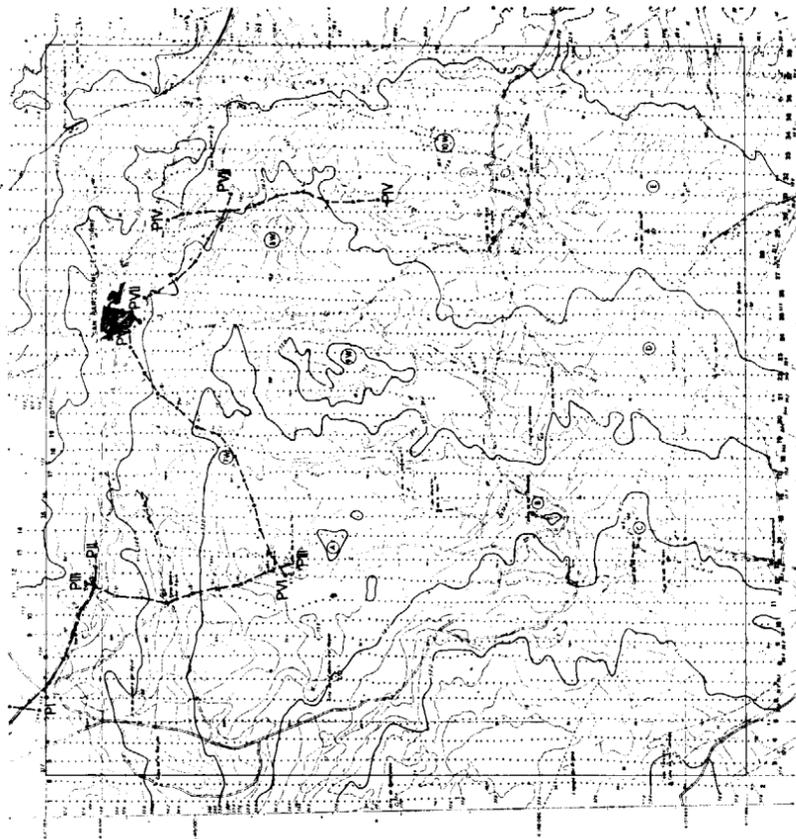


Figura 2.—Mapa de anomalías de Bouguer calculadas con densidad de reducción 2,6 g/cm³ (a) y 2,0 g/cm³ (b). Intervalo entre líneas, 0,20 mGal.

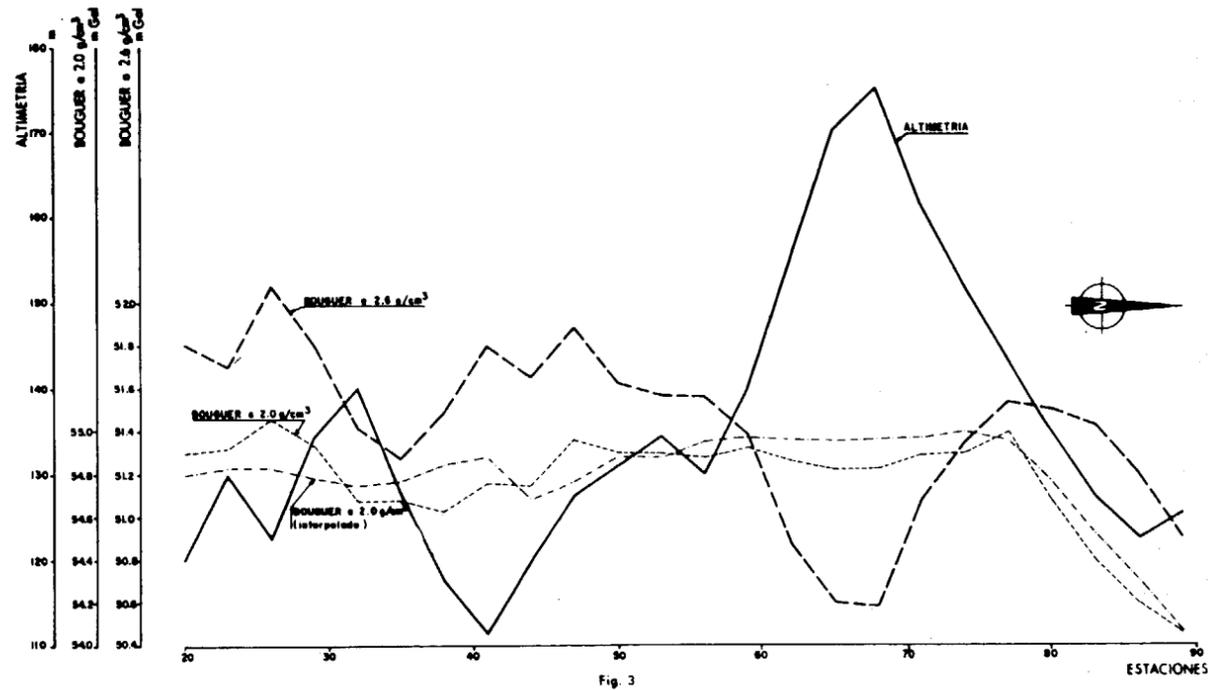
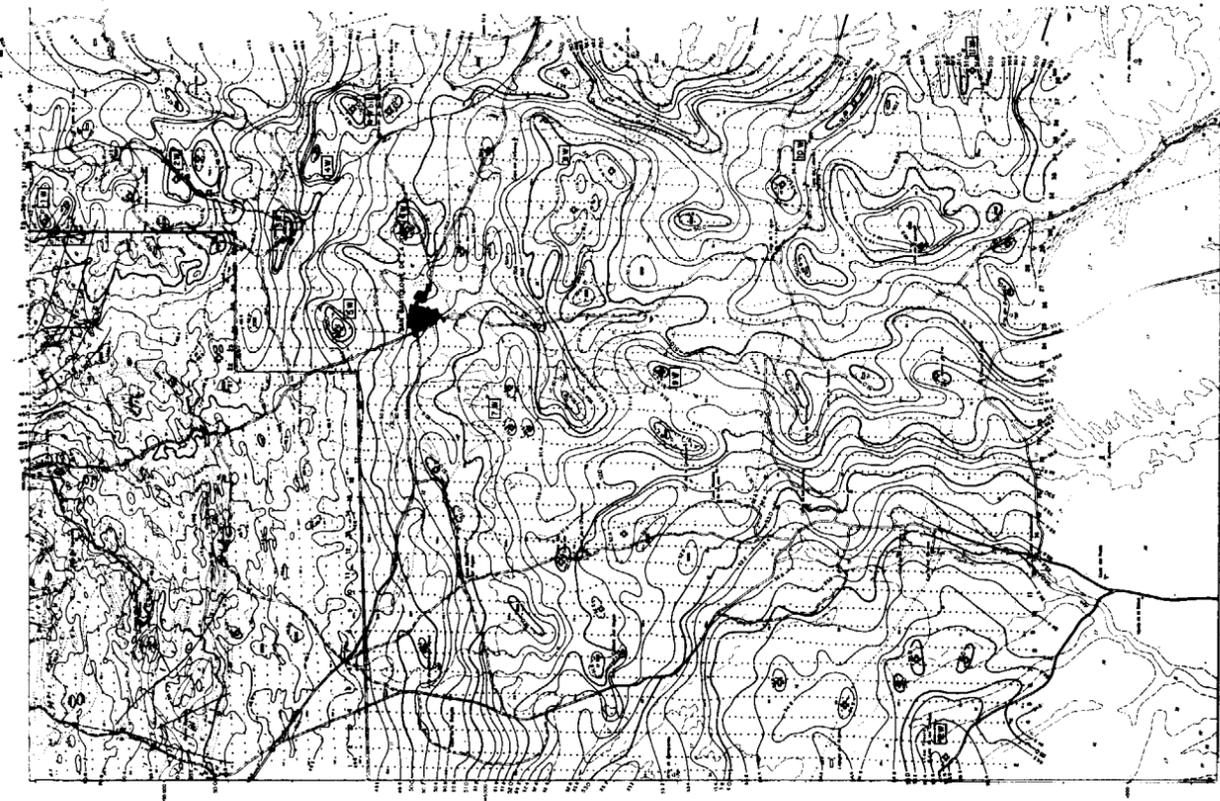


Figura 3.—Perfil altimétrico, anomalías de Bouguer para densidad 2,6 y 2,0 g/cm³ y valores interpolados (bidimensionalmente) a malla regular.

ambos. Entre estos dos mapas existe además una diferencia de criterio de trazado de isoanómalas, más riguroso en el 2-b, lo que le da un aspecto más ruidoso. Quizá sea la representación de un perfil en alzado la que permita apreciar mejor los resultados. En la figura 3 se reproduce la altimetría y perfiles de Bouguer en ambas densidades para el perfil núm. 20, que pasa por la anomalía 7W. Se observa cómo la anomalía mínima entre las estaciones 60-70 para densidad 2,6 g/cm³, en perfecta correspondencia con el cerro, queda anulada en el Bouguer en densidad 2,0 g/cm³, así como la correlación topográfica en el resto del perfil y de la zona.

3. SEPARACION DE ANOMALIAS

Las tendencias regionales del nuevo Bouguer son muy similares al anterior, sin embargo la correspondencia con la topografía de las anomalías ha sido muy amortiguada, desapareciendo de esta forma algunas zonas anómalas anteriormente

marcadas y resaltando, sin embargo, más otras áreas.

Antes de proceder a la interpretación de las anomalías es preciso separar las locales, de poca extensión, comparadas con las regionales, que se extienden por toda la zona. Aún habría un tercer tipo de anomalías, que son las que hacen que el trazado de las curvas de isovalores sea tan serpenteante: son efectos de muy poca extensión que no introducen otra cosa en los datos que un ruido de fondo.

La extensión abarcada por cada uno de estos tipos de anomalía: ruido, residual y regional, es, pues, creciente. Dicha extensión puede medirse por el número de intervalos entre medidas que ocupan en ambas direcciones, por lo que la frecuencia, o inversa de la longitud, de cada una de estas anomalías será elevada, media y baja, respectivamente.

Por tanto, puede procederse a su separación por eliminación o filtrado de las frecuencias correspondientes. Puesto que se trata de datos digitali-

zados, el proceso de filtrado ha de ser asimismo digital.

La aplicación de un filtro digital exige que los datos se encuentren establecidos en una malla regular, por lo que previamente se ha pasado de la malla de datos en campo de 300×100 m. (que, por otra parte, no es rigurosamente exacta por las incidencias normales del terreno en el estaquilla-do) a una malla exacta de 200×200 metros.

Para definir una anomalía es preciso un mínimo de tres estaciones, es decir, una longitud de dos intervalos, por lo que la frecuencia más alta que puede encontrarse sería de 0,5 c/i.

En los datos originales esto significa que las longitudes menores presentes eran de 200 m. en dirección N-S y 600 m. en dirección E-O. Anomalías de longitud inferior a 600×200 m. no serían observables.

En la nueva malla interpolada, este tamaño ha pasado a ser de 400×400 m. Por tanto, en sentido N-S se ha perdido información, o dicho de otra manera, se han eliminado longitudes inferiores a 400 m. En sentido E-O, dado que en los datos originales no existen longitudes inferiores a 600 m., el haber pasado a 400 m. no significa que se ha aumentado la información, sino que ésta se ha remuestreado con menos intervalo.

En términos de análisis espectral estas consideraciones se traducen en que el paso a malla regular de unos datos, que originalmente tenían otros espaciados, introduce modificaciones en los espectros de las señales, por lo que el sistema actúa como un filtro.

En efecto, en la figura 3 puede verse la diferencia entre los valores originales e interpolados (la interpolación es bidimensional).

Dado el tipo de anomalías de interés en esta prospección, ha parecido tolerable la atenuación introducida por la malla de 200×200 m. La elección de una malla de 100×100 m. no habría producido modificaciones sustanciales en este caso, pero sí un crecimiento inadecuado del volumen de datos a manejar.

Un análisis de los perfiles en la nueva malla ha permitido establecer que pueden considerarse como ruido las anomalías de poca intensidad que abarcan 4 a 5 pasos de malla, por lo que va a procederse a su eliminación.

Puesto que se parte de datos en dos dimensiones, lo mejor es efectuar un filtrado bidimensional.

Aquí se ha seguido el método de diseño de filtros de LAVIN y DEVANE (*Geophysics*, 35, pp. 1073-1078), en el que se utiliza una ventana espectral para paliar los fenómenos de truncación de filtros. Al tratarse de un filtro bidimensional, los coeficientes del mismo vienen dados por la transformada de HANKEL de la función de transferencia para una frecuencia radial K

$$P(r) = 2\pi \int_0^\infty FT(K) J_0(2\pi K r) K dK$$

Expresando

$$FT(K) = H(K) * G(K)$$

en el dominio de frecuencias, se obtendrán los coeficientes por $p(r) = h(r) \cdot g(r)$ en el dominio del espacio, siendo $h(r)$ y $g(r)$ las transformadas de HANKEL de $H(K)$ y $G(K)$.

La función $H(K)$ es la función de transferencia del filtro propiamente dicho, y $G(K)$ es la ventana espectral. De acuerdo con la función $G(K)$ elegida por LAVIN y DEVANE, la expresión final para el cálculo de los coeficientes del filtro es

$$P(r) = \frac{a J_1(2\pi a r)}{r} \frac{J_0(\pi r \Delta K)}{1 - \frac{(2\pi r \Delta K)^2}{\alpha}}$$

siendo:

K_t = frecuencia de terminación de la FT.

K_c = frecuencia de corte de la FT.

$$a = \frac{K_t + K_c}{2}$$

$$K = K_t - K_c$$

α = constante numérica.

r = distancia radial en número de intervalos entre datos.

Eligiendo, por tanto, las frecuencias de corte y terminación del filtro, es rápido el cálculo de los coeficientes del mismo. Para su aplicación es necesario hacer algunos comentarios a los filtros obtenidos con este sistema.

El número de coeficientes, o truncación del filtro, lleva aparejado un error tanto mayor cuanto menor sea el número de coeficientes a que quiera reducirse el filtro y contra más pequeño sea el margen de frecuencias ΔK , es decir, contra más

brusca desee hacerse la separación de frecuencias por el filtro.

Para mantener los errores inferiores al 10 por 100 y con $\Delta K \leq 0,1$, es preciso emplear juegos de más de 12 coeficientes, con la repercusión que esto tiene en las bandas de información perdidas.

Sin embargo, obteniéndose las funciones de transferencia para un mismo valor de $K_t - K_c$, y diversos números de coeficientes, las diferencias prácticas no son muy considerables, incluso para variaciones de 5 a 13 coeficientes.

La frecuencia de corte es lo que evidentemente marca las características del filtro, indicando el límite de frecuencias que desea rechazarse. La frecuencia de terminación no debe ser normalmente más de 0,1 ciclo/intervalo superior que la de corte para no afectar demasiado a otras frecuencias presentes en los datos.

Puesto que el filtrado obtenido es función de un radio, es circular. En su aplicación práctica es preciso calcular los valores de los coeficientes en los radios equivalentes a los vértices de una malla regular donde se encuentren los datos; además, por razones prácticas de cálculo es mejor efectuar la convolución de un juego de coeficientes definido en una matriz cuadrada, con datos conocidos en matriz cuadrada, que no el efectuar la convolución de los coeficientes definidos de una matriz de límites circulares: esto lleva consigo una nueva truncación de la función de coeficientes de peso, que ya no es de la misma longitud en todas direcciones. Sin embargo, sí que se conserva la simetría, por lo que no hay direcciones privilegiadas de filtrado, o al menos no las hay que tengan consecuencias prácticas importantes, ya que sólo supone el variar en una o dos unidades el número de coeficientes según la dirección.

En consecuencia, se ha preparado un programa de cálculo, para obtención de los coeficientes y su convolución con los valores de Bouguer, según el listado en FORTRAN de la página siguiente.

Este programa se auxilia en una función de cálculo de funciones de Bessel de primera especie, que puede tomarse de cualquier biblioteca de programas, no siendo preciso extender las posibilidades de cálculo para argumentos superiores a quince.

En las figuras 4a y 4b pueden verse los mapas

de Bouguer originales y el resultado de pasar los datos a malla regular y aplicar un filtro de 9×9 coeficientes que elimina frecuencias superiores a 0,3 ciclos/intervalo. La frecuencia de corte se ha cogido en 0,15 c/i, amortiguándose hasta -2 dB para las frecuencias inferiores a dicho valor y con una rampa de -80 dB por octava hasta su terminación total a 0,3 c/i.

Esto equivale a no dejar en el Bouguer filtrado más que aquellas anomalías de longitud superior a 5 pasos de malla (1.000 m.). Evidentemente, la elección de las frecuencias debe ser distinta si interesa conservar anomalías de menor extensión.

Puesto que el filtro deja pasar componentes (aunque amortiguadas) de hasta 0,3 c/i (600 m. de longitud), serán todavía observables dichas anomalías que fueran de una amplitud en cmGal suficientemente importante.

A partir de este mapa, la separación en regional y residual se ha llevado a cabo por ajuste de una superficie polinómica de sexto grado a los valores de Bouguer. Dicha superficie es la representada en el plano de la figura 4c, y por diferencia con el Bouguer se obtuvieron las anomalías residuales del plano 4 d.

4. INTERPRETACION TRIDIMENSIONAL

El plano de anomalías regionales presenta un buzamiento suave hacia el este, junto con una discontinuidad que lo limita en su borde norte, disponiéndose las isoanomalías ortogonales a la tendencia general y con mayor gradiente.

El residual destaca mejor las alineaciones de cuerpos densos B, C y D flanqueados por mínimos relativos en dirección NE-SO; por otra parte, aparece un conjunto de masas anómalas (A, 7 W, 8 W, 9 W, 10 W) de carácter más «esférico».

La idea cualitativa seguida es la adjudicación de la anomalía regional a las masas en conjunto del CVS e inferiores, siendo las residuales anomalías densas dentro del mismo.

El método escogido para su interpretación cuantitativa es según el sistema de prismas rectangulares. El algoritmo de cálculo es de CORDELL y HENDERSON (1968) por aproximación a la formulación exacta de NAGY (1966).

```

DOS FORTRAN IV 360N-FU-479 3-8      DATE 21/09/77

C   CALCULO DE FILTRO PASA BAJA POR EL METODO DE HANKEL -PABA-
C   JUAN LUIS PLATA - IGME. 1977.
C   DIMENSION R(20,20),B(20,20),P(10),AN(13),UF(13),ALF(13),Z(60,60)
C   REAL #8 Z01,Z02,Z03

C   ENTRADA DE DATOS
C   DATA ALFA,P1,4.8096,3.1415926/
C   DATA AN,50.,24.,16.,12.,10.,8.,6.,4.,3.3333,2.85714,2.5,2.2222,2./
C   CALL OPSYS('FILEOPT',10,18)
C   READ(1,20),M,1,1,Z01,Z02,Z03
C   20 FORMAT(212,3A8)
C   READ(1,503)((Z(I,J),J=1,44),I=1,54)
C   503 FORMAT(14X,22F3.1)
C   1000 READ(1,100)UT,UC,N
C   100 FORMAT(2F3,3,12)
C   IF(N)1001,1002,1001
C   1001 WRITE(3,107)
C   107 FORMAT(1H1)

C   AJUSTE DE VARIABLES
C   D=.0001
C   A=(UC-UT)/2.
C   U=UT-UC
C   PIU=PI*U
C   PIU2=PIU*2./ALFA
C   PIUA=2.*PI*A
C   NP=(N-1)/2
C   NP1=NP+1

C   CALCULO DE RADIOS
C   DO 800 I=1,NP1
C   IP=I-NP
C   A2=I-1
C   DO 800 K=I,NP1
C   KP=K-NP
C   B2=K-1
C   800 R(KP,IP)=SQRT(B2*B2+A2*A2)

C   CALCULO DE COEFICIENTES INICIALES
C   WRITE(3,507)UT,UC,N,Z01,Z02,Z03
C   30 FORMAT(1H,'COEFICIENTES RADIALES PARA UT=',F4.3,3X,'UC=',F4.3,3X,
C   1'N=',13)
C   DO 801 I=NP1,N
C   DO 801 J=1,N
C   IF(R(J,I))802,803,802
C   803 B(J,I)=PI*A*A
C   GO TO 801
C   802 IF(R(J,I)=1..PIU2/804,805,804
C   805 B(J,I)=PIU*A.2.*BJ(ALFA*A/U,1,B)+BJ(ALFA/2.,1,D)
C   GO TO 801
C   804 B(J,I)=(A*BJ(PIUA/R(J,I),1,D)+BJ(PIU/R(J,I),0,D))/(R(J,I)*((1-(PIU
C   12*R(J,I))^2.))
C   801 WRITE(3,700)J,1,B(J,I)

C   CONVERSION DE MATRIZ CIRCULAR EN CUADRADA
C   NM1=N-1
C   DO 806 I=NP1,NM1
C   J1=I+1
C   DO 806 J=I1,N
C   806 B(I,J)=B(J,I)
C   DO 807 I=NP1,N
C   DO 807 J=1,NP
C   807 B(I,NP1-J)=B(I,NP1+J)
C   DO 808 J=1,N
C   DO 808 I=1,NP
C   808 B(NP1-I,J)=B(NP1+I,J)

C   RACIONALIZACION DE COEFICIENTES
C   K0=0
C   S=0.
C   DO 809 I=1,N
C   DO 809 J=1,N
C   809 S=S+B(I,J)

IF(K0)14,10,14
10 WRITE (3,101)S
101 FORMAT(1H,'SUMA DE COEFICIENTES SIN RACIONALIZAR =' ,E15.6)
WRITE(3,31)
31 FORMAT(1H,'COEFICIENTES DE LA MATRIZ CUADRADA')
DO 810 I=1,N
DO 810 J=1,N
B(I,J)=B(I,J)/S
810 WRITE(3,700)I,J,B(I,J)
700 FORMAT(1H ,15X,I2,1X,I2,F10.5)
K0=1
GO TO 5
14 WRITE(3,102)S
102 FORMAT(1H,'SUMA DE COEFICIENTES RACIONALIZADOS =' ,E15.6)

C   CALCULO DE FUNCION DE TRANSFERENCIA
C   P(1)=B(NP1,NP1)
C   SUM=P(1)
C   DO 811 I=2,NP1
C   K=I-1
C   P(I)=B(NP1+K,NP1)
C   811 SUM=SUM+2.*P(I)
C   DO 812 I=1,NP1
C   812 P(I)=P(I)/SUM
C   WRITE(3,210)UT,UC,N
C   210 FORMAT(1H1,'FUNCION DE TRANSFERENCIA PARA UT=',F4.3,3X,'UC=',F4.3,
C   13X,'N=',13//4X,'CICLOS/INTERVALO',6X,'FUNCION'//4X,16(1H-),6X,7(1
C   2H-))
C   DO 211 I=1,13
C   UF(I)=1./AN(I)
C   ALF(I)=6.283185/AN(I)
C   F=P(I)
C   DO 813 K=2,NP1
C   F=F+2.*P(K)*COS(A*ALF(I))
C   813 A=A+1.
C   211 WRITE(3,213)UF(I),F
C   213 FORMAT(1H ,8X,F5.3,13X,F5.2)

C   CONVOLUCION DEL FILTRO DE HANKEL PARA OBTENCION DE REGIONALES O DE
C   RESIDUALES
C   WRITE(3,507)UT,UC,N,Z01,Z02,Z03
C   507 FORMAT(1H1,7X,'VALORES FILTRADOS POR PABA PARA UT=',F4.3,3X,'UC=',
C   1F4.3,3X,'N=',13//9X,'ZONA',3A8//9X,'P',3X,'E',2X,'FILTRADOS',2X,'M
C   2EDIDOS',4X,'DIFERENCIA',9X,'-',3X,'=' ,2X,9(1H-),2X,7(1H-),4X,10(1H
C   3=))
C   MF=M-N-1
C   LF=L1-N-1
C   KR=0
C   DO 505 I=1,MF
C   IP=I+N/2
C   DO 505 J=1,LF
C   SUM=0.
C   JP=J+N/2
C   DO 504 KX=1,N
C   KY1=KX-1+I
C   DO 504 KY=1,N
C   KY1=KY-1+J
C   504 SUM=SUM-2(KX1,KY1)+B(KX,KY)
C   DIF=2(IP,JP)-SUM
C   IP1=IP-4
C   JP1=JP-4
C   WRITE(3,506)IP1,JP1,SUM,2(IP,JP),DIF
C   506 FORMAT(1H ,7X,2(I2,2X),3(F6.1,5X))
C   WRITE(10,510)IP1,JP1,IP1,JP1,SUM
C   510 FORMAT(4I2,F6.1)
C   KR=KR+1
C   IF(KR-52)505,900,505
C   900 KR=0
C   WRITE(3,507)UT,UC,N,Z01,Z02,Z03
C   505 CONTINUE
C   GO TO 1000
C   1002 END FILE 10
C   STOP
C   END
    
```

La solución del sistema de cálculo se establece a partir del conocimiento de la anomalía en puntos de una malla cuadrada; se proporciona al programa de cálculo una superficie, que puede ser el techo de una zona de determinada densidad, obteniéndose como resultado la superficie que limita la base de dicha formación, es decir, la superficie en profundidad que separe dos forma-

ciones del contraste de densidad asignado. Esta formación está constituida por prismas cuya base es cada celda de la malla de datos. Igualmente podría darse como dato el muro de la formación o una superficie intermedia.

De este modo la interpretación de la regional se ha efectuado tomando una malla de 400x400

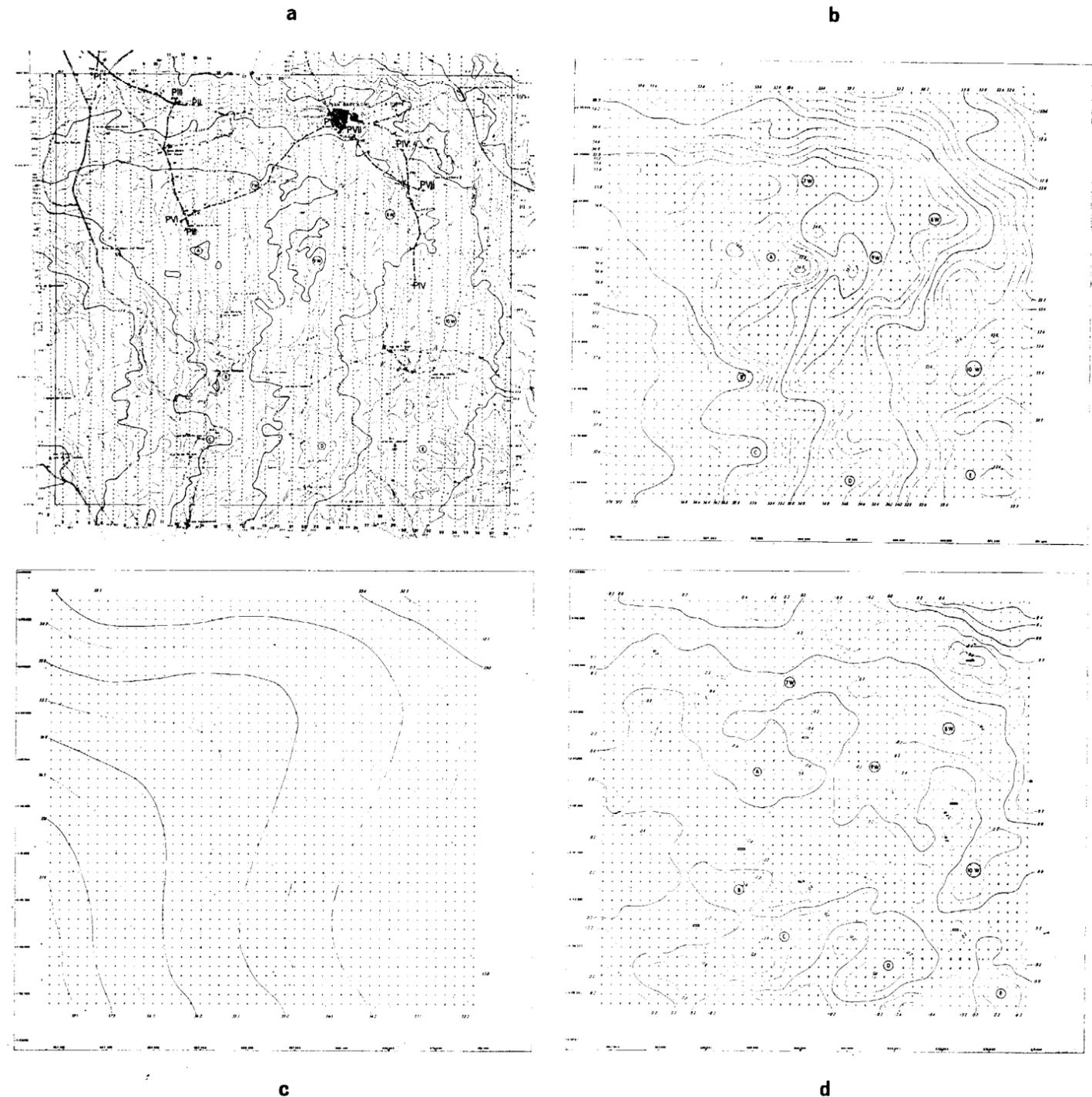


Figura 4.—Plano de anomalías de BOUGUER (a); anomalías de BOUGUER en malla regular de 400x400 m. y suprimido el ruido por filtrado digital (b); anomalías regionales por

ajuste de superficies (c), y anomalías residuales (d). [Intervalos para (a), (b) y (d), 0,2 mGal; en (c), es de 0,5 mGal.]

metros y dando como superficie de referencia la cota del terreno o cota cero. Como contraste de densidad se ha dado $-0,2 \text{ g/cm}^3$.

El plano 5a son las isobatas de la superficie de base, que geológicamente cabría asimilar al techo del CVS.

Para la interpretación de la residual se ha adoptado como superficie de referencia las isobatas del CVS y contraste de densidad $+0,3 \text{ g/cm}^3$, hallándose por tanto la distribución de prismas que configuran las masas anómalas dentro del CVS, capaces de proporcionar con el mencionado contraste de densidad las anomalías residuales del plano 4d. El plano 5b representa las isopacas de estas masas anómalas.

El gráfico número 6 presenta en una sección el resultado de estos cálculos. Evidentemente, la solución hallada está totalmente condicionada por la hipótesis de partida: de otra forma algunas masas residuales podrían situarse en la capa asimilable al Culm, o bien considerar un contraste menor entre Culm y CVS, lo que situaría su superficie de separación más profunda.

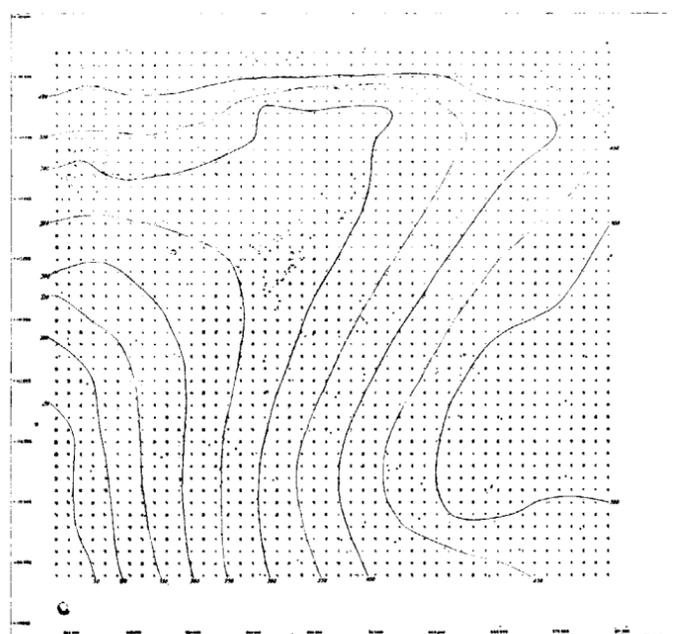


Figura 5.—(a) Interpretación tridimensional de la anomalía regional. Los valores indican la profundidad a partir de la superficie del suelo que separa dos zonas con $0,2 \text{ g/cm}^3$ de contraste de densidad. (Curvas trazadas cada

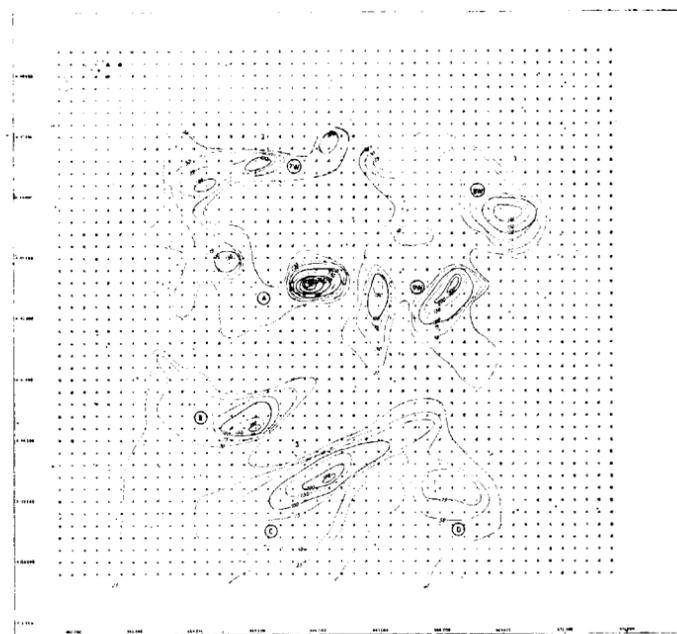
5. FUTURAS INNOVACIONES

El método seguido en este trabajo supone el manejo de un número muy elevado de datos, trazado de planos, etc., que sería efectivamente inviable sin la aplicación de las técnicas de cálculo numérico bosquejadas y el uso de ordenador en todas sus etapas.

En el total de operaciones descritas es posible efectuar nuevas innovaciones que complementen el método, y en estas líneas se está trabajando actualmente en el IGME.

En primer lugar, se pretende llegar a la supresión de los estadillos de operador de campo, sustituyendo éstos por «libretas» de teclado digital y memoria sólida, de tal manera que se evite la etapa de escritura de ficheros resultado del cálculo de los estadillos.

La corrección topográfica también admite perfeccionamientos sobre el método actualmente seguido, aunque su automatización total supondría el disponer de las curvas de los mapas topográficos digitalizadas.



50 m.). (b) Interpretación tridimensional de la anomalía residual. Los valores indican potencia de masas anómalas, con techo la superficie (a).

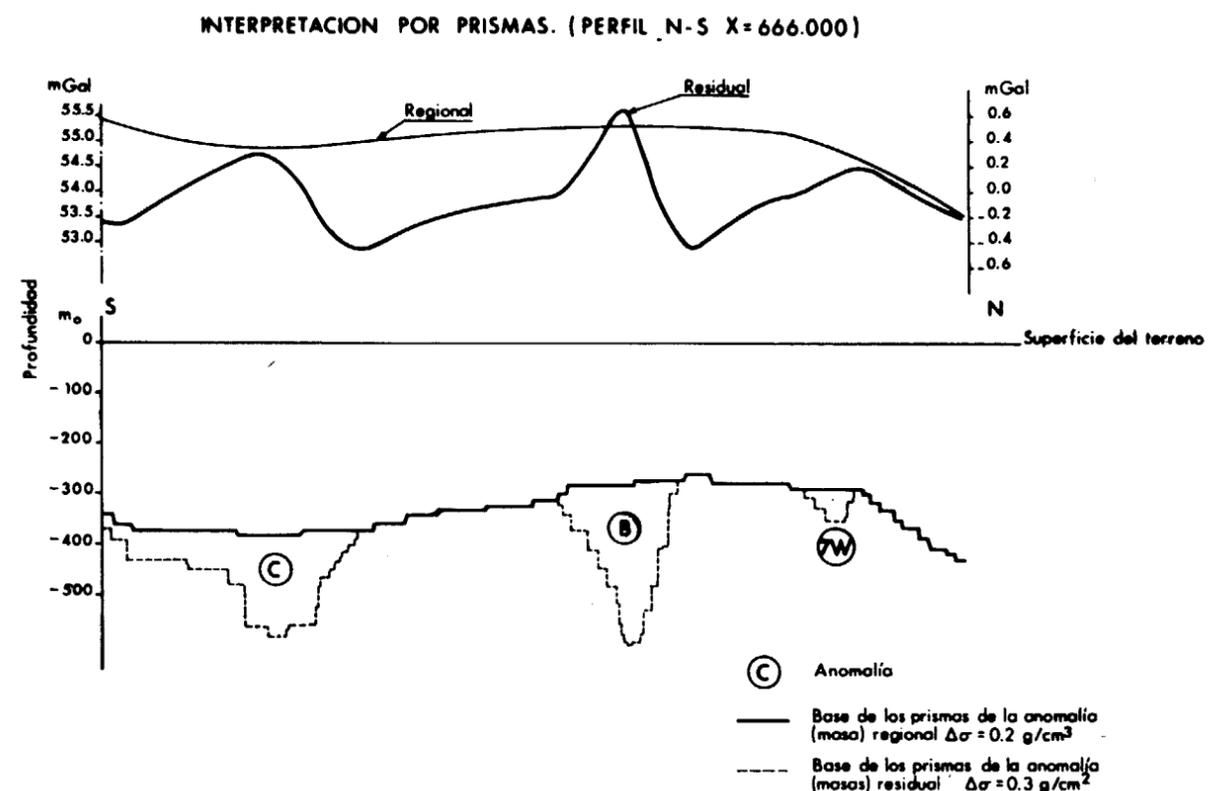


Figura 6.—Perfil resultado de la interpretación tridimensional por el método de prismas rectangulares.

La obtención de anomalías residuales va complementándose por aplicación del análisis espectral, disponiéndose ya de métodos de cálculo de transformada rápida de FOURIER, que permitirán hacer estas operaciones en el dominio de frecuencias.

El dibujo por ordenador de las isobatas será también de pronta implantación.

Finalmente, queremos hacer constar que esta comunicación no se ha dirigido a los pormenores de un problema geológico concreto, sino al método en sí seguido para la obtención de documentos que permitan su resolución.

BIBLIOGRAFIA

- LAVIN-DEVANE: *Direct desing of two dimensional Digital Wavenumber filters*. Geophysics, 35, pp. 1073-1078.
- PLATA TORRES, J. L.: *Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría*. Boletín Geológico y Minero, tomo XCIV-IV, pp. 510-520, 1983.
- CORDELL: *Iterative three dimensional Solution of gravity anomaly data*. U. S. Geological Survey.

Recibido: Febrero de 1985.

GEOTECNIA

Introducción a los métodos empíricos de diseño de sostenimientos en galerías mineras.

Por F. J. AYALA CARCEDO (*) y J. M. RODRIGUEZ ORTIZ (**)

RESUMEN

Los métodos empíricos, asociados generalmente a las Clasificaciones Geomecánicas de Macizos Rocosos, han conocido un importante auge en los últimos años. Se analiza la problemática ligada a estos métodos, que es realmente importante, así como sus ventajas. Se analizan especialmente las diferencias entre túneles de O. P. y galerías mineras desde el punto de vista geomecánico. Se presentan varios métodos empíricos aplicados en minería, alguno de ellos por primera vez. Se presenta igualmente una metodología para la generación de métodos empíricos.

ABSTRACT

The subject of this paper is about the Mining's Empirical Methods for Support Design. The last years are characterised by a growing interest in these methods. This paper analyse the advantages and problems of these methods and the geomechanical differences between public works tunnels and mining galleries. Also, some methods specifically applied in mining are presented, some of them by the first time. A methodology for mining's empirical method's generation is also presented.

1. INTRODUCCION

Como es sabido, los métodos de tratamiento de los problemas de diseño y estabilidad de obras subterráneas abarcan desde los **MODELOS GEOMECA-NICOS**, con mejor o peor base geológica, a los métodos empíricos, en los que suelen jugar un papel importante las denominadas **CLASIFICACIONES GEO-MECANICAS** (fig. 1). Un caso intermedio es el denominado **Nuevo Método Austríaco**, que combina las bases teóricas con la auscultación continuada del comportamiento de la cavidad.

En el cuadro 1 pueden verse los principales **MÉTODOS EMPÍRICOS** empleados hoy abundantemente, en especial en Túneles de Obras Públicas. Puede apreciarse en túneles la preferencia por **MÉTODOS CUANTITATIVOS** de varios parámetros con asignación directa del sostenimiento y método constructivo. En minería se aprecia un número menor de métodos, y también una preferencia

por los métodos cuantitativos. La descripción de los métodos mineros se hará más adelante; la de los métodos usados en túneles puede verse en las referencias o bien en los resúmenes preparados en español por **RODRÍGUEZ ORTIZ y col. (1980)**, **ROMANA (1981)**, **MORENO TALLÓN (1980-81)** o **RAMÍREZ OYANGUREN y col. (1980)**.

Originalmente, la casi totalidad de los métodos empíricos fueron diseñados para túneles, y sólo posteriormente han ido adaptándose a la minería.

El hecho real de su gran difusión, dada la aparente facilidad de aplicación, junto con las diferencias objetivas entre túneles de obras públicas y galerías mineras (que se analiza más adelante), hacen conveniente un análisis crítico como el de este trabajo en unos momentos en que se está planteando con claridad su extensión al campo minero, sobre todo en la minería sedimentaria.

2. NECESIDAD Y UTILIDAD DE LOS METODOS EMPÍRICOS EN MINERÍA

La tendencia existente al uso de estos métodos en minería indica que estos métodos son necesari-

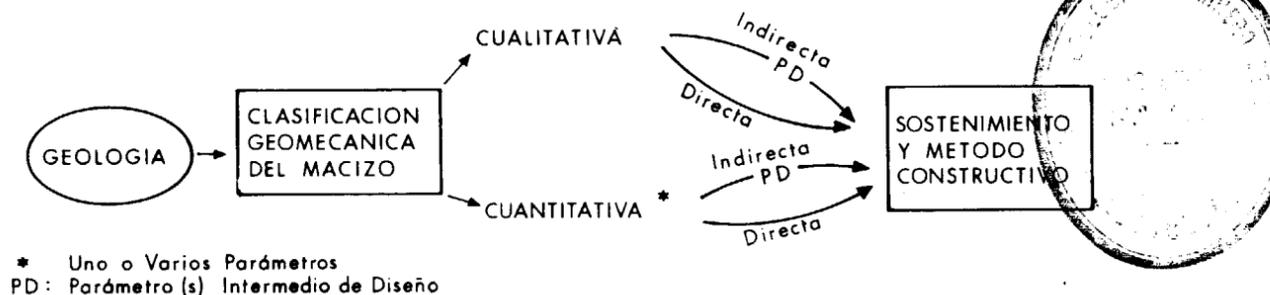


Figura 1.—Clasificación de los métodos empíricos (EINSTEIN, H. H., y col., 1979).

CUADRO I

Clasificación de los métodos empíricos

Caracterización del macizo rocoso	Asignación de sostenimiento	Túneles	Minería	
CUALITATIVA	Indirecta	TERZAGHI, 1946 (Carga de roca)	KAMMER, 1977 CHOUQUET y col., 1983 (Convergencia)	
	Directa	LAUFFER, 1958		
CUANTITATIVA	Indirecta	1 parámetro	PROTODYAKONOV (f)	
		Varios parámet.	AFTES, 1976 (Francia) (RSR) WICKHAM y col., 1973	HIDALGO, E.; CELADA, B., y col., 1981-83 (Convergencia, Índice de calidad)
	Directa	1 parámetro	(RQD) DEERE y col., 1969-74	
		Varios parámet.	(RMR) BIENIAWSKI, 1973-79 (Q) BARTON y col., 1974 LOUIS y col., 1974 SIA 199 (Suiza) NDK, 1980 (Japón)	Modif. de LAUBSCHER y colaboradores, 1976, a BIENIAWSKI, 1973 Modif. de Q de BARTON y col., por RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M., y col., 1982.

rios. Las razones que avalan esta tendencia son las siguientes:

La actividad minera se caracteriza por el trabajo continuado y cotidiano en varias galerías para transportar el mineral, y a veces el escombros, y suministrar todo tipo de servicios, especialmente al arranque del mineral. En este contexto, unido al peculiar ambiente que caracteriza los trabajos mineros, las *decisiones a tomar sobre sostenimientos deben ser necesariamente rápidas*, y frecuentemente en escalones técnicos medios. Una toma de decisión rápida debe basarse necesariamente en un *método simple*. Los métodos empíricos cumplen esta condición, por compara-

ción especialmente con los métodos analíticos, adaptándose a la inevitable heterogeneidad y cambios del terreno, mediante criterios sencillos, con base implícita en la experiencia y en las teorías geomecánicas.

Por otro lado, las propias *limitaciones de los modelos*, hoy en trance de superación, como la consideración de un solo tipo de fenómenos (por ejemplo, fracturación vs. control tensional) (HOEK y col., 1980), han supuesto de hecho una revalorización de la fiabilidad de los métodos empíricos. En este mismo sentido, pueden citarse los condicionantes que a menudo dificultan la elaboración de modelos realmente representativos, en

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

(**) Dr. Ingeniero de Caminos. Catedrático de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. Universidad Politécnica de Madrid.

especial el carácter frecuentemente incompleto de los reconocimientos, la representatividad de las muestras y, por tanto, de los ensayos y parámetros resistentes, el permanente problema de la continuidad de las juntas, etc.

Otra ventaja suplementaria a favor de los métodos empíricos es una mayor facilidad para el intercambio de experiencias entre zonas distintas. Igualmente, dado el elevado número de kilómetros de galerías realizados anualmente, existe la posibilidad de una gran acumulación de datos, que adecuadamente filtrados para garantía de homogeneidad de los fenómenos físicos implicados, pueden servir para un constante afinamiento de la precisión de los métodos empíricos utilizados de forma relativamente simple.

Otra posibilidad adicional es el establecimiento de distribuciones estadísticas (AYALA CARCEDO y colaboradores, 1982), lo cual permite realizar previsiones globales de sostenimiento dentro de intervalos de confianza.

3. GALERIAS MINERAS Y TUNELES

Antes de analizar algunos aspectos críticos de los métodos empíricos para ser usados directamente en minería, es conveniente considerar las diferencias existentes entre las galerías mineras y

dientes. De otro lado están las galerías más importantes cuantitativamente, las de explotación, cuya estabilidad está totalmente condicionada por los cambios tensionales que introduce la extracción del mineral.

Como puede verse en el cuadro II, las diferencias entre las galerías mineras, especialmente las de explotación, y los túneles de obras públicas, son notables. Una galería de explotación es una excavación subterránea que tiene que garantizar el servicio manteniendo la seguridad y un gálibo suficiente para poder extraer el mineral por los medios adecuados (cinta, dumper o ferrocarril). Esto repercute obviamente en las CONVERGENCIAS TOLERABLES, mucho mayores en minería, y en la inexistencia de la distinción sostenimiento provisional-definitivo, normal en los túneles. Por otro lado, el trazaje de las galerías mineras de explotación, según el rumbo de los cuerpos mineralizados a extraer, y dentro de ellos introduce notables SOBRETENSIONES VARIABLES A LO LARGO DEL PROCESO MINERO. La figura 3 representa las tensiones sobre el muro correspondientes a un determinado momento de la explotación en la minería de Cow Gold, Canadá (JEREMIC y CASSIDY, 1981), explotada con relleno sucesivo (cut and fill). Es de resaltar el fuerte contraste existente dentro del mismo hastial de la sección abierta. Estas tensiones son variables, por otra parte, a lo largo de la secuencia de explotación.

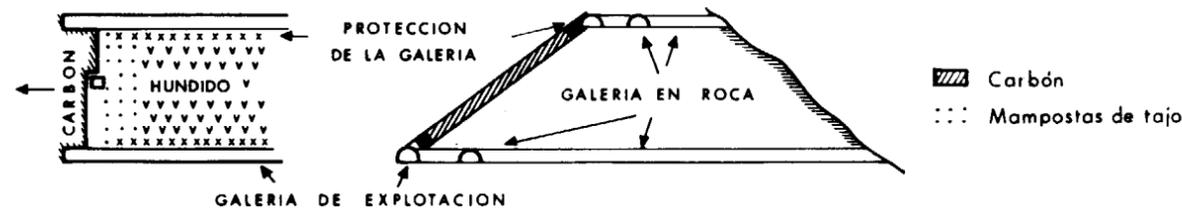


Figura 2.—Tipos principales de galerías en una mina de carbón.

los túneles, dado que casi todos estos métodos han sido creados para túneles. En la figura 2 se ve un esquema en el que figuran los dos tipos básicos de galerías mineras. Por un lado, las galerías en roca o en estéril, generalmente transversales al rumbo del cuerpo mineralizado o a la estratificación, aunque a veces, a muro del yacimiento, sirven para realizar el transporte en galerías que al no ser sometidas a sobretensiones por la explotación mantienen mejor gálibo y pen-

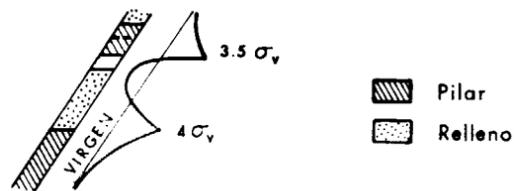


Figura 3.—Presiones sobre el muro en la mina de Com Gold (Canadá), explotada por Cut and Fill (JEREMIC, M., y CASSIDY, K., 1981).

La figura 4 muestra las modificaciones del techo de una galería de acompañamiento de un tajo de carbón, desde su apertura al paso del segundo tajo lateralmente. Una caracterización inicial del macizo rocoso será evidentemente insuficiente para dimensionar el sostenimiento.

Otro aspecto interesante a la hora de elaborar métodos empíricos para minería, sobre todo para minería de yacimientos sedimentarios, es el hecho de que al discurrir por las mismas formaciones, la VARIABILIDAD GEOLOGICA LONGITUDINAL de las galerías de explotación es menor que la de los túneles no mineros, que suelen cortar diferentes formaciones.

Por otra parte, las operaciones mineras en una misma zona, al ser de una duración mucho mayor que la de las obras subterráneas no mineras, posibilitan un mayor conocimiento de la geología.

Sin embargo, la sección suele tener en minería un grado de heterogeneidad geológica y mecánica muy elevada en contraste generalmente con los frentes de los túneles. La figura 5, p. e., muestra una galería en un realce de la mina metálica de Näsliden (Suecia), que se explota por el método de cut and fill (NILSSON y KRAULAND, 1981). Existen cuatro tipos de rotura: mineral, techo, muro y relleno. Un método empírico que no tuviese en cuenta esto, no resultaría apropiado.

Una última diferencia estriba en las características de los sostenimientos y métodos constructivos, que a pesar de una cierta convergencia en los últimos quince años, mantienen caracteres propios tal y como puede verse en el cuadro II.

4. ASPECTOS CRITICOS DE LOS METODOS EMPIRICOS

Nos encontramos en un momento de intensa revisión de los métodos empíricos. HOEK y col. (1980), sugieren que las Clasificaciones Geomecánicas más frecuentes de uso en túneles puedan

no ser adecuadas para las PIZARRAS debido a la evidente importancia de la orientación, inclinación y continuidad de la estratificación o la pizarrosidad respecto a todos los otros condicionantes, así como en los casos en que un pequeño número de juntas con suficiente continuidad, pueden aislar bloques inestables grandes. Ambos problemas se presentan en minería, el primero con una incidencia especial en, por ejemplo, la minería del carbón.

ROMANA (1981) llama la atención sobre un punto ignorado por estos métodos: la falta de distinción entre discontinuidades menores y mayores (fallas, estratificación, límites entre coladas volcánicas). Los problemas importantes surgen cuando un túnel o galería cruza una gran discontinuidad. ANGOLOTTI (cit. en ROMANA, 1981) es explícito al afirmar que «... (las clasificaciones) difícilmente podrán sustituir a las opiniones... de personas que hayan hecho muchos túneles».

EINSTEIN y col. (1979) han llamado la atención sobre los riesgos de utilizar las clasificaciones fuera de los casos que han servido de base para las mismas, señalando además el gran conservadurismo latente respecto a las necesidades de sostenimiento (factor éste muy importante en estructuras provisionales como las galerías de tajo). Una clasificación con gran número de parámetros no tiene por qué ser más precisa y en general es muy escasa la sensibilidad de estos métodos fuera de los casos más frecuentes.

En líneas generales, es llamativa la casi total ausencia de CHEQUEOS A LA FIABILIDAD de las clasificaciones (conservadurismo, riesgo). En minería, para galerías en roca, se han llevado a cabo diversos estudios por parte del IGME en 1981 y 1982 en la cuenca del Bierzo, analizándose en total siete transversales y un plano inclinado en tres zonas que comprenden toda la cuenca (Torre, Fabero y Alto Bierzo). En Torre (AYALA CARCEDO y col., 1982), las clasificaciones de BIENIAWSKI (1979) y de WICKHAM y col. (1973), dieron valo-

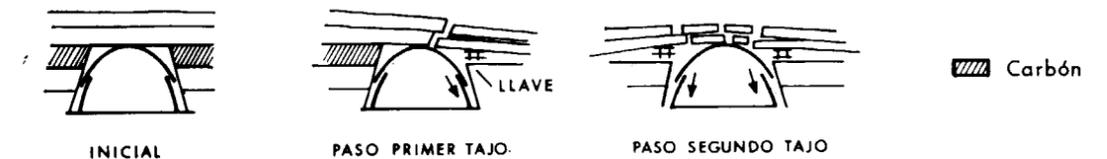


Figura 4.—Cambio geomecánico del techo en una galería de explotación de carbón tras el paso de los tajos.

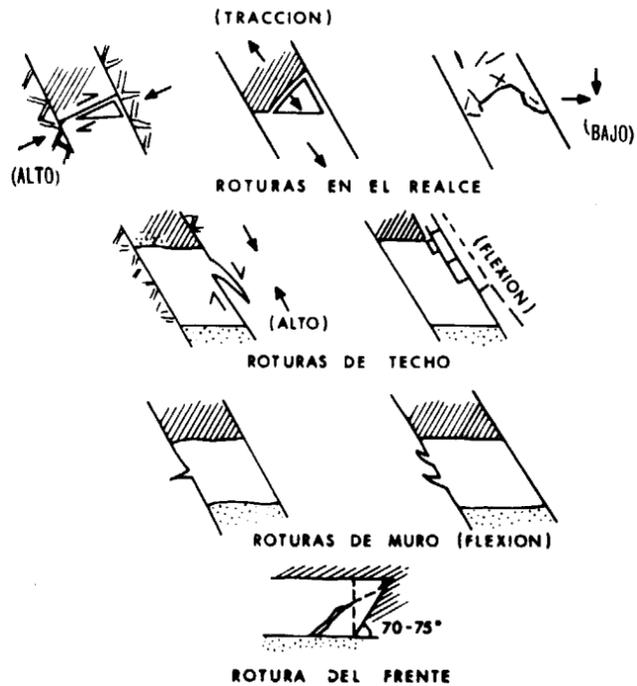


Figura 5.—Tipos de rotura en techo y hastiales en un realce de la mina de Näs-liden (Suecia) (NILSSON y KRAULAND, 1981).

Mineral
Relleno

CUADRO II
Diferencias túneles O. P. - galerías mineras

	Galería minera	Túnel O. P.
Heterogeneidad geológica de la sección.	Mayor	Menor
Variabilidad geológica longitudinal.	Menor	Mayor
Diámetro.	Menor	Mayor
Duración (vida útil).	Meses-años	Decenas-años
Convergencia más frecuente: Mín. sediment. Mín. metálico	10-60% 0,5-5%	<5%
Cambios tensionales.	Grandes	Pequeños
Cambios de las propiedades geométricas del macizo rocoso.	Grandes	Menores
Proximidad de huecos.	Normal	Rara
Método de excavación.	Explosivos MF Minador R Topo R-I Escudo I	F F-R F F
Sostenimiento.	Cercha rígida R Cercha deslizante MF Bulonaje F Cunitado R Hormigón R Otros R-I	F F-R MF MF MF F

MF: Muy frecuente.
F: Frecuente.
R: Raro.
I: Inexistente.

res muy conservadores (36,15%) (*) respecto a los sostenimientos reales que se habían comportado correctamente: la de BARTON y col. (1974) fue adecuada en un 85,13% de los casos y comportaba un cierto riesgo en el resto, salvable con bulonaje puntual. En Fabero (RODRÍGUEZ ORTIZ y col., 1982), la clasificación de BARTON se reveló también menos conservadora que la de BIENIAWSKI y con un cierto grado de riesgo salvable con bulonaje puntual. En Alto Bierzo (AYALA CARCEDO y col., 1982), todas las clasificaciones resultaron conservadoras en porcentajes mayores del 30 por 100. En general, existe una dosis muy significativa de inadaptación a la realidad de las galerías en rocas mineras que cuestiona su uso directo, salvo quizá la de BARTON. Sin embargo, también en galerías trazadas por capas que no son de explotación (planos, etc.), donde la ponderación de la resistencia y fracturación del carbón en el conjunto de la sección daba valores muy bajos de los índices de calidad y, por tanto, sostenimien-

(*) Nivel de conservadurismo.

tos muy densos, hemos podido comprobar cómo sostenimientos ligeros tenían un comportamiento excelente (p. e., bulonaje y mallazo no sistemáticos en el plano inclinado del Grupo Río en Combustibles de Fabero, S. A., de 5 m. x 2,5 m.).

En parte, este conservadurismo puede ser fruto de las menores dimensiones de las galerías mineras respecto a los túneles de O. P. para los cuales han sido pensadas la mayor parte de las clasificaciones geomecánicas.

Otra limitación es la relativa a la forma en que en la práctica se lleva a cabo la aplicación, haciendo una evaluación del frente y hastiales de acuerdo con la lógica de cada clasificación, en la presunción de que lo que se ve es representativo del macizo rocoso involucrado en el problema de

estabilidad. Sin embargo, por ejemplo en la minería del carbón en cuencas no tectonizadas, tal como puede verse en la figura 6, los estratos que pueden causar problemas, no afloran ni en el frente ni en los hastiales.

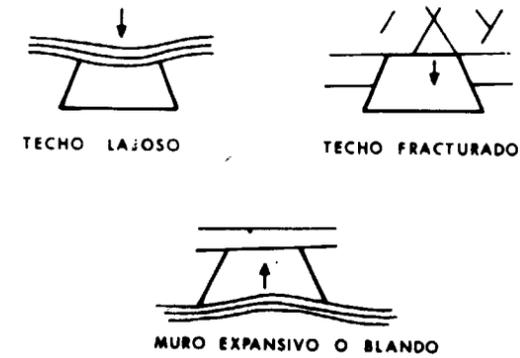


Figura 6.—Insuficiencia de la caracterización geomecánica de frente y hastiales en medios estratificados subhorizontales.

Método Austríaco, no contemplan de forma explícita y diferenciada las galerías cuya inestabilidad está controlada estructuralmente (caídas o deslizamientos de cuñas o bloques, los «cazuelos» o «campanas» mineras) y aquellas en las que el control de inestabilidad es de origen tensional o tectónico por producirse la rotura del macizo (ver fig. 7).

En minería, lo normal en una mina determinada es que predomine uno u otro fenómeno físico, careciendo de utilidad el disponer de un método empírico de diseño que funcione para uno y otro caso con limitada fiabilidad en ambos.

Las PREVISIONES CUANTITATIVAS DE PRESIONES, en concreto las de los métodos de TERZAGHI, WICKHAM y col., y BARTON y col., son muy conservadoras, con desviaciones frecuentemente entre el 50 por 100 y el 100 por 100, como han puesto de relieve diversos investigadores (JETHWA y col., 1978; RUTLEDGE y col., 1978; EINSTEIN y col., 1979).

Sin embargo, el problema que es hoy probablemente el más agudo, y acrecentado en relación con la difusión del uso de las clasificaciones, es el siguiente:

La mayor parte de las clasificaciones actuales, salvo la de LOUIS y col., 1974, y la de BARTON y col. (parcialmente), y por supuesto el Nuevo

de las clasificaciones es numérico, se puede pro-

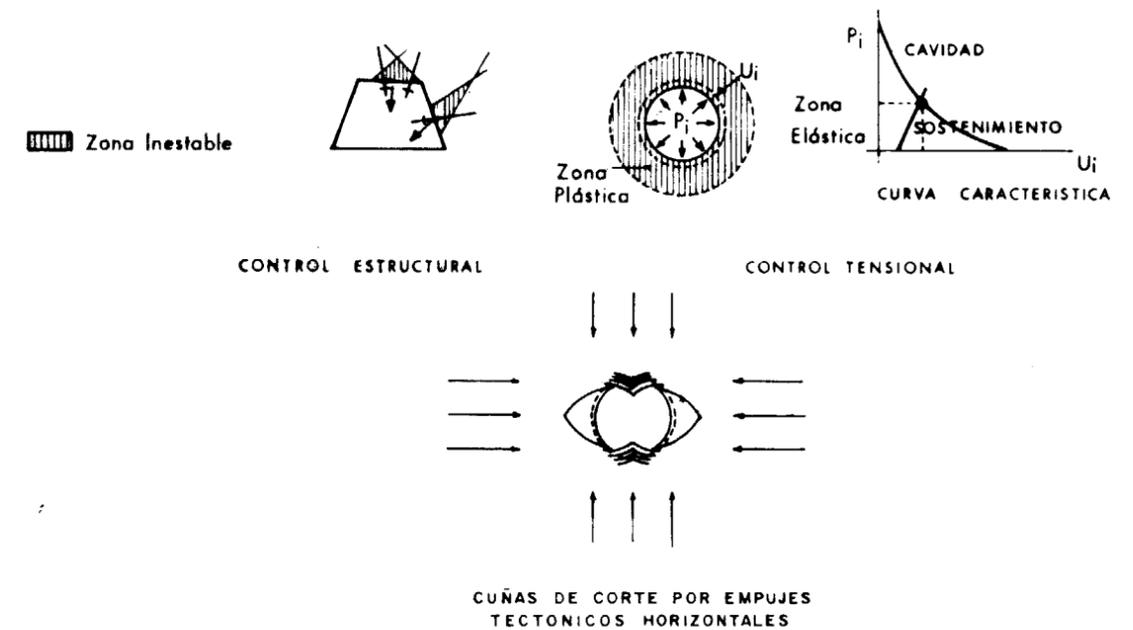


Figura 7.—Diferencia entre galerías con estabilidad de control estructural, tensional y tectónico

ducir una extensión del carácter objetivo del número o números resultantes al método aplicado, que tanto en su concepción como en su aplicación, tiene una nada desdeñable parte de subjetividad. Esto ha conducido a un frecuente olvido de los fenómenos físicos implicados (a menudo bastante variados, como pone de relieve la figura 5), cuando no a la reunión y tratamiento conjunto de fenómenos físicamente heterogéneos.

A este conjunto de problemas es preciso añadirle en Minería el derivado de los cambios tensionales asociados con el arranque del mineral, y la variación notable de propiedades que a menudo experimentan en consonancia con esto los macizos durante la vida útil de las galerías.

5. METODOS EMPIRICOS PARA EL DISEÑO DE SOSTENIMIENTOS EN GALERIAS EMPIRICAS

Una vez analizados los problemas que se presentan en el uso de los métodos empíricos, se exponen a continuación algunos métodos que están siendo usados en Minería, en especial para galerías de explotación. Para las galerías en estéril pueden utilizarse en principio, siempre que no estén influidos por huecos de explotación, cualquiera de los métodos convencionales, lógicamente dentro de las limitaciones expuestas.

En los países del Este de Europa, es muy utilizada la CLASIFICACIÓN DE PROTODYAKONOV, adaptada en 1976 en Francia por la AFTES junto a la de DEERE y col. para el predimensionado. Clasifica el terreno según el coeficiente de resistencia f .

En rocas: $f = \sigma_c / 10$

En suelos: $f = \text{tg}\Phi' + \frac{c'}{\sigma_c}$

σ_c = Resistencia a compresión simple (MPa).
 c' , Φ' = Cohesión y ángulo de rozamiento efectivos.

La distribución de presiones sobre el revestimiento, obedece a las leyes que pueden verse en la figura 8, con:

$$B = b + 2 \text{ m. tg} \left(45 - \frac{\Phi'}{2} \right)$$

b = anchura del túnel.

m = altura del túnel.

γ = peso específico del terreno.

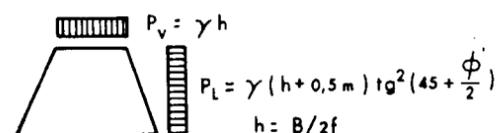


Figura 8.—Presiones en el método de PROTODYAKONOV.

Esta teoría, según experiencias soviéticas, es válida para profundidades H :

$$\frac{b}{2\text{tg}\Phi'} < H < \frac{b}{\text{tg}\Phi'}$$

Una Clasificación Geomecánica que puede ser interesante utilizar en minería, es la de LOUIS y col., 1974, ya que diferencia cavidades con estabilidad controlada estructuralmente y cavidades de control tensional (ver fig. 7). Una exposición simplificada de la misma puede verse en MORENO TALLÓN, E. (1981).

LAUBSCHER y TAYLOR (1976), como fruto de experiencias de aplicación de la Clasificación de BIENIAWSKI de 1973 a lo largo de más de 50 Km. de galerías mineras, han propuesto las siguientes modificaciones a los parámetros que intervienen en la generación del índice de calidad de este método, RMR (Rock Mass Rating):

a) Meteorización.

- Resistencia de la roca intacta: Reducción hasta el 96 por 100.
- RQD: Reducción hasta el 95 por 100.
- Estado de las juntas: Reducción hasta el 82 por 100.

b) Estado tensional inicial e inducido.

- Estado de las juntas: Incremento hasta un 120 por 100 si se mantienen comprimidas; Reducción al 90 por 100 si se encuentra la posibilidad de desplazamientos tangenciales; Reducción al 76 por 100 si son abiertas.

c) Cambios tensionales inducidos por la presión de las operaciones mineras.

- Estado de las juntas: Incremento al 120 por 100 si se van a mantener comprimidas; Reducción al 60 por 100 si va a haber movimientos cortantes severos o apertura de las mismas.

d) Influencia de la dirección y buzamiento.

Proponen una tabla de ajuste del espaciamiento de juntas en función del número de familias de juntas y del número de frentes inclinados, que oscila entre un 70 por 100 y un 90 por 100, así como otras reducciones para el mismo parámetro, variable entre el 76 por 100 y el 92 por 100 según la orientación de las zonas de corta encontradas.

e) Efecto de las voladuras.

Origina nuevas fracturas y movimientos en las existentes. Proponen unas reducciones al RQD y estado de las juntas que va entre una reducción al 80 por 100 para voladuras de diseño pobre, hasta un 97 por 100 para precorte.

f) Ajustes combinados.

Cuando procede más de un ajuste, sugieren que el ajuste total no exceda del 50 por 100.

g) Sostenimientos recomendados.

Proponen una tabla con diversos tipos de sostenimientos que va desde recomendaciones de no sostenimiento para índice RMR ajustados de 70-100, pasando por bulonaje puntual para 50-60, hasta sostenimiento pesado para valores ajustados de 0-10.

Para el caso de galerías mineras en estéril en el Estefaniense de la zona de Torre del Bierzo, en general de menores diámetros que los túneles (dimensiones medias alrededor de 4,5 m. x 2,5 m.), AYALA CARCEDO y col. (1982) han analizado la adecuación del RMR, Q y RSR en dos transversales. Las profundidades están entre 125 y 280 m. y las galerías tienen estabilidad controlada estructuralmente, con buzamientos entre 17° y 52°, siendo el eje de las galerías perpendicular a la estratificación. Las conclusiones apuntan a utilizar la clasificación Q de BARTON, haciendo uso de algún bulonaje puntual cuando recomienda no sostenimiento (igual conclusión para este tipo de galerías en roca, se desprende del trabajo de RODRÍGUEZ ORTIZ y col., 1982, en la zona de Fabero), o bien el RMR de BIENIAWSKI (1979), aumentando en 15 las puntuaciones obtenidas. La mayor parte de los macizos, oscilaron entre índices de 40-80, lo cual supone un aumento del 25 por 100 en la media aritmética de los índices encontrados.

RODRÍGUEZ ORTIZ y col. (1982), en base al análisis de datos procedentes de ocho galerías de la

zona de Fabero-Matarrosa (Cuenca carbonífera del Bierzo), a nivel experimental y para demostrar las posibilidades de este tipo de especulaciones, han desarrollado una adaptación de la clasificación Q de BARTON, teniendo en cuenta los cambios geomecánicos producidos por el hundimiento del techo en los tajos sobre las galerías de acompañamiento, así como la especificidad de los sostenimientos mineros. La cuenca se caracteriza por:

a) Buzamientos suaves, menores de 15°-16°.

b) Litología de areniscas y pizarras, generalmente de resistencias medias.

c) Profundidades entre 100 y 500 m., frecuentemente en torno a los 250 m.

d) Potencia de las capas menor de 0,90 h., frecuentemente en torno a 65 cm.

e) Poca presencia de agua.

f) Galerías de estabilidad controlada estructuralmente (cuñas) o por procesos de flexión del techo, con ausencia por ahora de procesos de desconchado o desprendimiento de costeros en hastiales (spalling).

g) Convergencias de techo.

La forma de considerar los procesos asociados con la degradación provocada por el paso de los tajos, es la siguiente:

Se utiliza un índice Q modificado, Q*. Este índice modificado se obtiene corrigiendo el RQD y el índice de diaclasado J_n de la clasificación original de acuerdo con unos nomogramas elaborados al efecto (fig. 9). Además se corrigen: a) J_w (agua): reducción en un 10 por 100 al paso del primer tajo, y un 15 por 100 al paso de los dos.

b) Corrección del SRF (Stress reduction factor) de la forma siguiente:

$$\text{SRF}^* = \text{SRF} \cdot \frac{\text{RQD}}{\text{RQD}^*}$$

c) Corrección del ESR (Excavation Support Ratio), proponiendo nuevos valores entre 0,8 y 1,5 de acuerdo con el tipo de sostenimiento. Con el valor Q* y la dimensión equivalente ANCHO/SRF* se entra en la figura 10 que tiene una presentación análoga a la de BARTON. En ella se señala la necesidad de algún bulón puntual como sostenimiento no sistemático y se introducen los

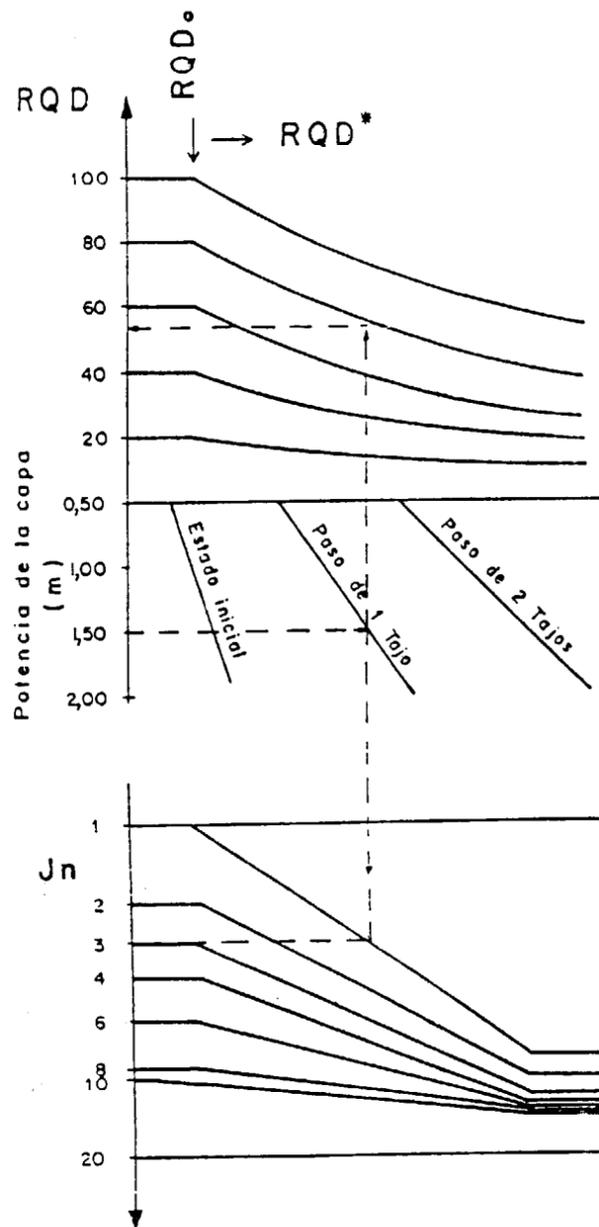


Figura 9.—Nomograma para la obtención de los valores modificados de RQD y Jn (según R. ORTIZ et al., 1982).

cuadros empleados en la zona (p. eje., el TH con grapas deslizantes).

Como ejemplo de la incidencia del paso de los tajos sobre el índice Q original, pueden considerarse los casos siguientes:

Galería	Q inicial	Q* (1 tajo)	Q* (2 tajos)
Antracitas de Fabero S. A. D-4	12,5	—	2,8
Antracitas de Gaiztarro S. A. J-81	0,20	0,05	—
Combustibles de Fabero S. A. 16-S	3-1,09	1,2-0,36	—

El método se completa con una función para estimar la convergencia, que tiene en cuenta los diversos factores que influyen sobre ella, en especial la potencia de la capa, la protección de la galería, el tipo de techo, etc.

Actualmente, se prosiguen las investigaciones en la zona con objeto de afinar el método, completarlo y someterlo a diversas comprobaciones empíricas.

En la CUENCA CARBONÍFERA DEL RUHR, el FGG alemán (CHOQUET y col., 1983) ha llevado a cabo un análisis de la problemática de sostenimiento durante los años 71 al 76, y posteriormente en el 79, analizando 60 galerías a partir de las medidas de convergencia y realizando ensayos de aplastamiento en modelos reducidos de cerchas.

La filosofía del método empírico propuesto por estos autores es la siguiente: La convergencia, que se produce según una ley en el tiempo, que puede verse en la figura 11, en su magnitud final, es prácticamente inevitable sea cual sea la densidad de sostenimiento. En consecuencia, la misión del sostenimiento y de ahí su principio de diseño, será «acompañar esta convergencia sin sufrir deformaciones excesivas». En el caso de las cerchas deslizantes, éstas deberán garantizar un buen deslizamiento de las grapas.

La función obtenida por GÖTZE, mediante análisis estadístico de cientos de galerías ha sido la siguiente:

$$C (\%) = -78 + 0,066T + 4,3M \cdot SV + 24,3 GL \pm 3\%$$

siendo

C=Convergencia.

T=Profundidad (m.).

M=Potencia (m.).

SV=1 (Protección rígida de anhidrita); 2 (Llaves de madera); 3 (Sin protección: potencias menores de 1,8 m.).

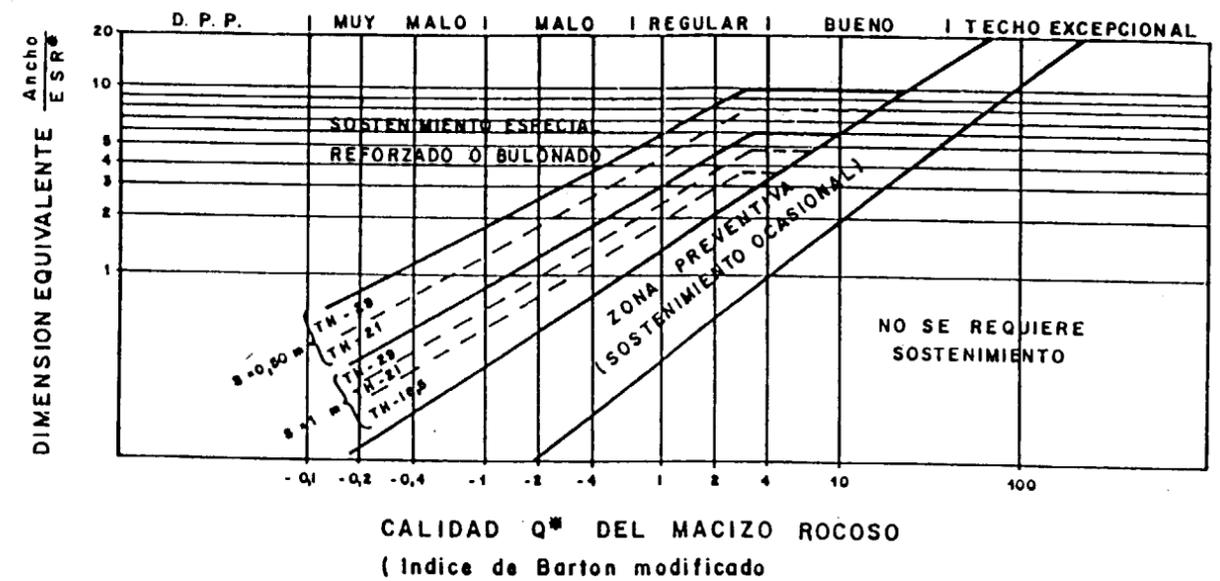


Figura 10.—Nomograma para la estimación de sostenimientos en galerías de tajo (minería del Bierzo) (según R. ORTIZ et al., 1982).

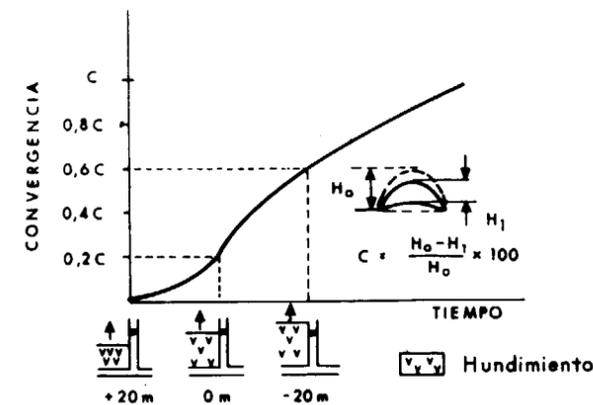


Figura 11.—Ley convergencia-tiempo al paso de un tajo (CHOQUET, P., y TINCELIN, E., 1982).

GL=Índice de calidad de los estratos a muro (el 70 por 100 como media de la convergencia final es hinchamiento del muro, situación que se da en pocas galerías españolas en razón de la mayor competencia del muro y menor profundidad). Es la media ponderada de los seis primeros metros.

- 1: Arenisca
- 2: Argilita areniscosa

- 3: Argilita
- 4: Suelos con raicillas
- 5: Carbón
- 6: Alternancia de estratos de carbón, argilita y suelo con raicillas de espesor menor de 0,2 metros

Las secciones de galerías comprendidas dentro de las cerchas han sido entre 12 y 20 m².

Los análisis estadísticos reflejados en la fórmula de convergencia expuesta, han confirmado la no influencia sobre ella del tipo y densidad de sostenimiento.

Esta fórmula se corrige de acuerdo con los factores siguientes, cuya magnitud concreta puede verse en el trabajo citado: a) Por las características del método de explotación. b) Por la influencia de tajos suprayacentes ya explotados.

Las observaciones del sostenimiento en las galerías, han mostrado lo siguiente:

- a) La cerchas TH deslizantes de 26-29 Kg/m. se comportan bien para los valores de C < 30% (aprox. C < 10% si sólo hubiese convergencia de techo). Si C es mayor del 30%, dejan de comportarse bien si el porcentaje de convergencia de techo supera el 30%.

b) Las cerchas de 30-36 Kg/m. se han comportado bien en todos los casos.

Los ensayos en modelo reducido, han mostrado que:

a) El óptimo en densidad de sostenimiento para el mejor deslizamiento de grapas es de unos 30 Kg/m³ comprendido dentro de cercha.

b) El cuadro rígido se comporta bien hasta un 15% de convergencia (aprox. 5% si sólo fuera de techo).

De acuerdo con la filosofía del método y los resultados experimentales, se comienza por calcular la convergencia final prevista y se elige el tipo de sostenimiento de acuerdo con lo expuesto en la figura 12.

SKUTTA ha propuesto para la zona de Aachen la siguiente variante de la fórmula alemana

$$C = 193 + 0,062T + 12,2M \cdot SV + 87 \sqrt{GL} \pm 5\%$$

que puede resultar más ajustada cuando el muro es de baja calidad.

En ESPAÑA se están realizando investigaciones, en parte parecidas, en HUNOSA por HIDALGO, CELADA y col. (1981-83), esperándose resultados a fines del 83. Resultados parciales obtenidos por análisis estadístico indican correlaciones inversas importantes entre la convergencia final y la densidad del sostenimiento expresada en Kg/m³ de sección excavada, a diferencia de los resultados expuestos por CHOQUET y col. (1983). Debe tenerse presente que las capas de HUNOSA tienen buzamientos altos, a diferencia de las Hulleras del Ruhr, y que la investigación no está concluida.

Los autores piensan que no es aconsejable la extrapolación de los resultados de las hulleras europeas a España, dado que una buena parte

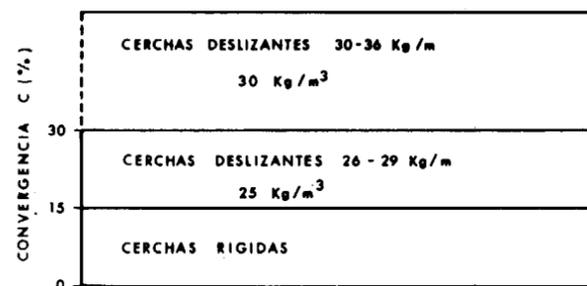


Figura 12.—Elección del sostenimiento en función de la convergencia esperable (CHOQUET, P., y TINCELIN, E., 1983).

de la minería española del carbón se mueve a profundidades menores de 400 m., sin que en general se produzca la rotura del macizo rocoso a diferencia del caso europeo.

6. CONCLUSIONES

La tendencia a introducir los métodos empíricos en Minería es un hecho, en especial en la minería del carbón. Esto evidencia que es necesario disponer de métodos que permitan de forma simple tomar decisiones rápidas y económicas sobre los sostenimientos mineros. La utilidad de estos métodos, estará aún más legitimada en la medida en que sigan existiendo problemas inherentes al uso de modelos geomecánicos y numéricos suficientemente representativos.

Sin embargo, junto a esta necesidad, SE PLANTEAN NUMEROSAS OBJECIONES SOBRE LA UTILIDAD DE LAS DIVERSAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS HOY DISPONIBLES. Enunciadas de forma sintética, son las siguientes:

- No contemplan los importantes cambios tensionales que los huecos de explotación inducen en las galerías, ni el cambio de las características geomecánicas del macizo rocoso como consecuencia del proceso minero.
- Existencia de pocas comprobaciones de fiabilidad para las galerías en estéril, y evidencia del carácter significativamente conservador de las clasificaciones de WICKHAM y col. (RSR) y de BIENIAWSKI (1979): La Q de BARTON, parece más apropiada para galerías en medios estratificados subhorizontales como los de la cuenca carbonífera del Bierzo, introduciendo la posibilidad de bulonaje puntual donde recomienda no sostenimiento.
- Dependencia de la fiabilidad de la tipología de casos contempladas en su elaboración, hecho frecuentemente desconocido al aplicarlas.
- Necesaria pérdida de precisión y fiabilidad por la aspiración más o menos implícita de servir como criterio general.
- Dudas justificadas sobre su aplicabilidad en medios sedimentarios con estratificación muy desarrollada o en aquellos casos donde unas pocas juntas espaciadas, pero continuas, pueden aislar cuñas grandes que graviten sobre el sostenimiento.

- Ausencia de valoración adecuada de las discontinuidades mayores (fallas, estratificación) frente a las menores (juntas).
- Ausencia en general de diferenciación explícita entre galerías de estabilidad controlada estructuralmente (juntas, discontinuidades) y tensionalmente (plastificación del macizo en torno a la galería).
- Carácter extremadamente conservador (50-100 por 100) de las previsiones numéricas de presiones.
- Uso de parámetros interrelacionados (fracturación, flujo de agua, etc.), o de muchos parámetros que a veces conducen a un mayor nivel de incertidumbre.
- Carácter inevitablemente subjetivo en su generación y aplicación, que merced al carácter numérico del resultado final (en las cuantitativas), puede conducir a la creencia en una objetividad inexistente y a un olvido de los fenómenos físicos implicados.
- Falta de representatividad de las caracterizaciones de frente y hastiales en determinados casos, como por ejemplo, minería en medios estratificados subhorizontales.

Obviamente, la elaboración de métodos empíricos útiles pasa por tener en cuenta las limitaciones apuntadas. De alguna forma, los métodos empíricos que se están poniendo a punto para minería, expuestos recientemente en el apartado anterior, tienen en cuenta todas o alguna de las limitaciones.

Otro aspecto a tener en cuenta, es la existencia de métodos analíticos de razonable validez, como los métodos de las líneas características de la cavidad y el terreno (LOMBARDI, 1978), o en minería los modelos de cámaras y pilares, modelos de flexión para tajos y galerías incluyendo, por ejemplo, interacción con bulonaje, modelos para minería de cut and fill, etc. Lógicamente, un método empírico útil debería contemplar este hecho.

Sin embargo, una de las cuestiones fundamentales relacionadas con la puesta a punto de métodos empíricos útiles en minería, tiene que ver con el GRADO DE SOBREDIMENSIONADO real del sostenimiento, con el conocimiento en definitiva del coeficiente de Seguridad con que está trabajando el sistema roca-sostenimiento. Un planteamiento que no recoja este aspecto básico de todo problema de estabilidad, se quedará en el mejor de los

casos en una validación de la práctica empírica ya existente y será incapaz de producir una mejora de la misma tanto en el sentido de la seguridad como en el de la economía. Por ello precisamente, un esquema de trabajo válido puede ser el expuesto en la figura 13, que contempla una posible vía para obviar estos problemas.

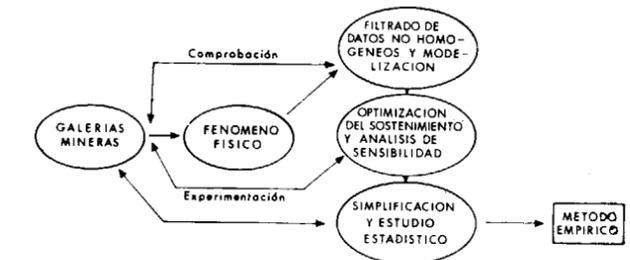


Figura 13.—Diagrama de operaciones para la generación de métodos empíricos en minería.

Partiendo del análisis del fenómeno físico, y previo un filtrado de los habitualmente numerosos datos que suelen obtenerse en las galerías mineras para producir grupos de datos físicamente homogéneos, se procede a modelizarlos. Realizados los Modelos Geológico, Geomecánico y Matemático, se comprueba su validez en la práctica. A partir de ahí, puede optimizarse el sostenimiento por un método científico basado en la experimentación y el análisis. Un análisis de sensibilidad puede aislar los parámetros más decisivos y conducir a una simplificación que puede ser sometida a su vez a un análisis estadístico y conducir a un método empírico que cubra el máximo campo posible, siempre limitado lógicamente por criterios concernientes a la homogeneidad del problema físico que se ha modelizado. Este condicionante, limita el campo de validez de los métodos empíricos, a nivel de cuenca o zona de cuenca, o incluso a nivel de capa o cuerpo mineralizado, pero garantizaría probablemente una utilidad real en el sentido del conocimiento del nivel de seguridad en que se está operando y de la economía, por suponer una optimización del sostenimiento y no sólo una mera validación de una práctica empírica.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Director del Instituto Geológico y Minero de España la autorización para la publi-

cación de este trabajo. Igualmente, agradecemos al Profesor Ramírez Oyanguren, de la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid, sus comentarios y sugerencias sobre el contenido de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- AFTES: *Recomendaciones sobre método de excavación y sostenimientos de túneles*. Tunnels et Ouvrages Souterrains. París, Francia (1976).
- AYALA CARCEDO, J. F.; GRANDA, J. R.; HACAR, M. P., y RODRÍGUEZ, J.: *Criterios Geomecánicos para la implantación de labores mineras en la cuenca carbonífera de Torre-Valdesamaria (Bierzo)*. IGME. Inf. no publicado. Centro Documentac. (1982).
- AYALA CARCEDO, F. J.; HACAR RODRÍGUEZ, M. P., y GARCÍA GALLARDO, L.: *Dos aplicaciones de las Clasificaciones Geomecánicas a la minería subterránea del carbón*. Tecniterrac, Madrid (1982).
- BARTON, N.; LIEN, R., y LUNDE, J.: *Engineering Classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mechanics Springer Verlag Ed., Viena (1974).
- BIENIAWSKI, Z. T.: *Engineering Classification of jointed rock masses*. The Civil Engin. in South Africa. Dec. (1973).
- BIENIAWSKI, Z. T.: *The geomechanic classifications in rock engineering applications*. Proc. 4th Int. Cong. on Rock Mechanics. ISRM. Montreaux, Suiza (1979).
- CHOQUET, P., y TINCELIN, E.: *La methode de dimensionnement du soutènement par cintres des voies de taille des charbonages ouest-allemandes: possibilité d'introduction dans d'autres bassins houillères*. Rev. de l'Industrie Minerale. Avril. Paris, Francia.
- DEERE, D. U.; PECK, R. B.; PARKER, H. W.; MONSEES, J. F., y SCHMIDT, B.: *Design of tunnel support systems*. Highway Research Record, N 339 USA (1970).
- EINSTEIN, H. H.; STEINER, W., y BAECHER, G. B.: *Assessment of empirical methods for tunnels in rock*. Proc. of Rapid Excavation and Tunnelling Conf. AIME. Vol. I, Chap. 40. USA (1979).
- HIDALGO, E.; CELADA, B.; GUTIÉRREZ, V., y CHACÓN, E.: *Optimización del sostenimiento en las galerías de las minas de hulla según las características geomecánicas de la roca y los factores de explotación*. IGME. Informes anuales no publicados. Centro de Documentación (1981-1982).
- HOEK, E., y BROWN, E. T.: *Underground Excavations in Rok*. IMM. London. UK (1980).
- JEREMIC, M., y CASSIDY, K.: *Mechanics of ground fracturing at Con gold mine, Canada*. En «Application of Rock Mechanics to Cut and Fill Mining», IMM. London. UK (1981).
- JETHWA, J. L.; DUBE, A. K., y SING, B.: *Rock Mechanics instrumentation for a pressure tunnel in India*. Tunnels and Tunnelling. Sept. 78 (1978).
- KAMMER, W.: *Die Ausbauplanung durch Vorausberechnung der Endkonvergenz in Abbaustrecken*. Glückauf, 113, núm. 15, pp. 746-48 (1977).
- LAUBSCHER, D. H., y TAYLOR, H. W.: *The importance of geomechanics classification of jointed rock masses in mining operations*. Proc. Symp. Exploration for Rock Engin. Johannesburg, pp. 119-128 (1976).
- LAUFFER, H.: *Gebirgsklassifizierung für den Stollenbau*. Geologie und Bauwesen, 24, 1, pp. 46-51 (1958).
- LOUIS, C., et al.: *Un ensayo para la definición del tipo de sostenimiento en los trabajos subterráneos en rocas*. Primer Simp. Nac. sobre túneles. Madrid, 1974. Vol. 1 (1974).
- MORENO TALLÓN, E.: *Las Clasificaciones Geomecánicas de las Rocas aplicadas a las obras subterráneas*. II Curso de Sostenimientos Activos en Minería y Obras Subterráneas. Fundación Gómez-Pardo. ETSIM. Madrid. También Cuadernos EPTISA, núm. 1 (1980-81).
- MULLER, L.: *Removing misconceptions on the New Austrian Tunnelling Method*. Tunnels and Tunnelling. Oct. 1978 (1978).
- NDK (NIHON DORO KODAN): *National expressway practices in Japan. 6 Tunnel*. NDK (1980).
- NILSON, G., y KRAULAND, N.: *Rock Mechanics observations and measurements in Näsliden mine*. En «Application of Rock Mechanics to Cut and Fill Mining», IMM. London. UK (1981).
- RABCEWIZ, L. V.: *Stability of tunnels under rock load*. Water Power, Jun.-Jul.-Aug. (1969).
- RAMÍREZ OYARGUREN, P.; LAÍN HUERTA, R., y FERNÁNDEZ DEL POZO, A.: *Dimensionado del sostenimiento en Galerías y Túneles*. ETSIM. Madrid (1980).
- RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M.; AYALA CARCEDO, F. J.; PRIETO ALCOLEA, C.; SANZ, J. L., y RUBIO, J. V.: *Criterios Geomecánicos para la implantación de labores mineras en la cuenca carbonífera de Fabero-Matarrosa (Bierzo)*. IGME. Inf. no public. Centro de Documentac. (1982).
- RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M., y SERRANO, A.: *Túneles*. En «Geotecnia y Cimientos III», vol. 2, cap. 17. Coord. por Jiménez Sales, J. A. Ed. Rueda. Madrid (1980).
- ROMANA, M.: *Ponencia General. Sesión núm. 1. Túneles no urbanos*. SUIS. Madrid (1982).
- ROMANA, M.: *Clasificaciones de rocas para túneles*. Curso de Mec. de Rocas. ETSICCP. Santander (1980).
- RUTLEDGE, J. C., y PRESTON, R. L.: *New Zealand experience with Engin. Classif. of rock for the prediction of tunnel support*. Int. Symp. on Tunnels. Tokyo A3, 1-7 (1978).
- TERZAGHI, K.: *Introduction to tunnel geology*. En «Rock tunnelling with steel supports» de Proctor, R., y White, T. Youngstown Print. Youngstown. USA (1946).

Recibido: Julio de 1985.

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Las silicificaciones del valle de Amblés
(inmediaciones de Avila)

Por J. SAAVEDRA (1),

A. GARCIA SANCHEZ (1), J. ROMERO ESCUDERO (2) y F. CARRION MOLES (2)

RESUMEN

En base a los resultados mineralógicos de muestras superficiales y profundas de materiales silicificados del área y a los datos de campo se han estudiado sus condiciones de formación en el valle de Amblés. El fenómeno se produjo por precipitación de sílice a partir de aguas superficiales procedentes de lugares más alejados en donde existía una meteorización con descomposición de silicatos y liberación de la sílice, solubilizada.

ABSTRACT

The genesis of the silicified materials from the Amblés valley have been studied with the help of mineralogical data of surface and deep samples and terrain observations. The silica have been provided by weathering at a farther away site, with some transport and, finally, deposition in the actual place.

INTRODUCCION

La presencia de materiales silicificados de diverso tipo, en general considerados como preluete-cienses, es común en diversas áreas extensas del centro-oeste de España. En fecha reciente, se han estudiado específicamente estas rocas en varios puntos, incluyendo el entorno de Avila capital (en cuya provincia son más reducidas comparando con las más occidentales de Salamanca y Zamora). Una discusión de las hipótesis y de los trabajos publicados con anterioridad se han presentado por ARENILLAS y SAAVEDRA (1982).

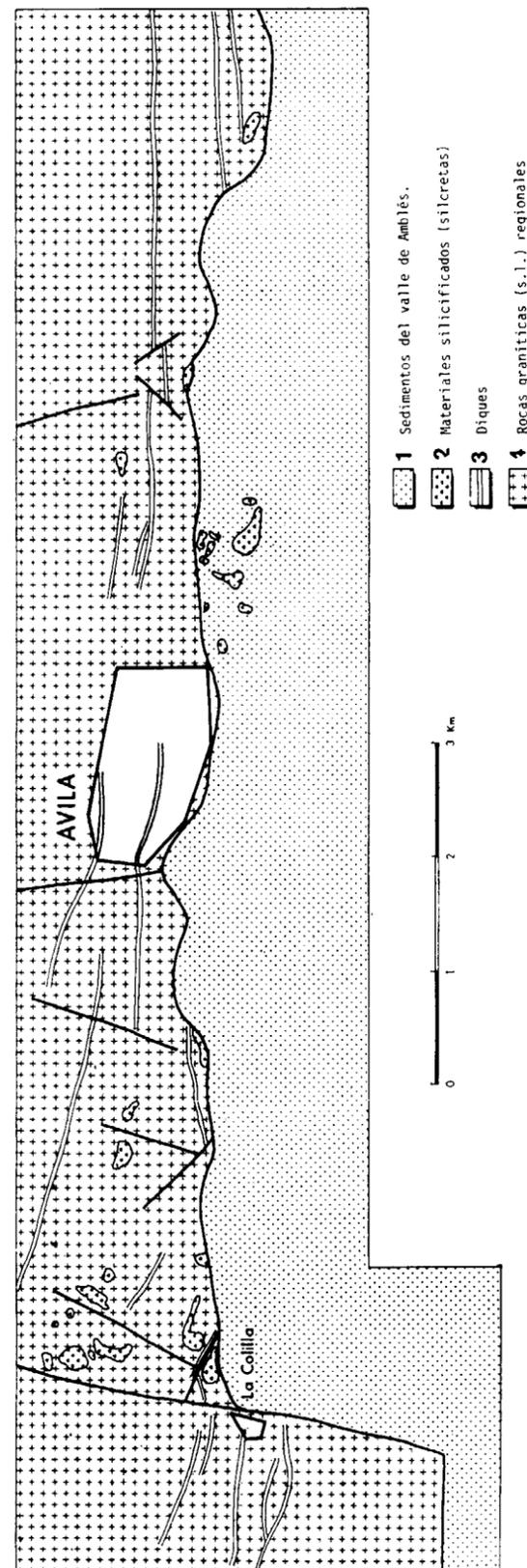
En general, el componente del cemento silíceo es ópalo que, adaptando la clasificación de JONES y SEGNI (1971), consta de variedades muy desordenadas, próximas a los tipos amorfos (ópalo-A) y, sobre todo, de alfa-cristobalita desordenada con algún empaquetamiento tridimítico (ópalo-CT); el cuarzo de este cemento es, prácticamente, inexistente. La denominación apropiada para estos materiales es la de silcretas, término empleado por primera vez por LAMPLUGH (1907).

- (1) U. E. I. Mineralogía y Geoquímica, Centro de Edafología, CSIC, Apartado 257, 73071 Salamanca
(2) SOCIMEP.

RASGOS GEOLOGICOS

La mayoría de las silicificaciones del área afectan a antiguos regolitos graníticos, en los que es perfectamente visible la anterior textura ígnea, fosilizada por el ópalo. En algunos casos, en superficie, se diferencian areniscas ricas en cuarzo detrítico, conglomerados y depósitos de canal, todos con una silicificación notoria; de todas formas, los depósitos no alcanzan el gran desarrollo local apreciable más al oeste. Presentan concreciones ferruginosas, bien visibles ocasionalmente, interpretadas por ARENILLAS y SAAVEDRA (*op. cit.*) como indicios de oscilaciones del nivel freático durante la opalinización. En ocasiones es bien visible cómo estos materiales se tapan por los sedimentos del valle de Amblés, figura 1.

Se dispone de los datos y muestras proporcionados por varios sondeos efectuados en distintos puntos de áreas silicificadas. La potencia máxima registrada no sobrepasa la de pocas decenas de metros, y en todos los casos se ha obtenido el mismo resultado. En superficie, en algunos lugares, los materiales son depósitos de canal opalinizados que, en profundidad, dan paso a silcretas que ya conservan la primitiva morfología plutó-



nica relictas. Al descender, de modo gradual, comienzan a hacerse visibles las biotitas cloritizadas y feldespatos, mientras que el contenido en ópalo disminuye. En los niveles más inferiores se tiene ya el típico granito más o menos arenizado, con más o menos fracción arcillosa, tan común en el Sistema Central.

TECNICAS EXPERIMENTALES

Los estudios de laboratorio se efectuaron sobre un total de 57 muestras. La cristalinidad de la caolinita se determinó en las muestras adecuadas siguiendo el método descrito por CARROLL (1970), mostrando un reducido rango de variación (entre 0.5 y 0.7). El ópalo y los minerales arcillosos se identificaron y evaluaron con ayuda de técnicas difractométricas y térmicas, tras un examen previo detallado de las láminas delgadas correspondientes a cada caso.

LOS DATOS MINERALOGICOS

Tanto sobre el terreno como en base a los datos de laboratorio, son perfectamente diferenciables dos fenómenos superficiales distintos. La arenización, más antigua, se traduce por la presencia frecuente de clorita y caolinita; la montmorillonita es abundante en ocasiones, en zonas de mal drenaje o áreas de fractura por donde se facilita la circulación de aguas con materiales disueltos o en suspensión. En la lámina 1 se aprecian con claridad las diversas fases de las alteraciones por meteorización. En A es evidente que la alteración a biotita se produce, en principio, con poca migración de elementos ferromagnesianos, dando clorita; una etapa distinta revela una hinchazón de las unidades de los pseudomorfos (aspecto tipo de coliflor o, en B, acordeón), con desarrollo de caolinita, que también puede generarse con morfologías de dimensiones más reducidas (C y D). El ópalo posterior invade a todo el conjunto.

En la figura 2 se diferencian netamente tres poblaciones caoliníticas. La formada por los con-

Figura 1.—Esquema geológico del área estudiada.



Lámina 1.—Microfotografías de muestras silicificadas del valle de Amblés, luz paralela; longitud de la barra, 1 mm. A, distintos estadios de alteración de biotita. B, otro aspecto del mismo proceso. C, presencia de caolinita dentro de una antigua biotita, muy alterada. D, otro aspecto del tipo de caolinita mostrado en C.

tenidos menores, inferiores al 5 por 100, procede de muestras en las que la meteorización es irrelevante o nula, pero que, al microscopio, denotan sericitaciones, caolinizaciones, etc., con todos los rasgos de los fenómenos tardíos del ciclo magmático. La población con mayores porcentajes de caolinita consta de muestras profundamente arenizadas, en las que, prácticamente, no hay ópalo, con abundantes evidencias de su carácter heredado como las de la lámina 1. La otra población, mayoritaria, corresponde a muestras silicificadas, que también presentan algunas estructuras como las de la lámina 1.

La consideración de un sondeo representativo, figura 3, que corta a los diversos materiales graníticos, es muy ilustrativa. El ópalo desaparece por completo en profundidad, a partir de unos 10 m., y hay también un drástico descenso de caolinita. Es sintomático que, a los 7 m., se cortó

un antiguo granitoide alterado mucho más leucocrático que el resto, con evidentes señales de haberse meteorizado más intensamente y que también ha fijado mayor cantidad de ópalo. El feldespato potásico no se aprecia hasta que no hay un comienzo de neto descenso de caolinita y ópalo; es entonces cuando ya se detecta clorita. La plagioclasa no se observa hasta que la profundidad no es mayor aún. Hacia los 10 m. se cortó un regolito de granitoide muy rico en biotita, lo que explica su mineralogía esencialmente clorítica.

Este conjunto de datos indica que la meteorización previa a las silicificaciones afectó primero a la plagioclasa (por lo que sólo se aprecia este mineral en las zonas más profundas) y, luego, el feldespato potásico y la biotita. La ausencia de feldespato potásico y clorita (derivada de la biotita) cuando es mayor la cantidad de caolinita y las morfologías relictas descritas apuntan a un

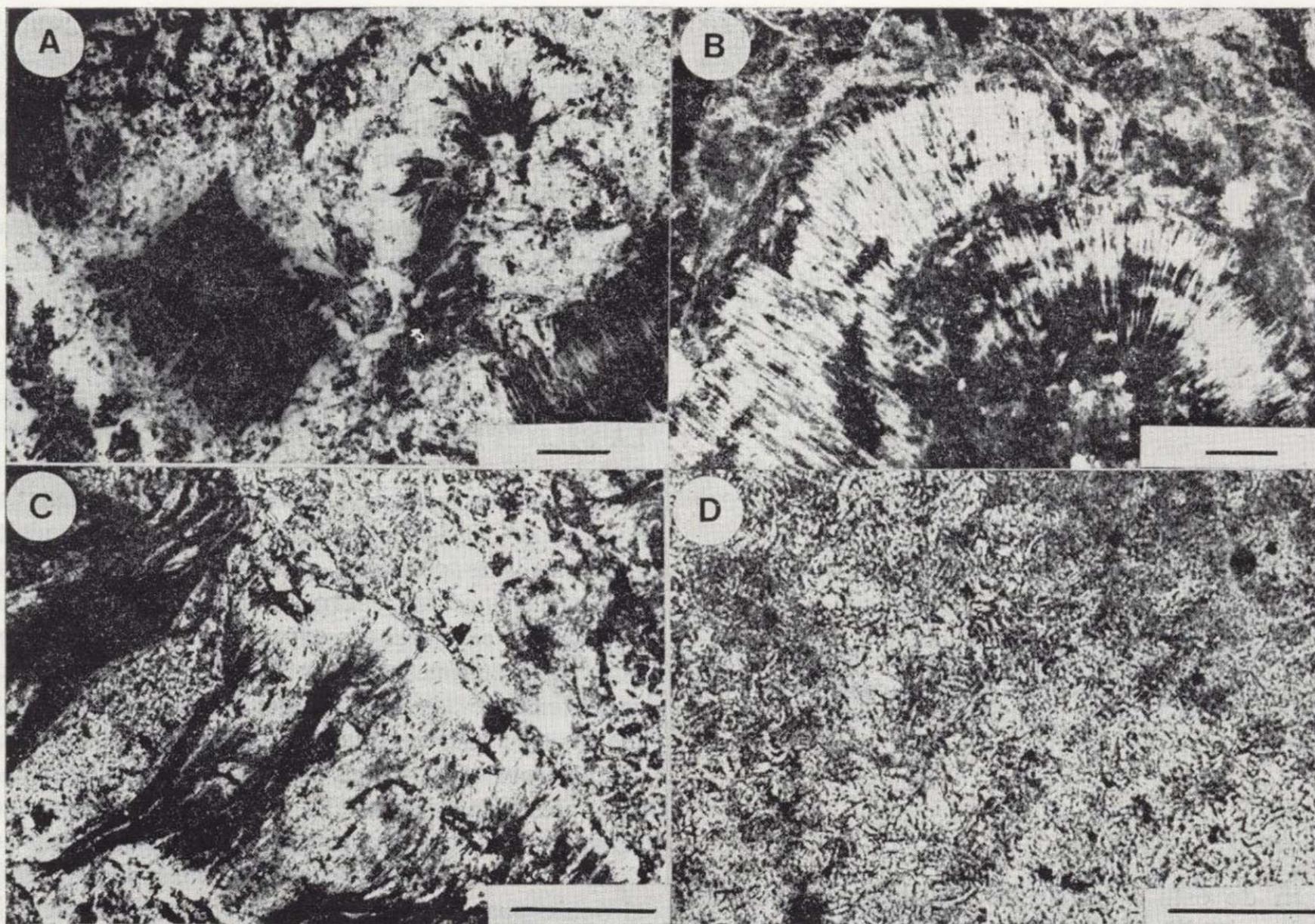


Lámina 1.—Microfotografías de muestras silicificadas del valle de Ambles, luz paralela; longitud de la barra, 1 mm. A, distintos estadios de alteración de biotita. B, otro aspecto del mismo proceso. C, presencia de caolinita dentro de una antigua biotita, muy alterada. D, otro aspecto del tipo de caolinita mostrado en C.

tenidos menores, inferiores al 5 por 100, procede de muestras en las que la meteorización es irrelevante o nula, pero que, al microscopio, denotan sericitaciones, caolinizaciones, etc., con todos los rasgos de los fenómenos tardíos del ciclo magmático. La población con mayores porcentajes de caolinita consta de muestras profundamente arenizadas, en las que, prácticamente, no hay ópalo, con abundantes evidencias de su carácter heredado como las de la lámina 1. La otra población, mayoritaria, corresponde a muestras silicificadas, que también presentan algunas estructuras como las de la lámina 1.

La consideración de un sondeo representativo, figura 3, que corta a los diversos materiales graníticos, es muy ilustrativa. El ópalo desaparece por completo en profundidad, a partir de unos 10 m., y hay también un drástico descenso de caolinita. Es sintomático que, a los 7 m., se cortó

un antiguo granitoide alterado mucho más leucocrático que el resto, con evidentes señales de haberse meteorizado más intensamente y que también ha fijado mayor cantidad de ópalo. El feldespato potásico no se aprecia hasta que no hay un comienzo de neto descenso de caolinita y ópalo; es entonces cuando ya se detecta clorita. La plagioclasa no se observa hasta que la profundidad no es mayor aún. Hacia los 10 m. se cortó un regolito de granitoide muy rico en biotita, lo que explica su mineralogía esencialmente clorítica.

Este conjunto de datos indica que la meteorización previa a las silicificaciones afectó primero a la plagioclasa (por lo que sólo se aprecia este mineral en las zonas más profundas) y, luego, el feldespato potásico y la biotita. La ausencia de feldespato potásico y clorita (derivada de la biotita) cuando es mayor la cantidad de caolinita y las morfologías relictas descritas apuntan a un

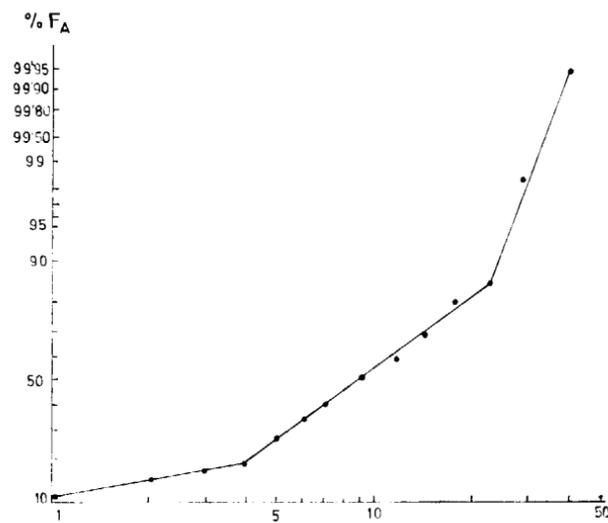


Figura 2.—Diagrama de frecuencias acumuladas (% ordenada) - porcentaje (escala logarítmica, abscisa) para la caolinita.

origen de ésta a partir de los dos primeros minerales citados; el ópalo posterior parece concentrarse en los niveles inicialmente más caolíníticos, previsiblemente los más porosos.

Si bien es clara la existencia abundante de caolinita heredada, con poca variación en cristali-

dad, no se excluye que, en parte, haya alguna de neoformación en el proceso de génesis opalina. Algunas masas silicificadas contienen en su interior caolinita sin los rasgos antes citados. También es significativo que las muestras regolíticas y las silicificaciones constituyan, figura 2, dos poblaciones distintas pero, en cualquier caso, en la zona estudiada, el carácter heredado es dominante.

LA SILICIFICACION

La opinión razonada mantenida por ARENILLA y SAAVEDRA (*op. cit.*), es la de que estos depósitos implican que el clima existente durante su formación era cálido, pero de humedad alternante. Hay varios argumentos experimentales que apoyan esta aseveración. IJIMA y TADA (1981) encuentran, considerando ópalos neógenos del Japón, estudiados en sondeos, que la ordenación del ópalo-CT, medida por los valores (en Å) del espaciado $d_{(101)}$, está afectada en esencia por la temperatura geotérmica, no por la presión de los sedimentos. Como se indica repetidamente en la bibliografía, el ópalo pasa con rapidez a formas más ordenadas en medio alcalino, quedando finalmente como cuarzo microcristalino estable. En este caso, ni se aprecia cuarzo de neoformación ni un rango de ordenación del ópalo superior a 4.08-4.09 Å (valores mínimos del espaciado $d_{(101)}$ del ópalo);

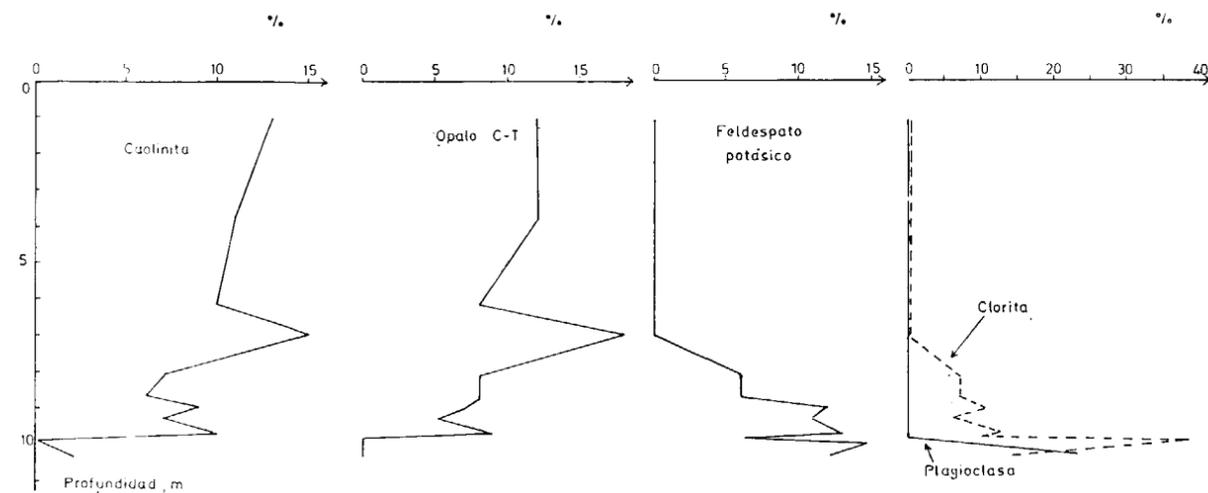


Figura 3.—Representación de los contenidos (% en peso, abscisa) de minerales en relación con la profundidad (metros, ordenada) en un sondeo realizado sobre el material silicificado.

el medio de deposición de la sílice no debió ser alcalino, encontrándose con mucha frecuencia incluso alunita en zonas próximas, mineral que genera a pH ácido, en un medio semejante al que se considera (SAAVEDRA y SÁNCHEZ CAMAZANO, 1981), por lo que una ordenación por este factor debe de descartarse. Tampoco es previsible un aumento notable, con posterioridad a la silificación, de temperatura por acumulaciones importantes de sedimentos (ARENILLAS y SAAVEDRA, *op. cit.*) sobre las silcretas estudiadas. En estas condiciones, el diagrama de la figura 4 A señala que la precipitación del ópalo aquí más ordenado es entre 35 y 40°C. Es previsible que la edad de estas silicificaciones pueda establecerse con seguridad en unos 58 m. a., edad medida por BLANCO et al. (1982) en otros materiales silicificados próximos y análogos por técnicas isotópicas aplicadas a la alunita en ellos contenida. KANO (1983) ha tenido en cuenta el factor tiempo en la ordenación; según ello, un ópalo con el espaciado mínimo de 4.08-4.09 Å podría haber precipitado en las condiciones anteriores y tener una edad como la señalada, 58 m. a., figura 4 B, si, como es probable, las temperaturas posteriores a las que han estado sometidos los materiales son menores que las antes calculadas. La suposición de un clima cálido es, pues, razonable, completándose la precipitación del ópalo en la estación seca.

Aunque hay citados en la bibliografía numerosos mecanismos posibles para la precipitación a sílice (descenso de la temperatura de las aguas, presencia de determinados iones, etc.), las características de las rocas opalinas de la zona (volúmenes importantes dados por las potencias de orden métrico, grado de pureza del ópalo, bastante alto, etcétera), hacen que el fenómeno causante de ésta, más verosímil, sea el descenso de pH por acidificación de soluciones que transportan la sílice, hecho citado repetidamente en la bibliografía regional, que disminuye la solubilidad del SiO₂ de forma importante. La evaporación, rasgo genético a tener en cuenta al admitir las temperaturas aludidas, ha debido de ser un factor secundario, pues la formación de una primera capa silíceas protege eficazmente al resto (PARAGUASSU, 1972), por lo que es difícil de admitir que así se originen los espesores actualmente observados.

ORIGEN DE LA SILICE

La posibilidad de que las aguas silíceas proce-

dan de áreas más profundas es insostenible, tanto por lo discutido con anterioridad de la variación

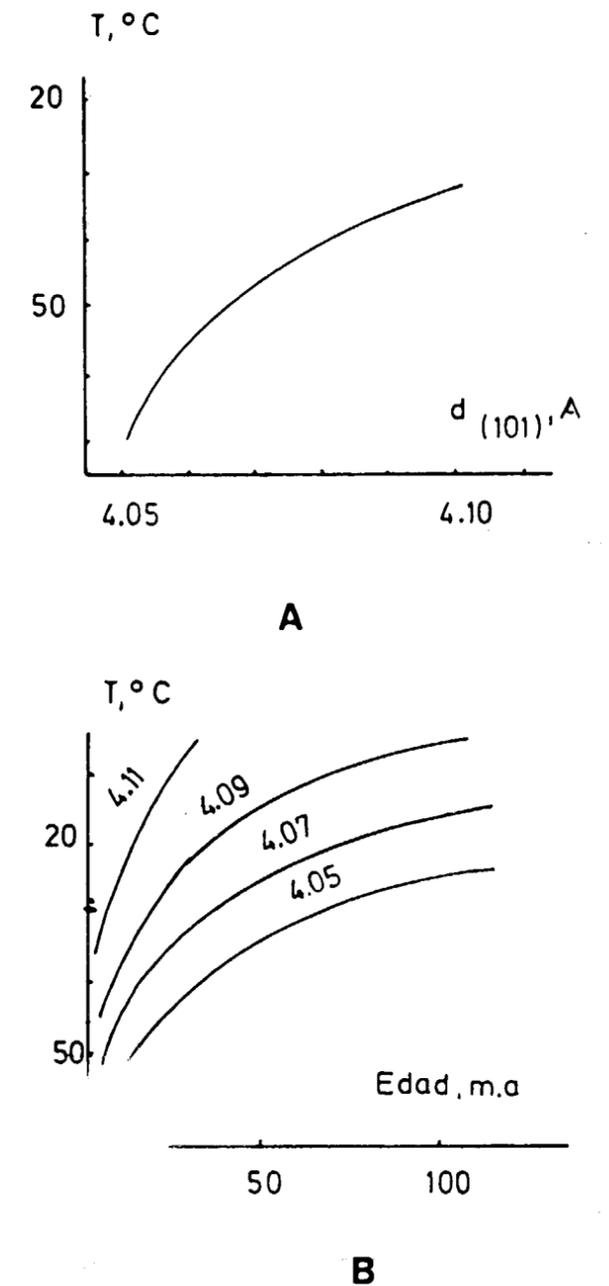


Figura 4.—A, variación del espaciado $d_{(101)}$ del ópalo-CT (en Å) en relación a la temperatura (°C) para ópalos neógenos obtenidos por sondeo, Japón, obtenida a partir de los datos de IJIMA y TADA (1981). B, ídem, considerando la influencia de la edad sobre la temperatura a partir de espaciados definidos, en base a los datos de KANO (1983).

mineralógica en vertical y lo observado en el terreno como por la escasa permeabilidad que tendrían los materiales arenosos iniciales, que no podrían permitir un ascenso capilar superior a pocos centímetros, despreciable frente a las potencias observadas (BAVER et al., 1972). BLANCO y CANTANO (1983) señalan, para materiales silicificados de la región, depósitos de canal, gruesos, y depósitos de inundación, con materiales mucho más finos, con abundantes rasgos pedológicos en la parte superior, interpretando que hay una disolución de cuarzo en la parte superior y precipitación como ópalo en la parte inferior, por evaporaciones; tal parte más elevada puede desaparecer por erosión a causa de su debilitamiento por estas lixiviaciones. Desde luego, hay inequívocas evidencias, en muchos lugares, de una disolución de sílice y de su reprecipitación en profundidad cuando son notorios los rangos de perfil de alteración y edáficos, como los aludidos, pero ésta no puede ser la razón del origen de la mayoría de los materiales que aquí se estudian, en los que las potencias son de un rango que necesitarían el nivel superior con evidencias edáficas, suministrador de sílice, de unas dimensiones notables, mucho mayores que las del inferior (que sería el que ahora se observa), sin que se tengan pruebas en el terreno de tal cosa ni se conserven los numerosos retazos no erosionados del mismo que serían de esperar; la evaporación, por lo antes referido, no parece un mecanismo factible para explicar la deposición de un espesor de varios metros de ópalo, y tampoco se concilia la disolución de cuarzo (que, si es apreciable, requiere un medio alcalino) con la presencia de alunita en zonas en donde hubo actividad biológica, que requiere medio ácido (hipótesis de SAAVEDRA y SÁNCHEZ CAMAZANO, *op. cit.*). Desde luego, la idea básica de estos autores es válida en algunos puntos en los que se aprecian movilizaciones de materia claramente, incluyendo la sílice; este ópalo removilizado presenta espaciados muy superiores al promedio, y, a veces, es en realidad ópalo-A, en la práctica amorfo.

La fuente más probable parece la meteorización de materiales más o menos lejanos respecto al área opalinizada (que actúa en lugares con más humedad). Las disoluciones enriquecidas en sílice pueden desplazarse una distancia más o menos grande y precipitar en zonas de bajo relieve, como proponen SAAVEDRA y SÁNCHEZ CAMAZANO (*op. cit.*) en áreas más hacia el oeste: este mode-

lo de transferencia lateral se ha propuesto con anterioridad en otras localidades de rasgos comparables (por ejemplo, en Australia por STEPHENS, 1971). De acuerdo con GARZÓN et al. (1981), estas rocas opalinizadas marcarían unas depresiones incipientes de la fosa de Amblés en el Paleoceno. Esto supone que la silicificación marca un comienzo de actividad tectónica tras un período climático de características diferentes, actividad que se desarrolla posteriormente con mayor intensidad como revelan los materiales con cantos de estas silcretas que afloran en las inmediaciones del puerto de Villatoro.

CONCLUSIONES

La coexistencia en los materiales silicificados del valle de Amblés de productos derivados de un perfil de meteorización *in situ* sobre materiales graníticos y con ópalo de origen exógeno no implica su asociación a un mismo proceso. La sílice es posterior, procede de aguas con SiO₂ disuelta, generadas por meteorizaciones en áreas más alejadas y húmedas, y precipitó por fenómenos de disminución de solubilidad por descenso del pH. Este fenómeno pudo ocurrir a una temperatura que superara los 30°C, pese a lo cual la evaporación debió de estar subordinada respecto a la acidez durante la silicificación como causa de la misma.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido realizado, previa autorización, con ayuda de los datos obtenidos en la ejecución del proyecto «Avila Monumental», del Instituto Geológico y Minero de España, a cuyos responsables expresamos nuestro agradecimiento por las facilidades de todo tipo concedidas y opiniones sobre el desarrollo e interpretación del mismo.

BIBLIOGRAFIA

ARENILLAS, M., y SAAVEDRA, J.: *Sobre la génesis y evolución de materiales silicificados prelutecienses del Centro-Oeste de España (provincias de Avila, Salamanca y Zamora)*. Serv. Geol. MOPU, Bol., 42, 69-85 (1982).

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H., and GARDNER, W. R.: *Soil Physics*. 4th. Edn., Wiley, New York, 498 pp. (1972).

BLANCO, J. A., et CANTANO, M.: *Silicification contemporaine à la sédimentation dans l'Unité basale du Paléogène du Bassin du Duero (Espagne). Attribution au Paléocène par datation isotopique des alunitas de l'unité inférieure*. C. R. Acad. Sc. Paris, 295, 259-262 (1982).

CARROLL, D.: *Clay minerals: a guide to their X-ray identification*. Geol. Soc. Am., Spec. Paper, 126, 80 pp. (1970).

GARZÓN, G.; UBANELL, A. G., y ROSALES, F.: *Morfoestructura y sedimentación terciarias en el valle de Amblés (Sistema Central Español)*. Cuad. Geol. Ibér., 7, 655-665 (1981).

IJIMA, A., and TADA, R.: *Silica diagenesis of Neogene diatomaceous and volcanoclastic sediments in northern Japan*. Sedimentology, 28, 185-200 (1981).

JONES, J. B., and SEGNET, E. R.: *The nature of opal. I.*

Nomenclature and constituent phases. J. Geol. Soc. Aust., 18, 57-68 (1971).

KANO, K.: *Ordering of opal-CT in diagenesis*. Geochem. J., 17, 87-93 (1983).

LAMPLUGH, G. W.: *The geology of the Zambezi Basin around the Batoka Gorge (Rhodesia)*. Quart. J. Geol. Soc. Lond., 63, 162-216 (1907).

PARAGUASSU, A. B.: *Experimental silicification of sandstone*. Bull. Geol. Soc. Am., 82, 2853-2858 (1972).

SAAVEDRA, J., y SÁNCHEZ CAMAZANO, M.: *Origen de niveles continentales silicificados con alunita en el Preluteciense de Salamanca, España*. Clay Minerals, 16, 163-171 (1981).

STEPHENS, C. G.: *Laterite and silcrete in Australia: a study of the genetic relationships of laterite and silcrete and their companion materials, and their collective significance in the weathered mantle, soils, relief and drainage of the Australian continent*. Geoderma, 5, 5-52 (1971).

Recibido: Febrero de 1985.

INFORMACION

Mineros destacados del siglo XVIII

José de Larrañaga y Arámbarrí (1773-1859)

Por JUAN M. LOPEZ DE AZCONA

Hijo de Manuel de Larrañaga, vecino de Azcoitia, y de su segunda esposa, María de Arámbarrí, nace en dicha localidad su hijo José (7 de marzo de 1773).

Desde los primeros años, sigue la orientación de su hermano Diego de Larrañaga y Gárate (1760-1814). Cursa los primeros estudios en Azcoitia, y a los dieciocho años pasa a Madrid, donde estudia (1791-1794) las matemáticas, ciencias físico-matemáticas y el dibujo natural en la Real Academia de San Fernando, siendo discípulo del célebre matemático Antonio de Varas y Portilla (17...-18...). Fue designado alumno de la Real Academia de Almadén por R. O. (6 de diciembre de 1794), cuando era director (1791-1796) Juan Federico Mayer, figurando con el número 16 de la relación general de alumnos de esta Escuela de Geometría Subterránea. Para ampliar sus conocimientos en química solicitó y le fue concedida la autorización para seguir los cursos de docimasia y de metalurgia, profesados por Francisco de Chabaea (1754-1852) en la Dirección General de Minas, en Madrid, situación en la que permaneció de 1798 a 1799, con aprovechamiento considerable.

ACTIVIDAD PROFESIONAL

De regreso a Almadén, y finalizados sus estudios básicos, fue designado primer catedrático de matemáticas en la Real Escuela (enero de 1802). Ultimada por el Director (1799-1802), el ilustre mecánico Manuel Tomás Pérez y Estala la instalación de la nueva máquina de extracción, designan (junio de 1802) a Larrañaga, todavía Cadete en prácticas, como «ayudante de maquinaria». Fue cesado en Almadén (R. O. de 27 de mayo de 1813) por sus ideas políticas.

Al fallecer su hermano (15 de octubre de 1814) le fue conferida (R. O. de 21 de enero de 1815) la dirección de la fábrica de bermellón y de lacre de aquel establecimiento y la subdirección de maquinaria.

Fue designado (R. O. de 18 de junio de 1804) sustituto de Francisco Carlos de la Garza (1757-1832), en la cátedra de Geometría Subterránea, acumulando la de laboreo de minas (1814) por fallecimiento de su hermano Diego.

La Academia de Almadén, durante el bienio (1815-1816), de la dirección de José, pasó por un período poco floreciente, además de las razones políticas, por la reducida plantilla de profesores y la disminución del interés en los medios oficiales por su continuidad.

Siempre fue José un ingeniero destacado, con interés inmenso en la resolución de cuantos problemas se planteaban en la destilación del mineral. Cuando el célebre químico Domingo García Fernández, uno de los más ilustrados de su tiempo, miembro de la Real Junta de Comercio, Moneda y Minas, para los asuntos de química, fue designado Superintendente y Director Facultativo de Almadén (octubre de 1822 a junio de 1829), lo propuso para Director del cerco de destilación y, posteriormente, del cerco y maestranza de San Teodoro. En estos puestos mejoró la destilación y redujo las pérdidas de gases contaminantes.

Según relatan Maffei y Rua Figueroa, introdujo (1823) grandes economías en el cerco de destilación, incrementó la producción de azogue, comenzando sus ensayos por un par de hornos, extendiéndola a cuatro pares de hornos. Resultado de sus estudios fue reducir la duración de la destilación de 10 a 7 horas, atenuar las pérdidas de vapores mercuriales por las chimeneas de las cámaras. Continuó sus ensayos con la construcción de aludeles mayores que los anteriores, perforados en el centro, así como las

baldosas acanaladas, sobre las que descansaban las hiladas de aludeles, evitando la costosa y diaria operación de levantar y fregar los caños, y la recogida en cubas del azogue para llevarlo al lavadero, reduciendo mano de obra y pérdidas de azogue, y los peligros de enfermedades profesionales. Con esta idea humanitaria, estableció ventiladores para cada vaso de los hornos y en sus arquetas, con el objeto de acelerar el enfriamiento, con reducción de la peligrosidad de las faenas de carga y descarga.

Entre las mejoras introducidas en los denominados hornos de Idria, sustituyó los reguladores de hierro por unos de madera, más sencillos y acertados y redujo a 10 horas las 14 de fuego.

Las reformas en los hornos iniciadas por José, necesitaron doce años para que se extendiesen a los ocho pares de hornos antiguos. Como decía Casiano del Prado y Valle (1797-1866), con ocasión de la visita a los cercos de destilación (junio de 1834), «el sistema de destilación así modificado se sometió a pruebas en cuatro pares, sin que ofreciese objeción alguna razonable a sus opositores. Pero a poco sobrevino un cambio político... y D. José de Larrañaga fue echado del cerco de destilación, y por poco pierde el empleo del que estuvo privado algunos años, por sus opiniones... ¡Cosa extraña! Aquellas modificaciones en el método de beneficiar los minerales ya no podían menos de ser desventajosas con otro sistema de gobierno. Preciso es decir, sin embargo, que se dispusieron en 1824, se hiciesen contrapuestas, sin duda para desvanecer todos los escrúpulos, para acallar todas las hablillas. Con el objeto de que las operaciones ofreciesen una completa confianza, mandóse esta vez que asistiese a ellas un escribano...». Esta resolución fue apoyada por Fernando de Caravantes (1791-1850), director interino de Almadén (1823-1826), por enfermedad de Garza.

Con motivo de los sucesos de 1823, fue declarado (5 de enero de 1825) «impurificado», cesando como director en los cercos de destilación y San Teodoro, pero como el único competente, para las fábricas de bermellón y lacre, era Larrañaga, continuó gratuitamente en ella, por encargo del gobernador del establecimiento, Pedro Hernando, hasta su absolución libre (13 de junio de 1826).

Fue designado (octubre de 1826) Inspector de Minas del Distrito Minero de Granada, hasta su reintegración en Almadén (R. O. de 5 de abril de 1828).

Continuó sus actividades en Almadén, hasta su jubilación por edad (21 de septiembre de 1837), con más de cuarenta y dos años de servicios y una pensión de 12.800 rs. anuales.

Durante la dirección (1826-1833) de la Academia desempeñada por Fausto de Elhuyar, figuraba (1826) como profesor de matemáticas José de Larrañaga, único de los antiguos profesores. Continuaba (1831) profesando el segundo curso de matemáticas, estando el primero encomen-

dado a Enrique Bermejo. Con su sucesor en la dirección (1833-1834), Timoteo Alvarez de Veriña y Candecha (1779-1834), tuvo dificultades en el desempeño de sus actividades, debidas a las opuestas ideas políticas de ambos.

Intentó varias veces el ingreso en el Real Cuerpo Facultativo de Minas, sin lograrlo; cuando mandaban los progresistas, por considerarlo indispensable en Almadén, y cuando estaban en el poder los absolutistas, no le complacían en sus pretensiones por ser de la oposición.

JUBILACION Y FALLECIMIENTO

Cuando fue jubilado, se retiró a vivir a Madrid. En su vida activa al servicio del Estado, alcanzó los éxitos mencionados, debido a su constancia y carácter inflexible, aplicados a la lucha contra toda clase de obstáculos impuestos desde un principio, unos de mala fe y otros tolerados por la debilidad de quienes tenían que actuar, rémoras inseparables de los programas mineros de aquella época.

Jubilado, se entretuvo en el estudio de problemas relacionados con la locomoción y la balística. Inventó un instrumento aplicable al sistema de propulsión de buques, que quedó inédito; un proyectil de forma cilindro-cónica y de doble alcance que los empleados en aquella época, aplicables a fusiles, cañones y obuses de calibre grueso, haciéndose general a los pocos años el empleo de este modelo de proyectil.

TRABAJOS ESCRITOS

Dejó manuscritas tres memorias, fechadas en Almadén (6 de marzo de 1822), con los títulos siguientes, conservadas en el archivo de la empresa y todavía inéditas: Memoria científico-económica sobre los inventos y mejoras hechas en el beneficio de los minerales de cinabrio de la villa de Almadén; Memoria sobre las minas de Almadén; Memoria sobre la fabricación de bermellón y lacre. Las tres se refieren a las mejoras introducidas por el autor y logros obtenidos como consecuencia de su introducción.

BIBLIOGRAFIA

MAFFEI, EUGENIO, y RÚA FIGUEROA, RAMÓN: *Apuntes para una Biblioteca Española de Mineralogía, Geología, etc.* T. 1, Madrid, 1871, 532 pp. T. 2, Madrid, 1872, 696 pp.

LÓPEZ DE AZCONA, JUAN MANUEL: *La enseñanza de la minería en el mundo hispánico. Noticias históricas.* 200 pp., Madrid, 1979.

ARCHIVO HISTÓRICO NACIONAL: Hacienda. Sección Almadén.

La minería Alpujarreña en la primera mitad del siglo XIX

Capítulos 6 y 7

Por G. NUÑEZ ROMERO-BALMAS
Universidad de Granada

6. LA LEY DE MINAS DE 1825

Como hemos podido ver en anteriores capítulos, la presión de los acontecimientos y la misma estructura económica y social provocaron el cambio del sistema de explotación, que hubo de ser sancionado por el Rey en la Ley de Minas de 4 de julio de 1825. Esta relación directa entre los acontecimientos y el auge minero de las Alpujarras y la nueva legislación fue puesta de relieve por MAFFEI (145) y vemos que su opinión se confirma plenamente.

De ello se deduce que inequívocamente la nueva legislación había de responder a las peculiaridades del nuevo gran protagonista; a demostrarlo nos aplicaremos en las páginas que siguen. CHASTAGNARET se ha ocupado detenidamente del tema, pero su objeto principal de interés radica en la minería del carbón; no es extraño que sus conclusiones sobre la Ley de 1825 fueran bastante negativas y que resalte con insistencia defectos cuyas consecuencias se habían de notar especialmente en dicho sector (146). Naturalmente que las ideas y valoraciones del estudioso francés son correctas, pero estudiando la legislación del 25 desde el punto de vista de la minería alpujarreña, el cuadro resultante será más rico y matizado; es más, muchos de los pretendidos defectos se verán ahora reducidos en importancia y en cambio aparecerá con más claridad el esquema estrictamente racional y razonable que le dio origen.

Tres concepciones básicas presiden y caracterizan a la citada Ley. Por un lado la realidad incontrovertible del apogeo minero alpujarreño y de sus caracteres estructurales. Por otro la tradición minera española y —espe-

(145) MAFFEI, E., *Economía minera*, op. cit., p. 80. Igualmente opina del caso portugués, donde las leyes de 1850 y 1852 se debieron al impulso del descubrimiento de cobre en el Algarbe y de oro en el Alentejo, respectivamente.

(146) CHASTAGNARET, G., «La législation de 1825 et l'évolution des activités minières». Communication présentée au 1er Colloque d'histoire Economique espagnole. Barcelona, 11-13 mai 1972, todavía inédito.

cialmente— hispanoamericana, en buena medida coincidente con la anterior. El deseo, por último, de favorecer la expansión minera y de racionalizar con modernos criterios las utilidades del Estado en este sector donde tanto y tan dispar había sido experimentado.

La definición de la propiedad minera en la Ley de 1825 sigue un criterio formalmente conservador, pero intrínsecamente novedoso. Aunque formalmente se reconoce el principio de regalía minera, se autoriza, en cambio (artículo 4), a buscar y explotar minerales a todos los particulares, nacionales o extranjeros, sin más que determinadas condiciones; cumplidas éstas se entendía plenamente adquirida la propiedad de la mina y consecuentemente de todos los productos que de ella se extrajeran, y su propiedad sería definitiva mientras que el propietario la mantuviera en actividad ininterrumpida. Aquí la tradición hispanoamericana se da la mano con las nuevas necesidades. La primera y primordial condición era el «registro» de la mina; de él, dice GAMBOA, que es «el título fundamental de las minas y la causa atributiva del dominio a favor de los vasallos, con cuyo gravamen las concedió su Majestad y las hizo comunes. Y sin él no se permiten trabajar, y quedan expuestas a registrarse por otros por no haber guardado la forma de la Ordenanza» (147). El registro (artículos 5.º a 9.º) se limita a ser una manifestación formal y pública del descubridor de la mina, seguida de un reconocimiento pericial, la determinación de la «pertenencia» y el establecimiento de las pertinentes «estacas fijas» que definan sus límites; no existe, pues, ninguna exigencia administrativa —se procura además que todos los trámites sean expeditivos— ni concesiones graciosas que pongan trabas a la «apropiación» del subsuelo, sino un procedimiento automático que no debía durar en rigor más de quince días. Por tanto el concepto de regalía minera puede ser discutido;

(147) GAMBOA, F. X. de, *Comentarios a las ordenanzas de minas dedicadas al Católico Rey nuestro Señor Carlos III*. Madrid. Imprenta Ibarra, 1761. Reimpresión 1980, p. 103. La Ley de 1825 establece (art. 15) «podrán disponer de su derecho y de los productos de las minas como de cualquier otra propiedad».

no se trata realmente de una propiedad de la Corona que sea concedida a los particulares para su beneficio, sino de una propiedad común que es asignada a los particulares por el hecho jurídico mismo del «registro» y el cumplimiento de las condiciones preestablecidas que genera una plena propiedad —aunque condicionada a la explotación efectiva y que se asignaba automáticamente a instancia de la parte interesada (148).

Se confirma así plenamente la libertad de los particulares para investigar y desarrollar actividades mineras sin más limitación que la reserva expresa a favor del Estado de algunos cotos mineros, sobre cuya explotación pública se seguirá discutiendo otros cuarenta años. Se constituye también un derecho de propiedad eficaz y efectivo, del cual se esperaba el estímulo y ordenación de la actividad minera en España, tal como efectivamente ocurrió. Se consolida por fin plena y definitivamente la total separación entre la propiedad del suelo y la del subsuelo. Si bien la legislación se había orientado desde la Edad Media en este sentido y las leyes indianas lo recogieron así rigurosamente, en la península en cambio habían existido ciertas concesiones que tendían a enlazarlos; son de interés la Real Orden de 18-VIII-1790 y la Cédula del Consejo de Castilla de 15-IX-1790 (149) que establecen una preferencia a la hora de conceder la explotación a favor del dueño del suelo si éste quisiera hacerse cargo efectivamente de la explotación, y ello en detrimento mismo del descubridor.

Para que definitivamente la propiedad fuera adquirida era preciso (artículo 7.º) la ejecución efectiva en menos de tres meses de una labor inicial, en pozo o en trancada, de diez varas castellanas; sólo entonces se expedirían por la Inspección de Minas del Distrito los pertinentes títulos de propiedad y se procedería a la fijación de estacas.

Los deseos de la Corona de estimular activamente las explotaciones y mantenerlas el mayor tiempo posible en activo se dan nuevamente la mano con la tradición legislativa del ramo en América. La Ley de 1825 recoge el viejo principio de que la propiedad podría verse revocada por expreso «denuncio» en el momento en que dejaran de cumplirse ciertas condiciones relativas a la actividad efectiva de la mina (150). En tales condiciones se tendría

(148) GAMBOA pudo escribir que «por nuestra nueva ordenanza, ni licencia del príncipe se necesita para buscar minas», p. 94.

(149) Leyes 3.ª y 4.ª, Título XX, Libro IX, de la *Novísima Recopilación*. PASTOR, op. cit., p. 72. En la minería de la sierra de Gádor fue éste un fenómeno sin importancia, pues todas las minas se encontraban en terrenos comunes.

ELHUYAR abunda en favor de la necesidad de separar totalmente la propiedad del suelo y la del subsuelo invocando razones prácticas —estímulo de las explotaciones— y jurídicas, op. cit., p. 35.

(150) «En pena de tenerlas despobladas más del cuatrimestre o por otras muchas causas, las dan por perdidas las Ordenanzas y las mandan adjudicar al primero que la pida», dice GAMBOA, op. cit., p. 109. La Ley de 1825 es más flexible y genérica; en ella se establece el despueblo por cuatro meses consecutivos o por ocho alternos en un año, como causa para el denuncio; el abandono

la mina por abandonada y el «denuncio» permitiría a cualquier interesado acceder a su propiedad en condiciones prácticamente idénticas a las del primer registrador (151).

Uno de los puntos que han sido habitualmente criticados de la Ley de 1825 es la división y reducido tamaño que establece para las pertenencias mineras. Prescribe (artículo 10) una superficie de doscientas varas castellanas al hilo del criadero y ciento a su echado, superficie que es generalmente reputada como exigua (152). La tradición americana justificaba estas reducidas pertenencias, aunque también allí se había manifestado una inclinación favorable a su aumento (153). Pero no es sólo el respeto a la tradición lo que empujó a Fausto de ELHUYAR a mantener tan reducidas dimensiones sino que éste, en su *Memoria* para la formación de la Ley de 1825, argumentaba en contra de las grandes concesiones, pues las creía contrarias a una explotación completa y eficaz. «Aún son más perjudiciales —explicaba ELHUYAR— las concesiones por terrenos amplios en todas direcciones, abrazando a la vez cuantos criaderos haya en el área de su comprensión, y prohibiendo en su dilatado campo todo trabajo y solicitud de cualquiera especie; pues si se exa-

de las labores o su desarrollo sin ajustarse a las reglas del arte, o la explotación de las labores superiores dejando inundar las más bajas son causas nuevamente recogidas y que apuntan a las intenciones indicadas.

ELHUYAR se muestra muy interesado desde el principio en que la continuidad de las explotaciones no se interrumpa. «Por la poca seguridad que a causa de su inconstancia ofrecen las minas, se reconocerá lo expuestas que están a que sus empresarios se retraigan de continuar los trabajos, ya por el juicio que formen de sus alteraciones, ya por falta de fondos para aguantar las borrascas o sufrir los gastos de las obras o disposiciones que lleguen a exigir: siguiéndose su prematuro abandono y la repugnancia a su restauración, no sólo por el deterioro que con él padecen los labrados y la anticipación de gastos improductivos necesarios para su rehabilitación, sino también por la impresión de su inutilidad que deja en el público su deserción; de estas consecuencias se les da poco a sus dueños, que sólo atienden a su interés personal; pero el Estado pierde por tales causas, acaso para siempre, unos fundos, cuyo aprovechamiento ulterior contribuiría a su prosperidad». Op. cit., pp. 18-19.

(151) Los requisitos para el denuncio eran: 1) presentación de escrito; 2) fijación de edictos por si existiera algún titular con derechos aún vigentes (es el único trámite que lo distingue del registro); 3) designación de la pertenencia; 4) habilitación en noventa días de una labor a la que se hubiera obligado en el acto de presentación del escrito. En *BOLETIN OFICIAL DE ALMERIA*. Núm. 123, 3-II-1836, p. 4.

(152) En Francia se demarcaban por entonces parcelas de 1 Km². Critica esta concepción también GONZÁLEZ LLANA, *El plomo en España*. Dir. Gral. de Minas y Combustibles. Madrid, 1949, p. 148, y CHASTAGNARET reproduce sus críticas a la Ley de 1825.

(153) Inicialmente se demarcaban 100×50 varas; posteriormente se pasó a 120×60 e incluso a 160×80 en el caso de los descubridores de un yacimiento. GAMBOA, op. cit., página 194.

mina cuales han sido los resultados de las hechas en estos términos, se hallará que en las más o todas se ha laboreado un solo criadero y en una extensión bastante escasa, dejando intactos los demás de sus respectivos ámbitos» (154).

El afán por la fragmentación procede de la experiencia de la minería novohispana y del deseo de aceptar cuantos esfuerzos pudieran asegurar una explotación continua y completa de los criaderos, que en muchos casos se ajustaban particularmente bien a las condiciones de la minería en pequeña escala, unas veces por razones técnicas sólo y muchas otras también por la idoneidad de los yacimientos para ser explotados de esta forma. Reconoce no obstante (155), el propio ELHUYAR, que al carbón convenían grandes pertenencias, al estilo de las que se demarcaban en Francia, pero afirma rotundamente que tal medida no convenía a los yacimientos en vetas y mucho menos a las bolsadas de las galenas de la sierra de Gádor. En cambio, las pequeñas explotaciones reúnen a su juicio importantes ventajas; la experiencia, argumentos teóricos y una idea muy clara de los medios y de los objetivos lo conducen a describir un cuadro como el que sigue, que pudiera decirse concebido sobre el modelo alpujarreño en todos sus detalles; escribe que «algunos piensan, sin embargo, que este género de empresas no puede intentarse sin grandes capitales y que, confiadas a gentes que no los tengan es exponer a las minas a trabajarse mal e inutilizarse para lo sucesivo. Los crecidos caudales son efectivamente necesarios para la rehabilitación de minas profundas y aguadas, o para las que teniendo sus criaderos muy enterrados, piden obras mayores para llegar a ellos y disfrutarlos; pero no para las someras y criaderos vírgenes que afloran al exterior, como sucede con los más. En estas son por lo general moderados los gastos que de pronto requieren, supliéndolos muchas veces la diligencia personal de los mismos buscones u operarios que las descubren y se empeñan en su cateo hasta ponerlas en estado fructífero, con la esperanza de disfrutarlos por sí solos o de animar a otros de moderadas facultades, con el buen aspecto que presentan, a que aporten lo necesario para su laborio formal y el beneficio del mineral, cuando no haya proporción de rescatadores para su compra, o de algún ingenio para beneficio a maquila. La exclusión de esta clase de agentes y otras más acomodadas sin ser acaudaladas, del derecho de trabajar minas, privaría al ramo de uno de sus primeros apoyos alejándolas de las investigaciones utilísimas en que se ocupan y dándoles lugar a ocultar sus descubrimientos para aprovecharlos furtivamente; interesando por el contrario estimularlas a que los multipliquen con la seguridad de la adquisición de su propiedad» (156).

Otro aspecto que conviene resaltar es que la Ley permite, con grandes limitaciones, es cierto, la concentración de pertenencias. Después de establecer la unidad mínima de explotación, que en adelante habría de ser la «pertenencia» prefijada, establece cinco posibilidades para que pudieran reunirse varias de ellas en una misma explotación (artículo 13); estos casos son, el descubrimiento

(154) ELHUYAR, op. cit., p. 72.

(155) Ibid., p. 79.

(156) Ibid., pp. 40-41.

de un nuevo criadero, sobre el cual el descubridor merecería algunos privilegios (artículo 13, 1); la restauración de establecimientos abandonados (artículo 13, 2), que exigen para su racional explotación una mayor escala de las labores; las compañías de varios socios (artículo 13, 3), que podrían solicitar que se les demarcada hasta cuatro pertenencias siempre que la compañía contara con tres socios como mínimo; la concesión de una nueva pertenencia a una mina cuyas labores hubieran salido de la primitiva (artículo 13, 4), y, finalmente, por adquisición gratuita u onerosa de cualquier tipo, distinta del registro y primera concesión. En todas estas situaciones, ya contempladas en las antiguas ordenanzas (157), se podrían agregar o reunir distintas minas para organizar conjuntamente la explotación y esto, que sigue siendo insuficiente para las minas de carbón o de hierro, era casi excesivo para el caso que nos interesa. En 1839 no llegaban al 2 por 100 las minas que reunieran dos pertenencias (158) y ello responde en particular a la configuración de la minería birgitana por la naturaleza del criadero y la dureza de la roca encajante, temas de los que ya hemos tratado; pozos verticales, cortas y dificultosas galerías y bolsadas al azar parecen exigir un sistema próximo a la fragmentación legal dispuesta por la ley. Según hemos podido comprobar, la mayoría de las minas fueron explotadas por compañías bastante numerosas y, a pesar de ello, prácticamente ninguna solicitó que se le asignaran varias pertenencias unidas.

Parece que la evolución de la minería en la sierra de Gádor justifica las ideas de ELHUYAR; incluso su concepción sobre el futuro de los yacimientos parece correcta. Las zonas explotadas más tempranamente muestran un proceso de concentración que sin duda habría de irse acusando a medida que envejecieran las explotaciones; en la segunda mitad del siglo XIX parece que la minería alpujarreña se caracterizó por escasas empresas, de dimensiones bastante mayores y de recursos mucho más poderosos que las primitivas, de las que en buena medida surgieron. La razón y experiencia de ELHUYAR no fallaron, pues, al menos en lo tocante a las Alpujarras.

Hay un punto concreto en el que la nueva ley se aparta formal y conscientemente de la tradición, hasta ahora fielmente plasmada. En lo referente a las «invasiones» o extralimitaciones subterráneas de una explotación en ajena pertenencia, extralimitaciones difíciles de precaver y que en la minería de Gádor dieron origen a litigios y conflictos de todo tipo. La definición, de corte más moderno, de los derechos de propiedad concedió ahora a las pertenencias un carácter que se quiso fuera tan sólido y rígido como cualquier otra propiedad y definido por límites igualmente estables y permanentes. Todo el metal existente en una pertenencia sería propiedad del dueño de la mina y quien franqueara los límites de la pertenencia quedaría en situación ilegal.

Esta concepción, por la configuración del criadero y la pequeñez de las explotaciones era muy difícil de aplicar, y la proximidad de las labores y la íntima interconexión estructural del criadero hicieron frecuentes las

(157) GAMBOA, op. cit., pp. 99, 188, 191.

(158) Cosa distinta es que muchas disfrutaran de agregaciones o mejoras por algunos de sus costados, lo cual resulta completamente lógico y normal.

infracciones que la tradición hispanoamericana hubiera obviado totalmente; dice GAMBOA que cuando una mina se salga de su «estacada» y el metal se junte con el de otra «manda la Ordenanza que su dueño goce de todo el metal que sacare de ajena pertenencia, hasta que el otro le ataje con la labor de la suya (...) porque siendo pública la utilidad de la extracción de los metales, fue preciso premiar al que pusiere más cuidado y diligencia en indagar y ahondar la veta» (159). El principio recogido en las Ordenanzas de la Nueva España pudiera atentar decididamente contra el derecho de propiedad, que aquí se trata de establecer con todo rigor; no obstante, su aplicación se matiza con un importantísimo principio que lo modera y carga de significado; toda mina, por expresa exigencia de la ordenanza y en lógica correspondencia con la tradición y la tecnología mineras aplicadas hasta el momento, habría de labrarse «metal en mano» —exactamente como ocurrió de hecho en la Alpujarra sin que lo prescribiera ya la Ley—, prohibiéndose expresamente las labores que no lo hicieran; según las Ordenanzas de Nueva España el invasor de una pertenencia ajena que hubiera labrado un barreno sin seguir veta de mineral «si fuera acusado civil o criminalmente (...) a más de la pena ordinaria que corresponde al exceso, debe perder la mina y restituir todos los frutos. Y esto no sólo sucede si con su barreno entra en pertenencia ajena, sino también dentro de su pertenencia; esto es, aunque el vecino viniendo con metal en mano entre en la pertenencia del simulado minero» (160); la labor de quienes la realizan a ciegas y sin seguir el mineral es reputada de «boca ladrona».

La tradición y las exigencias de los nuevos tiempos aparecen en este caso enfrentadas y de ahí proceden muchos problemas que de otro modo se habrían obviado sin necesidad de alterar el resto de la Ley, inspirada como vemos por una firme razón unificadora. La preferencia excluyente por el principio de propiedad y el consiguiente rechazo de lo que pudiéramos llamar como «principio de unidad de explotación», tardó mucho tiempo en fraguar en las costumbres de los mineros alpujarreños y en generar una práctica administrativa eficaz y coherente; «ya desde el principio la Dirección había dirigido sus desvelos a disminuir muchas cuestiones y pleitos que se originaban sobre translimitación subterránea de labores de disfrute en las minas de la Alpujarra, motivadas y dificultísimas de evitar por la irregularidad de aquellos criaderos, y en 1836 (diez años después) se llegó a establecer una serie de reglas claras y terminantes para que las inspecciones procedieran, en uso de sus atribuciones facultativas y judiciales y con la celeridad que corresponde en todos los casos de introducción de labores de unas pertenencias en otras» (161).

Naturalmente que la Ley quiso reservar para el Estado buena parte de las utilidades de las minas; ELHUYAR es-

(159) GAMBOA, op. cit., p. 293.

(160) Ibid., p. 295. Más adelante indica taxativamente que «mina sin veta ni metal no se debe labrar».

(161) COLLADO, op. cit., p. 35. Más adelante indica que ni siquiera diez años después de la Ley estas medidas fueron rigurosamente aplicadas, y que hubo que reiterarlas en 1846. Los mineros alpujarreños encontraron por sí mismos otra posibilidad de arreglo, más efectiva; proce-

tableció que «la duración de las minas se favorece eximiéndolas o moderando sus impuestos, proporcionando con abundancia y baratura los efectos de su consumo, y minorando lo posible los obstáculos y gastos de sus maniobras y operaciones» (162); pese a ello los fuertes impuestos que tradicionalmente habían sido establecidos, la riqueza de las Alpujarras y la aivez de la Hacienda hicieron que se establecieran impuestos sumamente elevados; se fijó un pago del 5 por 100 sobre las utilidades sin descontar gastos, impuesto que anteriormente ya había pagado el «plomo pobre», completado o incrementado ahora con una cuota fija por pertenencia tipo de mil reales anuales, infinitamente superior a la que por los mismos conceptos pagaban los mineros en Francia. Posiblemente la cantidad de un real anual por cada veinte varas cuadradas no parezca excesivo; la minería alpujarreña pudo en un principio tolerarlo sin dificultades, pues con minas fáciles, rentables y en continua actividad la citada cantidad era inferior a un jornal anual; pero cuando las dificultades aparecieron, se enrarecieron los yacimientos y el mercado quedó saturado, cuando las explotaciones se hubieron de reducir a menos de medio año y los beneficios cayeron, entonces se hizo insoportable y hubo de ser reducido a un quinto por la Real Orden de 1837, de 20 de julio, una vez que muchas de las minas hubieron sido ya abandonadas.

No podía faltar, claro está, el establecimiento de aranceles de salida a los plomos y alcoholes desde que se estableció el desestanco de los géneros plomizos, que antes vendía libremente el Estado; en adelante percibió también entre un 13 por 100 del valor de los plomos exportados y un 15 de los alcoholes, con lo que se puede afirmar que la minería alpujarreña, la birgitana en particular, contribuyeron en gran medida a los gastos del Estado (163) con una media en los cinco años de máximo

dían a una avenencia y, en muchos casos, a unir las dos minas en una nueva sociedad en la que se repartirían proporcionalmente los derechos para evitar pleitos siempre difíciles.

(162) ELHUYAR, op. cit., p. 20.

CUADRO 6.1

(163) Estimación de los ingresos mínimos por impuestos y aranceles derivados de la minería alpujarreña en su etapa de apogeo

	Estimación del canon superficie	5 % Productos	Arancel de exportación	Total
1825	1.500.000	2.620.000	6.812.000	10.932.000
1826	1.500.000	2.580.000	6.708.000	10.788.000
1827	1.500.000	2.660.000	6.916.000	11.076.000
1828	1.500.000	2.340.000	6.084.000	9.924.000
1829	1.500.000	1.930.000	5.018.000	8.448.000

De esta forma el Estado venía a percibir —por lo menos lo exigía, pues no siempre conseguía hacerlos efectivos— un 20 por 100 del producto bruto, que cabe evaluar en unos 48,5 millones anuales de media en el lustro. Si las cifras de Monasterio se confirmaran y en líneas generales parecen correctas para esta época, el Estado debió extraer de la zona al menos 120 millones en veinticinco años.

apogeo que no habría de ser inferior a los nueve millones de reales; sólo la sierra de Gádor, con la nueva reglamentación legal, produjo a la Corona el doble de lo que el estanco debió producir antes de su abolición, y con menos gastos (164).

Las cargas impositivas, que no tomaban en cuenta el producto neto, ni entendían de gastos ni de riesgos corridos por los mineros, deben ser considerados como una de las causas que contribuyeron a la frustración del proceso de desarrollo que tan temprana y prósperamente pareció esbozarse en la región.

No falta, finalmente, en la Ley un último criterio de modernidad, cual es el celo por la eficacia administrativa, por eliminar trabas y trámites y por resolver los asuntos de forma expeditiva. Se establece para ello una jurisdicción especial en la cual el carácter técnico es muy fuertemente predominante y celoso de su autoridad; además (artículo 41) se establece que las apelaciones, simplificaciones y de plazos perentorios, hubieran de desarrollarse «a estilo de comercio»; más adelante la Instrucción Provisional que desarrolla el texto de la Ley (165) insiste en ello y para ejecutarlo prohíbe expresamente la participación de abogados, establece la simplificación de trámites y documentos y refrenda el recurso a los usos de los Consulados de Comercio (artículos 134 y ss.).

La Ley de Minas de 1825 es, pues, por derecho propio uno de los sujetos de la euforia minera de la Alpujarra, muy posiblemente la Ley y la sierra de Gádor se encuentran íntimamente trabadas en la mente del legislador que concibió una para otra; la misma Ley debe ser entendida precisamente en relación con la euforia alpujarreña y fuera de dicho contexto resulta anómala.

7. EVOLUCION DE LA MINERIA ALPUJARREÑA EN EL SEGUNDO CUARTO DEL SIGLO XIX

El conocimiento preciso de la evolución minera de la Alpujarra es empresa prácticamente imposible, pese a la capital importancia que tuvo en su época. Son muy pocos los textos que tratan del tema producidos e impresos en el momento y son sus noticias dispersas y desiguales, de modo que no existe continuidad ni cabe cotejar las distintas fuentes rigurosamente como exige la más elemental hermenéutica histórica. No obstante, con los datos sueltos y dispersos de que disponemos se puede intentar reconstruir coherentemente un cuadro general, parcialmente verídico, e incluso podemos confirmarlo en algunos puntos por medios indirectos que han aflorado en nuestra investigación. A la recogida de noticias y detalles, de datos sueltos y a la construcción con todos ellos de dicho panorama general, se orienta este capítulo.

Ya hemos podido ver cómo todas las noticias anteriores

(164) La citada cantidad representaba un 2 por 100 sobre los ingresos totales del Estado de aquel año. V. FONTANA, J., *Hacienda y Estado, 1823-1833*. Madrid, Instituto de Estudios Fiscales, 1973, especialmente el capítulo V y la página 184.

(165) Instrucción provisional, 18-XII-1825.

al apogeo —excepto las de GALLARDO FERNÁNDEZ— aparecen en general deformadas por el tiempo y la opulencia de la etapa posterior, por lo que tan sólo podemos comenzar el rastreo después de 1825, ya en plena euforia, cuando las miradas empiezan a fijarse atónitas en los sucesos de las Alpujarras. Su influencia en el mercado mundial del plomo fue tal que varias misiones extranjeras (166) se acercaron a estudiarlo, concluyendo que «la sierra de Gádor posee una gran importancia por su enorme producción de plomo de treinta años a esta parte, de que ningún otro distrito minero del mundo ha dado ejemplo, pues ocasionó una baja en el metal desde veinte a veinticinco libras hasta once y aminoró por algún tiempo a las minas inglesas y alemanas» (167).

La rapidez e intensidad de la fiebre minera asombraron a todos ya en 1825; «es increíble —escribió MIÑANO— el número de minas de plomo que se han descubierto de pocos años acá y que siguen descubriéndose casi sin intermisión, pudiendo asegurarse que no bajarán de mil quinientos a dos mil las que se trabajan con más o menos éxito; y que van convirtiendo este país en una de las comarcas más ricas de España» (168). En 1826 se habla ya de unas tres mil o tres mil quinientas minas, que alcanzarán las cuatro mil a comienzos de los años treinta (169) en que la economía alpujarreña alcanza su apogeo; las disposiciones legales liberadoras son capitales y sin ellas no se podría haber producido el auge minero; la nueva filosofía del gobierno liberal se descubre en todos los campos, por ejemplo, en 1822 fue habilitado el puerto de Almería para toda especie de comercio nacional o extranjero con depósito de segunda clase (170); aunque hemos podido profundizar en los orígenes y antecedentes de la minería alpujarreña y, por tanto, matizar el valor de los textos posteriores, no deja de resultar significativo que al mismo año atribuyera EZQUERRA el origen de las explotaciones por la liberación legal de la minería (171) aunque las nuevas leyes —prosigue EZQUERRA— no tuvieron gran influencia en el resto del país hasta después del descubrimiento del filón del Jaroso.

Los años que siguen a 1822 ya cuentan con una actividad minera consolidada y amplia aunque circunscrita a la sierra de Gádor; se alcanzaron ya unas producciones medias de unas veinticinco mil toneladas (172) y disfrutaron además de precios elevados y bastante estables (173).

(166) BOWLES, AMSTED, LE PLAY.
 (167) AMSTED & BURR, *Memoria cit. por GONZÁLEZ LLANA*, op. cit., p. 55.
 (168) MIÑANO, *Diccionario...*, t. I, p. 174, término «Alpujarras».
 (169) Ibid. LE PLAY, *Itinéraire...*, p. 181; ANÓNIMO, «Minas, I», op. cit., p. 53.
 (170) OCHOTORENA, *Almería, Siglo XIX*. Almería, Cajal, p. 106, cita al Decreto de 20-I-1822.
 (171) EZQUERRA, «Estadística minera...», op. cit., y «Resumen...». *Anales de Minas*, t. III, 1845, p. 408.
 (172) LE PLAY, op. cit., y PERNOLLET, dan la misma cifra de producción en 1823: 23,400 Tm. PÉREZ DOMINGO, op. cit., indica una producción de 22,080 Tm.
 (173) PÉREZ DOMINGO indica unos precios entre 78 y 80 rs. por quintal castellano de plomo y entre 23 y 34 rs. el de alcohol en 1823. PÉREZ DE PERCEVAL indica 30 rs. para el alcohol en 1823 y 1825 y 81 rs. el plomo el último año.

Las explotaciones muestran en estos años un crecimiento decidido, aunque decreciente ya, con una media para cuatro años del 12 por 100. La coyuntura internacional favorece indudablemente: terminado en 1816-17 el rapidísimo desplome de los precios (bajan a menos de la mitad de 1807-08) asistimos a un reajuste al alza hasta 1825, muy oscilante y desigual, pero con media general próxima a las veinticinco libras esterlinas por tonelada (174).

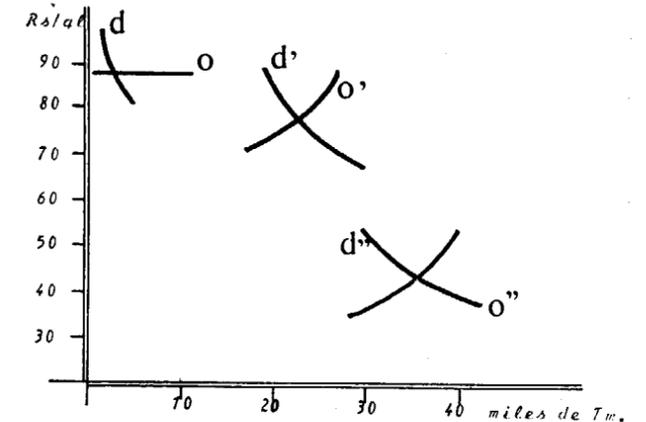
Desde 1825 y hasta 1831, por lo menos, se produce una etapa de «vacas flacas» que coinciden con el momento de máxima producción de la sierra de Gádor; entonces la caída de los precios forzó a reajustes, muchos de ellos dramáticos, cuyo origen será sin duda la caída sin precedentes de los precios internacionales, que se aproximarán a las diez libras por tonelada en 1830-31, en los mercados de Londres. Es precisamente en esta etapa cuando se alcanza el apogeo de la minería del plomo alpujarreña; prácticamente todos los autores, desde el anónimo colaborador de *La Alhambra* en 1840 a MONASTERIO, pasando por LE PLAY, PERNOLLET y PÉREZ DOMINGO, coinciden en cifrar la producción en torno a las treinta y cinco mil toneladas anuales, prácticamente estables entre 1827 y 1830; la oferta de metales de la sierra de Gádor fue tan grande y de tal baratura sus productos que no faltan quienes le atribuyen el origen directo de esta última caída de los precios a escala mundial, pues se ha producido «al desentrañar sus tesoros de la sierra de Gádor una revolución análoga a la que hace tres siglos ocasionó en el [mercado] de la plata, al abrir sus ricos mineros en el Nuevo Mundo» (175). Esta explicación resulta sumamente coherente. En una etapa general de precios a la baja, como es la que va de 1815 a 1848, y ante un considerable corrimiento de la curva de la oferta del plomo hacia la derecha y hacia abajo, forzosamente habría de producirse un importante descenso de los precios que afortunadamente logró encontrar la suficiente elasticidad en la demanda industrial como para aumentar considerablemente las ventas (176).

Pero no todos van a ser fenómenos estructurales vinculados a la evolución de los mercados en el proceso de industrialización; ni siquiera la evolución a largo plazo de los precios a la baja —que puede servir para explicar el «canal» bajista en que se movieron los precios entre 1813 y 1850— puede explicar tan profunda depresión, por lo que hemos de buscar poderosas razones coyunturales para

(174) Todas las referencias a precios internacionales corresponden a los del mercado de Londres, recogidos por GONZÁLEZ LLANA, op. cit.

(175) GÓMEZ PARDO, *Dot memorias...*, op. cit., p. 35.

(176) Los ingresos totales obtenidos en 1830, que hemos calculado en 35,000,000 rs. son siete veces superiores a los que en 1808, cuando la explotación se hizo por cuenta de la Hacienda. La permanencia del monopolio público mantuvo forzosamente altos los precios y el equilibrio del mercado en una zona alta e inelástica. La liberación permitió un rápido aumento de las cantidades vendidas que sólo en parte fue compensado con rebajas de los precios, por lo menos hasta la gran depresión de los últimos años veinte. El cuadro adjunto nos indica la posición y teórica evolución de las curvas de oferta y demanda en 1817 (curva d-o), 1823 (d'-o') y 1829 (d''-o'').



CUADRO 7.1
Datos numéricos sobre la coyuntura de la minería y los mercados del plomo en el segundo cuarto del siglo XIX

Num. de minas	Valor en venta	Producción en Tm.	Exportación en Tm.	Precio plomo en rs./dl.	Precio alcohol en rs./dl.
1823		23,400***	22,080 ***	78/80 ***	23/34 30
1824		26,110****	25,760 ***		
1825		29,791****	29,440 ***	P.P. 81	P.P. 30
1826	3,000 *	33,472****	33,120 ***	72/75 71	P.P. 24
1827		35,305 * 37,400 ****	36,800 ***	64/70 66	P.P. 24
1828	3,000 / 125	37,084****	36,800 ***	54/60 58	P.P. 20
1829	72,209	37,084****	36,800 ***	43/42 48	P.P. 16
1830			36,800 ***	P.P. 44	P.P. 15
1831		27,600****			
1832	49,810	27,600****			
1833	4,000	27,600****			
1834		21,620****	20,505		
1835		24,302****		52	32
1836		23,531****	29,900 P.P.	P.P. 60	P.P. 32
1837	83,279		18,800 P.P.		
1838			25,800 P.P.		
1839		27,000 **** 30,935 **/	23,800 P.P.	42/75 51	* 15 P.P. 26
1840	37,508			P.P. 50	P.P. 26
1841				P.P. 52	P.P. 27
1842	/ 105			P.P. 54	P.P. 28
1843		15,700****	15,700 ****	P.P. 54	P.P. 28
1844			13,365	P.P. 53	P.P. 28
1845	995/ 230	18,744 **/ 16,596 **/		P.P. 51	P.P. 28
1846				P.P. 54	P.P. 32
1847				P.P. 54	P.P. 32
1848	/ 192			P.P. 50	P.P. 32
1849	23,038			P.P. 45	P.P. 32

El número de minas suele proceder de estimaciones escasamente fiables. El valor en venta de las minas de nuestra investigación sobre las ventas protocolizadas en la

poder explicar la gran crisis de los precios entre 1825 y 1832. La evolución de los precios internacionales, no lo olvidemos, está tomada de las estadísticas inglesas y no puede por menos de mostrar claramente la crisis de 1825 y la subsiguiente depresión, que dura precisamente hasta 1832; la retirada de los ingleses del mercado del plomo alpujarreño va a ser evidente y cada vez más acusada en aquellos años y ello debido tanto a las reclamaciones de los mineros ingleses, afectados por la crisis y por la competencia alpujarreña, como por la política consciente de su gobierno que desde 1825 había perdido las esperanzas de conseguir una sustancial rebaja arancelaria para sus tejidos de algodón. PÉREZ DOMINGO nos explica que «en estos mismos países a donde se lleva el plomo español hay también muchas minas del mismo metal, aunque más pobre que el de la sierra de Gádor. La Francia abunda en plomo y lo mismo sucede en Inglaterra, en Alemania y en casi todos los países. Las muchas minas de plomo que en ellos se beneficiaban principiaron a decaer desde el momento en que se presentaron en los mercados los plomos de España; las fábricas de fundición y demás consumidores prefirieron estos y los pagaron a mayor precio; y por una consecuencia necesaria de esta preferencia resultó la decadencia y aún el abandono de aquellas minas, que habían hecho frente al consumo por muchos siglos y ya no podían sostener la concurrencia con el plomo de la Península. Esto ocasionó quejas y reclamaciones de los innumerables interesados en las minas de Cumberland y del Harz a sus respectivos gobiernos, llamó la atención de ellos hacia un ramo tan interesante de su industria, y trataron por consiguiente de sostenerlo y protegerlo contra el ataque que principiaba a experimentar. Entonces, esto es, en 1827 y 1828, se impusieron excesivos derechos en Inglaterra y en todos los puertos del Báltico a la introducción de plomos y desde esta época no se ha exportado plomo alguno al Norte, y el que a la sazón había existido en Habre de Gracia hubo de consumirse en Francia con bastante pérdida» (177). La agitación en Inglaterra contra los plomos alpujarreños está recogida por GÓMEZ PARDO, quien cita incluso un título publicado en sentido proteccionista (178). En adelante y para muchos años el comercio del plomo alpujarreño quedó en manos francesas.

Otro rasgo importante de esta etapa de baja de precios es que los fundidores supieron negociar con ventaja sobre los mineros. Ello es visible en la proporción de los pre-

notaría de Berja. Las restantes columnas se componen de datos recogidos por diversos autores.

SIGNOS: * ANÓNIMO, «Minas», caps. I y II. ** LE PLAY, *Itinéraire...*, p. 181. *** PÉREZ DOMINGO, 1981, pp. 31-32. **** PERNOLLET, p. 93. ***** Libro de correspondencia de la Intervención de Berja, A. H. P. A. H-4, 121, folio 69 vto. /*/ EZQUERRA, «Estadística minera», p. 312. /**/ CAVANILLAS, op. cit. /***/ MONASTERIO, op. cit.

P. P. PÉREZ DE PERCEVAL.

(177) PÉREZ DOMINGO, *Memoria...*, op. cit., pp. 27-28.

(178) GÓMEZ PARDO, op. cit., p. 12, cita a continuación a «uno de los principales empresarios del laboreo del plomo inglés como autor del "Memorial Presented to the Board of Trade, 5th, March, 1830 Prayingam incrase of the protecting duties on Lead"».

cios de los plomos y alcoholes; no sólo en los últimos se cotizan siempre por debajo del 40 por 100 sobre el precio final del metal, sino que este porcentaje mostrará seguidamente una tendencia a descender más aún, llegando al 33 por 100 en 1829. La desorganización de los mineros, su incapacidad o inexperiencia para defender activamente sus precios, o la misma euforia minera podrían explicar estas condiciones desfavorables. En cambio, los llamados «especuladores», propietarios de boliches, tecnológicamente atrasados pero económicamente idóneos obtenían beneficios considerables y rápidos (179) que por razones más económicas que tecnológicas se desvanecieron pronto, a comienzos de los años treinta; tanto fue así que ni siquiera la fundición de San Andrés, con diez hornos, pudo soslayar la quiebra en 1833 (180).

La fragmentación de las explotaciones y el estímulo de la actividad queridos por la Ley de 1825 dieron plenamente sus resultados en estos años. Muy pronto la sierra se llenó de pozos y los principales cotos fueron rápidamente conocidos; inicialmente los riesgos fueron muy elevados, precisamente por la inexperiencia y el desconocimiento del criadero, cuyos problemas tecnológicos y posibilidades de explotación fueron conocidos por sucesivos tanteos; no obstante el nivel de precios había sido alto y el premio a los triunfadores verdaderamente atrayente. En 1828, de las 3.000 minas excavadas tan sólo un 4 (181) o un 10 (182) por 100 eran productivas, margen a todas luces muy reducido; más tarde, la experiencia, la concentración de esfuerzos y la autolimitación a las zonas rentables permitió un margen muy superior según revela nuestro análisis de las cuentas corrientes del cánón de superficie (183), pero entonces la posibilidad de obtener grandes beneficios había disminuido drásticamente por la caída de los precios. Pese a la baratura de los costes y al escaso capital necesario para emprender la explotación de una mina, los riesgos fueron siempre muy considerables y los gastos totales, en caso de que se los hubiera podido contabilizar adecuadamente, difícilmente hubieran tolerado su explotación a cargo de una empresa única que desarrollara las labores en gran escala.

No es de extrañar que la crisis pesara gravemente sobre la actividad minera, tanto las prospecciones y calicatas como las minas regularmente explotadas y productivas, pues «vino el genio del mal a destruir este manantial fecundo de riqueza» (184) la explotación se redujo a la décima

179) EZQUERRA, op. cit., p. 315. Posiblemente la reforma de los aranceles de exportación sobre los alcoholes en 1828 favoreciera aún más a los fundidores al reducir la exportación de mineral. Se estableció un derecho unificado para el alcohol de un 4 por 100. R. O. 14-IX-1828, cit. COLLADO y ARDANUY, *Apuntes para la historia contemporánea de la minería española en los años 1825 a 1849*. Madrid, 1865, 17 pp.

(180) PÉREZ DE PERCEVAL, op. cit., p. 100.

(181) PÉREZ DOMINGO, op. cit., p. 35.

(182) Datos del Regente de la Chancillería de Granada, según ANÓNIMO, «Minas, IV», op. cit.

(183) Desde 1840, el 35 por 100 de las minas emprendidas permitieron desarrollar una actividad más o menos regular durante algunos años. El análisis de la citada contabilidad y su descripción se hará en el próximo capítulo.

(184) ANÓNIMO, «Minas, IV», op. cit.

parte hacia 1829 y los hornos de fundición a la mitad y, en la línea de lo escrito más arriba, la proporción de minas productivas aumentó hasta el 25 por 100; la depresión trajo aparejada la concentración y la reorganización del sistema productivo de la zona. Así, sin que se invierta aún la tendencia depresiva que durará al menos hasta 1833, hacia 1831 comienza una nueva etapa de la historia minera de la Alpujarra.

La crisis y la depreciación, que prácticamente con unanimidad recogen las fuentes descriptivas, tiene también su plasmación en otra fuente documental que hemos trabajado sistemáticamente. En los protocolos notariales de Berja hay gran cantidad de ventas de fracciones o acciones de minas y sus precios medios corregidos con la eliminación de los extremos en 1829, cuando la caída de los precios estaba aún reciente, era de unos 72.000 reales por mina, mientras que en 1832, ya a punto de finalizar la baja y tras al menos cuatro años de crisis, se ha reducido a 49.000, el precio más bajo registrado antes de 1850.

Hacia 1831-32 comienza, como dijimos, una nueva etapa, una vez invertida de la evolución de los precios internacionales. No sabemos cuando se comenzó a sentir el alza en la Alpujarra, pero en 1835, los precios del alcohol volvieron a los 32 reales por quintal, precio nunca visto; el plomo en cambio logrará recuperarse hasta los 52 reales y medio, precio semejante al de 1828. Esta nueva etapa presenta otros caracteres de gran interés al margen por completo de la evolución general de los precios. Reducido el número de mineros activos por la crisis y muy limitadas las prospecciones nuevas los explotadores de minas fueron ahora capaces de concertarse para hacer frente victoriosamente a fundidores y negociantes (185) e incluso consiguieron que sus restricciones alcanzaran sanción legal (186). Gracias a ello la subida de los precios permitirá duplicar los de los minerales entre 1830 y 1835, mientras que los del metal ya fundido en los mismos años aumentarían escasamente un 20 por 100. Esta situación no dejó de afectar a la metalurgia, naturalmente. En 1833 quebró como ya queda dicho la fundición de San Andrés, después de haber estado trabajando a la mitad de su capacidad. Pero no todas sus consecuencias fueron negativas. Aparte de la traslación de los beneficios de los fundidores a los mineros, que así pudieron mantener relativamente estable y potente su producción, se forzó a la concentración de los fundidores y a la introducción de importantes innovaciones tecnológicas que eran muy necesarias por el notable arcaísmo de las antiguas fundiciones. Abundan nuevamente las referencias a esta situación; así lo indica LE PLAY, quien recoge que en 1831 se empezaron a explotar los carbonatos de plomo compactos, muy abundantes en la región y desaprovechados hasta el momento (187); por otro lado, en una carta de la Intervención de Minas de Berja, en 1832,

(185) LE PLAY, *Itinéraire...*, p. 231, indica una coalición para reducir los trabajos en las minas a seis meses al año.

(186) R. O. 6-XII-1831, por la que se establecen juntas de mineros presididas por el ingeniero jefe de la inspección del distrito para fijar de varada en varada los precios de los alcoholes.

(187) LE PLAY, *Itinéraire...*, p. 232. Cita además expresamente en estos años la aparición de hornos de manga, que superan a los primitivos boliches y reberberos.

se recoge que comenzaban a beneficiarse las escorias u horruras de las antiguas fundiciones reales (188), que pocos años antes se desechaban aún con casi el 30 por 100 de riqueza metálica. En otro orden de cosas, en 1833 se crean las nuevas fundiciones de Bonifacio Amoraga y de San Andrés de Figueroa en Adra (189) y en 1837 es adquirida y modernizada la función de San Andrés por Manuel Agustín de Heredia, sin duda el empresario más activo y abierto al cambio de todo el Mediodía peninsular (190). En aquellos años de reconversión, estabilidad y relativo apogeo, las cotizaciones medias de las minas reflejadas en los protocolos notariales experimentaron un nuevo crecimiento en 1837, y ahora alcanzan los 83.000 reales por cada mina, la media más alta de todo el período que abarcan nuestros estudios.

En 1837, tras un alza muy fuerte y rápida en los años anteriores, de nuevo las bajas rápidas acaso iniciadas ya en 1836 (191) abre una nueva etapa en la historia minera de la región. Los mineros volverán a aplicar sus viejas técnicas del año 31 aunque ahora con resultados mucho peores al enfrentarse con una situación general de precios a la baja (192). Según el Anónimo de La Alhambra, los precios del Alcohol volverán a caer a menos de la mitad en tres años, y la producción, al menos en 1837, se resentirá mucho, acaso como resultado del cierre patronal organizado a comienzos del año. El precio de las minas, que había alcanzado su máxima en 1837, como ya vimos, caerá de nuevo a 37.000 reales en 1840, muy por debajo de los precios de 1832, exponente clarísimo de la crisis sufrida (193). La situación fue tan mala y la agitación en Berja tan acusada que el 8 de agosto de 1839 el contador de la inspección sufrió un atentado que por poco no

(188) Libro de correspondencia de la Intervención de Minas de Berja. Oficio de 22-VIII-1832 en A. H. P. A. H-4, 121, folio 31 vto. En 8-VII-1834 fueron rematadas en 85.000 reales las horruras de las fábricas de Baza, Motril y Turón a favor de Francisco Scotto de Gibraltar, residente en Fiñana, según consta en el protocolo de Berja, folio 77 y ss. La cantidad fue adelantada por Mac Donnell, Gormann y Cía., de Almería.

(189) RUZ MÁRQUEZ, op. cit., p. 134.

(190) V. GARCÍA MONTORO, *Málaga en los comienzos de la industrialización: Manuel Agustín de Heredia*. Córdoba. Inst. de Historia de Andalucía, 1978.

(191) En *Boletín Oficial de Almería*, núm. 280, 5-VIII-1837 se alude a dos temporadas catastróficas para la minería de la sierra de Gádor por el extremo decaimiento de los precios.

(192) El B. O. A. se hace cargo de nuevo en la primavera de 1837 de una interesante correspondencia en la cual se aclaran las tácticas empleadas en 1831 y la conveniencia de renovarlas en el momento. Están reproducidas en el apéndice número VIII.

(193) En diciembre de 1838 solicita Francisco Castillo la autorización para montar en Adra una fábrica de licores; invoca que el ramo industrial había experimentado un enorme descenso. V. RUZ MÁRQUEZ, *Adra*, op. cit., p. 147; por su parte indica EZQUERRA que fue 1839 uno de los años menos productivos para la minería de la sierra de Gádor, V. «Datos...», p. 312. No obstante, las cifras que presenta resultan muy contradictorias con esta idea y no muestran decaimiento aparente.

resultó mortal (194); demuestra que no se trataba de un simple accidente o episodio sin importancia el que de resultas del mismo se trasladó a Adra la Inspección que hasta el momento había permanecido en Berja. Pero el principal problema no fue la simple caída de los precios, sino las fuertes oscilaciones de los mismos (ca. 60 por 100), «*algunas veces tan repentinas que bastan muy pocas semanas para enriquecer o empobrecer a un especulador de los muchos que se ocupaban en este tráfico de compra y venta de plomos*» (195).

En los años cuarenta asistimos a una tendencia general a la baja de los precios internacionales con las naturales oscilaciones sobre la media. El descenso sostenido de la producción alpujarreña en estos años y la pérdida gradual de su peso en el comercio mundial pueden explicar la relativa estabilidad de los precios (196) en la Alpujarra, que cada vez más irá quedando relegada a un puesto marginal pero relevante, acaso por la excelente calidad de su mineral. Es significativo que en aquellos años los precios recogidos del plomo oscilan mucho más que los del alcohol y muestran una evolución descendente que indica, sea una mayor presión del mercado a la baja, que no pueden ahora trasladar a los mineros, sea una mejora tecnológica de las fundiciones, que permitiera un aprovechamiento más intenso de los minerales.

Estos datos proceden de las cifras oficiales de tasación a efectos fiscales. No sería de extrañar que parte de la estabilidad aparente procediera de la rigidez burocrática. No obstante, las cifras de PÉREZ DE PERCEVAL parecen fiables en el marco general de la evolución minera del distrito.

Ya en la época inquietó la crisis a especialistas e interesados; PERNOLLET se ocupó hacia 1845 por la cuestión y, citando fuentes locales, la atribuyó expresamente al empobrecimiento de los yacimientos y rechaza expresamente la hipótesis de que pudiera deberse a la depreciación de los mercados mundiales (197). El testimonio de PERNOLLET puede ser irrefutable, pero no así su generalidad, pues se basa en la situación de uno de los sitios de más antigua explotación de toda la sierra; el agotamiento del yacimiento tras al menos veinticinco años de intensa explotación puede parecer lógico, pero en aquellos años se produce también la expansión de la fiebre minera fuera del marco alpujarreño por todo el distrito (norte de sierra Nevada, sierras de Baza y Filabres, sierra Alhamilla, etc.) y fuera de él (sierras de Cartagena y Alma-

(194) RUZ, *Adra*, op. cit., p. 150.

(195) EZQUERRA, «*Datos...*», op. cit., p. 312.

(196) Estos datos proceden de las cifras oficiales de tasación a efectos fiscales. PÉREZ DE PERCEVAL los extrae de los libros de contabilidad de la Inspección en donde se establecían precios fijos de tasación sobre los cuales se calculaban los impuestos de 5 por 100 y los aranceles, que había que pagar en metálico; sobre este tipo de cifras oficiales es posible que se puedan aplicar los argumentos de ANDRÉS ALVAREZ sobre los aranceles de importación.

(197) PERNOLLET, «*Notes...*», p. 92. Cita expresamente el testimonio de Tesifón Dotes encargado de la mina de «Baja» que creemos una mala transcripción de la de «Berja», en la Loma del Sueño.

grera). Incluso dentro de la misma sierra de Gádor vemos desplazarse el protagonismo minero hacia otros parajes como el collado de los Valientes, el Puntal de la Parra y la Loma de la Higuera, en detrimento de las zonas más antiguas y aún productivas como el collado de Balsa Nueva y la Loma del Sueño.

Hacia 1843 comienza ya a notarse la presencia del plomo americano en el mercado europeo (198), fenómeno promotor de distorsiones, entre las cuales podemos contar las bajas de la producción final en la sierra de Gádor, que alcanza en 1844 el mínimo registrado en todo el cuarto de siglo. No obstante, la amenaza se hizo aún esperar algunos años y en 1844 y 1845 los precios volvieron a subir y «*los comerciantes negocian a largo plazo con ofertas de anticipar fondos*» (199). La euforia parece definitivamente superada y el aparato productivo, ajustado por la crisis y la experiencia a las verdaderas posibilidades económicas de los criaderos, no es capaz de responder con un rápido aumento de la producción a un alza imprevista de los precios, dato este que resulta de la premura y competencia entre los negociantes. CAVANILLAS resume precisamente la situación: «*Desarrollada la explotación de las Alpujarras hasta el grado que queda indicado, preciso es conocer que los interesados dieron impulso excesivo a la explotación, en gran parte rapiñosa a causa de la irregularidad de aquellos criaderos; y de aquí proviene el que las minas situadas en la parte central de sierra de Gádor hayan venido a menos, disminuyendo sus productos que en muchas de ellas están reducidos a restos difíciles de excavar. Sin embargo en el año próximo pasado han reunido trescientas sesenta mil ochocientos cuarenta y seis quintales de galena que se han reducido a plomo y veinte mil quinientos cincuenta y ocho de la que se aplica a las artes en su estado natural y que llaman en el país alcohol de hoja*» (200); *habiéndose ocupado en el laborio, beneficio de minerales, transportes, habilitación de herramientas y en otras operaciones ocho mil individuos aproximadamente.*

De pocos años a esta parte se han emprendido trabajos en la parte oriental de dicha sierra de Gádor y en la de Alhamilla; y como la naturaleza de los criaderos en dichos puntos es la misma que en la parte central de aquellas, aunque en el día no son tan ricos y abundantes como los que en ella se disfrutaron, de esperar es que aumenten y mejoren en lo sucesivo. De todos modos en el año anterior han producido cincuenta y seis mil ciento doce quintales de galena para fundición y dos mil ochocientos sesenta y nueve de hoja» (201). Consigna a continuación que las explotaciones en la zona de Turón y sierra de Lújar continúa la actividad con cierto éxito y unos rendimientos en torno a los 54.000 y a los 10.000 quintales castellanos respectivamente.

(198) EZQUERRA, «*Resumen... 1844*», p. 424.

(199) *Ibid.*, *ibid.*

(200) El origen del término procede del árabe /al-Kohol/; se aplicó al polvillo negro que se hacía en un principio con antimonio o con galena y después con negro de humo perfumado, que fue empleado por las mujeres para ennegrecer los párpados. V. MOLINER, *Diccionario del uso del Español*. Madrid, Gredos, 1981, t. I, p. 121.

(201) CAVANILLAS, op. cit., pp. 406-407.

No obstante el apaciguamiento de la fiebre minera de los años pasados no quiere decir que desapareciera aún la actividad minera en la Alpujarra. En marzo de 1842 se había pedido al gobierno que estableciera en Almería una fábrica de moneda (202), índice de la abundancia de metales preciosos.

Pero la historia no acaba en 1850. La actividad prosiguió aún poderosa, relativamente rica y con una concentración y eficacia crecientes. En 1857 se contaban aún en Madrid las minas alpujarreñas entre las más cotizadas de España (203). No cabe duda de que en los años cincuenta hubieron de beneficiarse de un alza rápida y considerable coincidente con el comienzo de la etapa expansiva y precios al alza que se produjo entre 1848 y 1873; no obstante, desde las nuevas alzas de los años

(202) OCHOTORENA, op. cit., p. 178.

(203) *La América*, Madrid, Núm. 9, 8-VIII-1857, p. 3.

cincuenta la evolución de las cotizaciones del plomo volvieron a inscribirse en un nuevo canal bajista hasta los años setenta, paralelo al que anteriormente habían formado entre 1830 y 1850 aunque unos 10 reales más alto de media. En estas condiciones la producción de «*La sierra de Gádor acentúa su decadencia a causa del laboreo realizado, por lo que se reduce extraordinariamente la explotación en las zonas de Berja, Presidio, Fondón y Dalías, sin que tampoco tengan confirmación las esperanzas que hicieran concebir los descubrimientos en Huércal, próximos a Almería*» (204).

En la segunda mitad del XIX la actividad y las empresas mineras en la Alpujarra parecen algo muy distinto a lo que hemos estudiado, pero no hemos encontrado documentación sobre ello, lo que nos impide, por el momento, prolongar la investigación.

(204) GONZÁLEZ LLANA, op. cit., pp. 22-23.

Noticias

DURANTE 1984 LAS INVERSIONES EN LA INDUSTRIA FUERON DE 1,4 BILLONES DE PESETAS

Las inversiones industriales alcanzaron el pasado año en España 1,4 billones de pesetas, con un incremento sobre 1983 del 15,2 por 100 en pesetas corrientes y un 3,3 por 100 en pesetas constantes.

Así lo precisa el informe anual sobre la industria española publicado por la Secretaría General Técnica del Ministerio de Industria y Energía.

El informe subraya que dicho incremento del 15,2 por 100 en las inversiones industriales es sensiblemente superior al incremento monetario de la formación bruta de capital fijo en 1984, que, según el Instituto Nacional de Estadística, fue del 7,59 por 100.

Sin embargo, los doce subsectores en los que tradicionalmente se divide la actividad industrial han tenido diferentes comportamientos en su evolución.

Destacan la expansión de las inversiones en siderurgia y metalurgia, electrónica e informática, energía, bienes de equipo y materiales para la construcción.

Por el contrario, descendieron las inversiones en la industria química, textil y confección, alimentación y manufacturas.

La «estrella» de la inversión industrial sigue siendo el sector de la energía, que absorbió un 73,19 por 100 del total, seguido en importancia por material de transporte, con un 5,96 por 100 del total, y minería, con un 3,70 por 100.

ESPAÑA, QUINTO PAIS DE EUROPA EN CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA

España es el quinto país de Europa occidental con mayor consumo energético a finales de 1984, año en que el consumo de energía primaria alcanzó un volumen equivalente a 79,6 millones de toneladas de petróleo, según un informe de la OPEP.

El consumo de gasolina ocupa el primer lugar, con 44,2 millones de toneladas, seguido del carbón, con 19,5 millones de toneladas; la energía de origen hidroeléctrico, con 7,9 millones, y la energía nuclear, con 5,6 millones de toneladas.

Por otra parte, Alemania Federal ocupa el primer lugar europeo en el consumo de energía primaria, con un consumo cifrado en 260 millones de toneladas.

Los otros tres «grandes» del sector son Gran Bretaña, con 192 millones de toneladas; Francia, con 187 millones, e Italia, con 140,2 millones de toneladas.

El consumo global en 20 países de Europa occidental alcanzó el pasado año la cifra de los 1.249 millones de toneladas.

EL AUTOABASTECIMIENTO MEJORO CUATRO PUNTOS EN 1984 IMPORTACIONES ENERGETICAS: AHORRO 100.000 MILLONES

El grado de autoabastecimiento energético de España mejoró cuatro puntos en 1984 y supuso un ahorro de más de 100.000 millones de pesetas en importaciones energéticas.

El informe anual de la industria española que acaba de publicar el Ministerio de Industria y Energía precisa que el grado de autoabastecimiento energético de España ha pasado del 37 por 100 en 1983 al 41 por 100 en 1984. Ello supuso un ahorro de 3,05 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) y sitúa el grado de autoabastecimiento muy cercano al 42,9 por 100 que prevé el Plan Energético Nacional (PEN) para 1983.

Según los datos que publica el informe citado, el grado de autoabastecimiento de energía primaria en 1984 fue el siguiente: carbón, 77 por 100 (76,5 por 100 en 1983); petróleo, 5,8 por 100 (6,9 por 100); gas natural, 8,6 por 100 (2,9 por 100); energía hidráulica, 91,6 por 100 (97,5 por 100) y energía nuclear, 102,8 por 100 (107,7 por 100).

El consumo de energía primaria de España en 1984 se cifró en 108,23 millones de TEC (toneladas equivalentes de carbón). De dicho consumo correspondió al carbón el 24,8 por 100 (25,8 por 100 en 1983); productos petrolíferos, 52,7 por 100 (57,8); energía hidráulica, 11,7 por 100 (9,7) y energía nuclear, 7,7 por 100 (3,4 por 100).

El consumo de energía final de España en 1984 ascendió a 70,73 millones de TEC con la siguiente estructura porcentual: carbón, 11 por 100 (11,2 por 100 en 1983); productos petrolíferos, 68,5 por 100 (69,5); gas natural, 3 por 100 (2,12); y electricidad, 17,5 por 100 (16,5 por 100 en 1983). Ello indica una mayor penetración de la electricidad (0,7 puntos porcentuales) y gas natural (0,5 puntos porcentuales), que compensan los descensos de carbón (0,2 puntos) y productos petrolíferos (un punto porcentual).

Consumo eléctrico: aumento del 4,6 por 100.—Por otra

parte y según datos de Unesa, el consumo de energía eléctrica en la tercera semana de agosto aumentó en un 4,6 por 100 en relación con el del mismo período del año anterior. Entre el 1 de enero y el 18 de agosto, el consumo eléctrico ha aumentado en un 2,3 por 100.

BAJO LA IMPORTACION DE PETROLEO EN EL PRIMER SEMESTRE

España importó un total de 16,21 millones de toneladas equivalentes de petróleo durante los seis primeros meses de este año, lo que representa una reducción del 3,4 por 100 respecto al primer semestre del 84, según datos facilitados por fuentes del Instituto Nacional de Hidrocarburos.

Aunque las citadas fuentes no argumentaron sobre el origen del descenso en las importaciones de petróleo, éste fue causado por la reducción de la venta de productos petrolíferos, que entre enero y junio de este año fue de 13 millones de toneladas, lo que supone el 6,7 por 100 menos que en la misma época del año anterior.

En el movimiento de materiales energéticos, el gas natural descargado registró la más significativa evolución, ya que según unas fuentes del INH en los citados seis meses fueron 1,04 millones de toneladas, lo que refleja un descenso del 18,7 por 100 sobre el mismo período del año anterior.

En síntesis, el aprovisionamiento de petróleo crudo fue de 17,39 millones de toneladas en el primer semestre de este año, con una cota acumulada entre junio de 1984 y el mismo mes de este año de 35,46 millones de toneladas, lo que significa un 4 por 100 por debajo del año anterior.

TELEFONICA Y SYSSCAN: EMPRESA CONJUNTA DE CARTOGRAFIA DIGITAL

Las conversaciones con la compañía noruega, filial del grupo Kongsberg, están ya en marcha. El capital de la nueva sociedad sería en su totalidad de Telefónica o de su filial Entel, en tanto que Sysscan contribuiría con tecnología. El cuadro de actividades a desarrollar sería: asesoría o consultoría de sistemas de cartografía digitalizada; mantenimiento y aplicación del «software» de aplicación para los sistemas de información cartográfica; digitalización de mapas y planos, y venta, diseño, desarrollo y contratación de sistemas completos para la gestión informatizada.

ESPAÑA TIENE UNAS 350 PRESAS COMO LA DEL SUCESO DE STAVA

España cuenta con unas 350 presas de lodos mineros de características similares a la italiana de Stava, cuya destrucción el pasado 19 de julio causó cerca de 300 muertos. De las mencionadas presas, unas 200 se hallan

abandonadas, al haberse agotado las explotaciones de extracción de mineral que las sustentaban. España es el país de Europa con mayor número de este tipo de estructuras, al ser la principal nación del continente en producción de mineral metálico.

Las presas de lodos mineros se construyen cerca de los yacimientos para almacenar los residuos de la mollienda del mineral y recuperar el agua empleada para su lavado. Son estructuras de altura escasa y formadas por el depósito sucesivo de las capas de lodos unas sobre otras. En España existen unas 350 que pueden plantear problemas de seguridad si no se adoptan las medidas de prevención adecuadas.

El problema más grave se origina por la existencia de unas 200 balsas abandonadas por completo y bajo un escaso control. Todas ellas son anteriores a 1970, cuando su construcción se hacía sin responder a un proyecto racional. Algunas se remontan a 1850. En el mejor de los casos, un 25 por 100 de las abandonadas puede considerarse inseguro y potencialmente peligroso.

En los últimos veinte años se han roto en España unas siete presas de lodos similares a la de Stava. Es de suponer que se sigan produciendo tales accidentes a un ritmo igual o superior, dada la degradación de la estructura con el paso del tiempo. Por ello aumenta la intensidad del peligro mientras no se tomen las medidas oportunas.

En España existen balsas semejantes a la italiana de Stava, principalmente en Asturias, Cantabria, Vizcaya, Navarra, parte de Galicia, León, Salamanca, Cáceres, zonas de Cataluña, Murcia, Huelva, Córdoba y Sevilla.

La probabilidad de un accidente es mayor en la zona norte, dada la densidad de población y la mayor intensidad de las precipitaciones.

Aunque no es probable que en España se produzca una tragedia de la magnitud de la de Stava, no hay que descartar la existencia de un peligro potencial, en particular por la ausencia de una acción efectiva, derivada de la falta de información sobre el problema. La responsabilidad de no dejar el problema en el olvido es reconocida también por directivos de empresas mineras.

UN INVENTARIO EN MARCHA

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) está realizando en la actualidad un inventario de las presas de lodos españolas, iniciado en 1983 y que espera tener finalizado para 1987. Hasta entonces no se sabrá completamente cuál es la situación de seguridad de estas presas y qué medidas hay que adoptar. Pero el IGME parte de una grave insuficiencia de personal especializado. Únicamente tres técnicos superiores realizan el inventario en toda España, tratando de remediar una laguna de muchos años en los que no se ha actuado en concreto. El inventario precedente fue parado, al poco de iniciarse con la promulgación del Plan Nacional de Minería en 1972, por decisión del Ministerio de Industria y Energía.

Junto a la falta de personal, los técnicos que realizan el inventario se encuentran ante el recelo y la resistencia a colaborar de algunas empresas mineras —que consideran de poca utilidad las inversiones necesarias para las revisiones de seguridad— y de los servicios de las comu-

nidades autónomas. La resistencia a tales inversiones aumenta cuando se trata de estructuras a abandonar.

El coste económico obstaculiza también la adopción de soluciones. Sólo el estudiar con precisión las balsas abandonadas costaría unos 200 millones de pesetas. Y el costo de las correcciones que consideramos necesarias se eleva a cerca de 5.000 millones.

GRANDES EMPRESAS

Las presas de lodos españolas más importantes pertenecen a grandes empresas mineras, como Peñarroya, la Real Compañía Asturiana de Minas, Hunosa o Riotinto. Esta última empresa, por ejemplo, es propietaria de las mayores balsas españolas en sus yacimientos mineros de Huelva. En términos generales, estas presas no plantean graves problemas, al estar en actividad y bien vigiladas.

Los problemas de seguridad y la falta de medidas se produce, principalmente, en el caso de los explotadores medianos y pequeños. En el caso de bastantes presas abandonadas se produce una disolución de responsabilidad, al haber desaparecido legalmente las empresas que las construyeron. Son entonces las administraciones autonómicas las que deben actuar, al estarles transferidas la mayoría de las competencias.

FALLECIMIENTOS

LLUIS SOLE I SABARIS

Lluís Solé i Sabarís, geólogo y geógrafo nacido en Gavà (Baix Llobregat) en 1908. Catedrático de Geografía Física de la Universidad de Barcelona, donde dirigía el Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Colaboró durante cerca de medio siglo con el geógrafo Pau Vila y también con el geomorfólogo francés P. Birot. Miembro de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y del Institut d'Estudis Catalans, fue nombrado doctor *honoris causa* por la Universidad de Montpellier. Entre sus obras más importantes destacan *Geografía de España y Portugal* (1952), *Los Pirineos* (1951), *Geografía de Catalunya* (1964-1968). Ha colaborado con el *Instituto Geológico y Minero* y en la elaboración del *Mapa geológico nacional*.

JOSE MANUEL FERNANDEZ FELGUEROSO

José Manuel Fernández Felgueroso, consejero-delegado de Vallehermoso, falleció el 22 de agosto en Madrid tras sufrir un agravamiento de la enfermedad que le aquejaba desde hace varios meses.

Fernández Felgueroso, nacido en Gijón hace cuarenta y nueve años, era ingeniero de Minas y catedrático de Laboreo en la Escuela Técnica Superior de esta especialidad en Madrid. Su actividad profesional se inició hace veinticinco años en el langreano «Pozo Fondón», pertene-

ciente entonces a Duro-Felguera, y continuó en diversos trabajos relacionados con la minería, hasta ser nombrado al comienzo de 1975 director del sector de Minería, Siderurgia y Metalurgia Básica del INI. En septiembre de 1976 pasó a ocupar la presidencia de Hunosa, cargo que desempeñó a lo largo de seis años y durante cuyo mandato cabe destacar, entre otras realizaciones, la apertura del diálogo sindical en la empresa, la diversificación de actividades, el impulso de la minería a cielo abierto, la atención a la investigación, la firma de acuerdos de colaboración con empresas extranjeras, el progreso de la mecanización del arranque y la mejora de las condiciones de seguridad, que hizo bajar sensiblemente los accidentes en esa etapa.

Posteriormente se encargó de la presidencia de la Empresa Nacional de Celulosas, consiguiendo cambiar favorablemente el signo de los resultados de la sociedad y en 1984 fue designado consejero-delegado de Vallehermoso, en donde acometió un ambicioso plan de reestructuración y saneamiento. Su muerte ha causado especial pesar en Asturias, región con la que siempre ha mantenido una especial vinculación y en la que formaba parte del jurado que otorga los premios Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica.

I.º CONGRESO DE GEOQUIMICA

Sorla: 22, 23, 24 y 25 de septiembre de 1985

SESIONES DE TRABAJO: SORIA

AULA: TIRSO DE MOLINA

Organizado por:

COLEGIO OFICIAL DE QUIMICOS DE MADRID

Y

DELEGACION CENTRO DE ASOCIACION NACIONAL DE QUIMICOS DE ESPAÑA

I JORNADAS DE PALEONTOLOGIA

24-26 octubre

Zaragoza, 1985

Organiza:

DEPARTAMENTO DE PALEONTOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

GEOLOGIA Y PREVENCIÓN DE DAÑOS POR INUNDACIONES

PRESENTACION

El territorio español es especialmente proclive, en numerosas regiones, a las inundaciones, frecuentemente provocadas por avenidas extraordinarias generadas en siste-

mas fluviales. En los últimos tres años han tenido lugar dos muy graves: las de octubre de 1982 en Levante y las de agosto de 1983 en el Norte y Noreste. Los daños producidos por estas últimas han sido superiores a 200.000 millones de pesetas.

Las inundaciones ligadas a ríos y torrentes son un episodio natural de la propia dinámica del medio fluvial; el problema se plantea al entrar en conflicto territorial la ocupación humana, agrícola e industrial de los valles.

Conocer dicha dinámica, prevenir y, en su caso, corregir son los pilares básicos del método adecuado de trabajo en ordenación de zonas con riesgo potencial de inundaciones, nucleado en torno a la cartografía de riesgos.

La Jornada busca contribuir, en el marco del apropiado enfoque multidisciplinar, con un punto de vista geológico, analizando los condicionantes geomorfológicos, hidrogeológicos, sedimentológicos, neotectónicos, etc., y se hará hincapié, además, en casos particulares de diversas cuencas del Estado.

PARTICIPANTES

Se dirige a Entidades, empresas y profesionales que tienen relación con estos temas. La asistencia es gratuita. Por razones de aforo del local, el número máximo de participantes será de ochenta, a los que se comunicará previamente su inscripción. Se editará una publicación con el contenido de las conferencias que será enviada a todos los que soliciten la inscripción, con un máximo de cuatrocientos ejemplares.

PROGRAMA

18 de noviembre de 1985

MAÑANA

- 10,00-10,10 Apertura.
Ilmo. Sr. D. Ramón Querol.
Director General del IGME.
- 10,10-10,15 Presentación de la Jornada.
E. Elízaga Muñoz.
IGME. Moderador.
- 10,20-11,05 Las avenidas como fenómeno geológico.
G. Garzón Heydt.
Fac. CC. Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.
- 11,10-12,00 Factores climáticos e hidrológicos.
J. L. Lamas Romero.
EATSA.
- 12,00 Café en la Sala de Profesores de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.
- 12,15-13,05 Inestabilidad y erosión de laderas.
C. Prieto Alcolea.
EATSA.
- 13,10-14,00 Dinámica fluvial de Levante.
E. Elízaga Muñoz. IGME.
A. Lendínez. INTECSA.

TARDE

- 16,00-16,45 Avenidas extraordinarias en el País Vasco.
C. Prieto Alcolea.
J. L. Lamas Romero.
EATSA.
- 16,50-17,35 Las inundaciones en Andalucía.
J. L. Lamas Romero.
EATSA.
J. J. Durán Valsero. IGME.
- 17,45-18,45 Mesa Redonda. Geología y ordenación de Cuencas Hidrográficas. Mapas de riesgos.

AUDITORIUM DE LA FUNDACION GOMEZ-PARDO Alenza, 1 (Metro Ríos Rosas) - MADRID

ORGANIZAN:

- DIVISIONES DE GEOTECNIA Y GEOLOGIA (IGME)

COLABORAN:

- CATEDRA DE GEODINAMICA EXTERNA. FACULTAD DE CIENCIAS GEOLOGICAS. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
- EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA, S. A.
- INTECSA

SECRETARIA

J. J. Durán Valsero
División de Geotecnia
IGME
Ríos Rosas, 23 - 28003-MADRID
Teléfono: (91) 441 65 00 - Ext. 209

MUSEO

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

SITUACION

El Museo del Instituto Geológico y Minero de España, que se halla en la sede de dicha Entidad, presenta una magnífica colección de minerales y fósiles, en el espléndido marco de una gran sala, muestra característica de la arquitectura de hierro y cristal de finales del siglo XIX. Corona el recinto una gran vidriera policroma, que constituye por sí misma motivo de visita.

El Museo se dispone en una planta principal y tres balcones corridos superpuestos, en los que se expone una amplia y variada colección de 7.000 minerales y rocas y 10.000 fósiles. Por la variedad de sus ejemplares y, sobre todo, por la calidad y rareza de algunos de ellos, el Museo puede considerarse como uno de los mejores de Europa.

Es objetivo primordial del Museo el dar a conocer al público el vasto patrimonio geológico-minero con que cuenta nuestro país, y su considerable riqueza mineral y fosilífera. Para ello, se está haciendo un considerable esfuerzo para ampliar y sistematizar las colecciones, adaptándose a las más modernas directrices de Museos similares en el mundo.

HISTORIA

Como consecuencia del Real Decreto de 20 de junio de 1849, por el que se creaba la «Comisión para formar la Carta Geológica», se inició en 1852 la primera clasificación de material que dio lugar al nacimiento del Museo en el Convento de la Trinidad para pasar al año siguiente a la calle Florín núm. 2, y nuevo cambio en 1868 a Conde de Barajas núm. 8. Seis años más tarde pasó a Isabel la Católica núm. 23 y posteriormente a la Plaza de los Mostenses núm. 2.

La constante dedicación de los primeros geólogos españoles se plasmó en el engrandecimiento y desarrollo del Museo con su contribución personal, destacando la

labor realizada por don Lucas Mallada, don Guillermo Schulz y muchos otros, que incrementaron extraordinariamente el fondo existente, donando colecciones y publicando infinidad de monografías para dar a conocer, de la forma más amplia posible, la riqueza geológica de España.

Sin embargo, los continuos cambios a que hemos aludido, permitieron poco más que el puro afán coleccionista hasta 1926 en que el Museo se desplazó al lugar que tiene actualmente dentro del Instituto Geológico y Minero de España y la grandiosidad de su marco hubo de proporcionarle una estabilidad que permitió el progreso espectacular de aquellas colecciones incipientes.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

842007. **In Memoriam. L'oeuvre géographique de Pierre Deffontaines a Barcelone.** VILA, J.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 5-12, 12 ref., fr., res. esp., cat., ing., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Geofísica, Cataluña.

842011. **El Parque Natural del Montseny: Una realidad por terminar.** PANAREDA, J. M.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 59-73, 18 ref., esp., res. fr., ing., bibl. IGME.

* Protección medio ambiente, Legislación, Histórico, Planificación, Programa, Provincia Barcelona, España.

842012. **Ildefonso Cerdá y la geografía catalana.** GRAU, R.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 75-89, 49 ref., esp., res. fr., ing., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Geografía, Histórico, Cataluña.

842017. **Bibliografía de Climatología y Meteorología de Cataluña.** ALBENTOSA, L. M.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 127-159, 141 ref., esp., bibl. IGME.

* Bibliografía, Atmósfera, Temperatura, Precipitación atmosférica, Sequía, Humedad, Viento, Clima, Meteorología, Cataluña.

ESTRATIGRAFIA

841897. **El cabalgamiento finiserravallense del norte de Sierra Arana (Cordillera Bética). Observaciones sobre la caracterización bioestratigráfica del Serravallense.** ESTEVEZ, A., y GONZALEZ DONOSO, J. M.

Mediterránea serv. geol. (1984), núm. 3, 151-173, 30 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mioceno medio, Serravallense, Ventana tectónica, Margá, Calcarenita, Fauna, Falla, Cabalgamiento, Falla horizontal, Bioestratigrafía, Zona Bética, Provincia Granada.

GEOMORFOLOGIA

842009. **Mediciones de reptación y lavado superficial en la cuenca de la riera de Fuerosos (Montnegre, Macizo litoral catalán). Métodos y resultados.** SALA, M., y SALVADOR FRANCH, F.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 17-25, 11 ref., esp., res. fr., ing., bibl. IGME.

* Arroyo, Divisoria aguas, Reptación, Erosión, Lavado, Metodología, Instrumentación, Dato, Ensayo in situ, Provincia Barcelona.

842010. **Estudio comparativo de las variables de la morfometría planimétrica de las playas del litoral paulista (Brasil).** CHRISTOFOLETTI, A., y PIRES NETO, A. G.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 27-38, 11 ref., esp., res. fr., ingl., bibl. IGME.

* Medio litoral, Morfología costa, Geometría, Playa, Bahía, Clasificación, Sao Paulo, Brasil.

842013. **Coloquio sobre el periglaciario de altitud del dominio mediterráneo y sus bordes.** SALA, M.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 93-95, esp., bibl. IGME.

* Reunión, Periglaciario, Programa.

842014. **Dos reuniones de la Comisión de la UGI «Experimentos de campo en geomorfología (octubre 1978, septiembre 1979)».** SALA, M., y SALVADOR FRANCH, F.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 96-103, esp., bibl. IGME.

* Reunión, Geomorfología, Informe actividad.

842015. **Reunión de la Comisión de la UGI «Investigación y cartografía geomorfológicas» (6-16 septiembre 1979).** SALA, M.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 104-106, esp., bibl. IGME.

* Reunión, Mapa geomorfológico, Cartografía, Informe actividad.

842016. **El XXIV Congreso Internacional de Geografía y la XV Asamblea General de la UGI (Tokio, 1980).** MAJORAL, R.

Rev. geogr. (1980), vol. 14, núm. 1-2, 115-120, esp., bibl. IGME.

* Reunión, Geografía, Informe actividad.

CUATERNARIO

841973. **El Cuaternario en la Rioja Alta.** PEREZ LORENTE, F.

Cuad. invest. geogr. (1983), vol. 9, núm. 1-2, 15-28, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cuaternario, Glacis, Terraza, Reserva hidrográfica, Morfología fluvial, Control tectónico, Mapa geomorfológico, Cuenca Ebro, Provincia Logroño.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

841803. **Avances recientes en el análisis de la estabilidad de taludes.** LLORET, A.; GILI, J.; GENS, A., y ALONSO, E.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. Esc. Téc. Sup. Ing. Caminos, Barcelona (1984), PGII.1-PGII.64, 180 ref., esp., bibl. IGME.

* Estabilidad de ladera, Mecánica suelo, Mecánica roca, Análisis elemento finito, Desprendimiento, Ruptura, Modelo físico, Modelo 3 dimensiones, Modelo matemático, Microtectónica, Método estadístico.

841804. **Estudio, tratamiento y vigilancia de deslizamientos en la región Rhone Alpes, Francia.** GAUSSET, Ph.; LOPEZ CARRERAS, C., y RIERA, M.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), II.1.1-II.1.10, esp., bibl. IGME.

* Estabilidad de ladera, Deslizamiento terreno, Deslizamiento ladera, Estabilización, Rhone, Alpes franceses.

841805. **Auscultación de laderas y control de grandes deslizamientos: Metodología.** PINCENT, B., y VIDAL FONT, J.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), II.2.1-II.2.7., ref., esp., bibl. IGME.

* Estabilidad de ladera, Deslizamiento terreno, Previsión, Metodología.

841806. **La instrumentación aplicada al estudio y seguimiento de taludes.** PEREZ SAIZ, A.; GUTIERREZ MANJON, J. M., y GOMEZ ARRUCHE, J.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), II.3.1-II.3.14, 2 ref., esp., bibl. IGME.

* Estabilidad de ladera, Ladera, Deslizamiento terreno, Instrumentación, Piezometría, Inclinación, Extensómetro, Obras Públicas.

841807. **La rotura progresiva en la estabilidad de taludes.** JIMENEZ SALAS, J. A.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), II.4.1-II.4.4, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Estabilidad de ladera, Ruptura, Método matemático, Deslizamiento terreno, Colada de barro.

841808. **Coste social de la inestabilidad de laderas y métodos de corrección.** GARCIA YAGÜE, A.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), PG III.1-PG III.8, esp., bibl. IGME.

* Teoría, Coste, Deslizamiento terreno, Movimiento masa, Estabilización, Protección medio ambiente.

841809. **Problemas de inestabilidad de laderas en el Pirineo Central Francés, relacionados con la ordenación del territorio.** VIDAL FONT, J.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), III.1.1-III.1.6, esp., bibl. IGME.

* Planificación regional, Urbanización, Estabilidad de ladera, Desprendimiento, Elección de lugar, Pirineos Centrales, Pirineos franceses.

841811. **Estabilización de taludes rocosos en la vertiente de Ripoll.** LOPEZ, C., y GORGORIO, J.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), III.3.1-III.3.6, esp., bibl. IGME.

* Estabilización, Ladera, Anclaje, Deslizamiento terreno, Junta estratificación, Mecánica roca, Microtectónica, Vía de comunicación, Bulonado, Provincia Gerona.

841812. **Obras hidrológicas en el Valle de Arán y Alta Ribagorza y su funcionamiento en las últimas riadas.** BROCAL, J.

Jornadas de trabajo sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. ETSIC, Barcelona (1984), III.4.1-III.4.8, esp., bibl. IGME.

* Erosión, Control erosión, Daño catástrofe natural, Crecida río, Protección medio ambiente, Estabilización, Di-que de contención, Pirineos españoles, Provincia Lérida.

841871. **La evaluación «permanente» de emplazamientos nucleares en España. La perspectiva del Organismo de Seguridad Nuclear.** ACHA, A. d.

Energ. nucl. (Madrid), 1983, vol. 27, núm. 141, 27-46, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Central nuclear, Elección de lugar, Estudio impacto medio, Legislación, Institución, Perspectivas, España.

841873. **Consideraciones previas sobre la evaluación segura de los residuos radioactivos en formaciones geológicas.** SANCHEZ SANCHEZ, J.

Energ. nucl. (Madrid), 1983, vol. 27, núm. 144, 319-327, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Residuo radioactivo, Clasificación, Toxicidad, Almacén subterráneo, Elección de lugar, Propiedad física, Propiedad química, España.

841880. **Auscultación y registro de la emisión acústica-actividad microsísmica generada en macizos rocosos; interpretación petrofísica de las condiciones de estabilidad geomecánica.** MONTOTO SAN MIGUEL, M.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 239-248, 17 ref., esp., bibl. IGME.

* Mecánica roca, Granito, Petrofísica, Tensión, Método acústico, Microseísmo, Vigo, Mina Beta, Provincia Pontevedra, Provincia Córdoba.

841885. **El Real Decreto 1.116/1984, de 9 de mayo, sobre restauración de terrenos afectados por explotaciones a cielo abierto.**

Ind. min. (1984), núm. 241, 31-33, esp., bibl. IGME.
* Legislación, Reacondicionamiento, Mina, Carbón, Cielo abierto, España.

841886. **Diagnóstico del medio urbano.**

Inf. ambiental (1984), núm. 2, 16-17, esp., bibl. IGME.
* Planificación urbana, Protección medio ambiente, Perímetro protección, Estudio medio, Alcalá de Henares, Provincia Madrid.

841887. **La sombra del agua.** GIL, A.

Inf. ambiental (1984), núm. 2, 19-20, esp., bibl. IGME.
* Protección medio ambiente, Perímetro protección, Sequía, Contaminación, Agua superficial, Depresión acuífero, Tablas de Daimiel, Provincia Ciudad Real.

841888. **De tierra de promisión a paraíso perdido.**

Inf. ambiental (1984), núm. 2, 22-23, esp., bibl. IGME.
* Recursos agua, Depresión acuífero, Intrusión agua salada, Campo de Dalías, Provincia Almería.

841889. **Un freno a la erosión del planeta.**

Inf. ambiental (1984), núm. 2, 25-26, esp., bibl. IGME.
* Monografía, Desertificación, Erosión, Erosión suelo, Protección medio ambiente, Naciones Unidas.

841991. **Cuatro años de estrategia española.**

Inf. ambiental (1984), núm. 3, 5-9, bibl. IGME.
* Política Estado, Conservación, Protección medio ambiente, Legislación, España.

841992. **Espacios naturales protegidos.**

Inf. ambiental (1984), núm. 3, 10-14, esp., bibl. IGME.
* Inventario, Protección medio ambiente, Conservación, España.

841993. **Sentimiento y conservación de la naturaleza en España.** GONZALEZ BERNALDEZ, F.

Inf. ambiental (1984), núm. 3, 15-17, 9 ref., esp., bibl. IGME.
* Histórico, Conservación, Protección medio ambiente, España.

841994. **Unidad de gestión en la conservación de la naturaleza.** FERNANDEZ GALIANO, E.

Inf. ambiental (1984), núm. 3, 18-19, 1 ref., esp., bibl. IGME.
* Planificación, Planificación regional, Conservación, Gestión.

841995. **Historia del movimiento conservacionista.** VARRILLAS, B.

Inf. ambiental (1984), núm. 3, 23-25, esp., bibl. IGME.
* Histórico, Conservación, Institución, Protección medio ambiente, España, Mundo.

841996. **Bibliografía española sobre conservación de la naturaleza.** MAGARIÑOS, A.

Inf. Ambiental (1984), núm. 3, 43-48, esp., bibl. IGME.
* Síntesis bibliográfica, Protección medio ambiente, Conservación.

842018. **Problemática actual de los estudios de paisaje integrado.** BOLOS i CAPDEVILA, M. de.

Rev. geogr. (1981), vol. 15, núm. 1-2, 45-68, 88 ref., esp., res. ing., fr., bibl. IGME.
* Estudio medio, Ecosistema, Paisaje.

842020. **La UICN se reúne en España. La naturaleza en asamblea.** ANONIMO.

Rev. MOPU (1984), núm. 315, 74-75, esp., bibl. IGME.
* Reunión, Institución, Informe actividad, Protección medio ambiente, Mundo.

842021. **Readaptación de balsas y escombreras al medio ambiente.** IBERGESA.

IGME (1980), núm. 00629, 77 pp., 20 ref., esp., CD. IGME.
* Reacondicionamiento, Vegetación, Residuo sólido, Mina, Polución, Protección medio ambiente.

842022. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Zona Linares-Baeza (Jaén).** IGME.

IGME (1980), núm. 00630, 5 vol., esp., CD. IGME.
* Planificación regional, Geología elemental, Hidrología, Yacimientoología, Provincia Jaén.

842023. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Zona Linares-Baeza (Jaén). Tomo I - Memoria.** IGME.

IGME (1980), núm. 00630, 259 pp., 51 ref., esp., CD. IGME.
* Ecología humana, Agricultura, Industria, Clima, Precipitación atmosférica, Balance agua, Gestión reserva agua, Agua subterránea, Fuente, Pozo agua, Inventario, Geología elemental, Yacimientoología, Plomo sustancia, Cantera, Material construcción, Propiedad física, Provincia Jaén.

842024. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Zona Linares-Baeza (Jaén). Tomo II. Anejo I - Planos. Anejo II - Fotografías.** IGME.

IGME (1980), núm. 00630, 28 mapas, esp., CD. IGME.
* Atlas, Mapa hidráulico, Mapa yacimientos minerales, Mapa geotectónico, Red drenaje, Provincia Jaén.

PALEONTOLOGIA: GENERALIDADES

841899. **Introducción al estudio de los Calamites del Carbonífero de Surroca-Ogassa de St. Joan de les Abadeses (Girona).** NEBOT, M., y HERNANDEZ, T.

Puig Castellar, 3.ª época, 1981, núm. 4, 110-118, 17 ref., esp., bibl. IGME.
* Pteridofita, Calamites, Clasificación, Morfología, Biometría, Dinantiense, Westfaliense, Stefaniense, Cuenca hullera, Provincia Gerona.

PALEONTOLOGIA: INVERTEBRADOS

841892. **Asociaciones malacológicas vivas y muertas de tres unidades bionómicas de la Cala Portichel (Alicante, España).** FRESNEDA, M.; ACUÑA, J. D., y BORONAT, J.

Mediterránea ser. geol. (1984), núm. 3, 65-83, 23 ref., esp., res. ing., fr., bibl. IGME.

* Gasterópodo, Bivalva, Alga, Asociación fósil, Biocenosis, Inventario, Medio marino, Provincia Alicante, Mar Mediterráneo Oeste.

841900. **Adición de un trilobites a la fauna devónica de Santa Creu d'Olorde, Barcelona.** SERO I PUIG, J.

Puig Castellar, 3.ª época, 1982, núm. 5, 168-169, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Phacopida, Phacops, Devónico, Provincia Barcelona.

841901. **Conchas de la glaciación Würmlense frente a Sant Carles de la Rápita, Tarragona.** CASTELL, J. V.

Puig Castellar, 3.ª época, 1982, núm. 5, 171-173, 19 ref., esp., bibl. IGME.

* Astartida, Perisphinctida, Pectinacea, Neogastropoda, Panopea, Arctica, Chlamys, Buccinum, Concha, Wurm, Pleistoceno sup., Provincia Tarragona.

TECTONICA

841875. **La estructura del zócalo premesozoico de la Península Ibérica.** JULIVERT, M.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 195-203, 60 ref., esp., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Orogenia hercínica, Cadena geosinclinal, Primario, Península Ibérica.

841876. **Investigaciones sobre Neotectónica en Cataluña.** FONTBOTE, J. M.; SANTANACH, P. F., y VILLAPLANA, J. M.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 205-214, 36 ref., esp., bibl. IGME.

* Neotectónica, Compresión tectónica, Geometría, Microtectónica, Eoceno, Oligoceno, Cataluña.

841877. **Criterios geomorfológicos aplicados al estudio de la Neotectónica en áreas continentales. Ejemplos en la Cadena Ibérica, Depresión del Ebro y Pirineos.** GUTIERREZ ELORZA, M.; RODRIGUEZ VIDAL, J.; SIMON LOPEZ, J. L., y PEÑA MONNE, J. L.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 217-222, 19 ref., esp., bibl. IGME.

* Neotectónica, Deformación, Superficie erosión, Glacis, Terraza, Macizo Ibérico, Cuenca Ebro, Pirineos españoles.

841878. **Investigación sobre Neotectónica en el Centro, Sur y Levante de la Península.** CAPOTE, R.; GOY, J. L.; ZAZO, C.; CARBO, A.; GONZALEZ DE VALLEJO, L.; HERNANDEZ ENRILE, J. L.; UBANELL, A. G., y VEGAS, R.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 223-230, 25 ref., esp., bibl. IGME.

* Neotectónica, Basamento, Compensación isostática, Riesgo sísmico, Cuenca Tajo, Hercínico Centro, Provincia Almería, Provincia Murcia.

841879. **Neotectónica y sismicidad en las Cordilleras Béticas: Una revisión de resultados.** GARCIA DUEÑAS, V.;

SANZ DE GALDEANO, C.; DE MIGUEL, F., y VIDAL, F.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 21 ref., esp., bibl. IGME.

* Sismotectónica, Sismicidad, Neotectónica, Red fractura, Seísmo, Mecanismo focal, Magnitud sísmica, Frecuencia, Cordillera Bética, Zona Bética.

841881. **Neotectónica de la depresión de Granada y áreas próximas. Métodos empleados para el estudio de las deformaciones neotectónicas.** ESTEVEZ, A., y SANZ DE GALDEANO, C.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 249-257, 30 ref., esp., bibl. IGME.

* Neotectónica, Depresión, Deformación, Geomorfología, Microtectónica, Levantamiento geofísico, Geoquímica, Prospección-martillo, Depresión Granada, Zona Bética, Provincia Granada.

841882. **Investigación interdisciplinar sobre las deformaciones recientes en el sector meridional de la Vega Alta del Segura, Murcia: Criterios hidrogeológicos aplicables al estudio de la Neotectónica en el Sureste español.** RODRIGUEZ ESTRELLA, T., y LOPEZ BERMUDEZ, F.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, 149-150, 259-266, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Neotectónica, Falla, Hidrogeología, Piezometría, Salinidad, Acuífero, Aluvión, Geomorfología, Provincia Murcia.

841883. **Neotectónica y sismicidad de la Depresión de Granada.** VIDAL, F.; MIGUEL, F., y SANZ DE GALDEANO, C.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 267-275, 25 ref., esp., bibl. IGME.

* Sismicidad, Seísmo, Mecanismo focal, Neotectónica, Tectónica encajante, Geometría, Red fractura, Falla, Depresión de Granada, Zona Bética, Provincia Granada.

841904. **Alineaciones de volcanes en la región volcánica central española.** ANCOCHEA, E., y BRANDLE, J. L.

Rev. geofís. (1982), vol. 38, núm. 2, 133-138, 11 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Lineamiento, Volcán, Geometría, Fracturación, Orogenia hercínica, Manifestación volcánica, Mioceno sup., Plioceno, Pleistoceno, FORTTRAN, Campos de Calatrava, Provincia Ciudad Real.

841974. **Fallas cuaternarias en las proximidades de Alcanadre y en la Rioja Baja.** ATARES DEL CAMPO, A.; ORTEGA-LOZANO, A., y PEREZ-LORENTE, F.

Cuad. invest. geogr. (1983), vol. 9, núm. 1-2, 29-40, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Falla, Falla horizontal, Terraza, Deformación, Compresión tectónica, Neotectónica, Microtectónica, Cuenca Ebro, Provincia Logroño.

HIDROGEOLOGIA

841847. **Aforos directos en los ríos y arroyos de las calizas de la Alcarria y Mesa de Ocaña.** Informe técnico núm. C. A. 2. IGME.

IGME (1980), núm. 35037, 14 pp., esp., CD. IGME.

* Divisoria de aguas, Red hidrográfica, Caudal río, Aforo, Dato, Cuenca Tajo, Provincias Guadalajara, Madrid, Toledo.

841848. **Aforos directos realizados en la fosa miocena del Tajo. Sistema acuífero núm. 14. Informe técnico número F. M.-2.** IGME.

IGME (1980), núm. 35045, 16 pp., esp., CD. IGME.

* Divisoria de aguas, Mioceno, Red hidrográfica, Aforo, Dato, Cuenca Tajo.

841849. **Estudio hidrogeológico de la zona norte de España.** Asturias. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 4 vol., esp., CD. IGME.

* Acuífero, Agua subterránea, Asturias.

841850. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España.** Asturias. Tomo I. Memoria. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 132 pp., esp., CD. IGME.

* Acuífero, Roca carbonatada, Roca clástica, Secundario, Terciario, Balance agua, Asturias.

841851. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España.** Asturias. Tomo I. Memoria. Sistema núm. 1. Unidad Mesozoica. Gijón-Villaviciosa. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 1-74, esp., CD. IGME.

* Acuífero, Karst, Permeabilidad, Fracturación, Trías, Jurásico, Roca carbonatada, Roca clástica, Corte geológico, Mapa hidrogeológico, Piezometría, Transmisividad, Sondeo, Alimentación natural, Balance agua, Reserva, Asturias.

841852. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España.** Asturias. Tomo I. Memoria. Sistema acuífero número 2. Unidad Mesoterciaria. Oviedo-Cangas de Onís. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 75-132, esp., CD. IGME.

* Acuífero, Sistema multicapa, Roca clástica, Cretácico, Terciario, Corte geológico, Fauna, Mapa hidrogeológico, Piezometría, Alimentación natural, Balance agua, Reserva, Asturias.

841853. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España.** Asturias. Tomo II. Climatología. Piezómetros. Estaciones y secciones de aforo. Hidroquímica. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 198 pp., esp., CD. IGME.

* Precipitación atmosférica, Isoyeta, Evapotranspiración, Piezometría, Sondeo, Inventario, Hidroquímica, Caudal, Aforo, Asturias.

841854. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España.** Asturias. Tomo II. Inventario de puntos de agua. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 146 pp., esp., CD. IGME.

* Pozos agua, Sondeo, Fuente, Agua subterránea, Inventario, Asturias.

841855. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España.** Asturias. Tomo IV. Caliza de montaña Cántabro-Astur. IGME.

IGME (1980), núm. 36022, 206 pp., esp., CD. IGME.

* Acuífero, Caliza, Primario, Deformación, Orogenia hercínica, Agua subterránea, Hidrodinámica, Infiltración, Simulación, Modelo matemático, Reserva, Caudal, Hidroquímica, Gestión recursos agua, Presa subterránea, Asturias.

841856. **Investigación hidrogeológica en la Laguna de Gallocanta (Zaragoza-Teruel).** Campaña de S. E. V. IGME.

IGME (1981), núm. 40201, 5 pp., esp. CD. IGME.

* Levantamiento eléctrico, Sondeo eléctrico, Acuífero, Plioceno, Cuaternario, Manto aluvión, Mapa geofísico, Provincia Zaragoza, Provincia Teruel.

841857. **Investigación geoelectrica en Muniesa, Teruel.** IGME.

IGME (1981), núm. 40204, 4 pp., esp., CD. IGME.

* Levantamiento eléctrico, Sondeo eléctrico, Sinclinal, Acuífero, Caliza, Dolomía, Jurásico inf., Jurásico sup., Mapa geológico, S. E. V., Muniesa, Provincia Teruel.

841884. **Las aguas subterráneas en el IGME y desde el IGME.** AZCARATE MARTIN, J. E.

Ind. min. (1984), núm. 241, 21-30, esp., bibl. IGME.

* Estudio crítico, Histórico, Informe actividad, Agua subterránea, Legislación, Perspectivas, IGME, España.

842025. **Estudio del medio natural en zonas deprimidas. Zona Linares-Baeza (Jaén).** Tomo III. Anejo III-Hidrología superficial. IGME.

IGME (1984), núm. 00630, 140 pp., esp., CD. IGME.

* Hidrología superficie, Divisoria aguas, Caudal río, Aforo, Método estadístico, Gestión recurso agua, Provincia Jaén.

MINERALOGIA: GENERALIDADES

841898. **Recopilación descriptiva de la mineralogía de Santa Coloma de Gramanet (Barcelona).** HERRANDO VILLA, J.

Puig Castellar, 3.ª época (1980), núm. 3, 67-76, esp., bibl. IGME.

* Sulfuro, Pirita, Galena, Esfalerita, Halógeno, Fluorita, Oxido, Oligisto, Pirolusita, Uraninita, Sulfato, Barita, Yeso, Carbonato, Calcita, Siderita, Malaquita, Tungstato, Silicato, Yacimiento mineralógico, Provincia Barcelona.

MINERALOGIA: SILICATOS

841970. **Efectos de los procesos de individualización cristalina en las propiedades de caolines españoles con historia geológica diversas: 1) Estudio mineralógico.** GONZALEZ PEÑA, J. L.; RODRIGUEZ PASCUAL, C.; OTEO, J. L.; SANDOVAL, F., y LACABA, M.

Bol. soc. esp. cerám. vid. (1984), vol. 23, núm. 5, 315-325, 16 ref., esp., res. ing., franc., al., bibl. IGME.

* Pílosilicato, Caolín, Composición mineralógica, Difracción RX, Análisis térmico diferencial, Análisis termogravimétrico, Microscopía electrónica, Análisis químico.

MINERALOGIA: NO SILICATOS

841969. **Estudio crítico de la aplicación de la tecnología de difracción de rayos X al análisis químico cuantitativo de sólidos: II. Análisis experimental.** CRIADO, J. M., y REAL, C.

Bol. soc. esp. cerám. vidr. (1984), vol. 23, núm. 5, 307-313, 16 ref., esp., res. ing., fr., al., bibl. IGME.

* Análisis cuantitativo, Difracción RX, Metodología, Estudio crítico, Oxido, Rutilo, Titanio, Carbonato, Estroncianita.

842200. **D. Fausto y D. Juan José de Elhuyar descubridores del wolframio.** LOZANO, F. J.

Quím. Ind. (Madrid), 1984, vol. 30, núm. 9, 573-576, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Tungstato, Tungsteno, Propiedad física, Propiedad química.

842019. **Naturaleza de las «piritas normales» del SO de España. Estudio mineralógico.** NUÑEZ, C., y VIÑALS, J.

Rev. metal. (Madrid), 1984, vol. 20, núm. 4, 246-252, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Pirita, Asociación mineral, Textura, Análisis químico, Sulfuro, Dato mineral, Difracción RX, Fluorescencia RX, Dato RX, Provincia Huelva.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

841890. **El Mioceno Medio de Elda-Petrel (Alicante). III. Medios de sedimentación.** AUERNHEIMER, C.

Mediterránea ser. geol. (1984), núm. 3, 3-39, 65 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sedimentación carbonatada, Caliza, Marga, Clasificación granulométrica, Fauna, Concha, Composición mineralógica, Informe químico, Sedimentación marina, Medio marino, Estructura sedimentaria, Bioturbación, Laminación, Estratificación cruzada, Mioceno medio, Provincia Alicante.

841891. **El Paleógeno del Prebético (Cordillera Bética).** MARTIN ALGARRA, A., y MARTINEZ GALLEGO, J.

Mediterránea ser. geol. (1984), núm. 3, 41-64, 32 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Paleógeno, Sedimentación pelágica, Medio pelágico, Sedimentación carbonatada, Fauna foraminífera, Arcilla, Arenisca, Bioestratigrafía, Variación nivel, Zona Bética.

841893. **Capas rojas triásicas del borde sureste de la meseta, síntesis estratigráfica y sedimentológica.** FERNANDEZ, J.

Mediterránea ser. geol. (1984), núm. 3, 89-105, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Triás, Conglomerado, Arenisca, Arcilla, Evaporita, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Cono aluvión, Río anastomosado, Llano de inundación, Estructura sedimenta-

ria, Estratificación cruzada, Mapa isopacas, Provincias Ciudad Real, Albacete, Jaén.

841894. **Evolución del sistema fluvial de la formación areniscas de Aldearrubia (Paleógeno superior) (provincia de Salamanca).** ALONSO GAVILAN, G.

Mediterránea ser. geol. (1984), núm. 3, 107-130, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Arenisca, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Paleocorriente, Morfología fluvial, Meandro, Llano de inundación, Bioturbación, Eoceno, Oligoceno, Provincia Salamanca.

841896. **Análisis numérico de microfácies carbonatadas del Cretácico Inferior de Sierra Salinas (Alicante, España).** PINA, J. A.; AUERNHEIMER, C., y FERRANDIS, E.

Mediterránea ser. geol. (1984), núm. 3, 139-149, 21 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cretácico inf., Sedimentación carbonatada, Microfácies, Análisis numérico, Análisis grupo, Análisis correspondencia, Sedimentación lagunar, Sedimentación fluvial, Sedimentación deltáica, Medio fluvial, Medio deltáico, Provincia Alicante.

YACIMENTOLOGIA: METALES

841858. **Estudio magnetométrico de las áreas «Santa Rita» y «Río Chanzas», Huelva.**

IGME (1981), núm. 40206, 35 pp., esp., CD. IGME.

* Prospección minera, Magnetita, Hierro sustancia, Método magnético, Levantamiento magnético, Gneis, Volcano sedimentario, Anomalía magnética, Mapa geológico, Provincia Huelva.

YACIMENTOLOGIA: SUSTANCIAS NO METALICAS

841889. **Antiguas salinas de la Comarca de Aranjuez.** LOPEZ GOMEZ, A., y ARROYO ILERA, F.

Estud. geogr. (1983), vol. 44, núm. 172-173, 339-370, 37 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Histórico, Evaporita sustancia, Marga, Mioceno, Cuenca Tajo, Provincia Madrid, Provincia Toledo.

CARBON

841818. **Investigación geológico-minera del área carbonífera de La Justa-Aramil (Cuenca Central Asturiana).** ENADIMSA.

IGME (1979), 2 vol., núm. 10654, esp., CD. IGME.

* Carbón, Perspectiva minera, Asturias.

841819. **Investigación geológico-minera del área carbonífera de La Justa-Aramil (Cuenca Central Asturiana).** Texto. ENADIMSA.

IGME (1979), 60 pp., núm. 10654, esp., CD. IGME.

* Carbón, Análisis químico, Prospección minera, Informe actividad, Concesión minera, Mina, Inventario, Devónico, Carbonífero, Pérmico, Triás, Cretácico, Corte geológico, Capa carbón, Correlación, Fauna, Pliegue, Sinclinal, Falla, Orogenia hercínica, Asturias.

841820. **Investigación geológico-minera del área carbonífera de La Justa-Aramil (Cuenca Central Asturiana).** Planos. ENADIMSA.

IGME (1979), 34 mapas, núm. 10654, esp., CD. IGME.

* Atlas, Mapa geológico, Mapa hullero, Corte geológico, Carbonífero, Asturias.

GEOQUIMICA

841999. **Programas aplicables al análisis químico de sustancias minerales.** VALLE, A. del., y NIÑO, M. P.

Quím. Ind. (Madrid), 1984, vol. 3, núm. 9, 571-572, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Análisis químico, Tratamiento dato, Programa ordenador.

GEOFISICA

841859. **Prospección geofísica de depósitos de sulfuros en las zonas de Villagordo (Hoja 961) y El Peralejo (Hoja 939).** IGME.

IGME (1981), núm. 40207, 14 pp., esp., CD. IGME.

* Informe actividad, Sulfuro, Levantamiento geofísico, Método gravimétrico, Método eléctrico, Resistividad eléctrica, Instrumentación, Metodología, Roca volcánica, Composición ácida, Falla, Anomalía Bouguer, Anomalía magnética, Mapa curvas de nivel, Mapa geofísico, Provincia Jaén.

841860. **Sísmica de reflexión en la Cuenca de Ronda (Málaga).** IGME.

IGME (1981), núm. 40208, 28 pp., esp., CD. IGME.

* Método sísmico, Levantamiento sísmico, Sísmica de reflexión, Depresión, Perfil geofísico, Hidrogeología, Caliza, Jurásico, Mioceno sup., Pleistoceno, Plioceno, Provincia Málaga.

841861. **Investigación geofísica en «El Paredón», reserva Cerro Muriano. Córdoba.** IGME.

IGME (1981), núm. 40209, 2 vol., esp., CD. IGME.

* Prospección minera, Sulfuro, Yacimiento polimetálico, Levantamiento geofísico, Antecámbrico, Carbonífero, Volcano sedimentario, Mapa geológico, Mapa geofísico, Provincia Córdoba.

841862. **Investigación geofísica en «El Paredón», reserva Cerro Muriano, Córdoba. Informe.** IGME.

IGME (1981), núm. 40209, 21 pp., esp., CD. IGME.

* Prospección minera, Sulfuro, Yacimiento polimetálico, Levantamiento eléctrico, Resistividad eléctrica, Sondeo eléctrico, Polarización provocada, Levantamiento gravimétrico, Levantamiento magnético, Antecambriano, Carbonífero, Volcano sedimentario, Provincia Córdoba.

841863. **Investigación geofísica en «El Paredón», reserva Cerro Muriano, Córdoba. Planos.** IGME.

IGME (1981), núm. 40209, 16 planos, esp., CD. IGME.

* Atlas, Mapa geológico, Mapa geofísico, Resistividad eléctrica, Carbonífero, Volcano sedimentario, Provincia Córdoba.

841870. **Boletín sísmico año 1982. OBSERVATORIO GEOFISICO ALMERIA.**

Bol. sísmico (1982), 38 pp., esp., bibl. IGME.

* Sismicidad, Onda largo período, Onda corto período, Dato, Observatorio, Mundo.

841874. **Necesidad del análisis del riesgo geológico.** MINGARRO MARTIN, E.

Energ. nucl. (Madrid), 1984, vol. 28, núm. 149-150, 189-193, esp., bibl. IGME.

* Teoría, Neotectónica, Catástrofe natural, Riesgo sísmico, Método estadístico.

841903. **Estudio generalizado del principio de supresión y equivalencia asociada en cortes de tres capas. Detectabilidad de un estrato en el método SEV.** HERNANDEZ, M. C.

Rev. geofis. (1982), vol. 38, núm. 2, 121-131, 7 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Método eléctrico, Sondeo eléctrico, Resistividad eléctrica, Espesor, Estratificación, Principio de supresión, Principio de equivalencia, Abaco.

841905. **Nota sobre la detectabilidad de una capa en el método SEV.** ORELLANA, E.

Rev. geofis. (1982), vol. 38, núm. 2, 149-154, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Método eléctrico, Sondeo eléctrico, Resistividad eléctrica, Espesor, Profundidad, Estratificación.

841906. **Métodos de inversión numérica y su aplicación a la interpretación de perfiles sísmicos.** SURINACH, E.

Rev. geofis. (1982), vol. 38, núm. 2, 155-166, 17 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Método sísmico, Perfil geofísico, Problema inverso, Sondeo sísmico profundo, Corteza terrestre, Tiempo recorrido, Yepes, Provincia Cáceres, Provincia Toledo.

841908. **Deformación rotacional de una tierra elástica.** SEVILLA, M. J., y GONZALEZ CAMACHO, A.

Rev. geofis. (1982), vol. 38, núm. 2, 177-187, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Deformación, Deformación elástica, Planeta Tierra, Rotación, Ecuación matemática, Análisis armónico esférico.

841909. **Desarrollo histórico de los catálogos sísmicos de España.** MUÑOZ, D., y UDIAS, A.

Rev. geofís. (1982), vol. 38, núm. 2, 189-193, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Inventario, Catálogo, Seísmo, Sismicidad, Histórico, Cronología, España.

842003. **Teoría clásica de haces Gaussianos.** CISTERNAS, A.; JOBERT, G., y COMPTE, P.

Rev. geofís. (1984), vol. 40, núm. 1, 27-32, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Teoría, Propagación onda, Onda sísmica, Medio heterogéneo, Algoritmo, Gauss.

842004. **Errores esperados en las localizaciones de sísmos en la Depresión de Granada.** GUIRAO, J. M., y MIGUEL, F. de.

Rev. geofís. (1984), vol. 40, núm. 1, 33-42, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Hipocentro, Error, Microtemblor de la tierra, Tiempo de llegada, Onda P, Onda S, Método matemático, Red sísmica, Depresión Granada, Provincia Granada.

FISICA DEL GLOBO

841907. **Un nuevo enfoque para el estudio de datos microsísmicos basado en el análisis de codas.** HERRAIZ, M., y MEZCUA, J.

Rev. geofís. (1982), vol. 38, núm. 2, 167-178, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sismicidad, Microseísmo, Sismograma, Factor Q, Amplitud, Magnitud sísmica, Momento sísmico, Estudio caso, Provincia Murcia, Provincia Granada, Pirineos franceses.

841967. **Anuarios de geomagnetismo. Observatorios de San Pablo (Toledo) y Almería. Año 1982.**

Anu. Geomagn. (1984), 104 pp., esp., bibl. IGME.

* Propiedad magnética, Medida en el suelo, Dato, Variación secular, Declinación magnética, Variación diurna, Observatorio, Provincia Toledo, Provincia Almería.

842005. **Fuertes incrementos de contenido electrónico total y densidad electrónica, en condiciones geomagnéticas diferentes.** EZQUER, R. G.; MANZANO, J. R., y ORTIZ DE ADLER, N.

Rev. geofís. (1984), vol. 40, núm. 1, 43-52, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Densidad electrónica, Campo magnético, Ionosfera, Método satélite, Contenido electrónico total, Tucumán, Argentina.

ENERGIA

841872. **La energía nuclear. Europa y el Mundo (Análisis de un Congreso).** ALONSO, A.

Energ. nucl. (Madrid), 1983, vol. 27, núm. 143, 191-209, esp., bibl. IGME.

* Reunión, Energía nuclear, Tecnología, Perspectiva, Institución, Cooperación internacional, Forum Atómico Internacional.

841971. **Visita a la explotación de carbón a cielo abierto de ENCASUR en Peñarroya, Córdoba.** ESQUITINO, F.

Cant. explot. (1984), núm. 211, 19-28, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Capa carbón, Sinclinal, Cielo abierto, Producción, Explotación, Geología minera, Provincia Córdoba.

841990. **Datos comparativos de la minería del carbón.** FEDERACION NACIONAL EMPRESARIOS MINAS CARBON.

Datos comp. min. carbón refino pet. (1984), núm. 4-5-6, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Producción, Utilización sustancia, Inventario, Dato, Coste, Provincias León, Oviedo, Valencia, Teruel.

MAPAS

841766. **Usagre.** APALATEGUI, O., e HIGUERAS, P. *MAGNA, IGME* (1983), núm. 855, 29 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca volcánica, Roca carbonatada, Conglomerados, Arenisca, Pizarra, Grauvaca, Roca ígnea, Granito, Gneis, Ortogneis, Roca metamórfica, Infracámbrico, Primario, Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Deformación, Falla, Discontinuidad, Metamorfismo regional, Metamorfismo dinámico, Memoria explicativa, Mapa geológico, Provincia Badajoz.

841767. **Monesterio.** FERNANDEZ CARRASCO, J.; COULLAUT, J. L.; EGUILUZ, L., y GARROTE, A.

MAGNA, IGME (1983), núm. 897, 25 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Proterozoico, Cámbrico, Plioceno, Holoceno, Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Microtectónica, Roca ígnea, Anatexia, Metamorfismo regional, Provincia Badajoz, Huelva, Hercínico Sur.

841768. **Aroche.** APALATEGUI, O.; BARRANCO, E.; CONTRERAS, F., y ROLDAN, F. J.

MAGNA, IGME (1983), núm. 916, 40 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Antecámbrico, Cámbrico, Silúrico, Ordovícico, Devónico, Carbonífero, Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Roca ígnea, Provincia Huelva, Hercínico Sur.

841769. **Almería.** BAENA, J., y VOERMANS, F. *MAGNA, IGME* (1983), núm. 1.045, 53 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Micaesquisto, Cuarzita, Roca carbonatada, Roca clástica, Infracámbrico, Pérmico, Trías, Jurásico, Neógeno, Cuaternario, Esquistosidad, Foliación, Orogenia alpina, Tectónica superpuesta, Aloctonía, Manto, Metamorfismo, Provincia Almería.

841770. **Adra.** ALDAYA, F. *MAGNA, IGME* (1983), núm. 1.057, 46 ref., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Primario, Trías, Neógeno, Cuaternario, Manto, Aloctonía, Roca carbonatada, Cuarzita, Micaesquisto, Sedimentación deltaica, Medio deltaico, Fauna, Metamorfismo, Esquistosidad, Orogenia alpina, Tectónica superpuesta, Deformación, Corrimiento gravedad, Neotectónica, Provincia Almería.

841771. **El Pozo de los Fralles.** PINEDA, A.; GOY, J. L.; ZAZO, C.; GINER, J., y BAENA, J.

MAGNA, IGME (1983), núm. 1.060, 65 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Roca volcánica, Mioceno sup., Plioceno, Cuaternario, Tectónica encajante, Geomorfología, Provincia Almería, Zona Bética.

841997. **Vic.** INYPSA.

MAGNA, IGME (1983), núm. 332, 74 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Cámbrico, Ordovícico, Cuaternario, Terraza, Roca clástica, Roca ígnea,

Cuarzita, Caliza, Marga, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Paleogeografía, Paleoclima, Mapa geomorfológico, Fauna, Asociación fósil, Reserva hidrográfica, Provincia Barcelona.

ECONOMIA

841998. **Nuevos productos para la purificación por flotación del cloruro sódico.** LOPEZ GOMEZ, F. A., y FERNANDEZ GARCIA, D.

Quím. Ind. (Madrid), 1984, vol. 3, núm. 9, 565-569, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Experiencia, Halogenuro, Halita, Flotación, Metodología.

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, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua española 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.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

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 modificación alguna, adición o supresión 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.

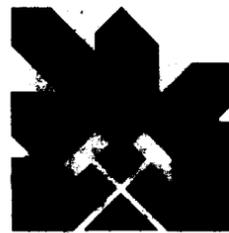
Tiradas aparte.

Se asignan 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito 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. 28003-Madrid



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid