

En este número:

- The Esla Nappe and its implications for the palaeogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain).
- The Peñolas structure in the Peña Corada unit, Cantabrian Mountains (Spain).
- Estudio de flotación de la Casiterita y Tantalita del «Leucogranito» de la Mina Penouta (Orense).
- Mineralización filoniana de Tungsteno en rocas graníticas del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas.
- Análisis factorial de dos campañas de prospección hidrogeoquímica en el Burgo de Osma (Soria).
- Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Trías de la Dorsal Bética).
- Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCV. Tercer Fascículo. Mayo - Junio 1984

boletín geológico y minero

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



Tomo 95
Fascículo III
Mayo - Junio 1984

Boletín Geológico y Minero

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

Geología

Minería

Aguas subterráneas

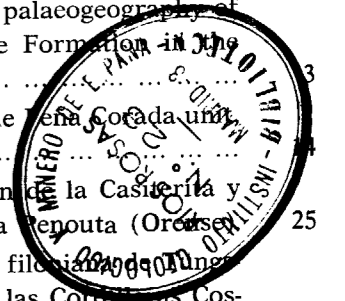
Estudio de Minerales y Rocas

Información

SUMARIO

- T. J. A. REIJERS, D. VAN DEER BAAN y G. VAN DEER SLUYS: The Esla Nappe and its implications for the palaeogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain) 3
- T. J. A. REIJERS: The Peñolas structure in the Peña Corada unit, Cantabrian Mountains (Spain) 8
- R. ALVAREZ RODRÍGUEZ: Estudio de flotación de la Casiterita y Tantalita del «Leucogranito» de la mina Repouta (Oreces) 25
- J. C. MELGAREJO y C. AYORA: Mineralización filoniana de tungsteno en rocas graníticas del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas 35
- A. J. POLVORINOS DEL RÍO: Análisis factorial de dos campañas de prospección hidrogeoquímica en El Burgo de Osma (Soria) 46
- M. D. RUIZ CRUZ y G. BARCELÓ: Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Trías de la Dorsal Bética) 55
- C. S. DE GALDEANO, M. ORTEGA, J. RODRÍGUEZ y N. VELILLA: Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España) 68
- J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Lorenzo Gómez Pardo y Enseñá (1801-1847) 77
- M. GALLEGRO MÁLAGA: El Plan Energético Nacional 84
- Noticias y Notas Bibliográficas 87

20 SET. 1984



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.

The Esla Nappe and its implications for the palaeogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain)

By T. J. A. REIJERS (*), D. VAN DER BAAN (**) y G. VAN DER SLUYS (***)

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

Contacto intrusivo del Ortogneis del «Reventón»
en los esquistos de la serie inferior.
Macizo del Peñalara (Sistema Central Español).

Foto: César Casquet (UCM)

ABSTRACT

Recent sedimentological and structural publications offer opposing views concerning the structural history and depositional facies development in the Esla Nappe in the Cantabrian Mountains (NW Spain). Hence, a review is presented of the various hypotheses on the structural setting. The hypothesis presented by BASTIDA, MARCOS, ARBOLEYA & MÉNDEZ-BEDÍA (1976) on the location of the Peña Corada unit with respect to the Valdoré autochthonous area is considered to be likely but needs to be completed with a hypothesis about the location of the two lobes of the Esla Nappe with respect to the aforementioned elements. Based on facies information from the Givetian-Frasnian Portilla Formation which was hitherto not available, suggestions are offered to complete the reconstruction of the areal relation of the various elements of the Esla Nappe. A map is proposed showing this lateral relationship; this map is taken as a starting point for palaeogeographic reconstruction of two levels in the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation. Such reconstructions are possible only because of new chronostratigraphic information.

The evolution of a carbonate platform is traced. The edge of this platform is successively characterised by a distinct zone of radial ooid accumulations and by two reef tracks. Analysis of the relative positions of the various sediment zones demonstrates the various carbonate sedimentary mechanisms that have been active. It also reveals continuous mild epeirogenetic activity in the area.

RESUMEN

Recientes publicaciones tratando sobre la historia estructural y las facies sedimentológicas del Manto del Esla en las Montañas Cantábricas (NO España), presentan diferentes puntos de vista. En este trabajo se presenta una revisión de las diferentes hipótesis en relación con el estilo estructural de la mencionada área.

La hipótesis presentada por BASTIDA, MARCOS, ARBOLEYA & MÉNDEZ-BEDÍA (1976) sobre la localización de la Unidad de Peña Corada en relación con el área autóctona de Valdoré, es la considerada como más realista. Sin embargo, hace falta todavía una aclaración sobre la relación existente entre los dos lóbulos del Manto del Esla y los elementos anteriormente mencionados del área autóctona de Valdoré y la Unidad de Peña Corada.

Basados en información de las facies de la Formación Portilla (Givetiense-Frasniense), que no estaba disponible en el momento del estudio de BASTIDA et al., se dan algunas sugerencias para completar la reconstrucción y relación areal entre los diferentes elementos del Manto del Esla. Se presenta también un mapa mostrando esta relación lateral; este mapa se ha tomado como punto de partida para la reconstrucción paleogeográfica de dos niveles de la formación caliza de la Portilla (Givetiense-Frasniense). Este tipo de reconstrucción ha sido posible realizarla gracias a nuevas informaciones cronoestratigráficas.

Se ha trazado también la evolución de una plataforma de carbonatos. El borde de esta plataforma está sucesivamente caracterizado por una zona clara de acumulación de ooides y por dos zonas arrecifales. El análisis de las posiciones relativas de las diferentes zonas sedimentarias, demuestra los diferentes mecanismos que han actuado en la sedimentación de los carbonatos. Revela también una continua y discreta actividad epirogenética en el área.

(*) Present address: The Shell Petroleum Development Cy of Nigeria Ltd. P.O. Box 263, Port Harcourt, Nigeria.

(**) Petroleum Development Oman, P.O. Box 81, Muscat, Sultanate of Oman.

(***) BSP, Seria Brunei, NW Borneo.

INTRODUCTION

Sedimentological work during the last few years on the Devonian of the Cantabrian Mountains (NW Spain) has yielded detailed information on facies and their distribution in the Emsian-Couvinian Sta-Lucía Formation (MÉNDEZ-BEDÍA, 1976), the Givetian-Frasnian Portilla Formation (REIJERS, 1980 and REIJERS & TEN HAVE, 1983), and the Frasnian-Mamennian Nocedo and Ermita Formations (FRANKENFELD, 1981).

In addition, various structural aspects of the southern Cantabrian Mountains are now better understood (e.g. BASTIDA, MARCOS, ARBOLEYA & MÉNDEZ-BEDÍA, 1976; ARBOLEYA, 1981; REIJERS, this volume). With the increase in sedimentological and structural knowledge of the area, a number of old questions has been solved. But not all!

In this paper new and hitherto unpublished data are evaluated and integrated with the data referred to above. The question will be addressed: «What was the relative position of the various structural units in the Esla area (Fig. 1) with respect to each other before deformation?». Solving this question is imperative to arrive at an updated and full palaeogeographic reconstruction at the Givetian-Frasnian transition (approximately coinciding with the transition members B-C of the Portilla Formation), and at a level that coincides

with the top of the Portilla Formation during the early Frasnian. These reconstructions form the main subject of the present paper.

REVIEW OF HYPOTHESIS ON STRUCTURAL SETTING

The relationship between the Peña Corada, Felechachas and Aguasalio structural units (Fig. 1), introduced and defined by RUPKE (1965) has been a matter of some disagreement (REIJERS, 1972; BASTIDA et al., 1976; ARBOLEYA, 1981).

RUPKE considered all three units part of one extensive nappe. He based this hypothesis mainly on the map pattern (pp. 48-64). His statement (p. 56) that the Esla Nappe (including the Peña Corada unit) «crossed» the Sabero-Gordón fault zone (Fig. 1), a fundamental E-W line, was questioned by REIJERS (1972), who stated (p. 204) «no reasons (i.e. sedimentological reasons) are present to accept an allochthonous origin of the Peña Corada area, 25 km to the south». REIJERS' statement was based on the then available evidence from the Portilla Formation. This includes an areally distinct linear relationship between the Sabero-Gordón fault zone and the presence of biohermal reefs in the Portilla Formation. This relationship suggests that carbonate production was triggered along an active fault zone and sub-

sequently controlled by synsedimentary sea-bottom movements (REIJERS, 1972, 1974a and 1980).

RUPKE's hypothesis, however, would lead to the assumption that, during the Givetian and the Frasnian, biohermal reefs were formed in a zone some 25 km southerly from where they now occur. There the triggering mechanism must have been another linear elements; e.g. another E-W fault or a series of lined-up sea-bottom irregularities. RUPKE's hypothesis would further lead to the conclusion that the early Westphalian thrusting brought the whole sedimentary sequence present in the Esla Nappe, including the Portilla with its distinct E-W zone of bioherms, from its autochthonous (depositional) position to its present-day (allochthonous) position which, for the biohermal belt, coincides with the position of the Sabero-Gordón fault zone in the subsurface. REIJERS considered this too much of a coincidence. Moreover, he was able to establish correlations between platform-edge facies in the Peña Corada unit and restricted platform-interior facies in the autochthonous Valdoré area (Fig. 1), which suggest closer proximity of the reef barrier at the platform edge to the restricted platform interior facies than would have been present if RUPKE's hypothesis had been correct. Based on this and a number of other facies gradients within the Portilla Formation, REIJERS rejected the hypothesis that the Peña Corada unit came from 25 km to the south, and left the matter at that.

A few years later BASTIDA et al. (1976) suggested a very elegant and simple structural mechanism convincingly explaining various features in the Peña Corada, Felechachas, Aguasalio and Valdoré units. They assumed approximately 20 km of left-lateral movements along the Sabero-Gordón fault, predating deposition of Upper Carboniferous sediments but postdating the main thrusting phase of the nappe. Reconstruction of the map picture before wrench-faulting shows uninterrupted continuation of fold axis from the Peña Corada unit into the Felechachas and Aguasalio lobes. Based on this and a number of facies gradients which will be discussed hereafter, BASTIDA et al. (1976) concluded also that transportation of the Esla Nappe, including the Peña Corada unit has taken place, from a southerly autochthonous towards the present allochthonous position.

REVIEW OF FACIES TRENDS IN STRUCTURAL UNITS

Four lithostratigraphic units have been analysed sedimentologically in more than one structural unit:

- the Cambrian Lancara Formation (ZAMARREÑO, 1972)
- the Emsian-Couvinian Sta. Lucía Formation (DE COO, 1974; MÉNDEZ-BEDÍA, 1976)
- the Givetian-Frasnian Portilla Formation (REIJERS, 1969, 1972, 1974a, b, 1980, this volume; VAN DER BAAN, 1970, VAN DER SLUYS, 1981; REIJERS & TEN HAVE, 1983)
- the Frasnian-Famennian Nocedo and Ermita Formations (FRANKENFELD, 1981).

The main published facies differences in the Valdoré, Peña Corada, Felechachas and Aguasalio areas (Fig. 1) for the Lancara, Sta. Lucía, Nocedo and Ermita Formations are presented in Table 1.

From this table it appears that the Valdoré area consistently contains near-shore facies, whereas the Peña Corada, Aguasalio and Felechachas units, combined or in isolation, are consistently more distal. To this published information new data on the Portilla Formation will now be added.

Sedimentological work by REIJERS (1969, 1972, 1973, 1974a, b, 1980) never included the Aguasalio unit nor the Peña Corada unit east of the river Esla. There areas were studied by VAN DER BAAN (1970). Results of studies of both workers will now be matched. Detailed facies of the two authors are lumped into facies associations, taking into account depositional texture (DUNHAM, 1962), the nature of skeletal and non-skeletal grains, sedimentary structures and (early) diagenetic products. Such facies associations reflect regional physiographic zones. The purpose of recognising such zones is to establish a base on which areal extrapolation can be attempted. Thus, a back-reef, reef-track and a fore-reef belt have been recognised. Areal siliciclastics predominate in certain intervals. Both in the Aguasalio area (VAN DER BAAN, 1970) and in the areas studies by REIJERS the following characteristics are present.

- The back-reef belt contains restricted marine (low diversity) fauna, a mud-supported depositional texture (low hydraulic energy conditions) and structures pointing to extremely shallow-marine to intertidal depositional environments.

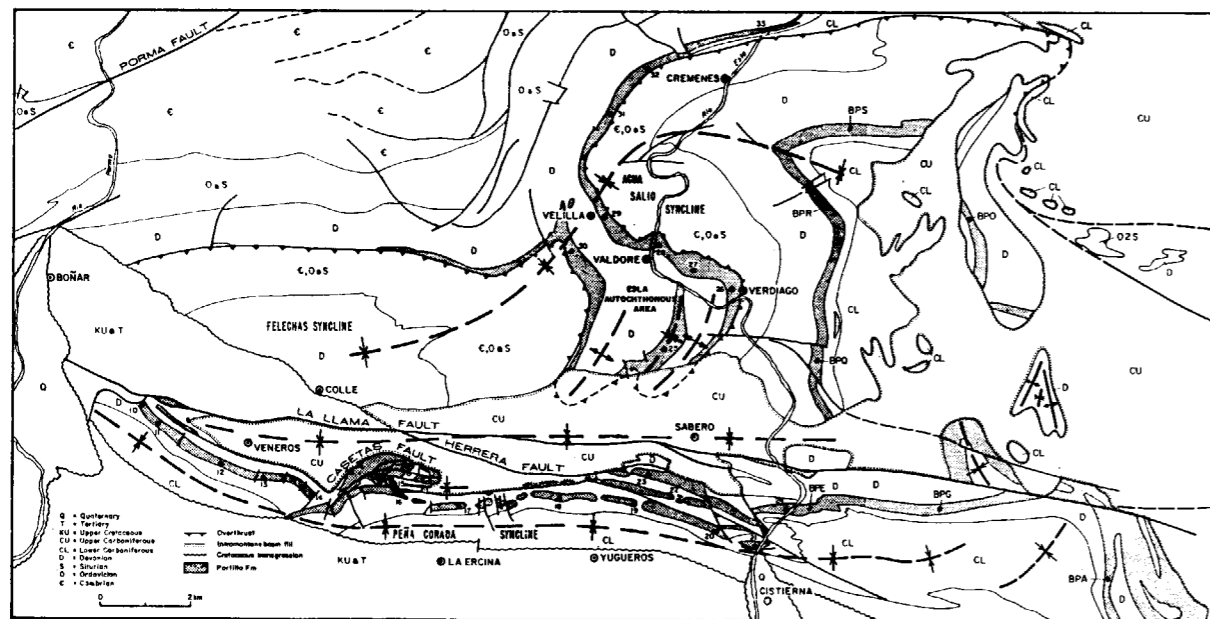


Figure 1.—Location map of sections studied.

TABLE 1
Lithostratigraphic aspects of three units in the Peña Corada, the Aguasalio/Felechas and the Valdoré units

Lithostratigraphic unit	Peña Corada unit	Aguasalio/Felechas unit	Valdoré unit
	Several levels of discontinuous 1st development	Clearly developed level of reefoid limestone throughout	No limestone facies recognised
NOCEDO/ERMITA (cf. FRANKENFELD, 1981)	UPPER UNIT: crs up, but average coarser everywhere than in lower unit MIDDLE UNIT: tidalflat type deposit LOWER UNIT: crs up, back-barrier setting	Three distinct crs up sequences; 1st one ends in reefoid first unit	Incomplete and thinner Upper Devonian than elsewhere
STA. LUCIA (cf. MÉNDEZ-BEDÍA, 1976; BASTIDA et al., 1976)	UPPER MEMBER (80 m); encrinitic 1st, occasionally reddish 1st with bryozoans, brachiopods and branching tabulates MIDDLE MEMBER (60 m); reefoid 1st, (limestone with big stromatoporoids) Favosites and massif Alveolites LOWER MEMBER (70 m); similar to upper member	UPPER MEMBER (110 m); 1st with birds-eyes and laminations occasionally due to algae. Intervals with corals and stromatoporoids of secondary importance with respect to intertidal 1st Mud cracks. LOWER MEMBER (90 m); reefoid 1st with corals, stromatoporoids. Levels with encrinitic 1st	
LANCARA (cf. ZAMARREÑO, 1972)	No Lancara	UPPER MEMBER; red nodular 1st. LOWER MEMBER; dolomitic 1st. with birds-eyes	UPPER MEMBER; red nodular limestone LOWER MEMBER; laminated, stromatolitic limestones

NOTE.—MÉNDEZ-BEDÍA (in BASTIDA et al., 1976) lumps Peña Corada locations 1 and 2 with Aguasalio location 3 and Felechas location 4, and contrasts this to Valdoré locations 5 and 6.

— The reef-track belt contains a wealth of diverse faunal elements with a great variety in growth forms, reflecting moderate to high hydraulic energy conditions.

— The fore-reef belt abounds with crinoids, bryozoans, brachiopods and some corals, reflecting high to low hydraulic energy conditions. In this belt, ooids of variable cortex-composition (REIJERS & TEN HAVE, 1983) areally define a slope-shelf transition.

The recognised facies associations occur as a mosaic throughout the Portilla Formation. They

can be correlated within individual members. Such correlations have been established between the Valdoré area and the eastern part of the Peña Corada unit (Fig. 2) and between the Peña Corada unit and the Aguasalio unit (Fig. 3). These correlations allow comparison of the lithostratigraphic characteristics of individual members of the Portilla. Great similarities appear to be present as is summarised below (see also Figs. 2 & 3).

— The lower unit of the Portilla Formation (Veneros Member; REIJERS, 1972) is almost exclusively developed as a fore-reef belt. The

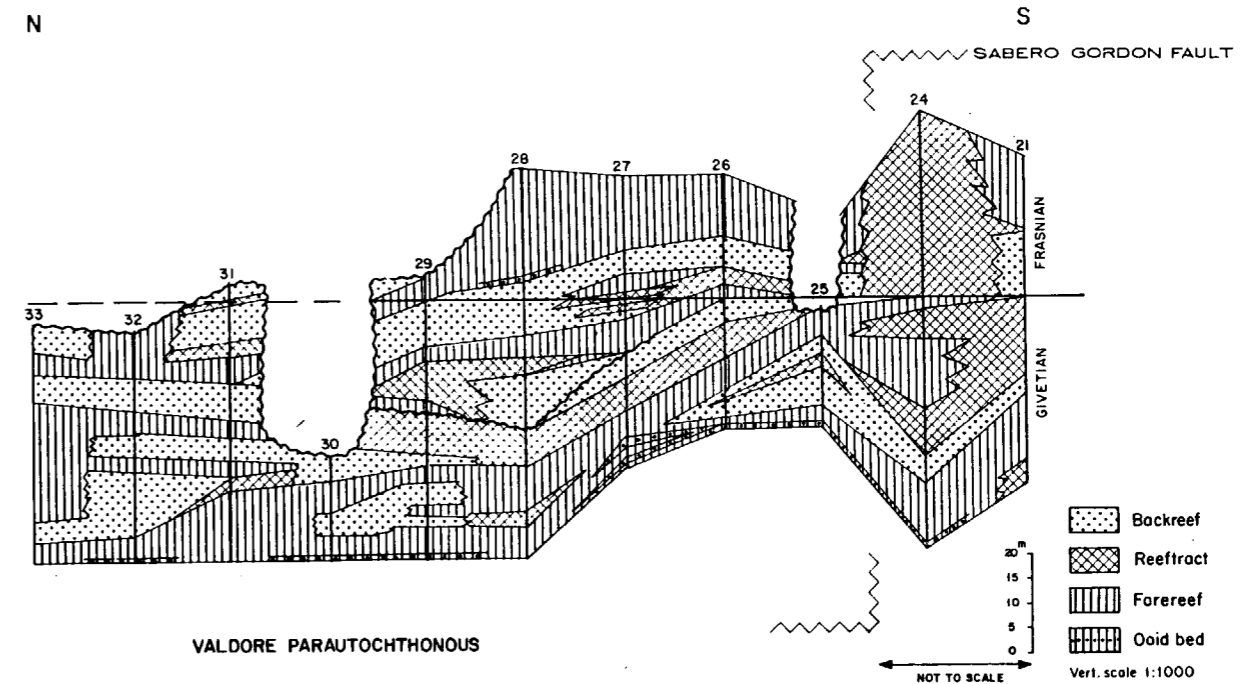


Figure 2.—Correlation of facies associations from Valdoré parautochthonous over Sabero-Gordón fault into eastern Peña Corada unit.

facies association contains varying proportions of enclinal/encrinitic, bryozoan grainstones of encrinal, bryozoan, coral, brachiopodal packstones and wackestones with marly intercalations. Ooids are common at the base (REIJERS & TEN HAVE, 1983).

— Member B predominantly consists of reef-track sediments of a biostromal character, although in section BPG (Fig. 1) in the eastern Peña Corada unit, fore-reef sediments predominate. The reef-track sediments are predominantly coral, bryozoan packstone-boundstone with argillaceous interstitial material; in the Aguasalio unit, however, pelletoidal, ostracodal, calcispherical, gastropodal and brachiopodal mud-supported rock types also occur, indicating back-reef depositional conditions.

— Member C largely consists of bioclastic packstone and wackestone, admixed with significant quantities of siliciclastics, but encrinal, bryozoan, coral, brachiopodal packstone and wackestone with marly intercalations and locally pure sandstones also occur. In places biostromal coral, bryozoan packstone-boundstone is dominant. In the Aguasalio

unit this member is also characterised by an ooid bed, persisting laterally, which appears to be correlatable to that in section 28 in the Valdoré area (Figs. 2 & 3).

— Member D is distinctly reefoid (biostromal with occasionally bioherms) but locally fore-reef facies predominate. In section BPS (Aguasalio unit) two reefoid biostromal to biohermal units are present, rather similar to the biostromes and bioherms that characterise the area north of Cistierna (REIJERS, 1980).

Overall, the sedimentary sequence throughout the Portilla Formation reflects a slight regressive tendency, followed by a transgressive one in both the eastern continuation of the Peña Corada unit and the Aguasalio unit. This is in accordance with the regressive vertical sections, followed by transgressive ones reported by REIJERS (1980, Fig. 7).

There are also striking similarities between facies in the northernmost part of the Aguasalio unit, and in the Valdoré area (Figs. 2 & 3) such as:

— the occurrence of an ooid bed approximately at the level of the datum line (Figs. 2 & 3), which is the Givetian-Frasnian transition

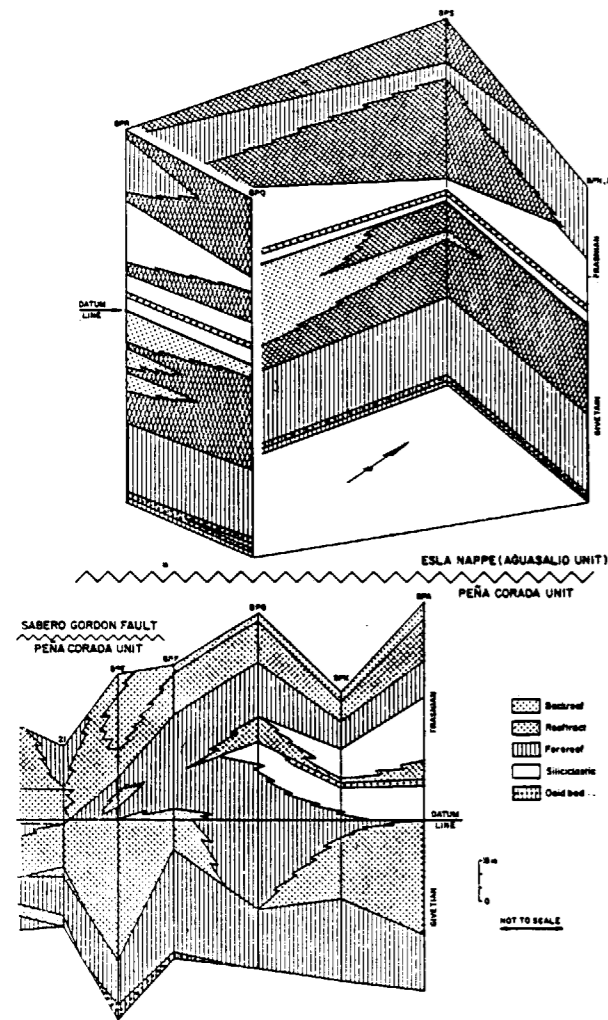


Figure 3.—Correlation of facies associations from Aguasalio unit over Sabero-Gordón fault into eastern Peña Corada unit.

— the predominance of fore-reef facies in member D of sections BPN, BPO (extreme east of Aguasalio unit) and 26, 27 and 28 (extreme east of Valdoré area). There are, however, also differences between the sediments in the Valdoré area and those in the Peña Corada and Aguasalio units. They have been summarised by REIJERS (1972, p. 203) and can collectively be described as the differences between platform-edge carbonate accumulations (Peña Corada unit) and platform-interior carbonates (Valdoré area). They are immediately visible when Figs. 2 and 3 are compared.

Within the Portilla Formation, VAN DER SLUYS (1981) recently established a chronostratigraphic correlations based on a detailed analysis of brachiopods. He studied eight sections in the Peña Corada unit, four in the Aguasalio unit, and one in the Valdoré area. As a result of this study, VAN DER SLUYS established two biohorizons with a characteristic fossil association, and used these as chronostratigraphic units. These biohorizons have been extrapolated into all sections studied by REIJERS, 1969, 1972) and VAN DER BAAN (1979), and form the chronostratigraphic frame in the study area.

A NEW STRUCTURAL HYPOTHESIS

A new hypothesis is required on the configuration of the Esla Nappe units (Fig. 4) during sedimentation of Devonian and older units in order to:

- arrive at an updated palaeogeography of the Portilla Formation (the purpose of this paper)
- explain the facies trends in the Lancara, Sta. Lucía, Portilla, Ermita and Necedo Formations, described above.

Such a new hypothesis should take account of the restrictions imposed by the hypothesis of BASTIDA et al. (1976).

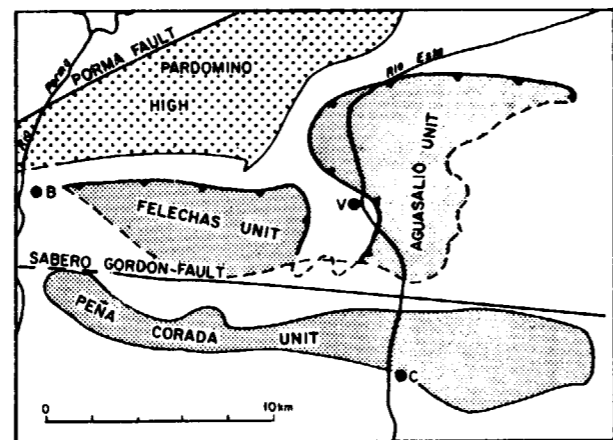


Figure 4.—Present-day configuration of main structural elements of the Esla Nappe and its surrounding. B=Boñar.—C=Cistierna.—V=Valdoré.

These authors never addressed the question which of the blocks involved in left-lateral movements along the Sabero-Gordón zone was transported with respect to the other. Answering this question requires stable, undoubtedly autochthonous elements that form a fixed point of reference. The Sabero-Gordón fault line itself and the Pardomino high area (Fig. 5) are taken as such elements. With respect to this, the Valdoré area, superimposed on which the Aguasalio and Felechas units could or could not be present, constitutes a moving block. Recently SAVAGE (1979) and ARBOLEYA (1981) recognised the parautochthonous nature of this area. The Peña Corada unit is the other block; in a recent paper REIJERS (this volume) described structural characteristics of this unit suggestive of a compressional phase preceding the left-lateral movement. The two blocks are pictured in Fig. 6 in their approximate mutual areal relationship before wrench-faulting took place. This sketch also reflects the configuration that BASTIDA et al. (1976) arrived at. In it the Valdoré area and the Peña Corada unit are both referred to as parautochthonous, although it is likely that more movement in an easterly direction took place, involving the Peña Corada unit (see also REIJERS, this volume) than in a westerly direction, involving the Valdoré area.

The jigsaw of the various structural units on which deposition took place before occurrence of both left-lateral movement along the Sabero-Gordón fault and the main thrusting phase of the Esla Nappe, is depicted in Fig. 7. This picture

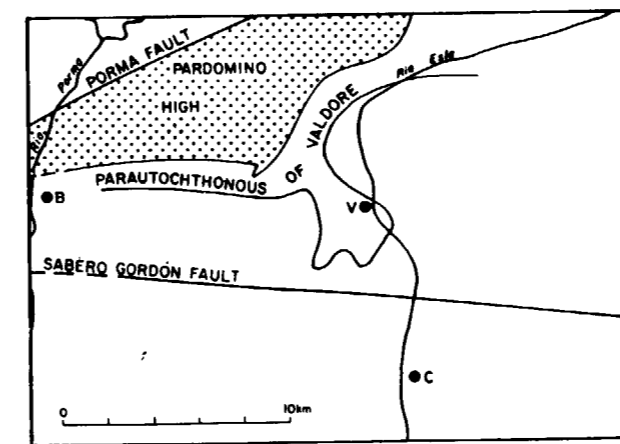


Figure 5.—Stable elements in palaeogeographic reconstruction.

takes into account the facies trends recognised in the various formations. It also depicts the new structural hypothesis for the Esla Nappe proposed here.

It should be noted that the nappe *sensu* RUPKE is now replaced by two entities; the Peña Corada unit and the «reduced» Esla Nappe (=Felechas and Aguasalio units together plus everything eroded in between and around), each having an independent structural history.

Arrow 1 in Fig. 7 indicates thrusting of the Aguasalio/Felechas entity before or during the early Westphalian. The thrusting direction coincides approximately with that arrived at by ARBOLEYA (1981). Arrow 2 shows the left-lateral movement that emplaced the Peña Corada unit later on. Before the Peña Corada unit moved in an easterly direction it suffered from an upthrusting from the south, caused by the thrusting of the Aguasalio/Felechas entity. The results of this stress are observable in the Peñola area (Fig. 1), as described by REIJERS (this volume). The movement along the Sabero-Gordón fault coincides with the folding of the Aguasalio Felechas entity. This movement is likely to have taken place in steps, one of which gave rise to the folding that uninterruptedly continues from the Aguasalio/Felechas entity into the Peña Corada unit, which was recorded by BASTIDA et al. (1976). Another step in the movement could have given rise to the collapse structure in the Peñola area described by REIJERS (this volume).

The position during deposition of the Aguasalio unit with respect to the Peña Corada unit has been reconstructed in Fig. 7 on the basis of the striking overall similarity between Portilla section BPS (Aguasalio unit; Fig. 1) and the Portilla sections just north of Cistierna (BPE). The occurrence of significant biostromal and biohermal growths in the section in the Aguasalio unit warrants the expectation that it approximately juxtaposed the Sabero-Gordón fault. Structural implications will not be discussed further here; the authors realise that a number of problems are not yet fully resolved. They feel confident, however, that the facies trends described earlier warrant the jigsaw-like reconstruction of the configuration of structural units shown in Fig. 7. This figure will then be used as a basis for palaeogeographic reconstruction on two levels in the Portilla Formation.

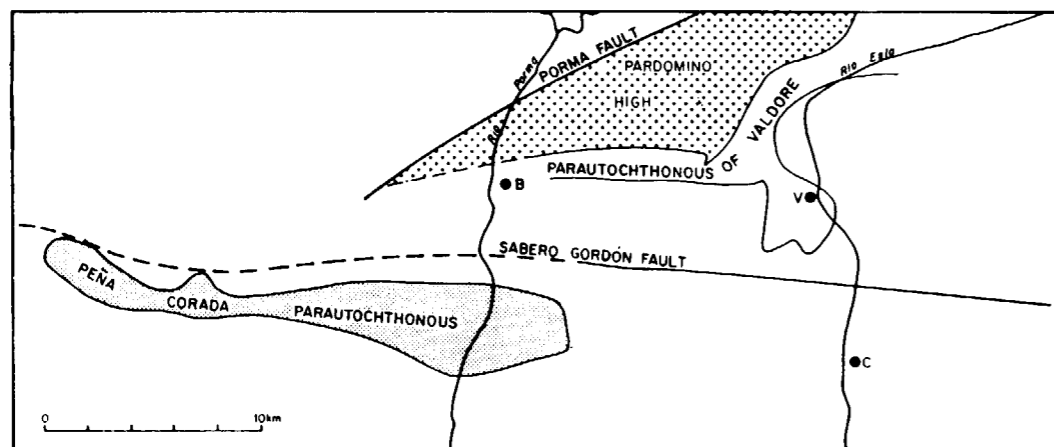


Figure 6. Two parautochthonous blocks in their mutual areal relationship before wrench-faulting took place. B=Boñar.—C=Cistierna.—V=Valdoré.

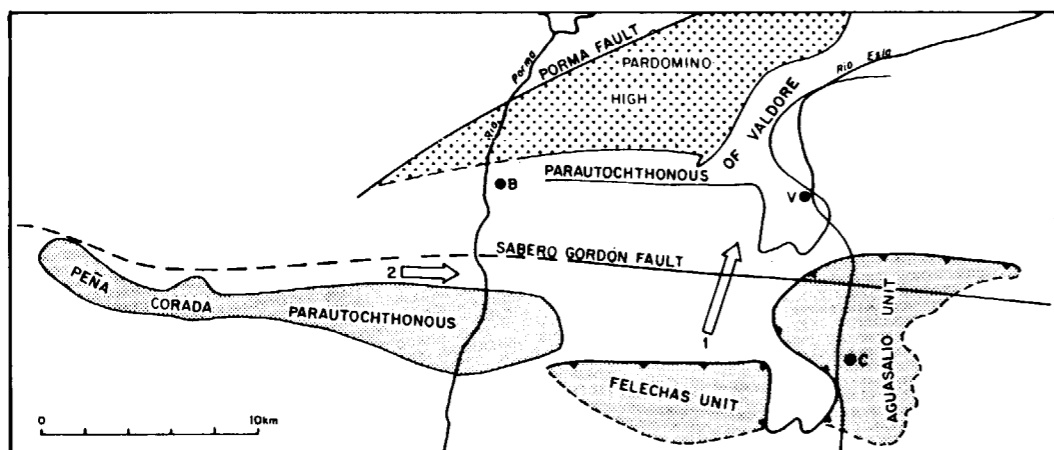


Figure 7.—Configuration of the various structural units on which deposition took place before left-lateral or thrusting movements.

PALAEOGEOGRAPHY OF THE PORTILLA

Based on the work of VAN DER SLUYS (1981), two chronostratigraphic markers have been established. The lower marker approximately coincides with the transition Members B-C; at this level it is attempted to reconstruct the palaeogeography at the end of the Givetian. The upper marker approximately coincides with the top of the Portilla and reflects a moment during the early Frasnian. The transition of Members B-C has also been chosen as datum line (Figs. 5 & 6). Owing to differences in carbonate production rate (depending on the position of the data point in the carbonate platform), the chronostratigraphic markers of VAN DER SLUYS do not always precisely

coincide with lithostratigraphic transitions. In total, 31 data points of variable quality (REIJERS, 1969, 1972; VAN DER BAAN, 1970) have been added to VAN DER SLUYS' original 13 points (depicted on Fig. 8), thus increasing the control on the area to 44 points. It is felt that these points allow a reasonable palaeogeographic reconstruction.

Palaeogeography at the Givetian-Frasnian transition

The map in Fig. 9a depicts palaeogeographic elements at approximately the Givetian-Frasnian transition. Moreover, it shows such elements in the base of the Veneros Member, reflecting the

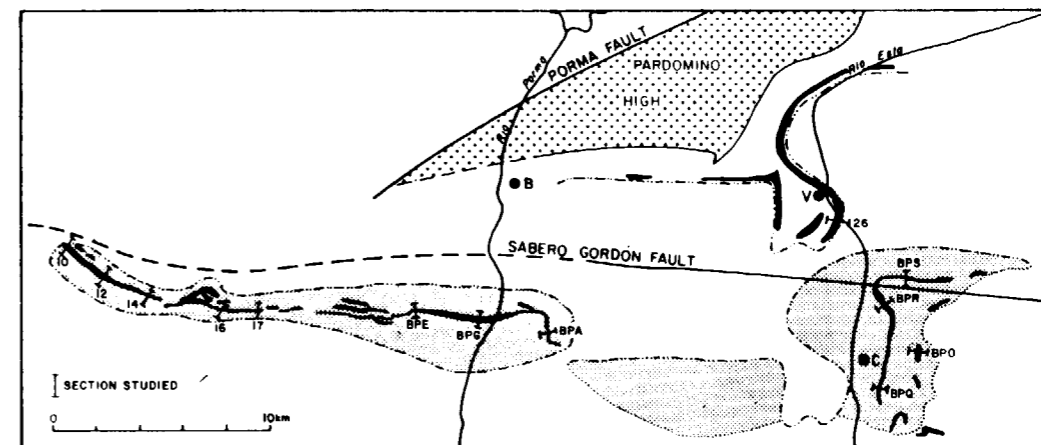


Figure 8.—Index map of sections studied for chronostratigraphy. B=Boñar.—C=Cistierna.—V=Valdoré.

situation at the Huergas-Portilla Formation transition (late Givetian).

After a period in which Givetian deposition of siliciclastics predominated (the Huergas Formation), a juvenile carbonate platform developed (Veneros Member). It is characterised by shallow-marine euphotic and moderately high hydraulic energy conditions; on it ooids formed with a concentric cortex. The platform is surrounded by a sloping sea bottom which is characterised by the occurrence of ooids with a radial cortex organisation (REIJERS & TEN HAVE, 1983). Near Valdoré, tidal deltas containing concentric ooids occur within the belt in which radial ooids are the norm.

The biostromal/biohermal reef track characterising the top of Member B has locally been shifted over a considerable distance with respect to the radial ooid belt. As in the Recent, reef tracks tend to accentuate relief differences in the sea floor such as a sudden change in depth. It is therefore felt that the belt of reeftrack sediments, pictured in Fig. 9a, shows the edge of the more mature carbonate platform approximately at the end of the Givetian. The superposition of the two described belts in Fig. 9a outlines in map picture the predominant sedimentary mechanisms. In the west, distinct building inwards (towards the coast line) is visible, whereas south of Boñar and northeast of Valdoré building-out occurs.

In a general sense, the sedimentary mechanisms are a reflection of sea-level or sea-bottom movements (REIJERS, 1980) but, since opposing move-

ments of carbonate bodies seem to occur simultaneously, the triggering mechanism in the area under discussion appears to be sea-bottom movements.

Building inwards reflects deepening because carbonate-producing organisms, restricted to certain optimum water depths, have to migrate towards shallower coastal water. Building outwards reflects shallowing for reverse reasons.

Near Valdoré an area of emergence resulted in an intraformational unconformity at the level of Member B within the Portilla Formation (REIJERS, 1972; REIJERS & TEN HAVE, 1983). It also caused outward transportation in channels of concentric ooids into the belt of radial ooids at the base of the Veneros member. The areal movements could perhaps be due to a synsedimentary epirogenetic movement of the Pardomino block.

This would fit with the outbuilding of the carbonate platform edge in this area. The reef-track sediments have a biostromal character in the Valdoré area but these biostromes apparently had sufficient relief to create an effective barrier behind which predominantly back-barrier sediments accumulated (Fig. 2).

Palaeogeography at the end of the Portilla

A distinct back-reef track with locally a strongly biohermal aspect is conspicuously present in the

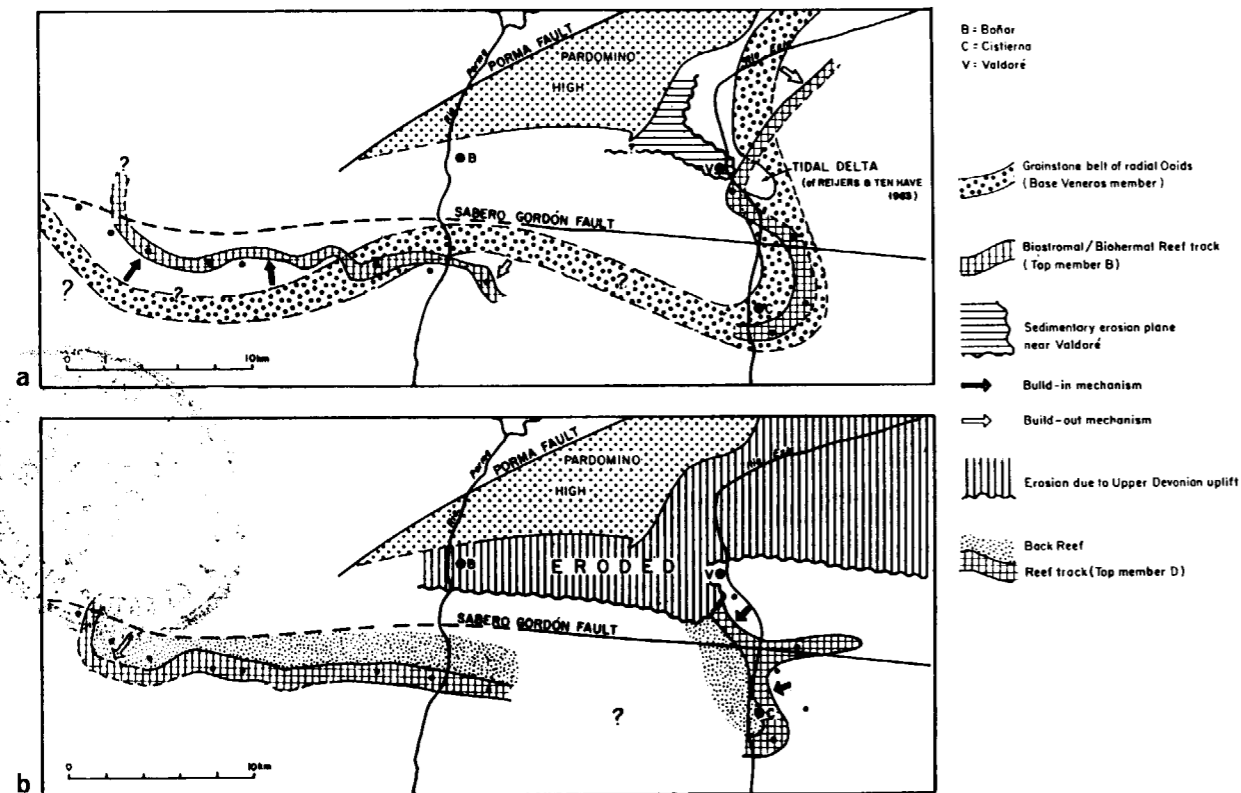


Figure 9a.—Palaeogeography at the Givetian-Frasnian transition.

Figure 9b.—Palaeogeography at the end of the Portilla.

west and in the east (Fig. 9b). In the westernmost area the reef track occupies in this time a more southerly position than in Member B time. Thus, a build-out mechanism (reflecting local shallowing) is visible. In the east, however, building-inward mechanisms (reflecting deepening towards the east) are visible, and a separate E-W branch of the reef track follows the Sabero-Gordón fault zone. The northernmost part of the area cannot be studied owing to the erosion of the Upper Devonian.

From the maps one strongly gains the impression that both reef tracks and the radial ooid belt semi-surrounded the Pardomino high. This area was most likely an emergent hinterland (VAN ADRICHEM BOOGAERT, 1967), around which along the southern and the eastern coast barrier reefs were produced throughout the Givetian-Frasnian on a shallow-marine carbonate platform. The Sabero-Gordón fault zone (during the Givetian-Frasnian perhaps yet not more than a flexure in the sea bottom) controlled the place where reefs

grew prolifically. It triggered reef growth due to the presence of a zone along which the sea-bottom topography suddenly deepened. Such a zone is frequently characterised by easy availability of nutrients for the benthonic reef-building organisms. Earlier, this zone also governed the formation of radial ooids. The combined evidence of ooid zonation and the upgrowth establishes the synsedimentary activity of the Sabero-Gordón fault zone that controls so many facies patterns in the Devonian in NW Spain.

Another observation is the apparent seesaw movement of the whole region that must have taken place, resulting in the sedimentary mechanisms. Figure 9a shows building inwards in the west and slight building outwards combined with local emergence in the east. At the level of map Fig. 9b, however, the reverse is the case. The function of the Porma fault in this phenomenon could now be scrutinised, but this matter is beyond the scope of the present paper.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Shell Internationale Petroleum Maatschappij B. V. for permission to publish this paper. They thank Mr. A. P. van Veen for the skilful drawing of the illustrations.

The senior author acknowledges the pleasant exchange of ideas with Dr. Bastida in Oviedo in the summer of 1982 and later in written communications.

REFERENCES

- ADRICHEM BOOGAERT, H. A. VAN: *Devonian and Lower Carboniferous conodonts of the Cantabrian Mountains and their stratigraphic application*. Leidse Geol. Meded., 39, pp. 129-192 (1967).
- ARBOLEYA, M. L.: *La estructura del manto del Esla (Cordillera Cantábrica, León)*. Bol. Geol. y Min., XCII-I, pp. 19-40 (1981).
- BAAN, D. VAN DER: *Stratigrafie van de Portilla Formatie in het oostelijk Esla-gebied*. Unpublished Msc thesis, Leiden University (1970).
- BASTIDA, F.; MARCOS, A.; ARBOLEYA, M. L., y MÉNDEZ-BEDÍA, I.: *La Unidad de Peña Corada y su relación con el Manto del Esla (zona Cantábrica, NW de España)*. Brev. Geol. Astúrica, año XX, núm. 4, pp. 49-53 (1976).
- COO, J. C. M. DE: *Lithostratigraphy of the Devonian Sta. Lucía Limestone in León, Spain*. Thesis of Leiden University (1974).
- DUNHAM, R. J.: *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. In: HAM, W. E. (ed.): *Classification of Carbonate rocks*. Mem. Amer. Assoc. Petroleum Geol., 1, pp. 108-122 (1962).
- FRANKENFELD, H.: *Krustenbewegung und Faziesentwicklung im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien) vom ende der Devonriffe (Givet/Frasne) bis zum Tournai*. Clausthaler Geol. Abh., 39, p. 91 (1981).
- MÉNDEZ-BEDÍA, I.: *Biofacies y litofacies de la Formación Moniello-Sta. Lucía (Devónico de la Cordillera Cantábrica, NW de España)*. Trabajos de Geología, University of Oviedo, núm. 9, 93 pp. (1976).
- REIJERS, T. J. A.: *De stratigrafie van de Portilla Formatie tussen de rio Esla en de province León (Spanje) en de tectonische problemen in het Peñolagebied*. Unpublished MSc thesis, Leiden University, 80 pp. (1969).
- REIJERS, T. J. A.: *Facies and diagenesis of the Devonian Portilla Limestone Formation between the river Esla and the embalse de La Luna, Cantabrian Mountains, Spain*. Leidse Geol. Meded., 47, pp. 165-249 (1972).
- REIJERS, T. J. A.: *Stratigraphy, sedimentology and paleogeography of the Eifelian, Givetian and Frasnian strata between the river Porma and the embalse de la Luna, Cantabrian Mountains, Spain*. Geol. Mijnbouw, 52, pp. 115-124 (1973).
- REIJERS, T. J. A.: *Hinge movements and deposition during the Upper Devonian in the Esla area of the Cantabrian Mountains, Spain*. Geol. Mijnbouw, 53, pp. 21 (1974a).
- REIJERS, T. J. A.: *Diagenesis in the reef facies of the Middle-to Upper Devonian Portilla Limestone Formation of NW Spain*. Brev. Geol. Astúrica, 18, pp. 33-48 (1974b).
- REIJERS, T. J. A.: *Sedimentary mechanisms in Spanish Devonian Carbonates*. Geol. Mijnbouw, 59, pp. 87-96 (1980).
- REIJERS, T. J. A.: *The Peñolas structure in the Peña Corada unit, Cantabrian Mountains, Spain*. Submitted to Boletín Geológico y Minero (this volume).
- REIJERS, T. J. A. y HAVE, A. H. M. TEN: *Ooid Zonation as Indication for Environmental Conditions in a Givetian-Frasnian Carbonate Shelf-slope Transition*. Pp. 188-198 in Peryt, T. (Ed.), *Coated Grains*, Springer (1983).
- RUPKE, J.: *The Esla Nappe, Cantabrian Mountains (Spain)*. Leidse Geol. Meded., 32, pp. 1-74 (1965).
- SAVAGE, J. F.: *The Hercynian orogeny in the Cantabrian Mountains, N. Spain*. Kristalinikum, 14, pp. 91-108 (1979).
- SLUYS, G. VAN DER: *Brachiopoden biostratigrafie van de Portilla Formatie uit het Esla gebied*. Unpublished MSc Thesis, Leiden University (1981).
- ZAMARREÑO, I.: *Las litofacies carbonatadas del Cámbrico de la zona Cantábrica (NW de España) y su distribución paleogeográfica*. Trabajos de Geología, núm. 5, pp. 1-118 (1972).

Recibido: Febrero 1983.

GEOLOGIA

The Peñolas structure in the Peña Corada unit, Cantabrian Mountains (Spain)

By T. J. A. REIJERS

ABSTRACT

Increased understanding of structural and sedimentological aspects of the southern Cantabrian Mountains has revived interest in hitherto unpublished information on the small but structurally remarkably complex Peñolas area. Lateral variations in rock competence reflect sedimentological facies trends. The ductile or brittle behaviour of certain facies groups under the influence of stress results in differences in structural style. There are indications that abutment of sediments in the Peña Corada area occurred against a step in the basement formed by the Porma fault or the Pardomino high. The Pardomino high could also be the cause of the observed facies trends.

RESUMEN

Un mayor conocimiento de los aspectos estructurales y sedimentológicos de la zona sur de las Montañas Cantábricas ha reavivado el interés sobre datos existentes, pero no publicados hasta el momento, sobre la pequeña, pero remarcablemente compleja desde el punto de vista estructural, área de Peñolas. Las variaciones laterales en la capacidad de deformación de la roca son reflejo de direcciones en las facies sedimentológicas. La ductilidad o fragilidad de ciertos grupos de facies bajo la influencia de tensiones regionales da lugar a diferencias en el tipo de estilo estructural. Existen indicaciones de que la terminación de los sedimentos en el área de Peña Corada ocurrió contra un escalón en el zócalo formado por la falla de Porma o el alto de Pardomino. Este último podría haber causado las direcciones de facies observadas.

INTRODUCTION

Recent structural and sedimentological investigations in the Cantabrian Mountains (NW Spain) have increased the understanding of this area. Certain, hitherto untackled problems now require further discussion. One of such problems is the question why the sediments in the Peñola area NW of La Ercina (León) are complexly deformed, whereas elsewhere in the Peña Corada syncline only moderate deformation occurs (Fig. 1). Lithologically, the beds in the Peña Corada syncline vary from ductile shales to brittle, massive carbonates. In the Peñolas area, carbonates of the Portilla Formation predominate. To the north the Peña Corada unit (RUPKE, 1965) is bounded by the intramontaneous Sabero coal basin of Ste-

phanian age, and to the south by Upper Cretaceous and younger sediments. Structurally, it is separated from the Sabero basin by the Sabero-Gordón fault zone, a fundamental lineament active from Middle-Late Devonian onwards and several times reactivated at a later stage (RUPKE, 1965; EVERS, 1969; REIJERS, 1972; STAALDUINEN, 1973; BASTIDA, MARCOS, ARBOLEYA and MÉNDEZ-BE-DÍA, 1976 and ARBOLEYA, 1981). The Peña Corada unit is separated from the Mesozoic and younger sediments by unconformities induced by late Oligocene—early Miocene mountain—building movements.

The position of the Peña Corada unit with respect to a number of other structural units has been a subject of discussion (RUPKE, 1965; REIJERS, 1972; BASTIDA et al., 1976; ARBOLEYA, 1981). BASTIDA et al. (1976) argued that the Sabero-Gordón fault acted as a left-lateral wrench fault postdating the emplacement and deformation of the Elsa

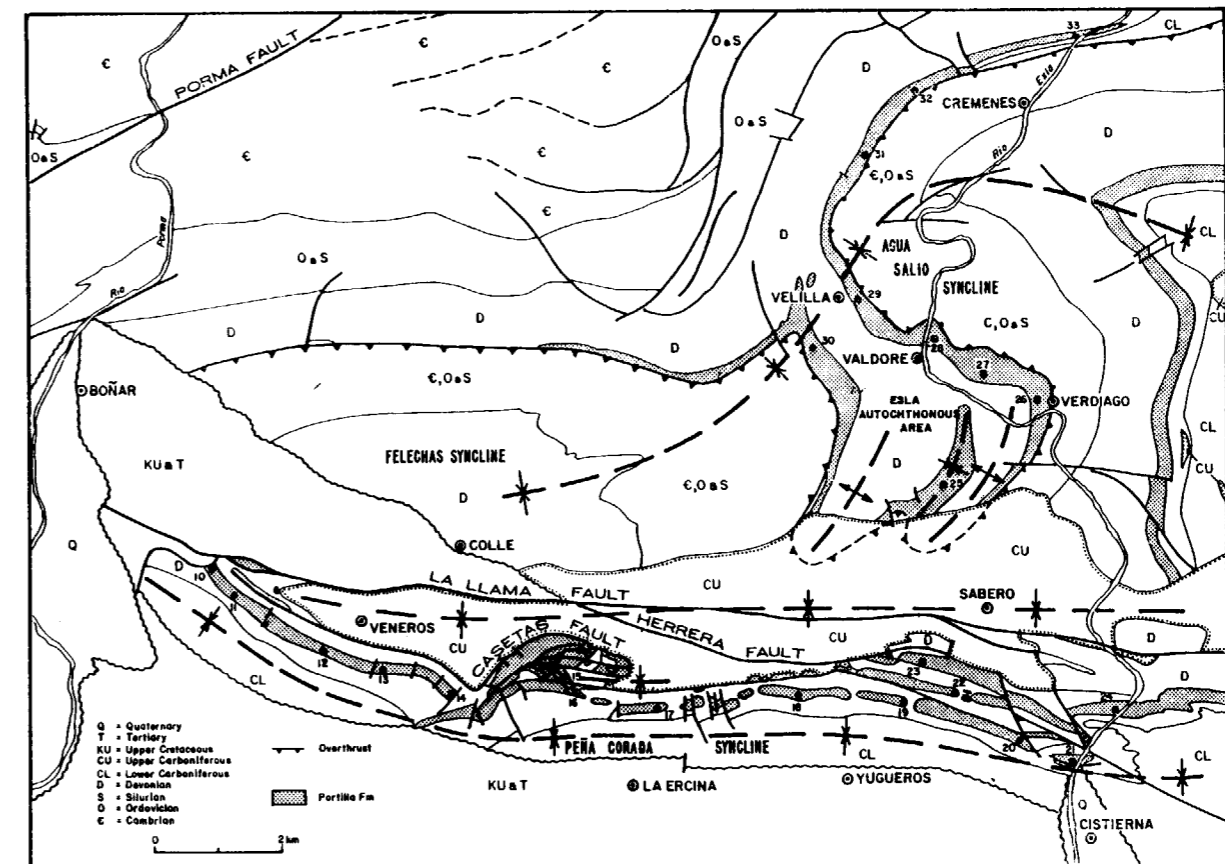


Figure 1.—Simplified geological map of the Porma-Esla area. Black dots with numbers indicate position of measured sections.

Nappe. Following their reasoning a left-lateral movement of approximately 20 km must have taken place after early, but before late Westphalian times. The structural style of the Peñola area in the Peña Corada syncline (Fig. 2) has been analysed with this movement in mind.

STRUCTURES

The Peña Corada syncline is separated from the Carboniferous Sabero basin by the fundamental Sabero-Gordón fault zone, which from south to north is composed of the Casetas, the Herrera and the La Llama faults (HELMIG, 1965, p. 136 and Fig. 28) (Fig. 1). They show activity from Middle-Upper Givetian (REIJERS, 1974) until Cretaceous time (RUPKE, 1965; EVERS, 1969; STAALDUINEN, 1973).

In the Peña Corada syncline structural complications occur NW of Cistierna and NW of la Ercina (the Peñola area; Fig. 3).

Cistierna

A cross-section through the Peña Corada syncline north of Cistierna (Fig. 3, section 8) shows an asymmetric tight isoclinal, slightly inclined syncline, cut by steep, slightly overturned strike-parallel thrusts. These faults follow ductile shale units and occur en-echelon. They produce repetitions up to three times of part of a well exposed Upper Devonian sequence.

Peñola

In the Peñola area (Figs. 1, 2) a synclinorium is observed of which two synclines and a broken

Present address: The Shell Petroleum Development Cy of Nigeria Ltd. P.O. Box 263, Port Harcourt, Nigeria.

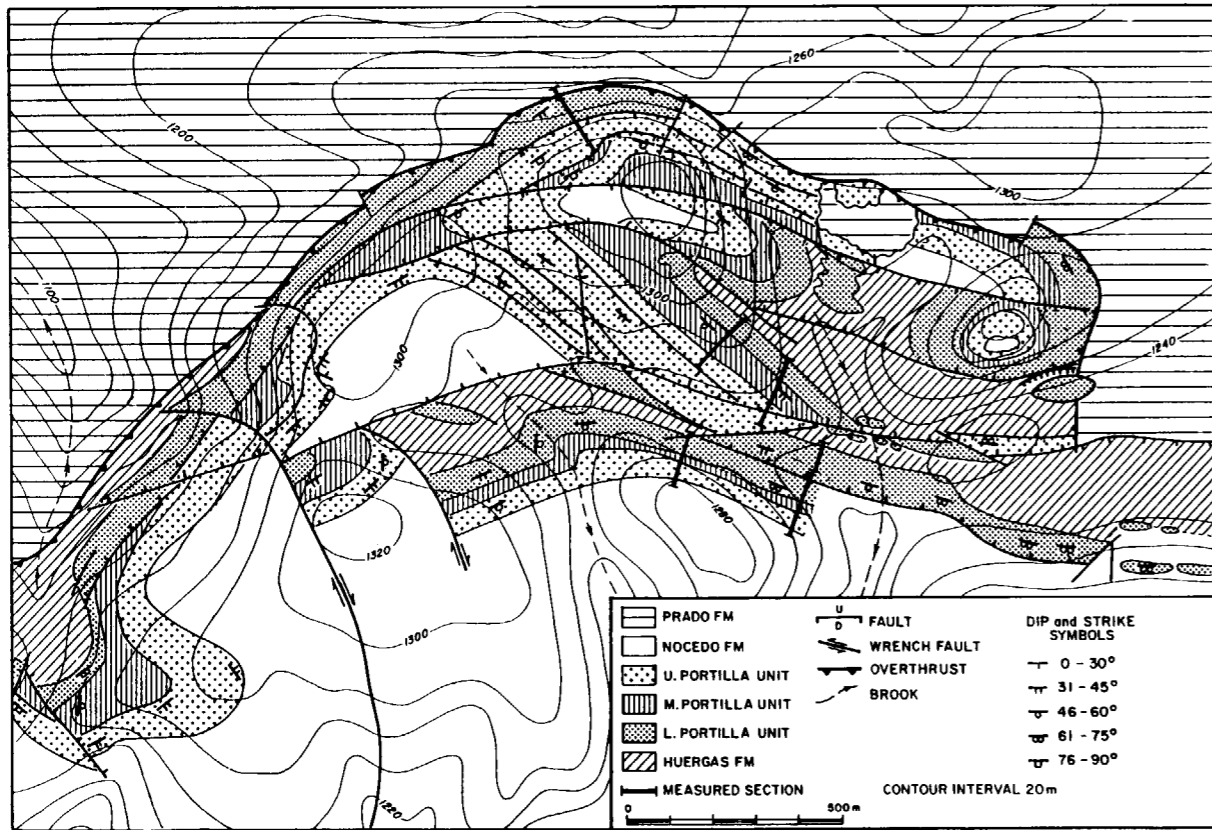


Figure 2.—Detailed geological map of Peñola structure.

up, slightly overthrust anticline are the main elements (Fig. 3, sections 2-6). The E-W striking Casetas fault (Figs. 1-3) separates a shaly Devonian from a shaly Carboniferous unit. It is therefore only traceable on fauna differences in the units. Late 1982 a mine gallery was opened in this area, confirming the presence of Carboniferous (Stephanian) sediments. East and west of the Peñola area this fault has an attitude of approximately 80° heading south.

Approaching the Peñola structure, however, its trace curves over the map in a northerly direction before returning to its E-W strike (Figs. 2, 3 sections 2-6). Construction of the fault plane under the Peñola structure reveals its moderate (9°-11°) dip to the south over some 750 m (N-S) (Fig. 4).

South of the Casetas fault four blocks occur in the Peñola structure (Fig. 3, sections 2-6) se-

parated by thrust faults. Each block has a characteristic history. The two northern blocks are essentially thrust isoclinal synclines (Fig. 3, sections 5 and 6; Fig. 5) with a rather steep axial plunge towards the east. Along minor tear faults in the northern block moderate rotational movements occurred. The third block is a thrust anticline. The thrust fault is the southernmost of the major faults; it is laterally traceable into the Casetas fault E and W of the Peñola structure. A tear fault, traceable in the field and on aerial photographs, separates the complexly faulted and folded eastern Peñola area (Fig. 6) from the less deformed western one. In the northern part of the Peñola structure, between the two topographical culminations, a small area is present in which Stephanian sediments unconformably overlie the Devonian (Fig. 2), as is confirmed by the mine gallery here, initiated late 1982.

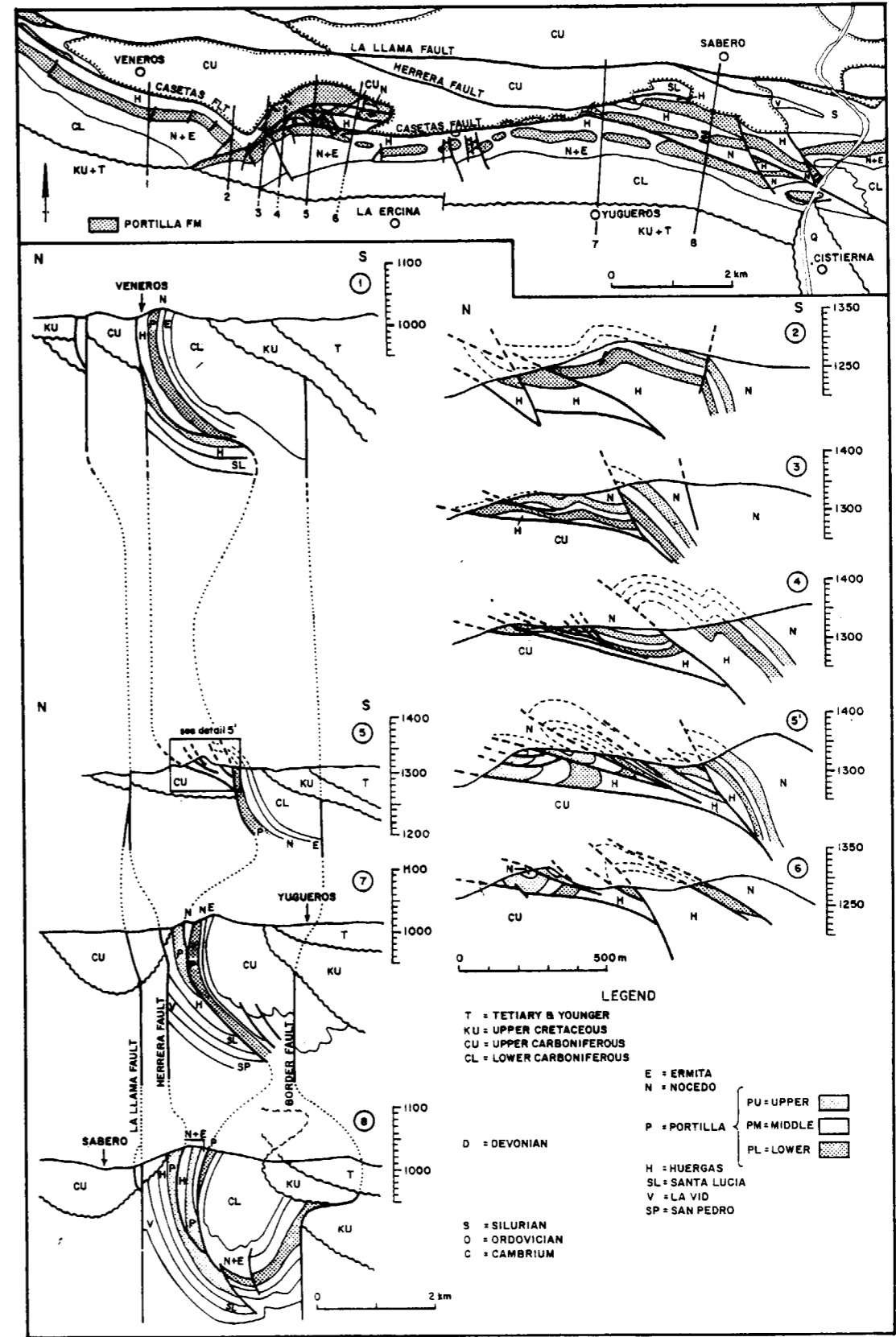


Figure 3.—Simplified geological map of Peña Corada syncline (top figure). Five cross-sections (2-6) through Peñola structure (for location see top.) Four cross-sections through Peña Corada structure (numbers 1, 5, 7 and 8).

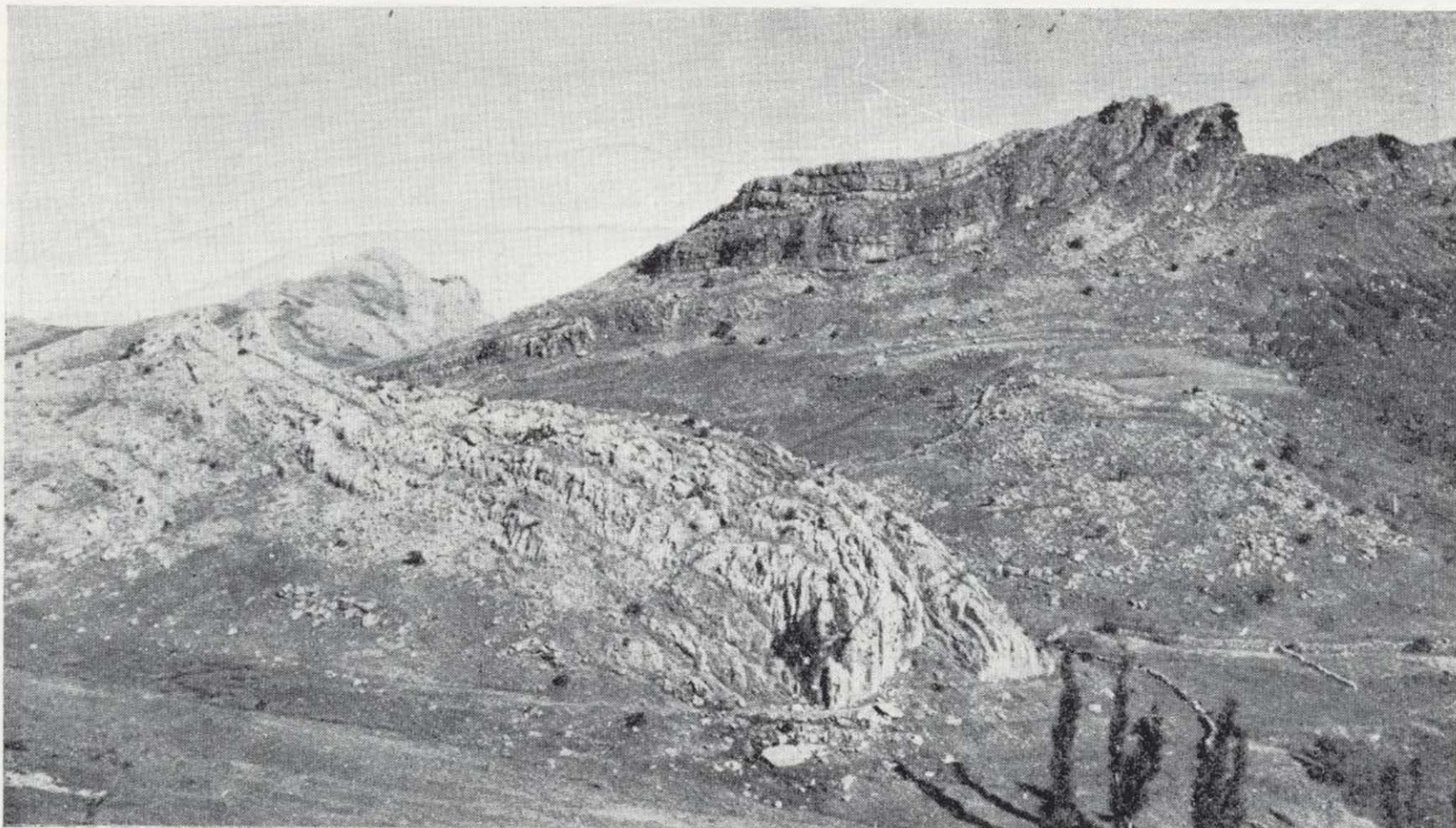


Figure 4.—Photograph taken in westerly direction from position of section 17 (see fig. 1). Note overthrusting of Peñola structure over Upper Carboniferous shales. Note also the folds in topographical culmination in background.

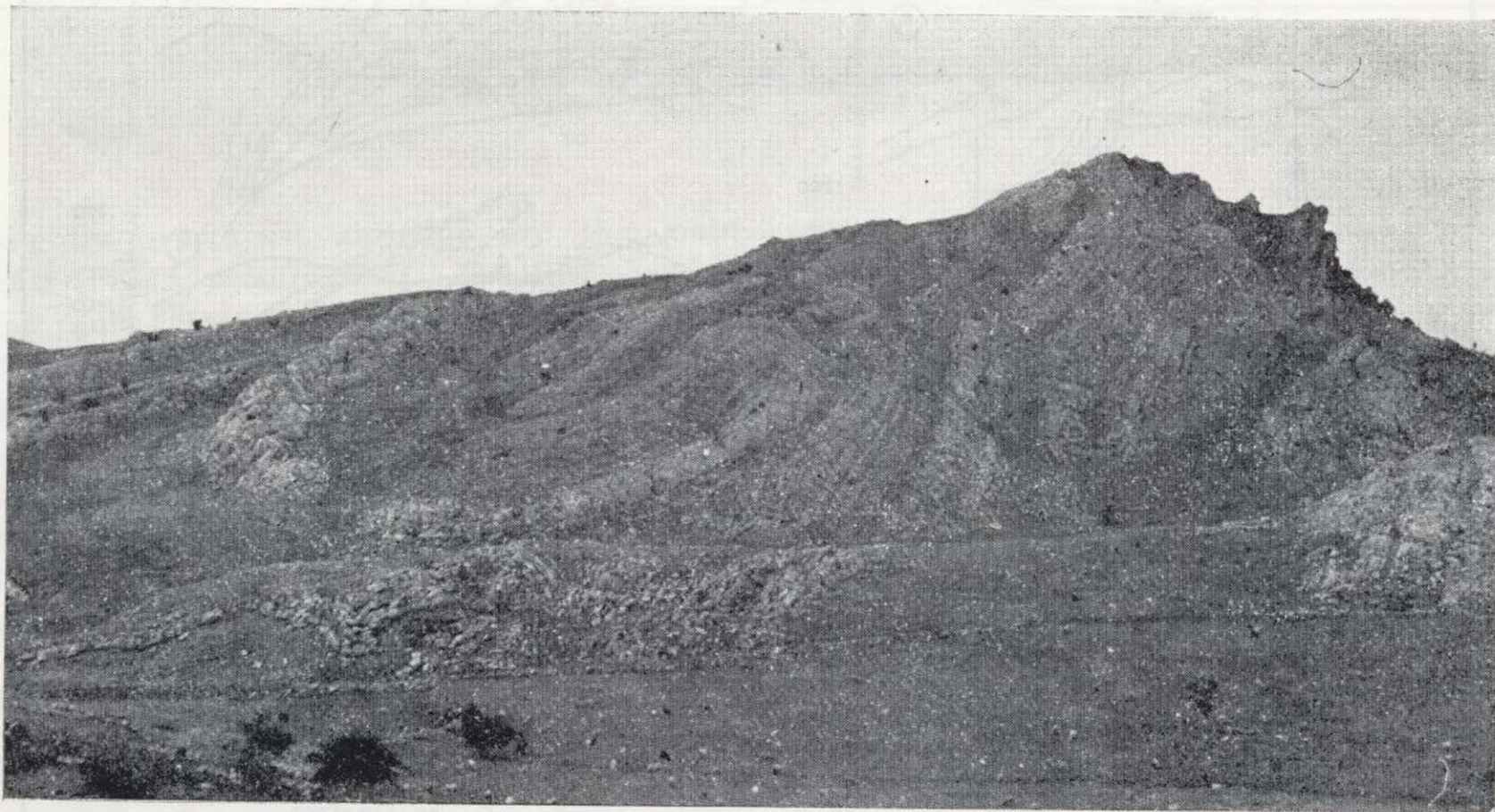


Figure 5.—Photograph taken in westerly direction from easternmost topographical expression (altitude 1320 m; see figure 2). Note the dragging of the Lower Portilla unit along the fault separating the northernmost block from the second block. Note also the shaly area in the foreground which is composed of Stephanian sediments in disconformable contact with Upper Devonian sediments.

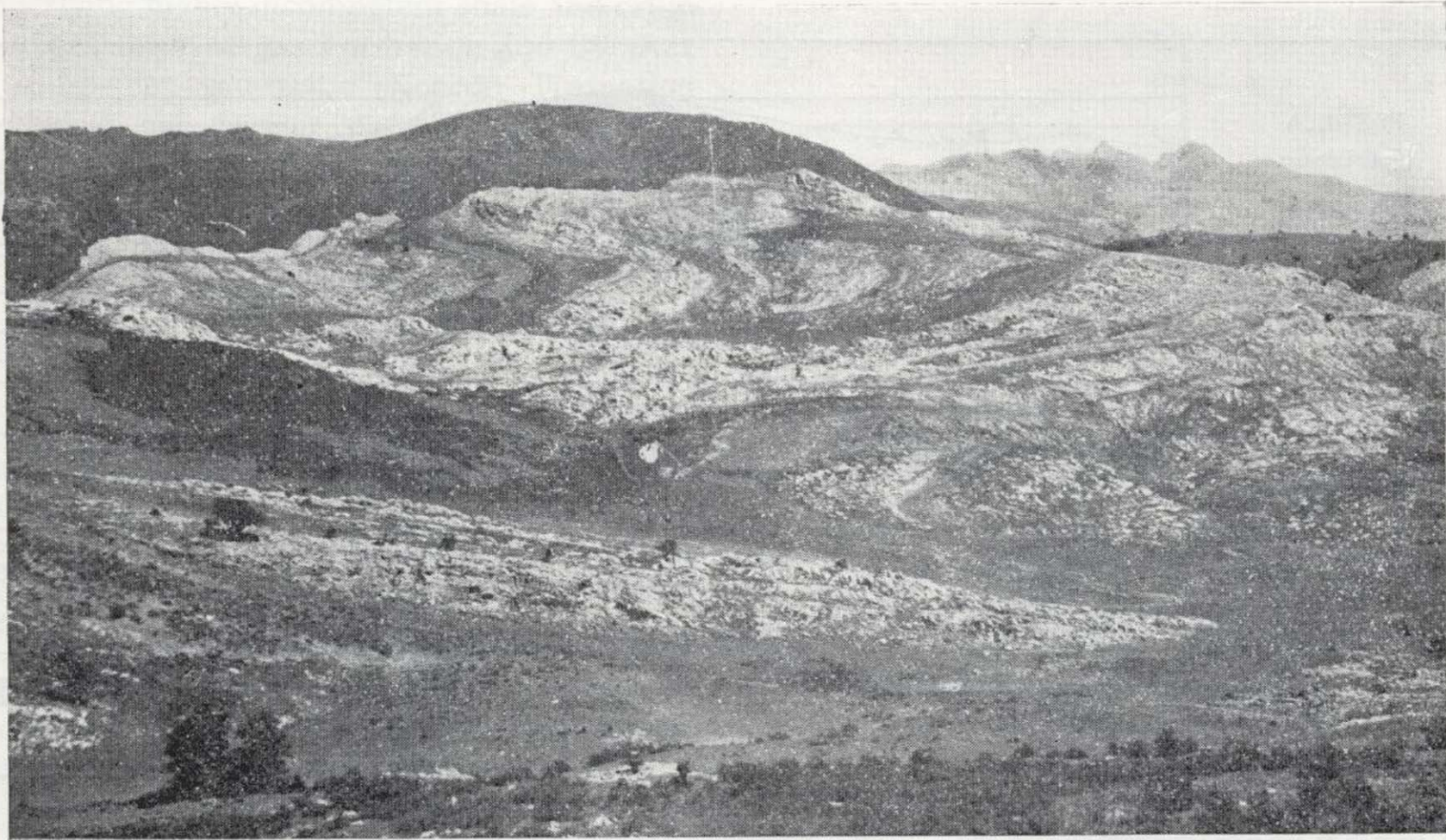


Figure 6.—Photograph taken from SW corner map figure 2, in NE direction over wrench fault. Note the complex structural style on the eastern side of the tear fault.

FACIES

Three groups of lithologies in the Peña Corada syncline appear to be involved in the structural deformation: ductile shales and marly limestones, brittle carbonates and brittle sandstones (Fig. 7). In the area NW of Cistierna, the alternation of these rock types coincides with the en-echelon strike-parallel thrust. (Fig. 3, sections 7 and 8). The lithologies exposed in the Peñola area belong mainly to the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation (Fig. 2), but in the cores of some synclinal structures, sandstones of the Frasnian-Famennian Nocedo-Ermita Formations are exposed. Ductile Givetian Huergas Formation shales are exposed in the cores of some synclinal structures and in upthrust zones. For a full understanding of the structures in the Peñola area, however, the composition of the Portilla Formation has to be well understood.

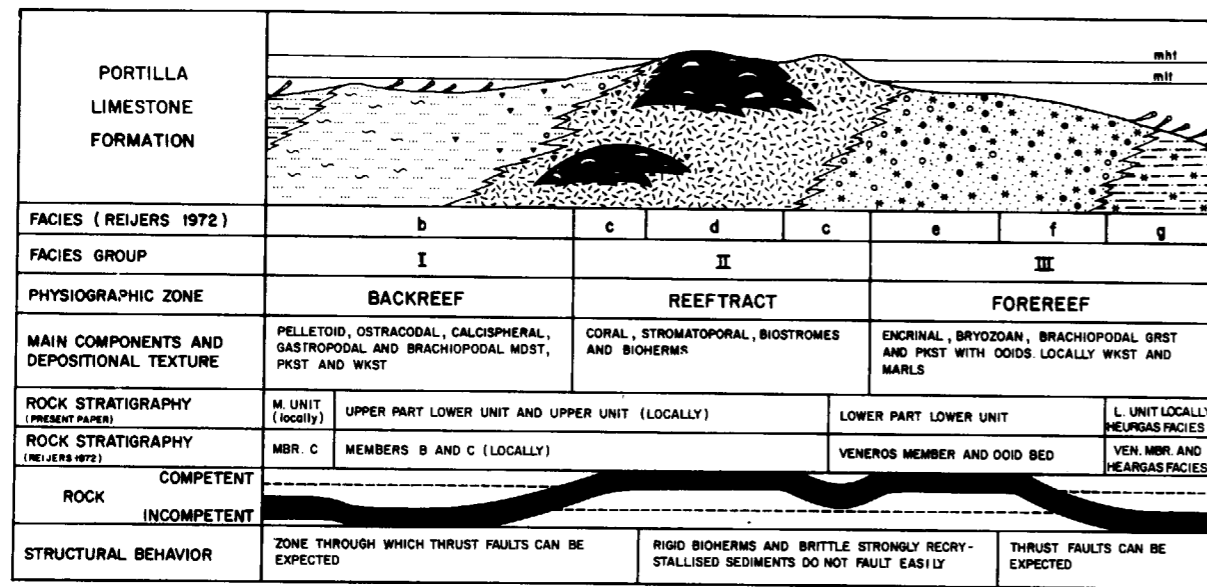
The two lowermost members of the Portilla Formation (REIJERS, 1972) jointly form an easily recognisable brittle carbonate cuesta (REIJERS, 1969). Under stress they act together as a structural entity. During deposition, siliciclastic influences affected the entire study area rendering

the middle member strongly marly. These marls are poorly cemented. Consequently, they show a ductile behaviour under stress. The upper member is usually a brittle reefoid well cemented carbonate unit, although laterally more ductile moderately cemented marly carbonates occur (REIJERS, 1972).

Within these members of the Portilla a regressive facies sequence is systematically followed by a transgressive one (REIJERS, 1981). Consequently sedimentary mechanisms giving rise to such sequences also trigger a systematic development of rock competence. The following facies groups have been established (Fig. 7); each group showing a competence contrast to the other:

Facies group I, consisting of sediments deposited in a protected lagoon-like shallow marine setting. Local high contents of fine grained siliciclastic admixtures gives rise to poorly cemented, marly carbonates in this facies group. Under stress they usually show a moderately ductile behaviour.

Facies group II, comprises sediments forming organic barriers (biostromal and biohermal reefs). Bioherms in particular are often well cemented



- [Symbol] MDST, WKST AND PKST, VERY FINE CALCARENITIC
- [Symbol] BIRDSEYES
- [Symbol] OIDS (TANGENTIAL)
- [Symbol] GRST/PKST, COARSE (ENCRINAL) CALCARENITIC
- [Symbol] CHERT NODULES
- [Symbol] OIDS (RADIAL)
- [Symbol] PKST/WKST, SHALEY
- [Symbol] BIOHERM
- [Symbol] ** CRINOIDS
- [Symbol] MDST, WKST AND PKST, MARLY
- [Symbol] BIOSTROME
- [Symbol] ZAPHRENTOID CORALS

SEDIMENTARY ENVIRONMENTS IN PORTILLA LIMESTONE FORMATION

Figure 7.—Sedimentary environments and their facies groups in the Portilla Limestone Formation. There is a distinct relationship between the sedimentary facies groups and the structural behaviour of such rocks.

and recrystallised. Consequently, under stress they behave in a brittle way.

Facies group III, is composed of carbonates deposited in shallow unrestricted marine environments. Certain intervals are distinctly encrinitic and strongly cemented with syntaxial overgrowth cement. Under stress such carbonates tend to behave as brittle rock units. Other intervals however are more marly and poorly cemented. Such carbonate intervals show a somewhat ductile behaviour.

The determination of these characteristic facies groups, also meaningful in a structural geological sense, facilitates establishment of facies gradients in the Portilla Formation within the Peña Corada syncline and specifically in the Peña area.

— The highly competent lower part of the Portilla decreases in thickness to the east.

— The upper part of the lower unit and the entire upper unit of the Portilla are characterised by competent biostromes and bioherms of Facies group II (see also REIJERS, 1974, Figs. 6a, b, and 7a, b). Lateral to bioherms semi-competent carbonates occur such as debris layers and protected shallow marine carbonates.

— The competent reefoid upper part of the lower unit of the Portilla increases in thickness to the east.

— The incompetent siliciclastic middle unit of the Portilla very gradually decreases in importance and thickness from the west to the east.

— The competent biostromal/biohermal upper unit increases in thickness towards the east.

The Portilla Formation is sandwiched between

the underlying highly incompetent shale and crumbly sands of the Huergas Formation and the overlying competent quartzitic Nocado Formation. Under stress the former deforms in a ductile manner, whereas the later exhibits a brittle behaviour.

DISCUSSION

The facies trends observed suggest that the Peña area occupied a crucial palaeogeographic position during deposition of the Portilla Formation. Something caused the rather significant east-west facies changes in the Peña Corada unit.

The fold pattern in the Peña area, unique within the Peña Corada unit, and the steep attitude of E-W thrust faults here and throughout the Peña Corada unit favours the presence of an initial compression to the NW, followed by the main compressional component to the North (Fig. 8). Folds and faults are likely to have been triggered by a strike-slip zone in the basement; a step which, according to RUPKE (1965, p. 56) is an expression of the Sabero-Gordón line during the early Westphalian. The hypothesis of BASTIDA et al. (1976), however (viz. 20 km left-lateral movement along the Sabero-Gordón zone) now opens the possibility that abutment did not take place against a basement step connected with the Sabero-Gordón line but against one connected with the SW continuation of the Pardomino high and the Porma fault leaves little doubt about the existence of these features during Hercynian deformation. After palinspastic restoration of the position of the Peña Corada unit (Fig. 9), it is immediately visible that the structure of the Peña occupies a position which lies approximately in the continuation of the Pardomino high and the Porma fault. As a result of pushing against this rigid step in the basement, folds were formed in the Peña structure area that are almost isoclinal and locally overturned (Fig. 10B). Folds do not occur elsewhere in the northern flank of the Peña Corada syncline, because nowhere else has abutment against a basement step taken place. This reconstruction of events requires the left lateral movement to be preceded by a phase of thrusting during which the folds in the Peña area were formed.

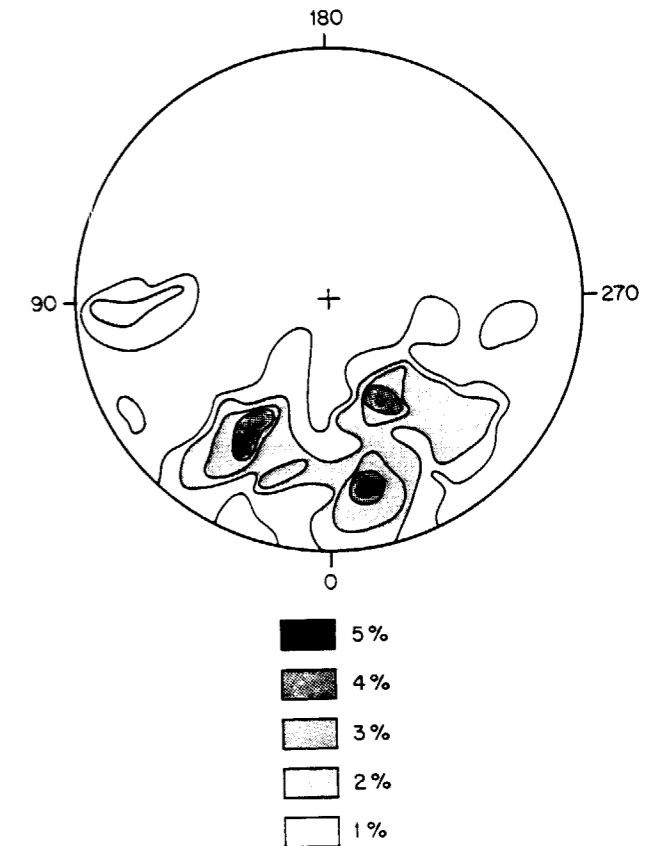


Figure 8.—Pole diagram of 46 dip measurements in Peña area, suggesting a stress field with a main compressional component to the N.

Another difference between the Peña area and the remainder of the N flank of the Peña Corada syncline is the attitude of the thrust faults. Over considerable E-W distances these cut through lithologies of reduced competence that mainly belong to facies group II in the Portilla Formation and to the Huergas Formation. They provide avenues along which stress, built up during folding, is released. The steep attitude of the Casetas fault E and W of the Peña structure, however, does not correlate with its southwards dip of 9°-11° underneath this structure, as a result of which young Stephanian sediments are overlain by the Peña structure over a N-S distance of approximately 750 m. Stephanian sediments also overly the Peña structure in an

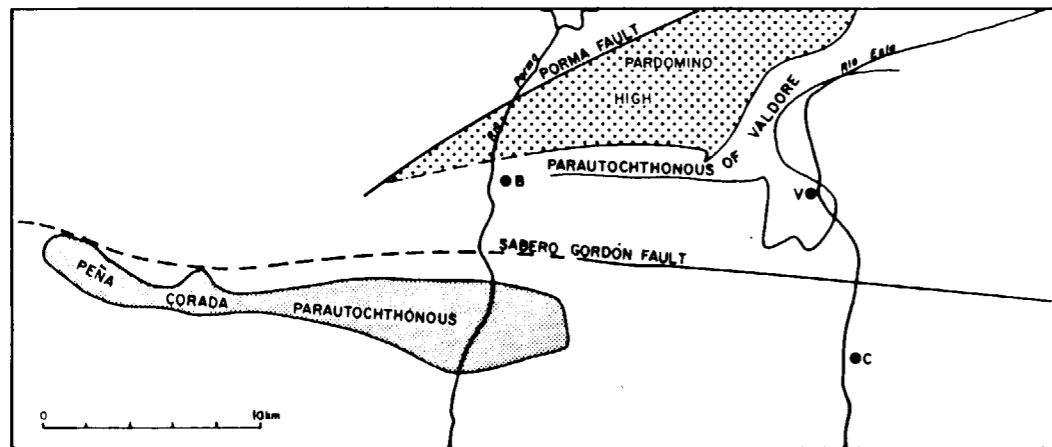


Figure 9.—Likely depositional area of sediments in Peña Corada parautochthonous unit, predating the main thrusting phase.

areally restricted part of the Peñola structure (between the two present day topographical highs). These observations strongly suggest a late synsedimentary deformation phase of the Peñola structure, probably of a collapse nature, during the deposition of the Stephanian.

HELMIG (1965) described subsidence of the Sabero basin along the Sabero-Gordón fault zone during the Stephanian. He referred to a genuine topographical relief that occasionally occurred along the edges of this basin.

His detailed work allowed the establishment of three phases of deformation during the Stephanian, of which one acted synsedimentarily. It is suggested here that this synsedimentary collapse coincided with phases of wrench faulting that caused the left lateral movement of approximately 20 km. This displacement was responsible for the separation of the cartographic elements mentioned by BASTIDA et al., which—before faulting—formed such a convincing entity.

DEPOSITIONAL AND STRUCTURAL HISTORY; CONCLUSIONS

Several depositional features (REIJERS, 1981) suggest the occurrence of minor spasmodic positive epirogenetic movements, irregularly distributed throughout the sedimentary basin during the Lower-Middle Frasnian. An emerging hinterland is indicated by the Portilla siliciclastic middle unit, of which thickness and importance

decrease in a SE direction. Full emergence of the hinterland culminates in significant erosion in the northern part of the Esla area (Fig. 10A). All these movements fall within the limits of the Bretonian phase. After emergence, sedimentation was resumed very slowly with deposition of griottes, shales and fetid and reefoid limestones of the Dinartian, which forms the youngest lithostratigraphic unit in the Peña Corada syncline. At the end of, or after the Namurian, the tectogenetic period of the Cantabrian Mountains started with a major compressional phase, which produced thrusts in the study area. This phase gave rise to abutment of sediments against the Párdomino high and in a small area considerable structural deformation took place (Fig. 10B). The nature and degree of structural deformation in the Peñola area is understood as a function of the palaeogeographic position of this area before thrusting started (Fig. 9) and as a reflection of the various physical characteristics of the lithostratigraphic units (Fig. 7). After thrusting, sinistral wrench-faulting took place during the Westphalian. This caused the synsedimentary collapse in the Peñola area and refolding of the Esla thrust sheets (Fig. 10C).

ACKNOWLEDGEMENT

The author is indebted to Shell Internationale Petroleum Maatschappig B.V. for permission to publish this paper. He would like to thank Mr. A. P. van Veen for the skillful drawing of the illustrations.

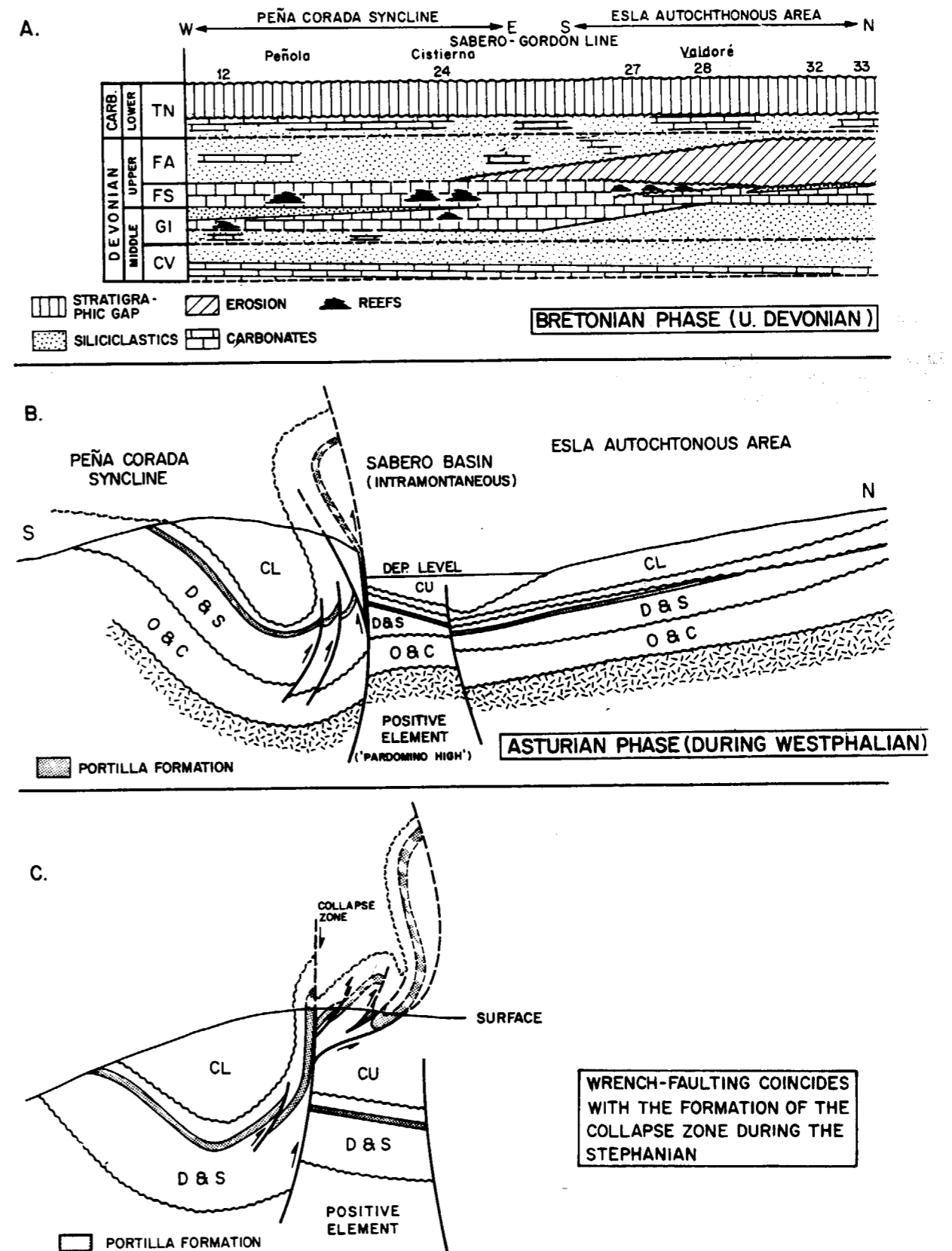


Figure 10

- A. Simplified depositional situation of Portilla Limestone Formation with the effects of a rising hinterland and consequently an increasing erosion in a northerly direction. The numbers correspond to the section number on figure 1.
- B. Compressional S-N movements and abutment against a step in the basement gave rise to complex folding.
- C. Collapse took place during Stephanian left-lateral wrench faulting.

REFERENCES

- ARBOLEYA, M. L.: *La estructura del manto del Esla, Cordillera Cantábrica, León*. Bol. Geol. y Min., XII-1, pp. 19-40 (1981).
- BASTIDA, F.; MARCOS, A.; ARBOLEYA, M. L., and MÉNDEZ-BEDÍA, I.: *La unidad de Peña Corada y su relación con el manto del Esla (zona Cantábrica, NW de España)*. Breviora Geológica Astúrica, XX-4, pp. 49-55 (1976).
- EVERS, H. J.: *Geology of the Leonides between the Bernesga and Porma rivers, Cantabrian Mountains, N.W. Spain*. Leidse Geol. Meded., vol. 41, pp. 83-151 (1967).
- HELMIG, H. M.: *The geology of the Valderrueda, Tejerina, Ocejo and Sabero coal basins (Cantabrian Mountains, Spain)*. Leidse Geol. Meded., vol. 32 (1965).
- REIJERS, T. J. A.: *De stratigrafie van de Portilla Formatie tussen de rio Esla en den rio Porma in de provincie León (Spanje) en de tectonische problemen in het Peñola gebied*. MSc. Thesis, Leiden University, Department of Stratigraphy (1969).
- REIJERS, T. J. A.: *Facies and diagenesis of the Devonian Portilla Limestone Formation between the river Esla and the embalse de La Luna, Cantabrian Mountains, Spain*. Leidse Geol. Meded., vol. 47, pp. 163-249 (1972).
- REIJERS, T. J. A.: *Hinge movements influencing deposition during the Upper Devonian in the Esla area of the Cantabrian Mountains, Spain*. Geol. Mijnbouw, vol. 53, pp. 13-21 (1974).
- REIJERS, T. J. A.: *Sedimentary mechanisms in Spanish Devonian Carbonates*. Geol. Mijnbouw, vol. 59, pp. 87-96 (1981).
- RUPKE, J.: *The Esla Nappe, Cantabrian Mountains (Spain)*. Leidse Geol. Meded., vol. 32, pp. 1-74 (1965).
- STAALDUINEN, C. J. VAN: *Geology of the area between the Luna and Torio rivers, southern Cantabrian Mountains, NW Spain*. Leidse Geol. Meded., vol. 49, pp. 167-205 (1973).

Recibido: Febrero 1983.

Estudio de flotación de la Casiterita y Tantalita del «Leucogranito» de la mina Penouta (Orense) (*)

Por Ramón ALVAREZ RODRIGUEZ (**)

RESUMEN

En este trabajo se estudian las condiciones de operación (reactivos, puntos de adición, pH, granulometría, etcétera) que permitan alcanzar leyes y recuperaciones aceptables en estaño y tántalo, llegándose a la conclusión de que el oleato de sodio es el mejor reactivo para este caso concreto a valores de pH cercanos a 7.

ABSTRACT

The flotation conditions (reagents, addition points, pH, size, etc.) that allow us to reach good tin and tantalum assays and recoveries, are studied in this paper, concluding that the sodium oleate is the best reagent for this ore at pH values near 7.

INTRODUCCION

La flotación de la casiterita siempre ha planteado problemas, sobre todo en lo referente a leyes en el concentrado final y también a recuperaciones. Los estériles de la etapa de flotación, habituales en las plantas en funcionamiento, son muy altos, así, por ejemplo, en Wheal Jane, WELLS (13) cita un contenido de 2.300-2.600 ppm. de Sn y MONCRIEFF (8) da valores para periodos anteriores de 3.200 ppm.; para la instalación de Renison da el valor de 2.500 ppm. y para la instalación de Unión Tin da el valor de 4.000 ppm. En la revisión de HOUT (10) se cita para la instalación de Catavi un contenido en los estériles de desbaste de 600 a 1.000 ppm. POL'KIN (6) cita para ensayos piloto con agua de mar sobre los finos de la planta Volkomeisky, análisis de 400 ppm., etcétera.

Estas leyes típicas de los estériles de la flotación no son aceptables en nuestro caso y los ensayos se han dirigido a obtener leyes inferiores

a 200 ppm., ya que con una de entrada del orden de 800 ppm., esta ley de los estériles originaría pérdidas del 25 por 100, y si se rebaja a 100 las pérdidas ya sólo serían del 12,5 por 100, demostrándose que se puede conseguir con varios reactivos manteniendo los consumos de los mismos en el orden habitual, así como se pueden conseguir leyes del concentrado incluso superiores a muchas de las citadas en la bibliografía con muy buenas recuperaciones utilizando el oleato de sodio. Todo ello queda explicado en el extracto del trabajo que se expone a continuación.

1. DESCRIPCION DE LA MUESTRA

La muestra de «leucogranito» consiste en trozos de roca que presentan aspecto alterado. El análisis químico de una muestra media es:

TABLA 1

	%
SiO ₂	71,75
Al ₂ O ₃	16,26
Fe ₂ O ₃	0,568
TiO ₂	0,002
CaO	0,155

(*) Trabajo presentado en el VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia (Barcelona, mayo 1984) (Beca Rumasa).

(**) Instituto Geológico y Minero de España y E. T. S. de Ingenieros de Minas (Madrid).

MgO	0,030
MnO	0,060
K ₂ O	3,60
Na ₂ O	5,50
P. p. calcinación	1,57
	ppm.
Sn	805
Ta	80
Nb	90
W	< 10

Es importante destacar el bajo contenido en hierro, manganeso y calcio, lo que implica una baja proporción de sus minerales portadores, que suelen ser perturbadores en flotación de casiterita.

El análisis mineralógico ha sido realizado por difracción de rayos X, deduciéndose que los minerales mayoritarios son plagioclasas y cuarzo libre; que como secundarios en importancia están la muscovita y el feldespato potásico, y en menor proporción biotita e ilita, y que como muy minoritarios aparecen caolinita y otras arcillas.

Por microsonda electrónica se deduce que las plagioclasas son fundamentalmente albita, con lo que nos encontramos en presencia de un granito en vías de alteración, y del estudio de los concentrados y mixtos obtenidos en las flotaciones se deduce la existencia de casiterita, tantalita, clorita y anfíboles en cantidades muy pequeñas, totalmente indetectables por la difracción de rayos X en la muestra de entrada, así como indicios de sulfuros metálicos, fosfatos y carbonatos. Los estudios en lámina delgada corroboran estos resultados.

2. MOLIENDA DE LA MUESTRA

Como primera etapa, se ha producido un material de 2 mm., procurando obtener el mínimo de finos. A pesar de las precauciones, dada su naturaleza alterada, no se ha conseguido como muestra el análisis granulométrico representado en la figura núm. 1, en el que se pone de manifiesto que pese a utilizar máquinas que tienden a producir pocos finos, un 19,78 por 100 del material ha pasado a tamaños inferiores a 62 µm y la proporción de material por debajo de 12 µm es de 2,04 por 100.

Respecto a los análisis químicos realizados sobre las distintas fracciones, se ha de destacar que por debajo de 62 o de 37 µm se tiene en bloque una ley muy similar a la del todo-uno, lo que es preciso tener en cuenta cuando se piense en un proceso gravimétrico, y que las diferentes fracciones tienen leyes muy semejantes, excepto la de -12 µm, en la que es de 130 ppm. Para los ensayos de flotación se ha molido el mineral a un tamaño del orden de 0,125 mm, con el fin de obtener una amplia distribución granulométrica, y para minimizar la degradación de la casiterita se ha realizado remedando un circuito cerrado, obteniéndose un mineral con un grado de molienda de aproximadamente el 93 por 100 a 0,125 mm. y un d₉₀ del orden de 0,1 mm. (bolas de porcelana).

Para la flotación es imprescindible deslamar la muestra y ésta se ha realizado mediante sedimentaciones y decantaciones repetidas, procurando obtener un corte muy bajo de forma que eliminando efectivamente las «lamas», quede una representación importante de granos finos de casiterita con objeto de estudiar su flotabilidad. Así, las lamas obtenidas tienen un d₉₀ de aproximadamente 1 µm, y más del 99 por 100 por debajo de 12 µm, quedando en el material que va a flotación un 8 por 100 aproximadamente de partículas inferiores a 12 µm (o de 6,4 si se expresan los tamaños con referencia a la casiterita de densidad 7).

La granulometría típica del material que entra a flotación está dada en la figura 1.

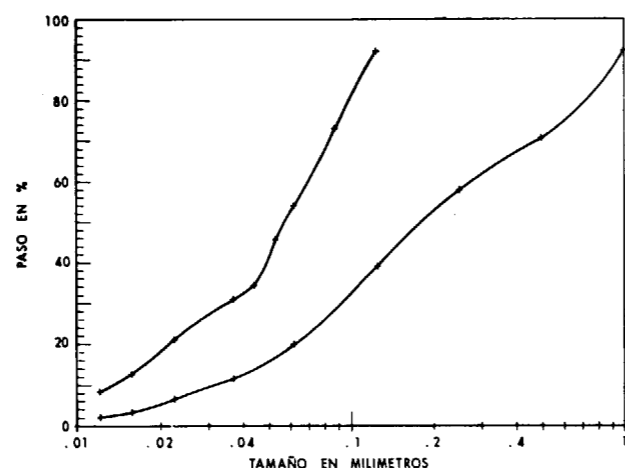


Figura 1.—Granulometría del material molido a 2 mm. y de la entrada a flotación.

Del estudio del material molido es de destacar que a pesar de haber realizado un corte muy bajo, las lamas se acercan al 5 por 100 con ley de 500 ppm. de estaño, próxima a la ley media del mineral, indicando que no obstante la precaución de no moler nada más que los tamaños superiores a 0,125 mm., se ha producido un aumento importante de los ultrafinos, sobre todo en casiterita, lo que se traducirá en pérdidas de estaño. Hay que señalar que junto a este hecho, en los tamaños más gruesos de la molienda no desciende la ley, es más, en la fracción mayor de 0,125 mm. es más alta que la media, alcanzando las 1.110 ppm.

En todo este proceso, el tántalo y niobio siguen de cerca el comportamiento del estaño, como se pone de manifiesto por las leyes de las fracciones y por los rendimientos de cada elemento, que son prácticamente idénticos.

3. ESTUDIO DE FLOTACION SOBRE EL MINERAL MOLIDO

Los reactivos colectores que se han considerado en el estudio son: el ácido estireno fosfónico (S.N. des Poudres et Explosifs), el aerosol 22 (Cyanamid), el procol CA-540 (Allied/Colloid) y el oleato de sodio.

Tras los primeros ensayos negativos, el ácido estireno fosfónico fue descartado. Asimismo se puso de manifiesto la importancia de la adición

de silicato de sodio (1 Kg/t) y la inutilidad de adiciones moderadas de ácido cítrico o fluosilicato de sodio (tal vez por no existir en la mena minerales ferruginosos abundantes), así como la conveniencia de tiempos de acondicionamiento moderados con los reactivos. Se han diseñado los ensayos de desbaste con la adición de 1 Kg/t de silicato de sodio, ajuste de pH y adición de reactivo, acondicionamiento durante diez minutos y flotación recogiendo concentrados a intervalos de 1, 2, 4 y 4 minutos.

Los datos de los principales ensayos en que se basan las conclusiones obtenidas están dados en la tabla 2, deduciéndose que en el caso de la mena estudiada, el reactivo mejor es el oleato de sodio que permite lograr una mayor recuperación del estaño con menor consumo de reactivo y un menor volumen de espuma en el concentrado, que se traduce en unas leyes más elevadas, lo que facilitará aumentar la ley en los relavados. Esta superioridad del oleato es más acusada en las leyes del primer minuto, y por tanto en sus recuperaciones en este tiempo. Otra ventaja no reflejada en la tabla es que produce relativamente poca espuma, que se recoge bien y se deshace pronto, mientras que los derivados sulfocinámicos producen una espuma muy abundante y difícil de controlar a pesar de la adición de queroseno e incontrolable cuando se fuerzan las cantidades de reactivo para obtener leyes menores en los estériles; por ejemplo, cuando se añaden los 782 g/t o los 522 de una vez.

TABLA 2
Principales datos de flotación

Reactivo	Cantidad g/t	Queroseno g/t	pH	Leyes estéril (p.p.m.)			Leyes concentrado (% Sn)	
				Sn	Ta	Nb	Total (11m)	Primer minuto
Aerosol 22	564	24	4,6	100	50	60	1,19	1,81
Procol	261	26	5,8	215	55	80	1,66	4,52
Procol	522	52	6	100	50	60	0,91	1,93
Procol	522	52	4,6	115	50	70	1,10	3,80
Procol	782	78	5,9	85	40	50	0,63	—
Oleato de Na	261	—	7,5	105	55	60	1,85	6,94
Oleato de Na	522	—	8	610	110	110	0,86	1,51
Oleato de Na	522	—	7,7	130	110	90	1,24	7,19
Oleato de Na	522	—	7,6	105	50	50	1,91	8,05
Oleato de Na	522	—	7,5	105	50	60	1,85	7,90
Oleato de Na	522	—	7,3	100	50	50	1,99	9,63
Oleato de Na	522	—	6,6	80	30	30	1,36	7,64
Oleato de Na	522	—	6,3	60	20	30	—	—

En los ensayos, el reactivo se ha procurado añadirlo de una vez durante el acondicionamiento para que su eficacia fuese mayor, pero en el caso de los reactivos sulfocinámicos se descontrola la producción de espuma a pesar de la utilización de queroseno, dando leyes bajas en el concentrado. Si se añade parte en el acondicionamiento y parte durante la flotación se regula mejor la espuma, pero entonces los estériles quedan con leyes más elevadas.

— *Influencia de los valores de pH:* Una vez determinado que el reactivo preferible en principio era el oleato de sodio, se estudió la influencia del pH, demostrándose que por debajo de 7 es más favorable que por encima, teniendo siempre en cuenta que la corrosión aumentará al bajar este valor. La tabla 1 muestra que alrededor de 7,7 las subidas de pH producen caídas bruscas en la recuperación, mientras que las bajadas de pH tienen que ser pronunciadas para obtener unas mejoras sensibles de la misma. Ensayos realizados entre pH 9 y 10 no obtienen ninguna recuperación práctica.

Para la tantalita las mejores recuperaciones (menor ley en el estéril) se dan a pH de alrededor de 6,5, flotando un poco más retrasada que la casiterita, como se observa en los siguientes datos (tabla 3).

TABLA 3

Leyes concentrados en estaño, tántalo y niobio

Fracción minutos	Leyes concentrado (Oleato a pH 6,6)		
	% Sn	% Ta	% Nb
1	7,64	0,394	0,347
2	0,95	0,076	0,081
4	0,14	0,028	0,030
4	0,11	0,017	0,018

— *Influencia de la granulometría en los resultados de flotación:* Las fracciones granulométricas se comportan de forma diferente frente a la flotación, siendo más fácilmente flotables las comprendidas entre 16 y 37 μm (que en casiterita corresponderían a 8,3 y 37), tanto frente a reactivos sulfocinámicos como al oleato.

En la figura 2 están dibujados los histogramas correspondientes a estériles de 215 y 100 ppm. obtenidos con Procol y el obtenido con oleato de sodio de 100 ppm., donde se aprecia perfectamente la zona granulométrica en que es menor la ley de estaño. Comparando los dos estériles de 100 ppm. se deduce que son casi idénticos, salvo que parece que el Procol flota mejor las fracciones finas (menores de 16 μm , como cuarzo), y el oleato flota mejor la fracción gruesa, sobre todo los tamaños mayores de 125 μm . Esta fracción evidencia una mayor dificultad de flotación que las demás en cualquiera de los tres ensayos (es menor de 250 μm).

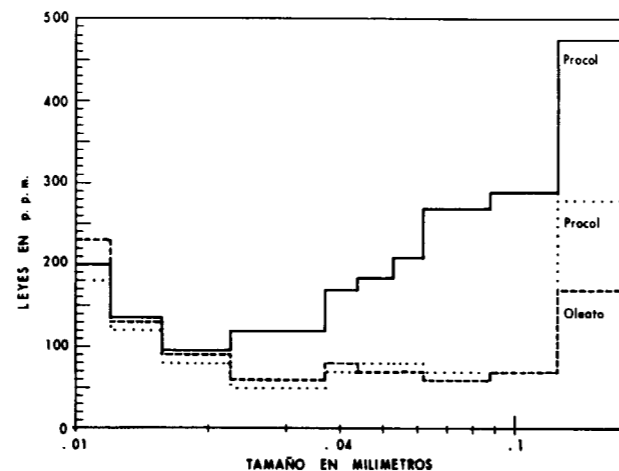


Figura 2.—Histogramas ley/tamaño de los estériles de flotación.

En el estéril de 215 ppm., obtenido evidentemente con escasez de reactivo, se observa claramente que frente a una falta de reactivo las partículas más gruesas presentarán una mayor sensibilidad seguidas de las más finas, mientras que los tamaños intermedios serán menos sensibles.

Otro punto a destacar es la acusada influencia de la granulometría en la ley del concentrado, ya que las fracciones gruesas del mismo tienen unas leyes muy elevadas que van decayendo según baja el tamaño de grano, siendo debido esto fundamentalmente a los arrastres mecánicos de las partículas finas en suspensión en el líquido que sale con la espuma. Se podría actuar eliminando con un ciclonado previo aquellos tamaños, por ejemplo, menores de 16 micrómetros, que son más perjudiciales, lo que llevaría consigo

una pérdida de estaño con relación al total de la muestra de 6,7 por 100 (calculado a partir de las leyes y rendimientos por fracciones del material de entrada a flotación deslamado) y en cambio estos granos representan más del 50 por 100 del peso del concentrado.

En la tabla 4 se muestran los análisis de un concentrado típico fraccionado en Cyclosizer (ciclonado).

TABLA 4

Leyes típicas de un concentrado

Tamaño μm	Ley % Sn (Oleato 522 g/t)
+41,9	37,41
+31,6	12,54
+22,5	3,90
+15,7	1,70
+12	0,86

— *Evolución de la ley del concentrado con el tiempo de flotación:* Realizados los cálculos relativos a la recuperación del estaño, en los ensayos bien diseñados, según el tiempo de flotación y referidos al estaño total contenido en el concentrado, se encuentra que casi todos dan valores equivalentes y muestran que entre el 78 y el 92 por 100 aproximadamente de la casiterita que se va a recuperar en el concentrado lo hace en el primer minuto y con unas leyes muy altas, lo que proporciona un buen producto para los posteriores relavados.

Al cabo de siete minutos se ha recogido ya aproximadamente el 98 por 100 de la casiterita recuperable, lo que indica que se puede acortar el tiempo de flotación a costa de tener unas pérdidas moderadas en estaño y aumentando la ley del concentrado. Esta tendencia disminuye cuando hay falta de reactivo, se flota en condiciones de pH desfavorables o el reactivo se distribuye entre el acondicionamiento y la flotación. La figura 3 muestra estos resultados.

— *Relavado de los concentrados:* Los ensayos han demostrado que éste es muy difícil, al menos en el laboratorio, utilizando Aerosol 22 o Procol CA-540 debido a que si ya la espuma en la flotación de desbaste era muy densa y consistente, se hace totalmente incontrolable incluso

añadiendo espumantes alcohólicos o queroseno y origina unas leyes muy bajas.

Para el relavado de los desbastes obtenidos con Procol se ha utilizado como depresor auxiliar de la ganga el producto Procol DA-811, eficaz a los valores de pH utilizados, en cantidades del orden de 522 g/t (sobre el todo-uno inicial). Con concentrados de once minutos de flotación obtenidos con 522 g/t de Procol CA-540 (ley tipo del 1 por 100), no se ha pasado de leyes del 6 por 100 en Sn en el primer relavado.

Trabajando sobre concentrados obtenidos con mayores cantidades de reactivo para bajar la ley del estéril, no se ha pasado de una ley del 3,5 por 100 en el concentrado relavado, produciéndose tal cantidad de espuma que desborda cualquier previsión, con los arrastres consiguientes de partículas finas que impiden obtener leyes más elevadas.

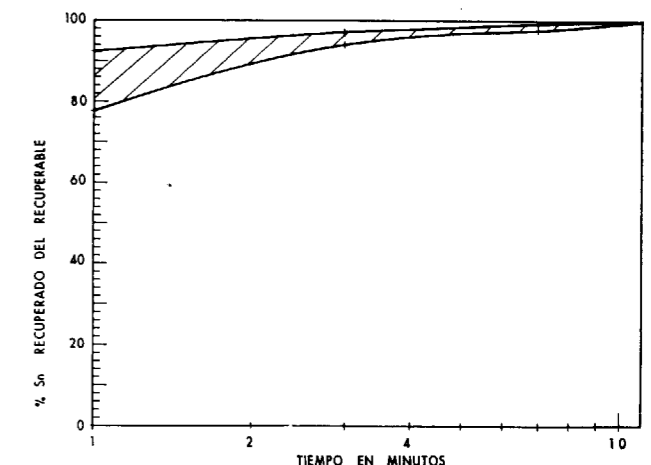


Figura 3.—Evolución de la recuperación de estaño en el concentrado con el tiempo.

En las flotaciones realizadas con oleato, dadas las altas leyes del primer minuto de flotación y el alto porcentaje relativo de estaño recuperado en esta fracción, se programaron los relavados, para no echar a perder el efecto selectivo que ya se ha producido, de la forma siguiente: Se relava el concentrado del primer minuto de desbaste una vez, e independientemente se relava dos veces el concentrado de desbaste obtenido durante los otros diez minutos de flotación (fig. 4).

Operando en estas condiciones sobre desbastes obtenidos utilizando 522 g/t de oleato en condi-

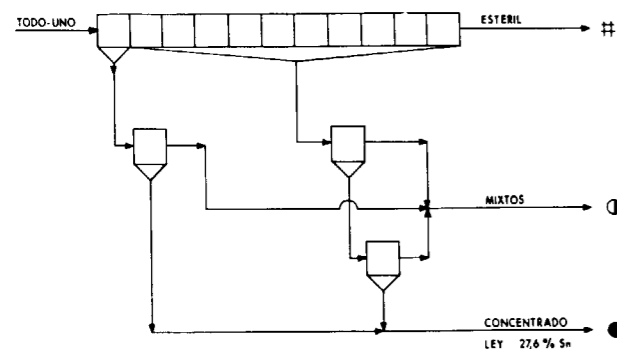


Figura 4.—Esquema de relavado seguido en el laboratorio.

ciones tipo, se ha obtenido un concentrado de relavado del desbaste del primer minuto de ley 32,54 por 100 Sn y rendimiento del 59,3 por 100, y un concentrado de los otros diez minutos, de ley 14,56 por 100 y rendimiento del 10 por 100.

Uniendo estos concentrados se lograría uno final de 27,61 por 100 de ley y un rendimiento del 69,3 por 100. Los rendimientos aquí expresados están referidos al estaño total contenido en la mena, sin deslamado previo, por lo cual son más altos si se refieren al material deslamado que entra en flotación. Por otra parte, son rendimientos mínimos, ya que están calculados a partir de los pesos reales de las fracciones obtenidas, mientras que los estériles están dados por diferencia al peso inicial, y siempre hay pérdidas en la recogida, que en este caso influyen más, pues los pesos de las fracciones del concentrado son muy pequeños. En la industria este rendimiento se vería considerablemente aumentado con la recirculación de los mixtos de relavado, que no se han tenido en cuenta, y suman aproximadamente un 15 por 100 del estaño total.

La ley del concentrado se puede aumentar mediante relavados suplementarios; así, si el de 32,54 por 100 de Sn se relava, se llega a obtener una ley del 36,68 por 100, aunque esta pequeña subida indica que nos hallamos en los límites que se pueden alcanzar.

El estudio mineralógico de los concentrados y de los mixtos por difracción de rayos X demuestra que en el concentrado, además de casiterita y tantalita, existen cloritas, mica, muscovita, plagioclasas (albita) y feldespato de potasio. En los mixtos del relavado del primer concentrado sube la proporción de mica y plagioclasas.

En el concentrado del doble relavado de los concentrados de desbaste de los últimos diez minutos se observa también la presencia de anfíboles. El estudio por microsonda electrónica ha revelado la existencia de muy pequeñas cantidades de pirita, blenda y escasos granos de calcopirita, así como fosfato de calcio y algún carbonato.

Los granos grandes de casiterita (mayores de 0,1 mm.) tienen frecuentemente inclusiones, principalmente de silicatos y también a veces de tantalita y menos de sulfuros.

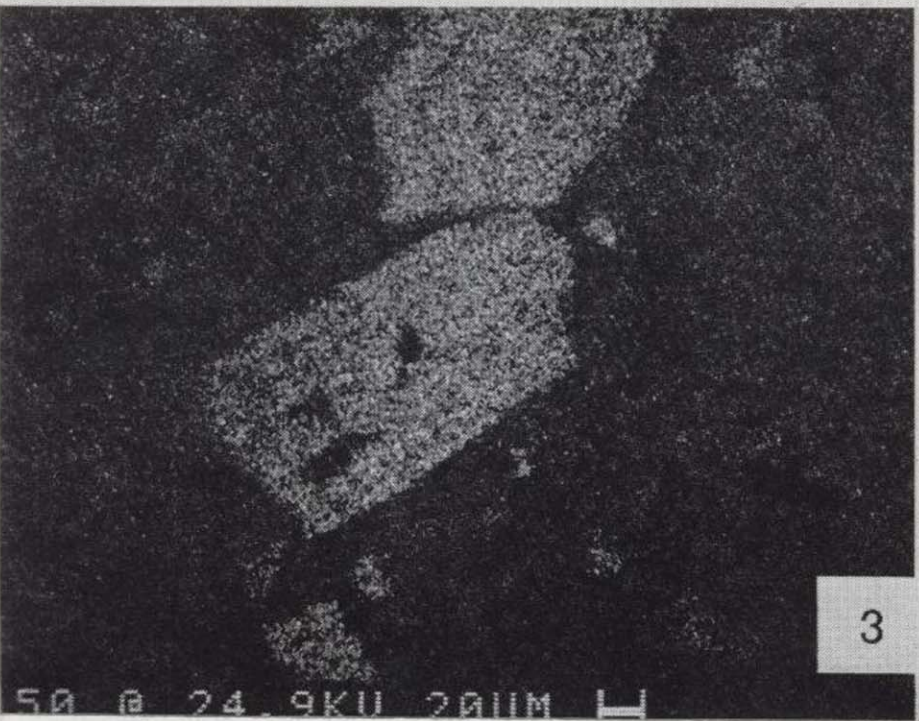
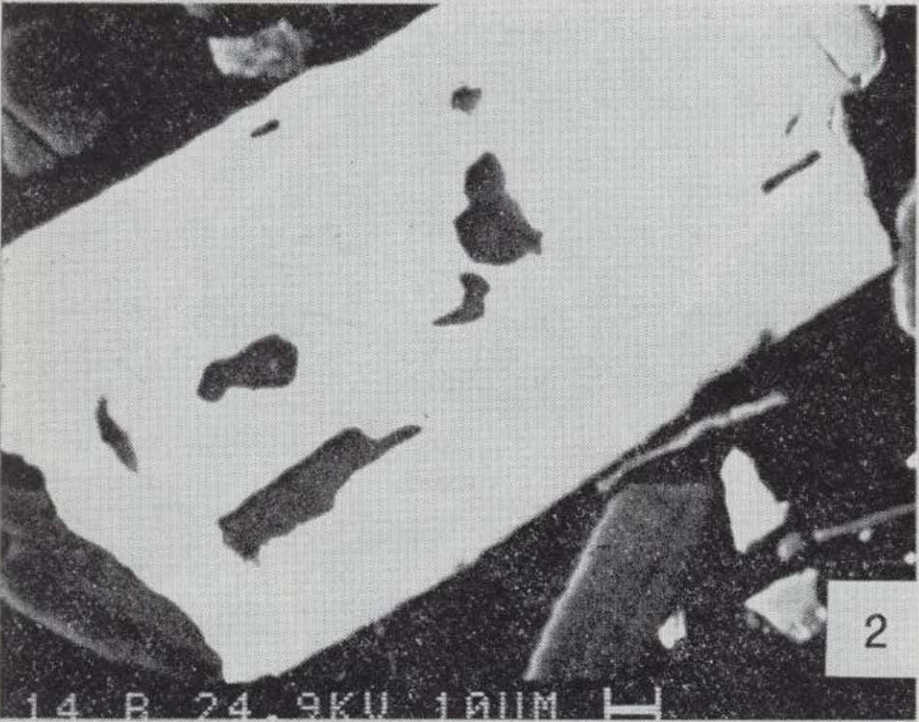
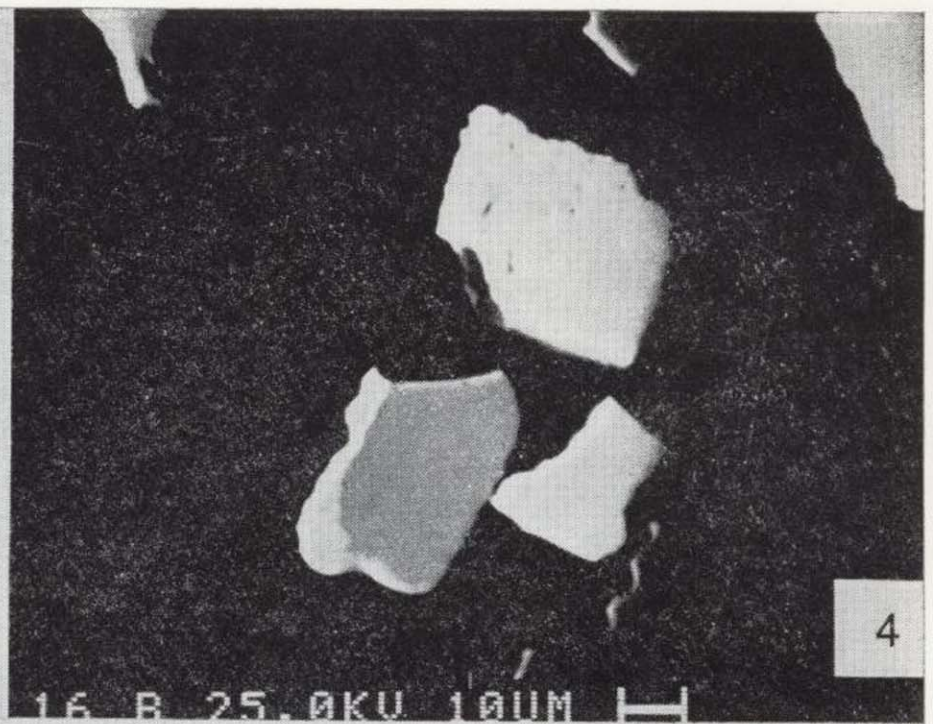
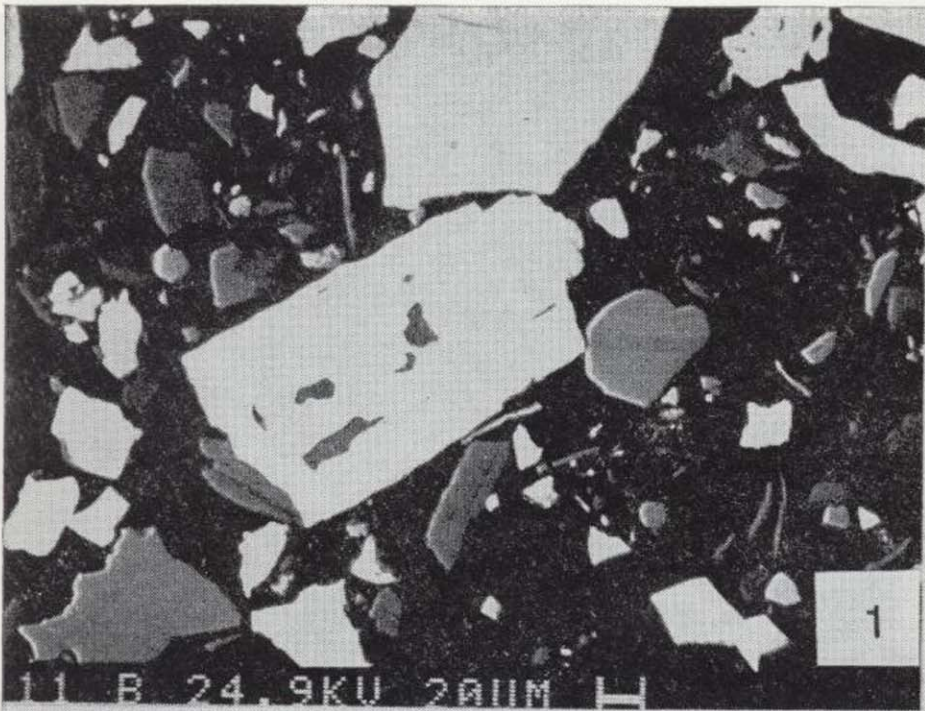
Así, en la microfotografía electrónica mostrada en la foto número 1 se aprecia en el centro un grano blanco de casiterita de unas dimensiones aproximadas de 85×170 micrómetros, que tiene unas inclusiones interiores de las cuales unas son de cuarzo, otras de albita y otras de feldespato potásico y además en la esquina inferior izquierda está formando mixto con un silicato férrico que se aprecia mejor en la foto número 2. Los granos grises son silicatos. En la foto número 3 se aprecia la imagen de rayos X del Sn en el mismo campo que la foto número 1.

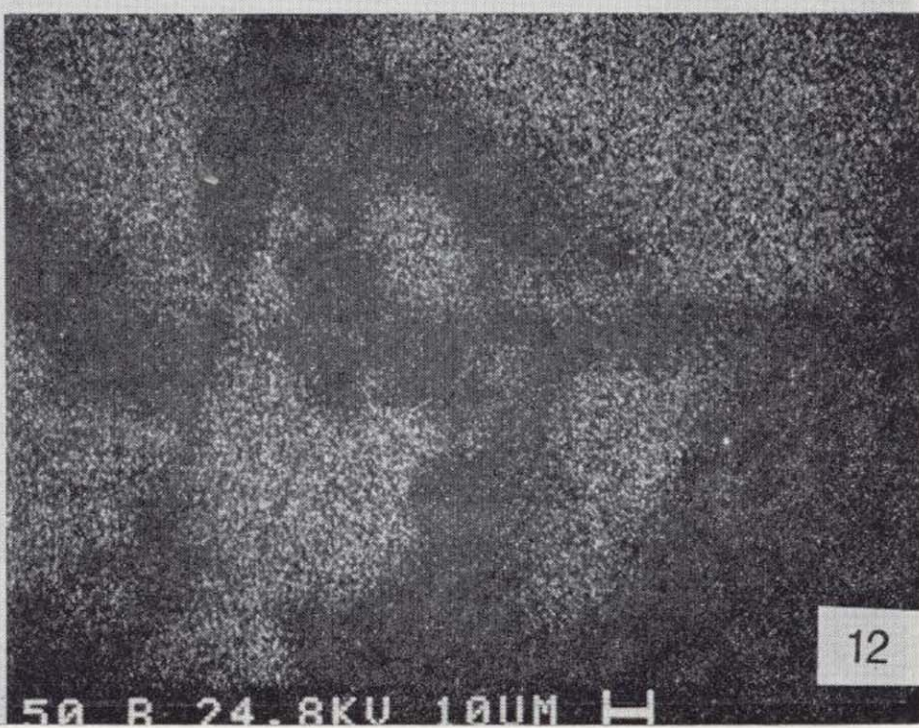
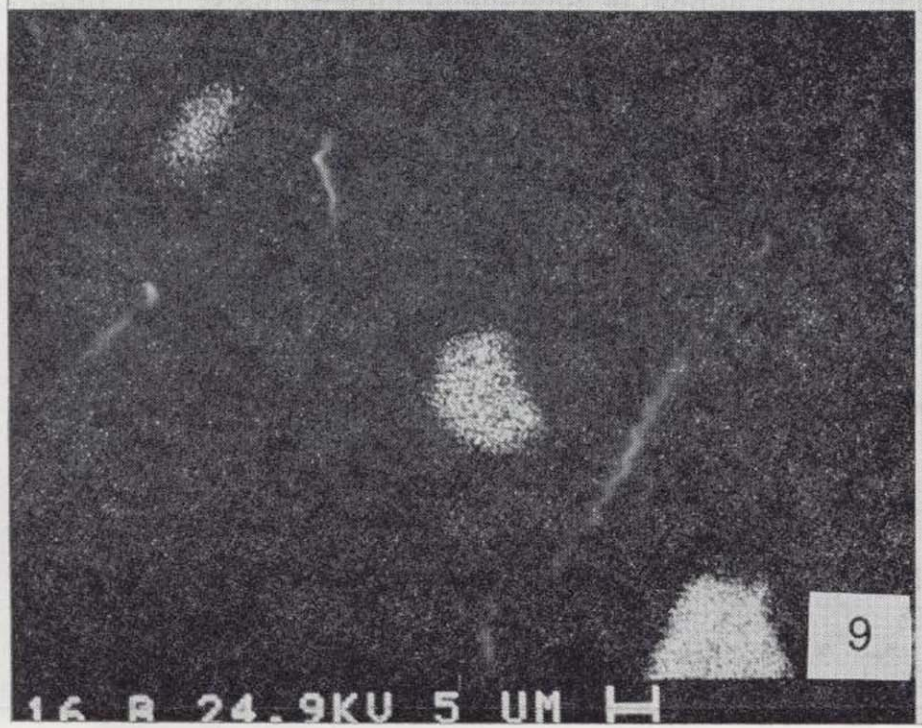
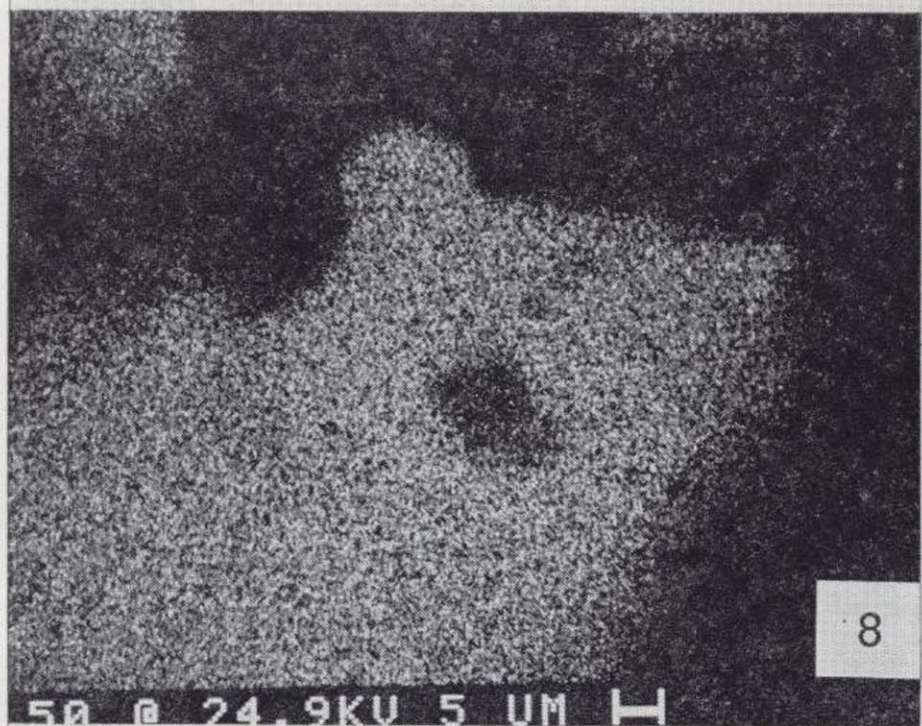
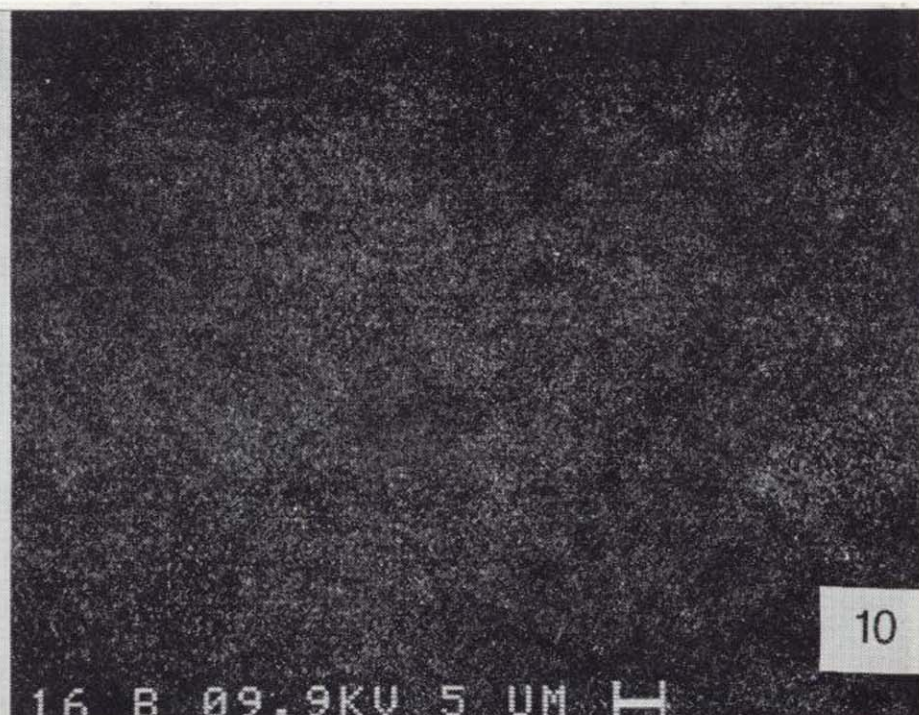
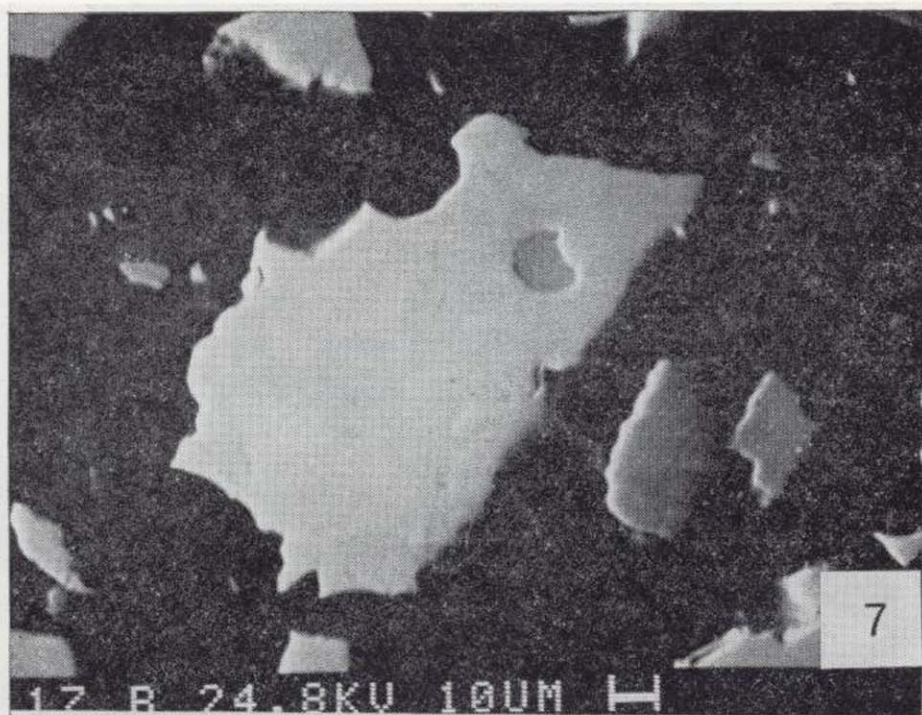
Profundizando en el estudio de la foto número 1 y considerando, por ejemplo, los tres granos blancos de la parte inferior izquierda, de los cuales uno es de tantalita y los otros dos de casiterita, se ha obtenido la foto número 4 en que el grano más a la izquierda de los tres centrales es el de tantalita, apreciándose que no es uniforme, ya que el borde izquierdo, más claro, está formado por tantalita propiamente dicha con gran contenido en tántalo, mientras que el resto es mucho más rico en niobio. Así, en la foto número 5 se muestra una imagen de rayos X del niobio en el mismo campo de la número 4.

Por otro lado, los dos granos de casiterita tampoco son iguales, ya que el superior tiene un contenido de hierro más elevado que el de la derecha, como se aprecia en la imagen de rayos X del hierro dada en la foto número 6, en que la mancha de más a la derecha en la parte inferior de la foto corresponde a un silicato prácticamente no visible en la foto número 4 por sus condiciones de obtención.

Como ejemplo de mixtos con sulfuros se expone la fotografía número 7, en que el grano central es un grano de casiterita que tiene en su parte superior derecha una inclusión redondeada que analizada parece corresponder a la estannina.



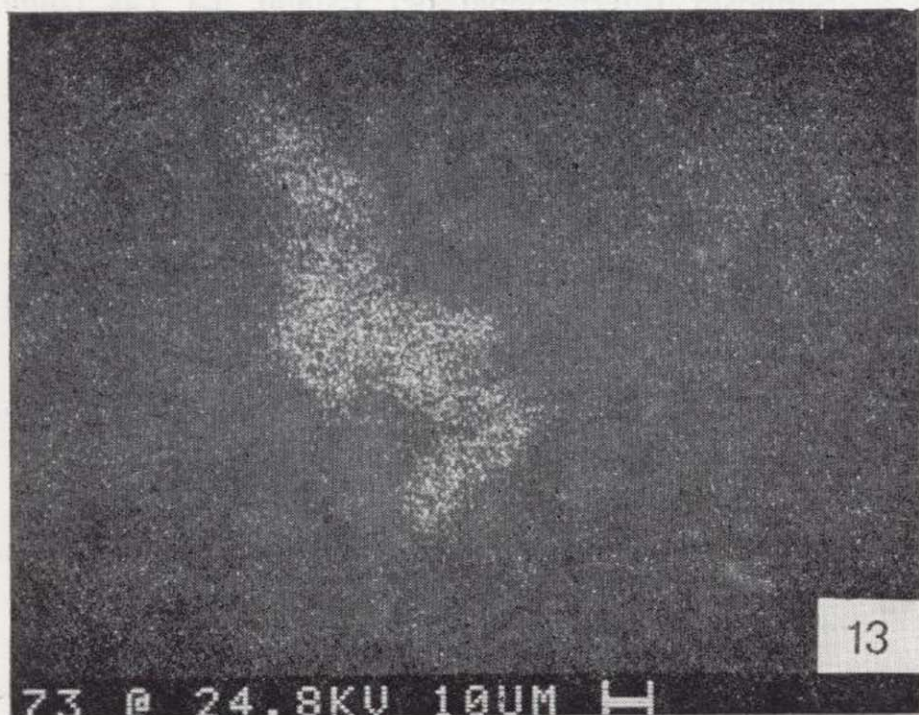




En la foto número 8 se muestra una imagen ampliada por rayos X de estaño, en la que se aprecia claramente la disminución de concentración de estaño en la inclusión, mientras que en la foto número 9 se muestra la imagen de rayos X del azufre, habiéndose contorneado ligeramente el grano con electrones dispersados para localizar fácilmente la inclusión. La imagen por oxígeno del mismo área, mostrada en la foto número 10, corrobora estos resultados.

Como ejemplo de grano mixto, casiterita-tantalita, consideraremos el grano central de la foto número 11, que en la fotografía original se aprecia perfectamente la zona central formada por tantalita, y de la que mostramos aquí, además, las imágenes por rayos X para el estaño (foto número 12) y para el tántalo (foto núm. 13), con lo que se aprecia la disposición de la tantalita atravesando prácticamente el grano de casiterita, aunque de una forma irregular.

De todo lo anterior se deduce que la complejidad del material en estudio es muy grande y que los tamaños de liberación son muy bajos en algunos casos, con lo que la separación de los minerales presentará dificultades. Además, analizados granos de casiterita se encuentra que su contenido en tántalo disperso es muy variable y que se reparte dentro de un grano con gran irregularidad. La presencia de abundantes silicatos de hierro hace pausable un posterior enriquecimiento por separación magnética de alta intensidad.



4. ESTUDIO DE FLOTACION SOBRE LOS FINOS DEL MOLIDO A-2 mm.

Con objeto de comprobar la aplicabilidad de los resultados obtenidos en el estudio de flotación al caso de pensar utilizar la flotación como medio auxiliar en una concentración gravimétrica, para recuperar la casiterita y tantalita de los finos, se han realizado ensayos sobre la fracción menor de 62 μm obtenida por tamizado del producto molido a 2 mm., que tiene 790 ppm. de Sn, 95 de Ta y 70 de Nb. Su curva granulométrica está dada en la figura 5.

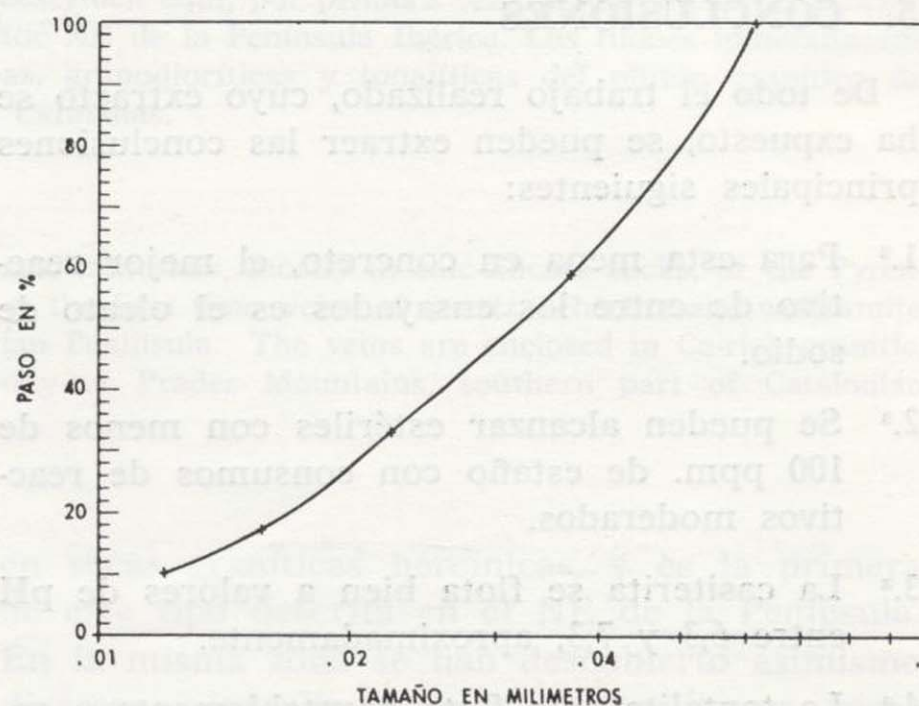


Figura 5.—Granulometría de la fracción menor de 62 μm . del molido a menos 2 mm.

Estos ensayos demuestran la aplicabilidad de las conclusiones anteriores a este caso particular haciendo la salvedad que la proporción de granos finos es mayor, lo que reduce las leyes de los concentrados ligeramente por arrastre. Así, las lamas representan alrededor del 3 por 100 en peso con leyes de 500 ppm. de Sn, 40 de Ta y 30 de Nb, y el concentrado de relavado llega al 26 por 100 en Sn.

La distribución de leyes por tamaño (granulometría realizada por ciclonado en Cyclosizer) en los estériles sigue la misma norma que en el molido para flotación, como demuestra en la tabla 5, donde los guiones significan valores menores de 20 ppm.

TABLA 5

Distribución de leyes según granulometría en el estéril

Fracciones µm	Leyes (p.p.m.)		
	Sn	Ta	Nb
+41,9	70	100	50
+31,6	50	—	—
+22,5	70	—	—
+15,7	90	—	—
+12	90	—	20
-12	120	—	20

5. CONCLUSIONES

De todo el trabajo realizado, cuyo extracto se ha expuesto, se pueden extraer las conclusiones principales siguientes:

- 1.^a Para esta mena en concreto, el mejor reactivo de entre los ensayados es el oleato de sodio.
- 2.^a Se pueden alcanzar estériles con menos de 100 ppm. de estaño con consumos de reactivos moderados.
- 3.^a La casiterita se flota bien a valores de pH entre 6,3 y 7,3, aproximadamente.
- 4.^a La tantalita sólo flota aceptablemente a valores de pH bajos (aproximadamente hasta 6,6).
- 5.^a Mediante relavado se puede alcanzar una ley de hasta el 36 por 100 en Sn a partir del mineral molido, con altos rendimientos.
- 6.^a Los finos de la molienda a menos 2 mm. presentan mayores dificultades para aumentar su ley.
- 7.^a La zona granulométrica que presenta mejor flotabilidad respecto a la casiterita está comprendida entre 15 y 37 µm (referido a granos de densidad 2,65 ó 8,5 y 37 referido a la densidad de la casiterita).

BIBLIOGRAFIA

- (1) DOREN, A.; VAN LIERDE, A., y DE CUYPER, I.: *Influence d'un tensioactif non ionique sur la flottation de la cassiterite*. XIII Int. Min. Proc. Congress. Varsovia, 1979.
- (2) BOGDANOV, O. S., y col.: *Hydroxamic acids as collectors in the flotation of wolframite, cassiterite and pyrochlore*. X Int. Min. Proc. Congress. London, 1973.
- (3) HOBERG, H.; BREUER, H., y SCHNEIDER, F. U.: *Untersuchungen zur verbesserung der kassiteritflotation nach einer oberflächenreduktion*. XIII Int. Min. Proc. Congress. Varsovia, 1979.
- (4) RINELLI, G.; MARABINI, A. M., y ALESSE, V.: *Flotation of cassiterite with salicylaldehyde as a collector*. Flotation, Cap. 19, pp. 549-560. Editorial: American Institute of Mining, Metall. and Petr. Eng. New York, 1976.
- (5) GUZMÁN, A.: *Process design for a bolivian complex sulphide ores containing cassiterite*. Complex Sulphide Ores Conference. Roma, 1980.
- (6) POL'KIN, S. I., y col.: *Teory and practice in the flotation of cassiterite fines*. X Int. Min. Proc. Congress. London, 1973.
- (7) ZAMBRANA, G. Z., y col.: *The recovery of minus ten micron particles of cassiterite*. XI Int. Min. Proc. Congress. Cagliari (Italia), 1975.
- (8) MONCRIEFF, A. G., y col.: *Development and operation of cassiterite flotation at mines of the Consolidated Gold Fields Group*. X Int. Min. Proc. Congress. London, 1973.
- (9) ARBITER, N.: *Flotation of tin ores: A review*. Simposio Internacional del Estaño. La Paz (Bolivia), 1978.
- (10) HOUT, R.: *Flottation des mineraís oxydés*. Progrés récents. Industrie Minerale. Agosto-septiembre, 1982.
- (11) ZAMBRANA, G., y de GROOT, W.: *Recuperación de minerales de estaño por flotación espumante empleando los colectores alcanocarboxílicos*. Simposio Internacional del Estaño. La Paz (Bolivia), 1978.
- (12) DE CUYPER, J. y SALAS, A.: *Flotation of cassiterite*. Simposio Internacional del Estaño. La Paz (Bolivia), 1978.
- (13) WELLS, J. A.: *The development and operation of cassiterite flotation at Wheal Jane since commissioning*. Simposio Internacional del Estaño. La Paz (Bolivia), 1978.
- (14) URQUIOLA, H.: *Efecto de la mezcla de colectores en la flotación de la Casiterita*. Simposio Internacional del Estaño. La Paz (Bolivia), 1978.
- (15) PATENTES USA: Números 4.043.902, 3.822.014, 3.929.629, 4.113.106, 3.642.464 y 3.930.997.

Recibido: Abril de 1984.

Mineralización filoniana de Tungsteno en rocas graníticas del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas

Por J. C. MELGAREJO y C. AYORA (*)

RESUMEN

En el Paleozoico de los Pirineos y de las Cordilleras Costeras Catalanas se conocen numerosas mineralizaciones de W, generalmente en rocas calco-silicatadas. Se describen aquí, por primera vez, filones de cuarzo, scheelita y wolframita (minoritaria) en rocas graníticas del sector NE de la Península Ibérica. Los filones mineralizados se hallan encajados en diferenciaciones graníticas cálcicas, granodioríticas y tonalíticas del plutón granítico de la Sierra de Prades, sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas.

ABSTRACT

Many tungsten mineralizations are known in Paleozoic materials, mostly in calc-silicate rocks, of the Pyrenees and Catalanian Coastal Ranges. We describe here, for the first time, veins of quartz, scheelite and wolframite (less abundant) in granitic rocks of this NE part of Iberian Peninsula. The veins are enclosed in Ca-rich granitic, granodioritic and tonalitic differentiates of the granitic body of Prades Mountains, southern part of Catalanian Coastal Ranges.

INTRODUCCION

El NE de la Península Ibérica presenta numerosos indicios de W, que se sitúan en una zona de este metal dentro de una gran provincia metalogénica de Sn-W, que abarca el dominio varisco del oeste de Europa (DERRE, 1982).

Los indicios descritos hasta ahora en el ámbito catalán se limitan a pequeñas mineralizaciones, generalmente en skarns y corneanas calco-silicatadas (VILADEVALL et al., en prensa). Recientemente se han observado por GIMENO (1983) indicios estratiformes de scheelita en carbonatos de la base del cámbrico-ordovícico, del Macizo de Les Guilleries (N Cordilleras Costeras Catalanas), y por los autores de este trabajo en esquistos y carbonatos aparentemente de edad correlacionable, en Vall de Ribes (Pirineos Orientales).

La mineralización que se describe aquí consta de filones de cuarzo con scheelita y wolframita

en rocas graníticas hercínicas, y es la primera de este tipo descrita en el NE de la Península. En la misma zona se han descubierto asimismo diversas mineralizaciones de scheelita en rocas calcosilicatadas (ver MELGAREJO, 1983). Dada la importancia del fenómeno granítico en la Cordillera Costera Catalana, la mineralización que se trata aquí abre nuevas perspectivas mineras en todo el sector.

Este trabajo pretende únicamente una descripción de las mineralizaciones y una primera caracterización tipológica. Problemas genéticos e interpretativos deberán esperar a un enfoque más completo de toda el área y a estudios parciales, como inclusiones fluidas, actualmente en curso.

GEOLOGIA

La Cordillera Costera Catalana consta de un zócalo hercínico y una cobertura secundaria. El zócalo está formado por series sedimentarias paleozoicas e intrusiones graníticas tardi-hercínicas.

(*) Departament de Cristal·lografia i Mineralogia. Universitat de Barcelona. Gran Via, 585. Barcelona-7.

La actividad neógena de fracturas normales NE-SO le da una configuración en bloques, con «graben» rellenos por materiales neógenos (ver figura 1).

Los materiales paleozoicos más antiguos que afloran en la zona estudiada (ver fig. 2) son pizarras negras con unas intercalaciones detríticas centimétricas y pirita abundante, con fauna silúrica. Por encima se dispone una serie de pizarras verdes, sin fósiles, atribuidas al Devónico por comparación de litofacies. Sobre el conjunto anterior se dispone una potente serie carbonífera de facies Culm. Son intercalaciones pelíticas y arenosas, con términos conglomeráticos más abundantes en la base. Localmente se intercalan

niveles de chert y otros calcáreos de poca potencia y continuidad.

La deformación hercínica es dúctil y genera pliegues E-O, con vergencia SO en los materiales anteriores. La esquistosidad asociada es poco penetrativa. El metamorfismo regional es débil, prácticamente inexistente.

El conjunto de materiales paleozoicos está intruido por un plutón de rocas graníticas diferenciadas y un conjunto de diques de pórfidos de composiciones equivalentes. Las rocas ígneas se describen en el apartado siguiente con más detalle. Cerca de las intrusiones, las rocas sedimentarias pelíticas recrystalizan a corneanas y

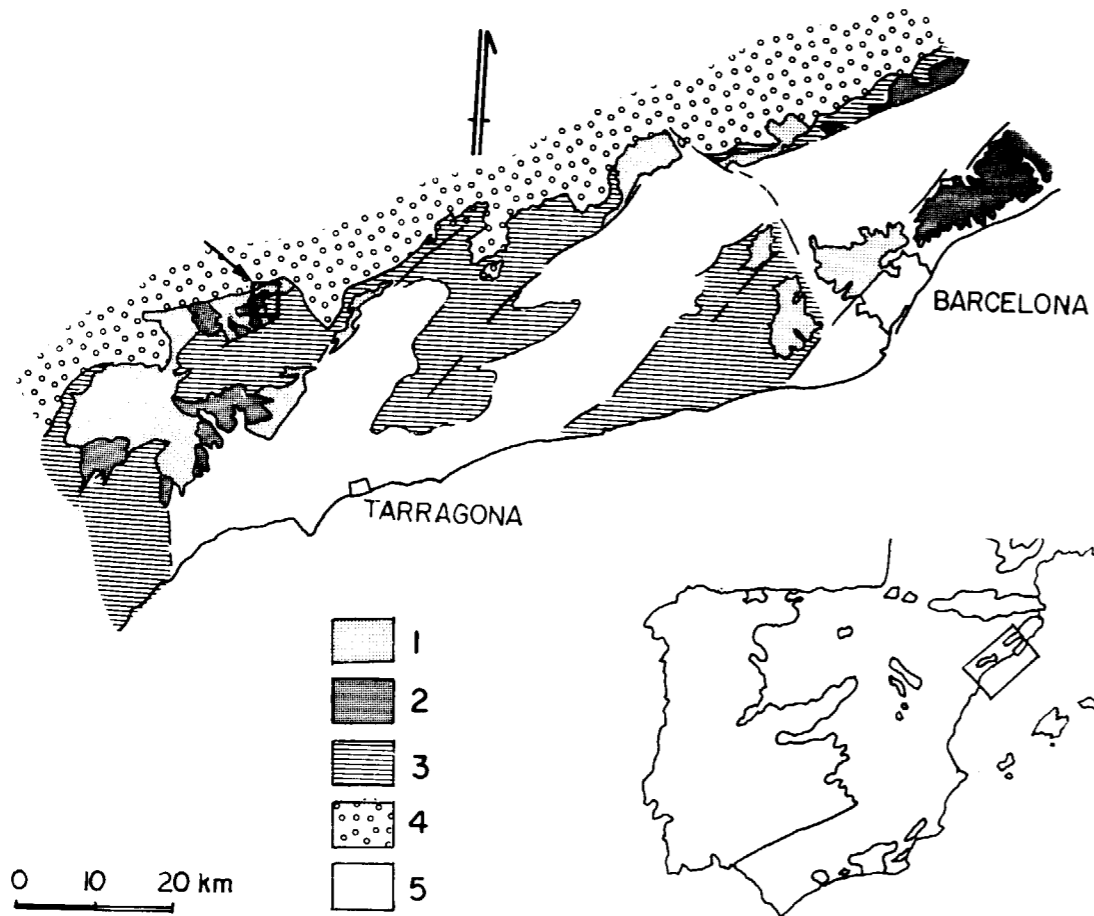


Figura 1.—Esquema geológico del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas, simplificado a partir de JULIVERT y MARTÍNEZ (1980). Leyenda: 1) Series paleozoicas sedimentarias; 2) Granitoides tardi-hercínicos; 3) Rocas post-Paleozoicas; 4) Sedimentos Paleógenos de la Depresión del Ebro; 5) Sedimentos Neógenos de relleno de grabens. En recuadro señalado con flecha la zona representada en la figura 2.

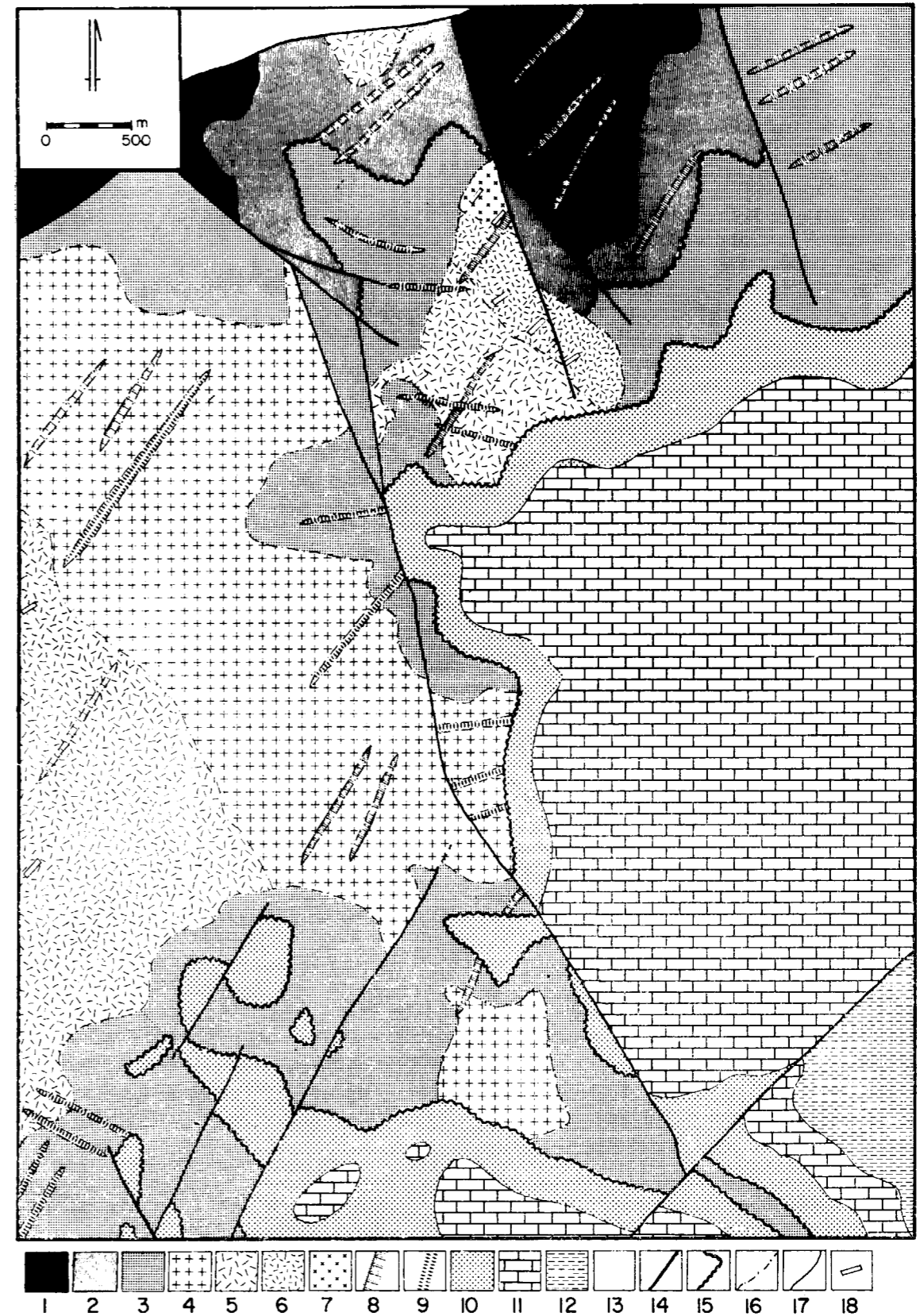


Figura 2.—Esquema geológico simplificado del sector NE de la Sierra de Prades. Leyenda: 1) Pizarras ampelíticas (Silúrico); 2) Pizarras gris-verdosas (Devónico?); 3) Pizarras, areniscas y conglomerados, con niveles de lilitas y calizas (Carbonífero); 4) Leucogranitos; 5) Granitos y granodioritas; 6) Granodioritas biotíticas de grano fino; 7) Tonalitas; 8) Pórfidos graníticos-granodioríticos; 9) Pórfidos granodioríticos y tonalíticos; 10) Calizas y dolomías (Muschelkalk Inferior); 12) Lutitas, margas y yesos (Muschelkalk Medio); 13) Margas, yesos y conglomerados (Terciario); 14) Falla; 15) Contacto discordante; 16) Contacto intrusivo; 17) Contacto normal; 18) Zona con mayor densidad de filones.

los niveles carbonatados se transforman en calcosilicatos. Los calcosilicatos contienen mineralizaciones de scheelita y sulfuros de Zn-Pb-Cu, que no se describen aquí.

Todos los materiales descritos hasta ahora fueron erosionados, formándose una penillanura sobre la que se depositaron materiales triásicos de facies germánica (Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper). Fracturas, probablemente tardi-hercínicas, continúan su actividad episódica durante la deposición mesozoica. Una de estas fracturas ha sido mineralizada en Ba y metales (filón «Atrevida») durante la sedimentación de la base del Buntsandstein. La tectónica compresiva alpina impone fracturas en dirección que afectan a las anteriores.

ROCAS IGNEAS

Las rocas ígneas tardi-hercínicas citadas constituyen el afloramiento NE de un plutón granítico de varios kilómetros de radio y de un conjunto de diques porfídicos. Los contactos de los granitos con las series sedimentarias paleozoicas son muy irregulares. Los diques de pórfido poseen contactos con tendencia planar.

La clasificación de las rocas plutónicas se ha basado en su observación petrográfica y su composición modal, referida a la clasificación de STRECKEISEN (fig. 3), y finalmente a su composición química, referida al diagrama de LA ROCHE et al., 1981 (fig. 4). El conjunto de rocas ígneas muestra procesos de alteración hidrotermal muy extendidos, aunque poco intensos. Se trata de sericitización de los núcleos de las plagioclasas y cloritización de las biotitas. Se han discriminado cuatro grupos de rocas graníticas. Los contactos entre estos grupos son transicionales o difíciles de observar, por lo que se ha determinado el tipo de relación temporal entre ellos. Los grupos son:

a) Tonalitas: Color gris oscuro. Textura granuda equigranular. Compuestas de plagioclasa y biotita, con cantidades menores de ortosa y cuarzo. Como accesorios presentan apatito, magnetita y pirrotina abundantes y zircón. El afloramiento es pequeño. Solamente se dispone de un análisis químico, según ENRIQUE (com. pers.), que figura en la tabla I. De su clasificación, se-

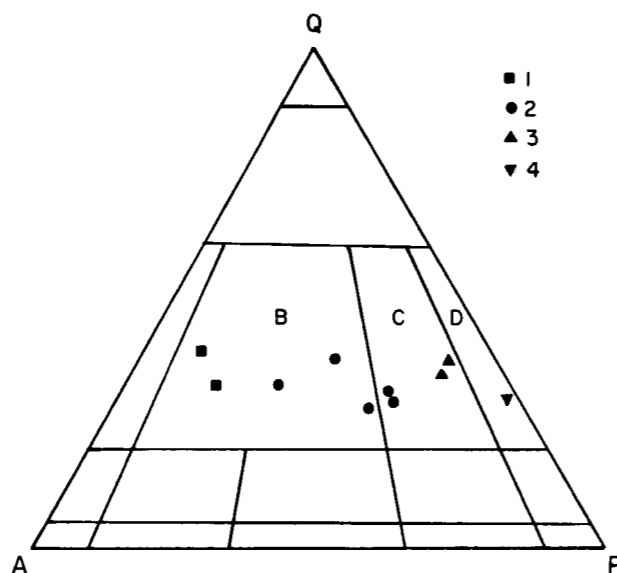


Figura 3.—Proyección de los análisis modales de granitoides del sector N de la Sierra de Prades, en un diagrama QAP según de STRECKEISEN (1976). Los símbolos indican: 1) Leucogranitos; 2) Granitos y granodioritas; 3) Granodioritas biotíticas de grano fino; 4) Tonalitas. Las zonas señaladas con letras indican: A) Granitos; B) Granodioritas; C) Tonalitas.

gún LA ROCHE et al. (1981), resulta una monzo-diorita.

b) Granodioritas-granitos: Color gris. Textura granuda heterogranular. Compuestas de cristales mayores de plagioclasa hipidiomórfica, cuarzo, ortosa y proporciones variables de biotita. Los opacos son raros. Los análisis se hallan en la tabla I. En el diagrama de DE LA ROCHE et al. (1981) se observa una cierta dispersión de los análisis, la mayoría correspondería a granodioritas, y algunos pertenecen al campo de los granitos.

c) Granodioritas biotíticas de grano fino: Color gris oscuro. Textura granuda equigranular (1 a 2 mm.). Están compuestas de cuarzo, ortosa, plagioclasa y biotita, alterada a clorita y opacos. Como accesorios se encuentran apatito, moscovita y zircón. El contacto con las granodioritas descritas es transicional. Los análisis se hallan en la tabla I. Su composición es ligeramente más básica que las anteriores.

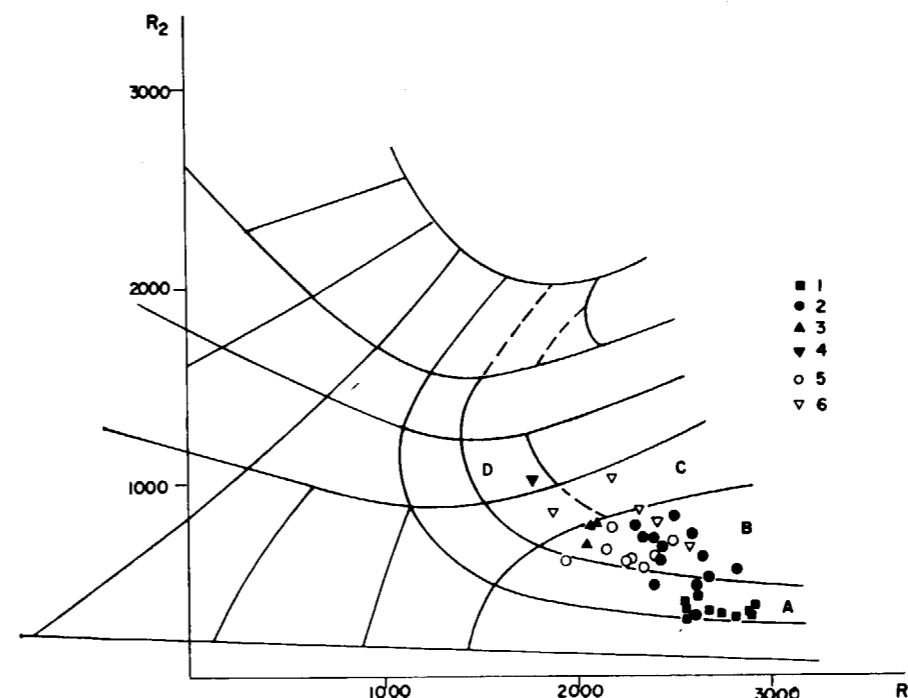


Figura 4.—Proyección de los análisis químicos de granitoides y rocas hipabisales del sector N de la Sierra de Prades, en un diagrama $R_1 [4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)] - R_2 (6Ca+2Mg+Al)$, según DE LA ROCHE et al. (1981). Los símbolos indican: 1) Leucogranitos; 2) Granitos; 3) Granodioritas; 4) Tonalitas; 5) Pórfidos graníticos-granodioríticos; 6) Pórfidos granodioríticos-tonalíticos. Las letras indican los campos de: A) Granitos; B) Granodioritas; C) Tonalitas; D) Monzo-dioritas.

d) Leucogranitos: Color rosado. Textura granuda equigranular (2 a 5 mm.). Están constituidas por ortosa perítica dominante, cuarzo, plagioclasa, moscovita y/o biotita. Como accesorios presentan apatitos, zircón y opacos. Los análisis se hallan en la tabla I.

Las rocas hipabisales están compuestas por un conjunto de diques, de potencia variable entre 2 y 30 m., que encajan en las rocas graníticas descritas y en la serie paleozoica. Presentan dos direcciones más comunes: NNE-SSO y E-O. Se han discriminado dos grupos en base a sus características petrográficas y relaciones geométricas. En el diagrama de DE LA ROCHE et al., 1981 (fig. 4), no se discriminan claramente estos dos grupos, Son:

a) Pórfidos graníticos-granodioríticos: Colores normalmente claros. Fenocristales de cuarzo idiomórfico, feldespato potásico, plagioclasa y biotita. La hornblenda es rara. La matriz está compuesta de los mismos minerales. Como accesorios se encuentran zircón en las biotitas, y apatito en el cuarzo, ambos poco abundantes. La matriz, cripto a microcristalina, es siempre más abundan-

te que los fenocristales. Los análisis se hallan en la tabla II.

b) Pórfidos granodioríticos-tonalíticos: Colores oscuros. Fenocristales abundantes de plagioclasa dominante, ortosa biotita, alterada a clorita y óxidos de Fe, hornblenda y raramente de cuarzo. Matriz cripto a microcristalina, compuesta de los mismos minerales. Como accesorio se encuentra zircón en las biotitas. Los análisis se hallan en la tabla I. Además de las direcciones anteriores, pueden disponerse según NO-SE. Cortan a los diques de pórfidos graníticos-granodioríticos.

RELACIONES GEOLOGICAS DE LAS MINERALIZACIONES

Las mineralizaciones consisten en un conjunto de filones de cuarzo y scheelita como minerales principales, con potencias que varían entre milimétricas y métricas. Los filones se hallan agrupados en haces, con una gama muy amplia de direcciones posibles, pero con una dirección mayoritaria NE-SO (ver fig. 5).

TABLA I

Análisis químicos y composición normativa de rocas ígneas plutónicas del Sector N de la Sierra de Prades

	Leucogranitos										Granodioritas de grano fino		
	CAS-1	CAS-3	FAR-1	CM-1	CM-2	CM-3	CM-4	PED-1	PED-4	GM-1	SC-4	SC-2	SC-1
SiO ₂	75,49	74,97	75,15	75,91	77,11	75,56	77,50	74,78	73,23	76,48	64,45	65,18	63,73
TiO ₂	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,71	0,67	0,67	0,73
Al ₂ O ₃	13,75	14,00	13,85	13,27	12,97	13,48	13,15	13,65	14,82	13,45	16,68	15,93	16,85
Fe ₂ O ₃	0,05	0,39	0,48	0,45	0,38	0,61	0,10	0,76	0,95	0,16	2,51	2,37	2,65
FeO	0,04	0,29	0,37	0,34	0,27	0,50	0,08	0,57	0,79	0,12	2,54	2,25	2,79
MnO	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,01	0,08	0,06	0,07
MgO	0,03	0,22	0,13	0,10	0,13	0,35	0,06	0,45	0,48	0,09	1,55	1,65	1,79
CaO	0,34	0,61	0,52	0,43	0,35	0,87	0,36	0,80	0,90	0,68	3,49	2,30	3,31
Na ₂ O	3,49	3,15	3,17	2,28	2,95	2,70	2,63	3,55	3,07	3,04	3,27	2,86	3,27
K ₂ O	5,15	5,43	5,00	5,70	5,33	4,79	5,70	4,78	4,69	5,38	3,83	4,80	3,56
P. fuego	0,51	0,63	0,49	1,04	0,55	0,58	0,56	0,68	0,85	0,54	0,94	1,24	1,15
TOTAL	98,97	99,81	99,30	99,63	100,15	99,56	100,25	100,16	99,93	100,05	100,05	99,31	99,90
Cuarzo	34,75	34,60	36,46	39,91	38,80	39,66	39,61	34,12	35,49	36,75	23,29	25,24	23,99
Corindón	1,81	1,84	2,27	2,56	1,71	2,27	1,99	1,18	3,05	1,38	0,80	1,84	1,59
Ortosa	30,29	31,34	29,00	33,26	31,05	27,18	33,42	26,87	26,08	31,46	17,13	22,95	14,76
Albita	29,52	26,65	26,82	19,29	24,96	22,84	22,25	30,03	25,97	25,72	27,66	24,19	27,66
Anortita	1,68	3,02	2,57	2,13	1,73	4,31	1,78	3,96	4,46	3,37	17,31	11,40	16,42
Biotita	0,23	1,13	0,92	0,72	0,74	1,87	0,44	2,27	2,74	0,54	9,32	9,07	10,63
Hematites	0,05	—	—	—	—	—	0,09	—	—	0,07	—	—	—
Rutilo	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Magnetita	—	0,56	0,69	0,65	0,55	0,88	—	1,10	1,37	0,12	3,63	3,43	3,84

Granitos I Granodioritas

Tona-litas

	PEG-1	AR-2	AR-3	AR-4	AR-5	SC-3	CAS-4	CAS-5	CAS-6	CAS-7	CAS-10	CAS-12	CAS-1	9003*
	SiO ₂	70,68	68,55	73,43	73,74	65,26	68,27	71,28	74,75	66,19	64,59	67,94	68,93	73,01
TiO ₂	0,33	0,47	0,10	0,19	1,06	0,50	0,29	0,10	0,64	0,77	0,40	0,40	0,29	0,84
Al ₂ O ₃	14,87	16,17	14,66	14,33	16,71	16,39	15,30	13,87	16,55	16,67	16,00	15,84	14,15	17,59
Fe ₂ O ₃	1,25	1,95	0,81	0,59	2,33	1,75	1,34	0,76	1,96	2,48	1,81	1,51	0,94	2,98
FeO	1,18	1,99	0,68	0,51	0,66	1,69	1,13	0,59	1,99	2,77	1,75	1,40	0,79	3,59
MnO	0,02	0,05	0,02	0,01	0,07	0,06	0,06	0,03	0,07	0,07	0,06	0,08	0,04	0,08
MgO	0,75	1,32	0,72	0,56	1,66	1,35	0,84	0,38	1,46	1,74	1,11	1,16	0,57	3,46
CaO	2,88	3,38	1,43	2,43	3,90	2,66	1,24	0,57	3,57	2,82	3,26	2,86	1,96	4,65
Na ₂ O	3,21	3,14	3,80	3,39	2,91	3,21	3,42	3,65	3,36	3,13	3,30	3,61	3,12	3,51
K ₂ O	3,53	3,11	3,76	3,63	2,71	3,67	4,47	4,39	3,35	2,85	3,61	3,59	4,38	2,90
P. fuego	0,89	0,46	0,74	0,70	0,67	0,90	1,04	0,88	0,75	1,95	0,63	0,94	0,81	1,90
TOTAL	99,59	100,59	100,15	100,08	99,94	100,45	100,42	99,98	99,90	99,84	99,87	100,32	100,06	99,16
Cuarzo	32,33	31,14	33,87	34,94	29,60	29,85	31,62	35,50	26,17	29,43	27,94	28,06	33,90	16,17
Corindón	0,53	1,49	1,73	0,40	1,89	2,30	2,58	2,07	0,90	3,30	0,73	0,81	0,71	0,22
Ortosa	18,30	13,83	20,12	19,83	10,02	17,33	23,72	24,70	14,91	10,60	17,49	17,50	24,04	6,15
Albita	27,17	25,56	32,15	28,68	24,62	27,16	28,93	30,88	28,42	26,48	27,92	30,54	26,39	29,69
Anortita	14,28	16,76	7,09	12,06	19,34	13,19	6,15	2,82	17,70	13,98	16,17	14,18	9,72	23,06
Biotita	4,30	7,67	3,44	2,66	10,19	7,28	4,50	2,06	8,22	10,59	6,49	6,19	3,07	18,35
Magnetita	1,81	2,82	1,17	0,86	3,37	2,53	1,94	1,10	2,84	3,59	2,62	2,18	1,36	4,32

TABLA II

Análisis químicos y composición normativa de rocas ígneas filonianas del Sector N de la Sierra de Prades

Roca	Pórfidos granítico-granodioríticos									
	CAS-11	BM-1	BM-2	BM-3	BM-4	BM-5	BM-6	SC-5	AR-1	
SiO ₂	68,67	61,93	68,32	67,64	66,05	67,74	65,78	66,36	66,16	
TiO ₂	0,50	0,89	0,64	0,56	0,71	0,29	0,60	0,56	0,87	
Al ₂ O ₃	15,06	16,63	15,57	15,44	15,73	15,11	16,12	16,35	15,78	
Fe ₂ O ₃	1,74	2,53	1,79	1,82	2,23	1,66	2,08	1,95	2,17	
FeO	1,62	2,89	1,64	1,68	2,43	1,45	2,05	1,88	2,01	
MnO	0,11	0,11	0,06	0,07	0,08	0,05	0,05	0,06	0,06	
MgO	1,33	2,43	1,16	1,13	1,59	1,49	1,42	1,59	1,52	
CaO	2,53	3,06	2,00	2,38	2,90	2,70	2,07	2,82	2,08	
Na ₂ O	3,03	2,57	2,89	2,85	2,92	2,98	2,68	3,26	4,15	
K ₂ O	4,18	3,65	4,64	4,64	3,08	5,22	4,50	4,04	3,58	
P. fuego	1,52	1,67	1,35	1,25	1,23	1,42	1,28	0,98	1,63	
TOTAL	100,29	98,36	100,06	99,46	98,25	100,11	98,63	99,65	100,01	
Cuarzo	29,63	26,45	29,47	28,20	31,06	24,33	28,54	25,89	23,86	
Corindón	0,95	2,88	2,15	1,40	2,32	1,29	3,07	1,48	1,29	
Ortosa	20,41	13,57	23,59	23,61	12,59	16,24	21,81	18,84	16,24	
Albita	25,63	21,74	24,45	24,11	24,70	35,11	22,67	27,58	35,15	
Anortita	12,55	13,43	9,92	11,80	14,38	10,31	10,26	13,98	10,31	
Biotita	7,17	3,66	6,43	6,41	9,50	8,23	8,04	8,40	8,23	
Magnetita	2,52	—	2,59	2,63	3,23	3,14	3,01	2,82	3,14	

Pórfidos granodioríticos-tonalíticos

	PGM-2	CAS-10	CAS-13	CAS-14	PED-2
SiO ₂	67,71	68,63	65,18	60,50	63,71
TiO ₂	0,82	0,50	0,85	0,90	0,78
Al ₂ O ₃	16,42	15,66	16,02	16,27	16,13
Fe ₂ O ₃	2,70	1,83	2,36	2,78	2,41
FeO	2,91	1,91	2,62	3,45	2,73
MnO	0,06	0,09	0,08	0,11	0,10
MgO	2,80	1,56	1,94	2,94	1,99
CaO	3,63	2,84	3,67	5,29	4,25
Na ₂ O	3,43	3,77	3,08	2,97	2,87
K ₂ O	3,48	2,22	2,86	2,56	3,13
P. fuego	1,89	1,54	1,32	2,16	1,35
TOTAL	99,86	100,55	99,98	99,93	99,45
Cuarzo	20,66	32,12	28,45	21,20	25,93
Corindón	0,41	1,89	1,18	—	0,29
Ortosa	11,85	8,00	10,31	7,20	11,65
Albita	29,02	31,89	26,06	25,12	24,28
Anortita	18,00	14,08	18,20	23,50	21,08
Biotita	14,51	8,58	11,10	13,32	11,55
Magnetita	3,91	2,65	3,42	4,03	3,49
Hornblenda	—	—	—	—	—

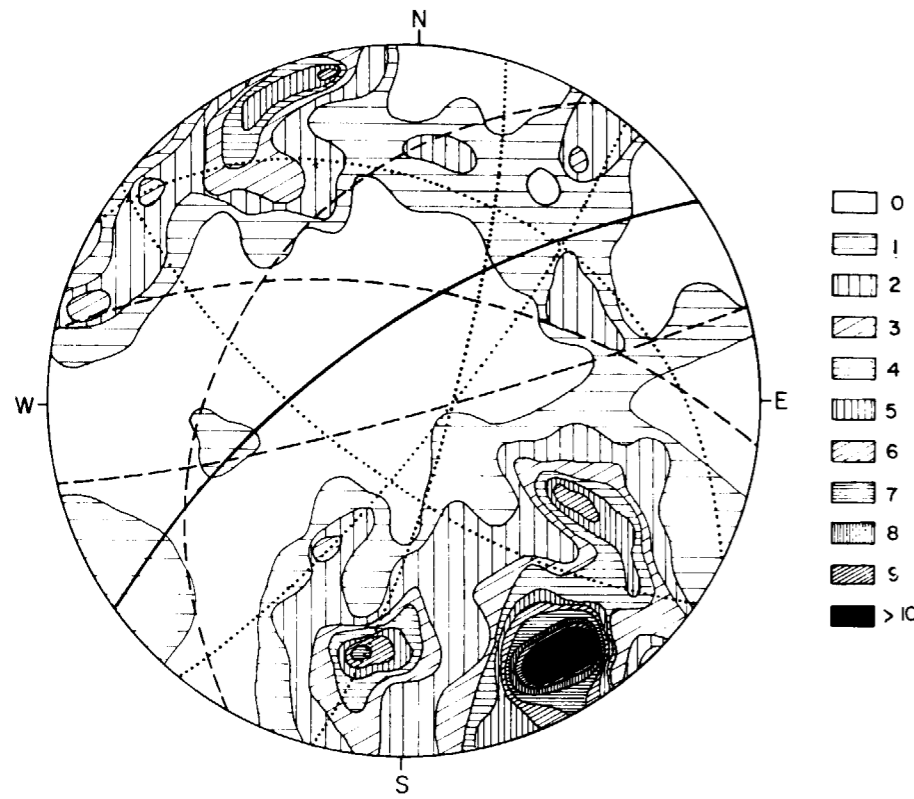


Figura 5.—Contornos de densidad de polos de filones mineralizados de W en el sector N de la Sierra de Prades. Las cifras indican contajes por unidad de superficie.

Los filones encajan mayoritariamente en las granodioritas y tonalitas. Son raros en los pórfidos asociados, así como en las rocas metamórficas próximas al contacto en enclaves. Son completamente ausentes en leucogranitos. Los filones de cuarzo que encajan en los leucogranitos son estériles, y mantienen la dirección NO-SO predominante.

El encajante no se encuentra alterado de forma significativa en los hastiales. La alteración incipiente descrita más arriba no se halla directamente relacionada con las mineralizaciones. En las paredes de los filones tan sólo se ha observado una alteración intensa de escala milimétrica. Consiste en moscovitización de los feldespatos, cloritización de biotitas y recristalizaciones de algunos granos de cuarzo. No se ha observado ninguna transformación intensa de las que acompañan a menudo a las mineralizaciones filonianas de W, como turmalinización, greisenización, microclinización, etc. (ver, p. ej., GUMIEL, 1981).

Los filones con W son anteriores a las minera-

lizaciones de Ba del sector. Pequeños filones de barita y galena, encajados en granitos, cortan sistemáticamente a los filones de cuarzo con scheelita o estériles.

DESCRIPCION DE LAS MINERALIZACIONES

Para facilitar la descripción se han distinguido arbitrariamente tres tipos de mineralizaciones:

I) Filones de cuarzo+scheelita

Ocasionalmente se encuentran feldespatos y moscovita. El cuarzo es el mineral dominante, se presenta en agregados granudos translúcidos y, raramente, en drusas de cristales milimétricos transparentes. La scheelita, en agregados irregulares y desorientados de cristales alotriomórficos, de 0,1 mm. a 2 cm. de diámetro, de color amarillento translúcido. Con luz ultravioleta presenta fluorescencia azul-pálido característico, sin

zonaciones ni coloraciones amarillo-verdosas indicativas de abundancia del isomorfo powellita. Tanto la scheelita como el cuarzo presentan inclusiones de fluidos poco densos y con algunos sólidos ocasionalmente. La scheelita se halla dispersa en el cuarzo (fig. 6a) y su proporción es muy variable. En muchos filones está prácticamente ausente.

II) Filones de cuarzo+scheelita+wolframita

Por orden de abundancia están constituidos por: cuarzo, scheelita, wolframita, pirita, hematites y calcopirita. No se ha encontrado casiterita ni arseniuros en ningún tipo de filones. El cuarzo y la scheelita presentan características similares al caso anterior. La wolframita se presenta en cristales tabulares elongados, a menudo maclados, de color negro, más o menos pardo por

alteración. Miden unos 2 cm. de largo por varios milímetros de ancho. A menudo se disponen en agregados radiales. Se hallan próximos a las paredes de los filones (fig. 6b). Están total o parcialmente pseudomorfizados por scheelita. Es la primera vez que se describe la wolframita en el ámbito catalán. La pirita, calcopirita y hematites son poco abundantes, y se presentan en agregados alotriomórficos, llenando pequeñas fracturas que afectan al resto de minerales filonianos. La figura 7 muestra la secuencia deposicional de los minerales filonianos.

III) Diaclasas con scheelita

Se trata de superficies de diaclasación de las rocas graníticas, tapizadas parcialmente de scheelita, en agregados de grano fino, con ausencia de cuarzo (fig. 6c). ENRIQUE (1981-82) ha descrito mi-

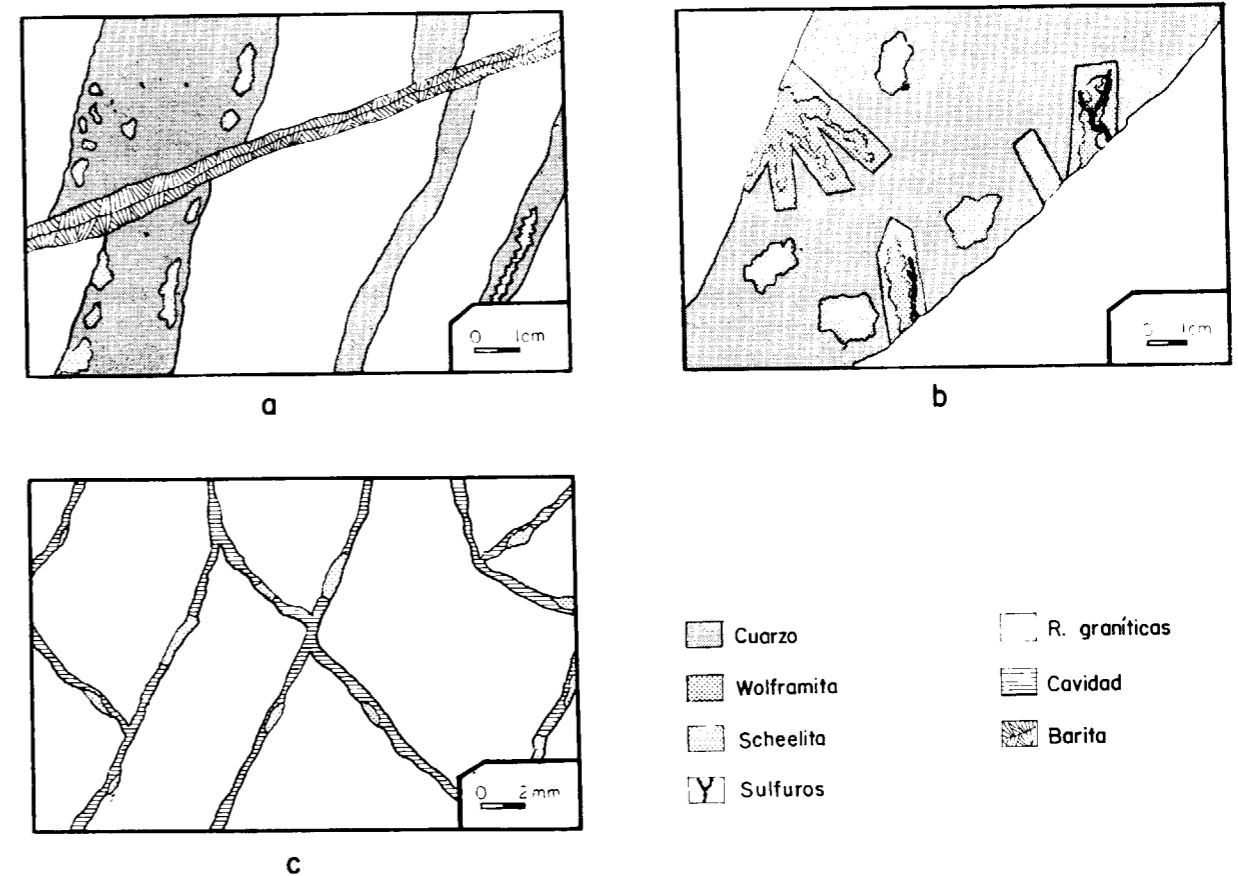


Figura 6.—Esquema de las diferentes tipologías de mineralizaciones de W en el sector N de la Sierra de Prades. a) Filones de cuarzo+scheelita; b) Filones de cuarzo+scheelita+wolframita; c) Diaclasas de scheelita.

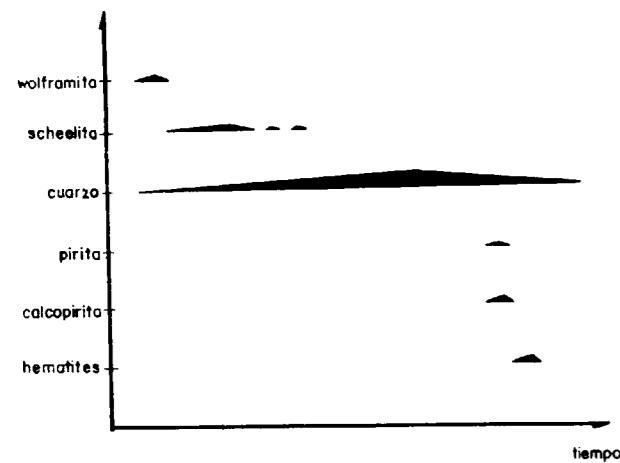


Figura 7.—Secuencia deposicional de los minerales filonianos.

neralizaciones similares en las granodioritas del sector N de la Cordillera Costera Catalana, donde la scheelita está acompañada de clorita y epidota de alteración hidrotermal.

CONCLUSIONES

Con los datos disponibles es prematuro aventurar un posible proceso de formación de las mineralizaciones descritas.

El origen del W es incierto, aunque hay que situar la zona estudiada dentro de una provincia metalogenética con numerosas mineralizaciones e indicios de este elemento. Los procesos de cristalización magmática de los granitos de las Cordilleras Costeras Catalanas pueden ser los únicos responsables de las concentraciones de W, aunque no hay que descartar posibles preconcentraciones en las series del paleozoico inferior (VILADEVALL et al., en prensa). Sería necesario considerar también los numerosos indicios de scheelita en niveles de calcosilicatos en la zona estudiada aquí y adyacentes, de origen no determinado todavía (MELGAREJO, 1983).

Los mecanismos de movilización, transporte y deposición del W son múltiples. Una síntesis puede encontrarse en SAAVEDRA (1982). En nuestro caso poco podemos aportar de momento a lo ya conocido. Destacar solamente la escasez de wolframita y su pseudomorfosis temprana por schee-

lita, observación que aboga por una circulación de soluciones mineralizantes no ácidas. Este quimismo puede ser el responsable del poco desarrollo de fenómenos de alteración ácida en el encajante. Asimismo, hay que destacar la ausencia de minerales con Mo, As, Be, P, B, etc., elementos comúnmente ligados a las mineralizaciones de W.

Con los datos obtenidos hasta ahora podemos afirmar que la mineralización consiste en sistemas de pequeñas fracturas y diaclasas, en la parte apical de cuerpos graníticos, donde se ha depositado abundante cuarzo, no mucho más tarde de la cristalización de los granitos. Estos pequeños filones de cuarzo contienen scheelita dispersa cuando encajan en granitos cálcicos, mientras que son estériles en los leucogranitos. Los aspectos descritos aquí deberán ser confirmados en áreas adyacentes, muy favorables, a priori, para contener mineralizaciones similares.

AGRADECIMIENTOS

La información inédita y los comentarios aportados a la Petrología de roca ígneas por P. ENRIQUE (Dpto. Petrología i Geoquímica - Univ. Barcelona) han sido de gran ayuda en la redacción de estas páginas. Las discusiones con M. VILADEVALL (Dpto. Prospecció Geològica i Geofísica - Universidad Barcelona) durante la realización del trabajo han sido igualmente de gran utilidad. Agradecemos el mecanografiado a M. VENTURA.

BIBLIOGRAFIA

- DERRE, C.: *Caracteristiques de la distribution des gisements à Etain et Tungstene dans l'Ouest de l'Europe*. Mineral. Deposita, 17, 55-77 (1982).
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANCLAUDE, P., y MARCIAU, M.: *A classification of volcanic an plutonic rocks using R_1 - R_2 - diagram and major element analyses. Its relationships with current nomenclature*. Chemical Geology, 29, 183-210 (1980).
- ENRIQUE, P.: *Presència de scheelita ($CaWO_4$) a les granodiorites dels Catalànids*. Rev. Inst. Invest. Geol., 35, 123-126 (1981-82).
- GIMENO, D.: *Prospecció geoquímica y mineralògica del sector N del Macizo de las Guilleras*. Tesis de Licenciatura. Dpt. de Prospecció Geològica y Geofísica. Univ. de Barcelona. Inédito.

GUMIEL, P.: *Essai sur la classification typologique des principaux gisements de Sn-W d'Estremadure (Espagne)*. Chronique de la recherche minière, 463, 5-26 (1981).

JULIVERT, M., y MARTÍNEZ, F. J.: *The Paleozoic of the Catalanian Coastal Ranges (Northwestern Mediterranean)*. I. G. C. Project N. 5. Newsletter, 2, 124-128 (1980).

MELGAREJO, J. C.: *Estudi metal·logenètic del sector de Poblet*. Tesis de Llicenciatura. Dpt. de Crist. i Mineralogia. Univ. Barcelona. Inédito (1983).

SAAVEDRA, J.: *Procesos geológicos y geoquímicos en la génesis de yacimientos estanno-wolframíferos Centro-Ibéricos*. Bol. Geol. y Min., XCIII-IV, 297-313 (1982).

STRECKEISEN, A.: *To each plutonic rock its proper name*. Earth Science Reviews, 12, 1-33 (1976).

VILADEVALL, M.; AYORA, C.; SAAVEDRA, J., y GARCÍA SÁNCHEZ, A.: *Introducción a la metalogenia del tungsteno del sector NE de la Península Ibérica*. I Congreso Español de Geología, Segovia (1984). En prensa.

Recibido: Octubre 1983

AGUAS SUBTERRANEAS

Análisis factorial de dos campañas de prospección hidrogeoquímica en El Burgo de Osma (Soria)

Por A. J. POLVORINOS DEL RIO (*)

RESUMEN

Se presenta la descripción hidrogeoquímica de una zona situada en los alrededores de El Burgo de Osma (Soria), a partir de dos prospecciones realizadas en dos épocas climáticas, primavera y otoño.

Las interrelaciones entre los constituyentes químicos analizados, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, CO₃H⁻, SO₄⁼, se han estudiado por la metodología multivariante de análisis factorial.

Las asociaciones geoquímicas que caracterizan los factores, así como la representación espacial de sus estimaciones, son la base de las interpretaciones efectuadas.

ABSTRACT

The hydrogeochemical behaviour of a zone near El Burgo de Osma (Soria) is described from the data obtained in two prospections carried out during springtime and autumn.

Relationships between chemical elements analysed, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, CO₃H⁻, and SO₄⁼ have been obtained by factor analysis methodology.

Some conclusions about the chemistry of these waters are drawn from the geochemical factors identified, F₁ (Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺, SO₄⁼) and F₂ (Ca²⁺, CO₃H⁻), and their spatial distribution.

INTRODUCCION

Este trabajo tiene por objeto caracterizar desde el punto de vista hidrogeoquímico una zona situada en El Burgo de Osma (Soria), a partir de dos campañas de prospección realizadas en dos épocas climáticas diferentes; dicha caracterización se apoya en la aplicación de los métodos multivariantes de análisis factorial y de componentes principales (COOLEY y LOHNES, 1962, y HARTMAN, 1976) al estudio de dichas campañas.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y FACTORIAL

En un problema multidimensional dado por n variables (z_j, j=1, n), el modelo de componentes principales formula la estimación, \hat{z}_j de las variables experimentales z_j por la combinación lineal

de otras n nuevas variables no correlacionadas o componentes (F_j, j=1, n):

$$\hat{z}_j = a_{j1} F_1 + a_{j2} F_2 + \dots + a_{jn} F_n; (j=1, 2, \dots, n)$$

El método que se deriva de este modelo favorece la reducción de la dimensionalidad inicial del problema, al imponer como condición que cada componente contribuya al máximo de la varianza de las n variables z_j.

Un elevado porcentaje de la varianza total del sistema podrá explicarse eventualmente en base a unas pocas componentes.

Sólo a partir de las n componentes se obtendrá una representación adecuada de las correlaciones observadas, por lo que el modelo no está adecuado a este fin; este objetivo de reducción de dimensionalidad y adecuada reproducción de las correlaciones puede lograrse por el método de análisis factorial, cuyo modelo es:

$$\hat{z}_j = b_{j1} F_1 + b_{j2} F_2 + \dots + b_{jm} F_m + u_j Y_j (j=1, \dots, n) m < n$$

que considera m factores comunes, generalmente mucho menor que n, y n factores únicos Y_j de cada variable.

Los coeficientes a_{jn} y b_{jm} o «cargas» factoriales, indican la correlación entre factores y variables, y determinan el patrón (factores no ortogonales) o estructura factoriales.

Se define la «comunalidad» de cada variable en el modelo de componentes principales por:

$$h_j^2 = a_{j1}^2 + a_{j2}^2 + \dots + a_{jn}^2 = 1 (\forall j, j=1, \dots, n);$$

a partir de variables tipificadas.

En el modelo factorial, además de la «comunalidad» o porción de varianza que una variable asocia al resto de las variables h_j²:

$$h_j^2 = b_{j1}^2 + b_{j2}^2 + \dots + b_{jm}^2 < 1 (\forall j, j=1, \dots, n);$$

se define la «unicidad», u_j², de cada variable:

$$u_j^2 = 1 - h_j^2 (\forall j, j=1, \dots, n);$$

De forma similar se puede definir la varianza V_{F_m} asociada a cada factor F_m por medio de las «cargas» a_{jm} de todas las variables en el factor correspondiente:

$$V_{F_m} = \sum_{j=1}^n a_{jm}^2;$$

formulación que es equivalente en el modelo de componentes principales.

PRESENTACION DE DATOS

Los datos estudiados pertenecen a dos campañas de prospección hidrogeoquímica realizadas en El Burgo de Osma (Soria), en la primavera y otoño de 1972, que totalizaron 105 y 93 afloramientos, respectivamente.

Cada fuente manantial o pozo se referencia por sus coordenadas espaciales, y sus contenidos en Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, CO₃H⁻, SO₄⁼ fueron analizados por métodos convencionales (ALVAREZ y otros, 1978; DE PEDRO y otros, 1978).

La localización de los afloramientos muestreados se indican en el esquema de la figura 1.

APLICACIONES Y DISCUSION

A continuación se exponen los análisis de las relaciones lineales observadas entre los contenidos iónicos de las aguas, a partir de las matrices de correlación entre las variables tipificadas (tabla 1).

Por el método de análisis de componentes principales, las estructuras iniciales de las dos campañas de prospección (tablas 2 y 3), explican en ambos casos porcentajes de varianza superiores al 71 por 100 con sólo los dos primeros componentes.

Por rotación ortogonal de los dos primeros componentes, se obtiene una representación simplificada de la distribución de las «cargas» factoriales (tablas 4 y 5).

En las estructuras ortogonales rotadas de las dos campañas se evidencia la misma asociación Ca²⁺ — CO₃H⁻ definiendo F₂; las variables Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄⁼ están claramente asociadas a F₁ en las dos campañas, indicándose en primavera una cierta asociación a este factor de la variable Ca²⁺, y en la campaña de otoño la de la varia-

TABLA 1

Matrices de correlación de la campaña de primavera (triángulo superior) y otoño (triángulo inferior).

	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	SO ₄ ⁼
Na ⁺	1.00	0.18	0.47	0.63	0.37	0.24	0.14
K ⁺	0.36	1.00	0.28	0.14	0.38	0.12	0.20
Ca ²⁺	0.28	0.19	1.00	0.41	0.49	0.69	0.62
Mg ²⁺	0.59	0.32	0.17	1.00	0.60	0.24	0.65
Cl ⁻	0.87	0.42	0.22	0.52	1.00	0.00	0.67
CO ₃ H ⁻	0.12	0.21	0.71	0.22	0.06	1.00	0.02
SO ₄ ⁼	0.74	0.31	0.37	0.60	0.64	0.14	1.00

(*) Departamento de Geología. Universidad de Sevilla.

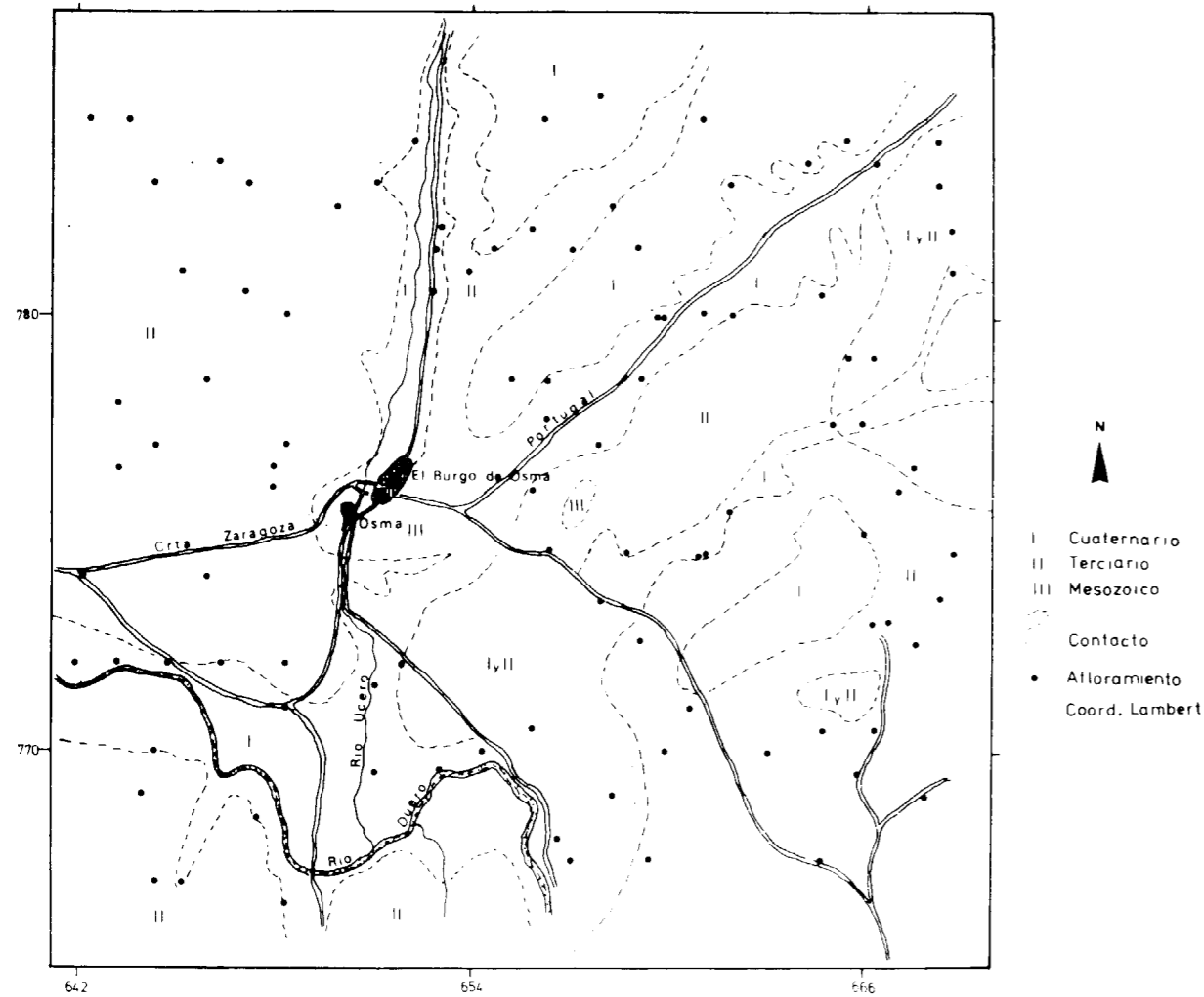


Figura 1.—Situación de los afloramientos de agua analizados.

ble K^+ . Es asimismo de resaltar la baja «comunalidad» de la variable K^+ en los dos períodos de muestreo.

Para profundizar en algunas de las relaciones antes indicadas, se ha obtenido el modelo factorial de las dos campañas utilizando el método de máxima verosimilitud con dos factores (tablas 6 y 7). Los dos factores comunes iniciales, indican la proporción de varianza explicada, que como se observa es menor que la obtenida por el método precedente; esto es una consecuencia de los diferentes objetivos de cada método. Observando la solución analítica dada por rotación ortogonal de los factores iniciales, se constata

que F_2 perfila la misma asociación $Ca^{2+} - CO_3H^-$ en ambas campañas, al igual que en el análisis de componentes principales efectuado. Respecto al F_1 en la campaña de primavera, se señala la contribución de Ca^{2+} además de las ya indicadas de Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-} que sugiere la lixiviación de materiales salinos ligeramente diferentes en su composición de los drenados por las aguas durante el período otoñal.

En cuanto a la variable K^+ , los resultados indican para las dos campañas de prospección, que su asociación con los factores retenidos es baja; las elevadas contribuciones de los factores únicos para esta variable, son interpretables en el sentido

TABLA 2

Componentes principales de la campaña de primavera.

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
Na ⁺	0.85	-0.3	-0.1	0.01	-0.35	-0.2	-0.01
K ⁺	0.39	0.11	0.89	0.13	0.1	0.05	0.01
Ca ²⁺	0.76	0.55	-0.03	-0.31	0.01	0.01	0.11
Mg ²⁺	0.78	-0.08	-0.27	0.5	0.23	0.02	0.05
Cl ⁻	0.87	-0.31	0.13	-0.03	-0.25	0.22	-0.03
CO ₃ H ⁻	0.31	0.91	-0.12	0.15	-0.12	-0.01	-0.09
SO ₄ ²⁻	0.84	-0.18	-0.12	-0.28	0.4	-0.04	-0.08
Var.	3.64	1.39	1.93	0.47	0.42	0.15	0.13
Var. Ac. (%)	52.0	21.9	28.3	6.9	6.2	2.1	1.9

TABLA 3

Componentes principales de la campaña de otoño.

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
Na ⁺	0.69	-0.26	-0.13	-0.18	-0.16	-0.06	0.23
K ⁺	0.55	0.02	0.82	-0.01	0.11	0.01	0.02
Ca ²⁺	0.5	0.76	-0.15	-0.22	0.13	0.26	0.02
Mg ²⁺	0.74	-0.14	-0.08	0.63	-0.04	0.15	0.01
Cl ⁻	0.84	-0.31	-0.01	-0.26	-0.27	0.05	-0.2
CO ₃ H ⁻	0.37	0.85	0.01	0.15	-0.21	-0.23	-0.03
SO ₄ ²⁻	0.84	-0.14	-0.23	-0.01	0.42	-0.17	-0.06
Var.	3.46	1.52	0.78	0.57	0.36	0.18	0.10
Var. Ac. (%)	49.5	21.2	10.7	8.1	5.1	2.5	1.4

TABLA 4

Componentes iniciales y rotados de la campaña de primavera.

	Componentes Iniciales		h ²	Componentes Rotados	
	F ₁	F ₂		F ₁	F ₂
Na ⁺	.85	-.30	.82	.90	.06
K ⁺	.39	.11	.16	.31	.26
Ca ²⁺	.76	.55	.88	.47	.81
Mg ²⁺	.78	-.03	.61	.74	.24
Cl ⁻	.87	-.31	.86	.92	.06
CO ₃ H ⁻	.31	.91	.93	-.08	.96
SO ₄ ²⁻	.84	-.18	.74	.84	.17
Var.	3.64	1.39		3.24	1.75
Var. Ac. (%)	52.0	21.9		48.5	21.9

TABLA 5

Componentes principales iniciales y rotados (Varimax), de la campaña de otoño.

	Componentes Iniciales		h ²	Componentes Rotados	
	F ₁	F ₂		F ₁	F ₂
Na ⁺	.89	-.26	.86	.92	.06
K ⁺	.55	.02	.30	.50	.21
Ca ²⁺	.50	.76	.84	.21	.89
Mg ²⁺	.74	-.14	.57	.74	.13
Cl ⁻	.84	-.31	.81	.90	.01
CO ₃ H ⁻	.37	.85	.87	.04	.93
SO ₄ ²⁻	.84	-.14	.73	.84	.16
Var.	3.46	1.52		3.22	1.76
Var. Ac. (%)	49.5	21.2		46.0	21.2

TABLA 6

Estructura factorial inicial y rotada (Varimax) obtenida por el procedimiento de máxima verosimilitud con dos factores. Campaña de primavera.

	Factores Iniciales		h ²	Factores Rotados Comunes		Unicos
	F ₁	F ₂		F ₁	F ₂	Y
Na ⁺	.04	.90	.81	.89	.08	.43
K ⁺	.12	.32	.12	.32	.13	.93
Ca ⁺⁺	.69	.53	.76	.50	.71	.48
Mg ⁺⁺	.24	.65	.49	.64	.27	.71
Cl ⁻	-.01	.94	.89	.94	.03	.31
CO ₃ H ⁻	1.	.0	1.	-.04	.99	.0
SO ₄ ⁼	.02	.76	.58	.76	.05	.64
Var.	1.55	3.11		3.05	1.61	
Var.Ac. (%)	22.2	66.7		43.6	66.7	

TABLA 7

Estructura factorial inicial y rotada. Método de máxima verosimilitud con dos factores de la campaña de otoño.

	Factores Iniciales		h ²	Factores Rotados Comunes		Unicos
	F ₁	F ₂		F ₁	F ₂	Y
Na ⁺	.12	.96	.94	.96	.08	.24
K ⁺	.21	.37	.18	.38	.19	.90
Ca ²⁺	.71	.20	.55	.23	.70	.66
Mg ²⁺	.22	.59	.40	.60	.20	.77
Cl ⁻	.06	.89	.81	.90	.03	.43
CO ₃ H ⁻	1.	.0	1.	.03	.99	.0
SO ₄ ⁼	.14	.75	.59	.76	.11	.64
Var.	1.64	2.84		2.88	1.60	
Var.Ac. (%)	23.5	64.1		41.2	64.1	

de que la puesta en disolución del K⁺ no va asociada a la de las demás variables, así como de la posible incidencia de errores en su determinación analítica.

Este resultado cuestiona el interés prospectivo de esta variable en trabajos ulteriores a realizar en esta zona.

De lo antes indicado, se considera que F₁ es un factor «salino» y F₂ es un factor «calizo» dominante en la zona prospectada, por lo que se ha calculado para cada observación sus «marcas»

factoriales. Estos resultados se representan en mapas discretizados que tienen por objeto revelar las heterogeneidades más acusadas; para ello sólo se incluyen en cada mapa las observaciones con «marcas» factoriales superiores e inferiores a 0.5 y — 0.5 respectivamente (figs. 2 a 5).

Valorando globalmente estos resultados, se observa que en la zona inferior izquierda del mapa, las «marcas» de F₁ más elevadas definen, en los dos períodos de estudio, un grupo de afloramientos con los mayores contenidos en Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺ y SO₄⁼ en sus aguas.

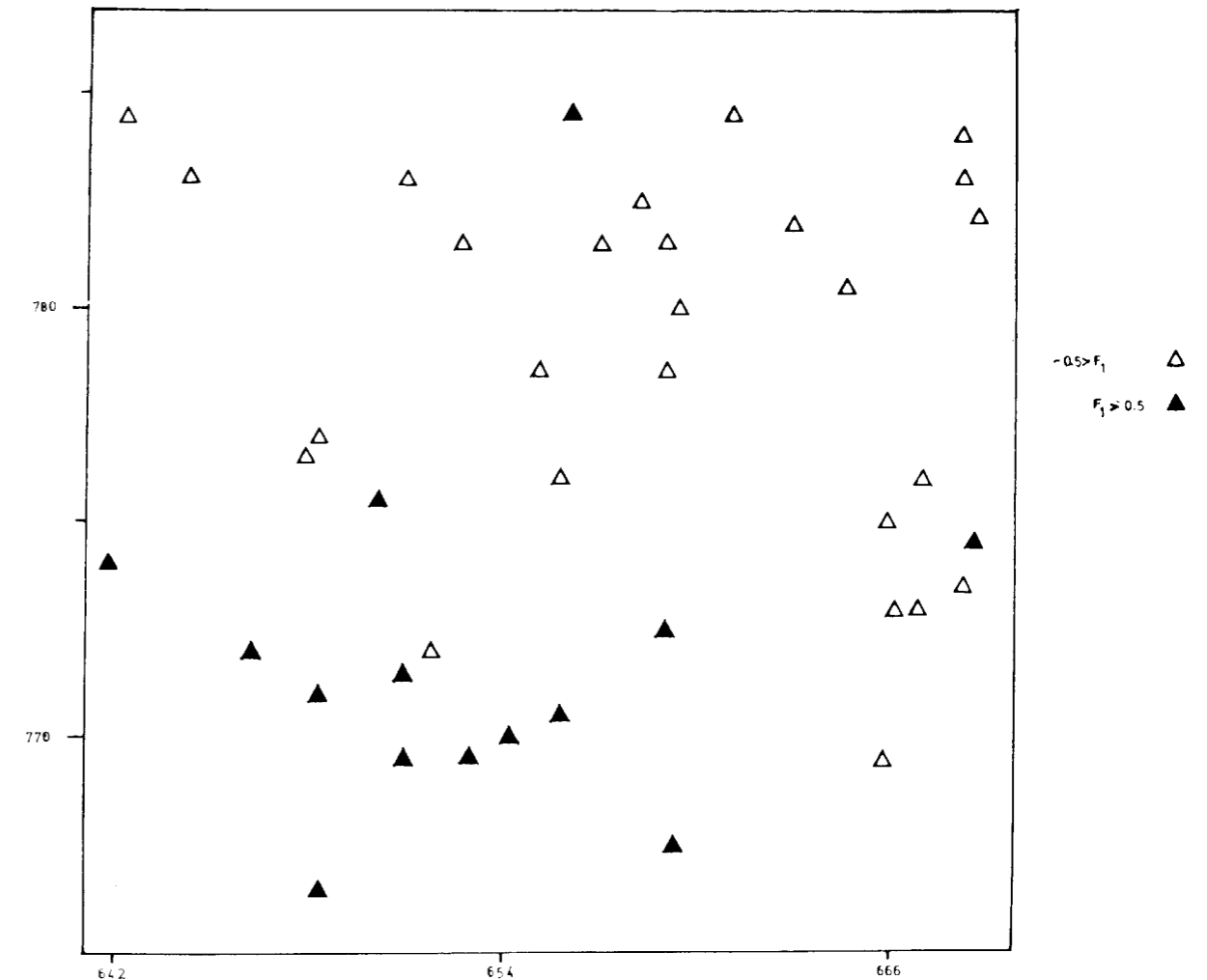


Figura 2.—Valores estimados de F₁ (factor salino) en la campaña de primavera.

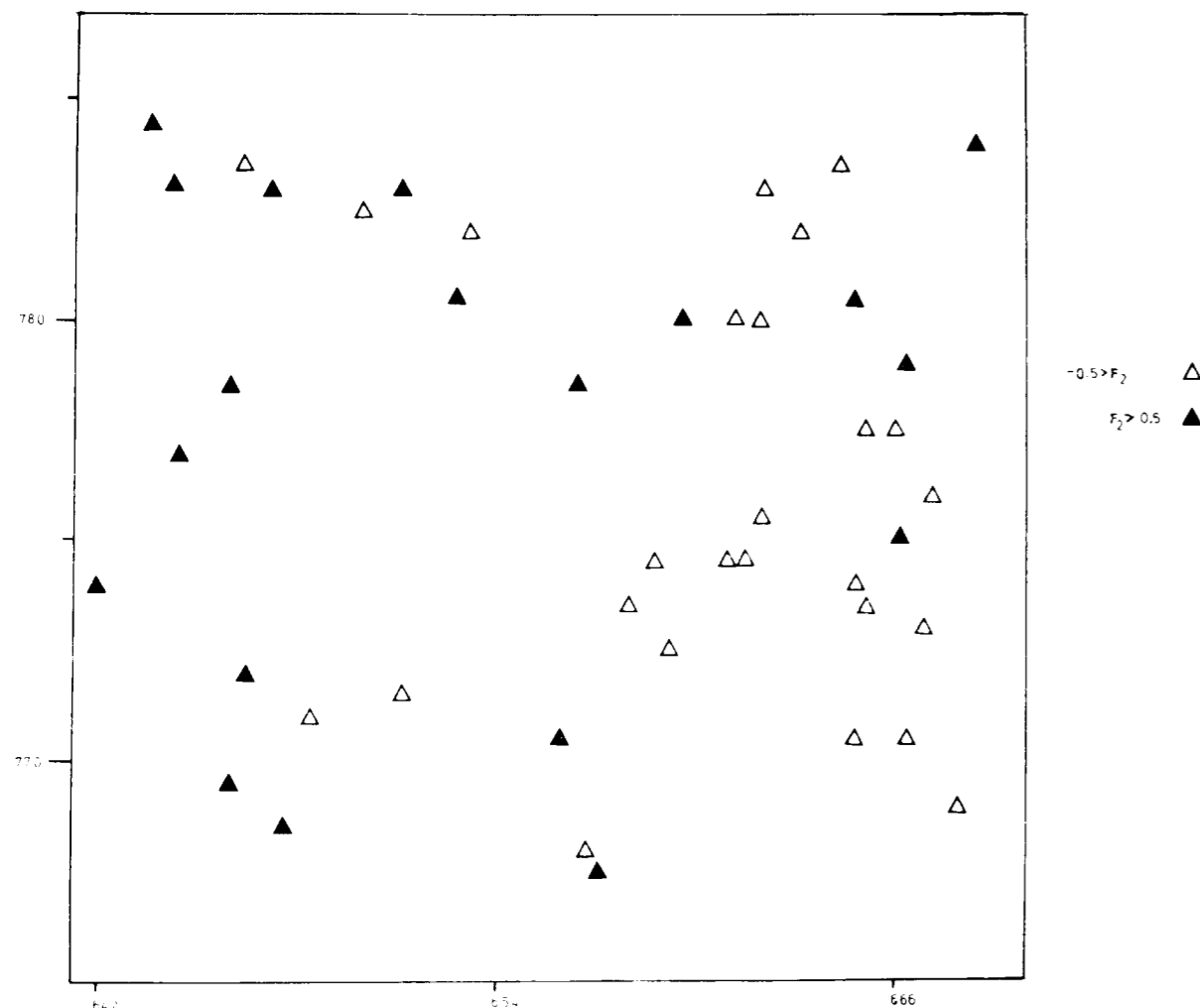


Figura 3.—Valores estimados del factor calizo F_2 en la campaña de primavera.

Los valores más bajos de F_1 señalan un número abundante de afloramientos comunes a los dos períodos de prospección. En cuanto al factor «calizo», su distribución indica que el cuadrante SE de los mapas es invariablemente en las dos épocas, la zona con afloramientos más pobres en Ca^{2+} y CO_3H^- .

De estos resultados puede generalizarse que, en todo el área prospectada el cambio climático entre los dos períodos de muestreo no ha conducido a una alteración importante de los contenidos iónicos relativos sobre zonas más o menos amplias. Así pues, sin entrar en alteraciones locales, es decir afloramiento por afloramiento, las posibles

fluctuaciones del nivel freático entre los períodos de prospección no señalan de una forma clara la disolución más o menos selectiva de niveles específicos.

CONCLUSIONES

En las dos campañas de prospección estudiadas, el método de análisis factorial conduce al espacio bidimensional de los factores ortogonales F_1 y F_2 como representación significativa del espacio inicial, cuya dimensión viene dada por las variables químicas analizadas, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3H^- , SO_4^{2-} .

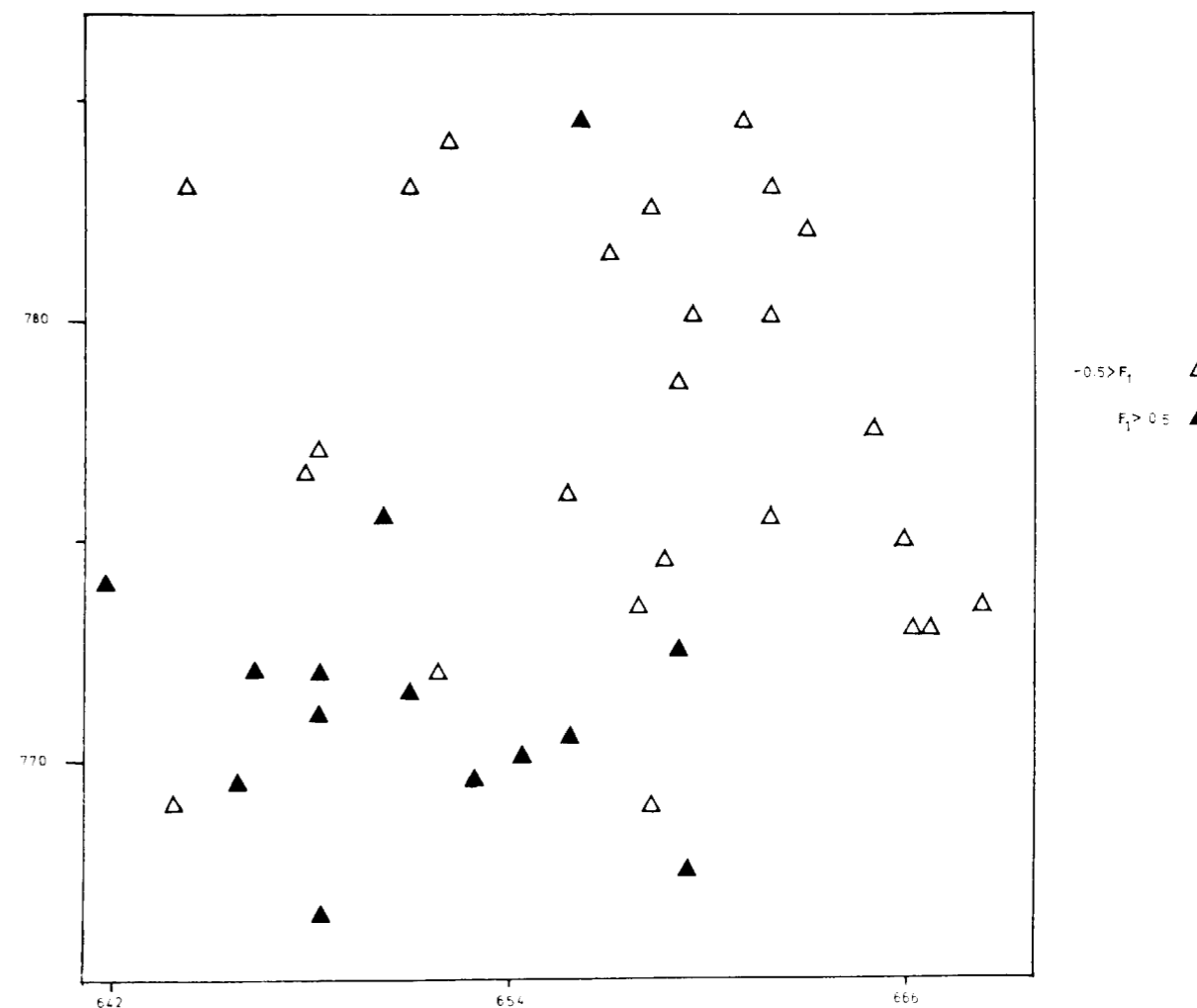


Figura 4.—Representación de F_1 en la campaña de otoño.

Dichos factores caracterizan las asociaciones geoquímicas F_1 (Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-}) y F_2 (Ca^{2+} , CO_3H^-), denominándose factores «salino» y «calizo» respectivamente, como indicativo de los tipos de materiales geológicos responsables de la composición química de las aguas de los dos períodos de muestreo.

La incidencia local de la lixiviación de estos materiales se ha identificado en los mapas de «marcas» factoriales correspondientes; en ellos se ob-

servan ciertas zonas en que los afloramientos presentan una misma intensidad de los factores aludidos.

AGRADECIMIENTOS

Mi reconocimiento al Prof. Dr. Emilio Galán Huertos por las correcciones y sugerencias en la realización de este trabajo.

Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Trías de la Dorsal Bética)

Por M. D. RUIZ CRUZ y G. BARCELO

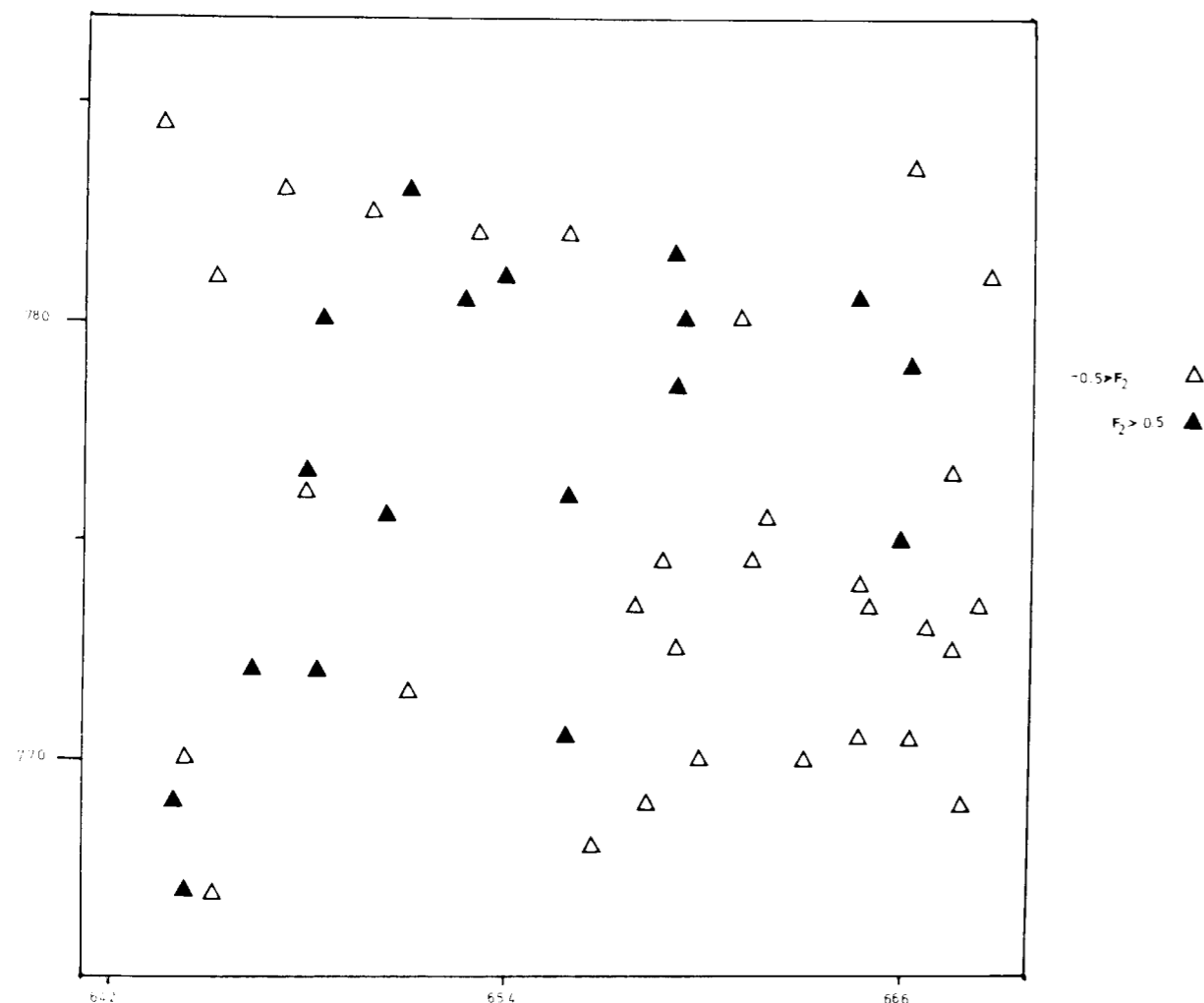


Figura 5.—Representación de F_2 en la campaña de otoño, que incluye sólo los afloramientos con estimaciones del factor superiores a 0.5 e inferiores a -0.5 .

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, C.; DE PEDRO, F.; DEL HOYO, C., y SÁNCHEZ, I.: *Estudio hidrogeoquímico de la zona occidental de la Hoja geológica núm. 377, correspondiente a El Burgo de Osma (Soria)*, XV. Bol. Geol. y Min., T. LXXXIX-IV, pp. 344-368 (1978).

COOLEY, W. W., y LOHNES, P. R.: *Multivariate data analysis*. Wiley, New York (1962).

DE PEDRO, F.; ALVAREZ, C., y GARCÍA-MAGARIÑOS, J.: *Estudio hidrogeoquímico de la zona oriental de la Hoja geológica número 377, correspondiente a El Burgo de Osma (Soria)*, XVI. Bol. Geol. y Min., T. LXXXIX, pp. 438-458 (1978).

HARTMAN, H. H.: *Análisis factorial moderno*. Ed. Saltés, Madrid (1976).

Recibido: Julio 1983.

RESUMEN

Un pequeño cuerpo intrusivo de rocas básicas (ofitas) en el Trías de la Dorsal Bética ha originado una intensa transformación en las rocas encajantes (areniscas lutíticas), resultado de un metamorfismo de contacto seguido de un proceso metasomático.

El efecto de estos procesos sobre niveles de composición no uniforme ha originado una zonación mineralógica consistente en el desarrollo, desde el cuerpo ígneo hacia el exterior, de una zona de minerales interstratificados, una zona de caolinita-serpentina y una zona de micas-talco.

La presión del metamorfismo, deducida a partir de datos estratigráficos, debió ser del orden de 0,5 Kb y la temperatura máxima alcanzada no debió exceder los 600° C.

El metasomatismo acuoso desarrollado tras la etapa metamórfica ha tenido como efectos fundamentales la introducción de hierro y magnesio y el lavado de los alcalinos y parte de la sílice.

ABSTRACT

A small intrusive body of basic rocks («ophites») in triassic materials of «Dorsal Bética» has caused an intense transformation of the lutitic sandstones as a consequence of a contact metamorphism followed by a metasomatic process.

The effect of these processes on the non uniform composition levels produced a mineralogical zonation consisting of the development from the igneous body outwards of a zone of interstratified minerals, a zone of serpentine-kaolinite and a zone of mica-talc.

The pressure of metamorphism deduced from stratigraphic data was about 0,5 Kb and the maximum temperature should not have exceeded 600° C.

The aqueous metasomatism developed after the metamorphism has produced as main effects the introduction of Fe and Mg and the washing of Na, K and silica.

INTRODUCCION

El estudio iniciado por uno de los autores (RUIZ CRUZ y LUNAR, 1982) acerca de la influencia que sobre las rocas triásicas (fundamentalmente arcillosas) han tenido los episodios ígneos básicos («ofitas»), tan frecuentes en la Cordillera Subbética, nos llevó a la conclusión de que tal influencia podía traducirse en un aumento en la proporción de clorita (fundamentalmente clorita magnésiana), así como en la cristalinidad de la misma, en los niveles más próximos a la roca ígnea.

En uno de los afloramientos estudiados en el trabajo citado, la roca sedimentaria situada sobre las «ofitas» es una arenisca calcárea de grano

fino que constituye un paquete de unos 5 m. de potencia, sobre el que se sitúan las arcillas abigarradas y las dolomías jurásicas. La masa más importante de roca magmática constituye un cuerpo (¿sill?) de unos 15 metros de potencia aparente. Un pequeño sill aparece, además, intercalado en las areniscas. En el contacto entre la roca ígnea y las areniscas se ha desarrollado una zona de alteración de potencia variable (1 metro aproximadamente) que constituye el objeto de este trabajo.

Este afloramiento está localizado en el Km 544,5 de la carretera núm. 431, de Villanueva de Cauche a Colmenar, en las proximidades del Puerto de las Pedrizas (Málaga). Sobre esta misma carre-

tera y en posición semejante aparecen otros afloramientos de rocas ígneas de características similares.

Esta zona corresponde al límite E del sector occidental de las Cordilleras Béticas y se encuentra en la denominada «cadena calcárea» o «dorsal bética» (DURAND-DELGA y FOUCAULT, 1967) (figura 1).

La serie carbonatada que constituye la Sierra de las Cabras está formada, según PEYRE (1974), por dos conjuntos tectónicos superpuestos:

- Una escama inferior: Yedra.
- Una escama superior: Lastonares.

De acuerdo con este autor, el Triás de este afloramiento pertenece a la escama superior y

está constituido por arcillas abigarradas, asociadas a areniscas y delgados niveles dolomíticos. PEYRE cita, asimismo, las rocas magmáticas y habla de una roca «listada» con aspecto de toba volcánica que pensamos puede coincidir con una de las descritas por nosotros (ver más adelante, zona II).

Un problema aún sin resolver, planteado y discutido en un trabajo anterior (PUGA y RUIZ CRUZ, en prensa) se refiere a la edad de la roca ígnea. Las dataciones de edad absoluta realizadas a ofitas triásicas de otras zonas de la Cordillera Subbética (VAN DE FLIERT et al., 1980) dan valores comprendidos entre 100 y 119 m. a. (Cretáceo inicial) pero, tal como se indica en el trabajo citado, es posible que sean mucho más antiguas.

MINERALOGIA

Las técnicas de trabajo utilizadas en las determinaciones mineralógicas han sido, fundamentalmente:

- Estudio microscópico de láminas delgadas.
- Análisis por difracción de rayos X.
- Análisis químico.

El análisis cualitativo de las diferentes muestras se ha realizado a partir del análisis difractométrico y microscópico. El estudio de los filosilicatos se ha llevado a cabo por difracción de rayos X mediante agregados orientados realiza-

dos sobre la muestra natural, tratada con etilén-glicol y calentada a 550° C. El análisis semicuantitativo se ha realizado a partir de los difractogramas de polvo (o los agregados orientados para los filosilicatos), utilizando los poderes reflectantes dados por SCHULTZ (1964), MARTÍN POZAS (1968) y GALÁN HUERTOS (1972).

La roca de caja del techo de la intrusión es una arenisca lutítica (según la clasificación propuesta por CORRALES y col., 1977) o una arenisca calcárea lutítica, que constituyen un paquete de unos cinco metros de potencia con estratificación paralela al contacto con la roca ígnea. Sobre este paquete se sitúan en las arcillas y margas abigarradas de facies Keuper. Estas rocas, que constituyen también el contacto inferior, corresponden, utilizando la misma clasificación, a lutitas arenosas o calizas arenosas lutíticas.

La composición mineralógica (aproximada) de algunas de estas muestras se recoge en la tabla I. De las muestras representadas G-9, G-13 y G-20 corresponden al contacto superior (en el que ha podido ponerse en evidencia la transformación metasomática) y G-21 y G-22 al contacto inferior. La situación de algunas de estas muestras puede observarse en la figura 2.

La roca ígnea

La descripción mineralógica de la roca ígnea se realizó en un trabajo ya citado (RUIZ CRUZ y LU-

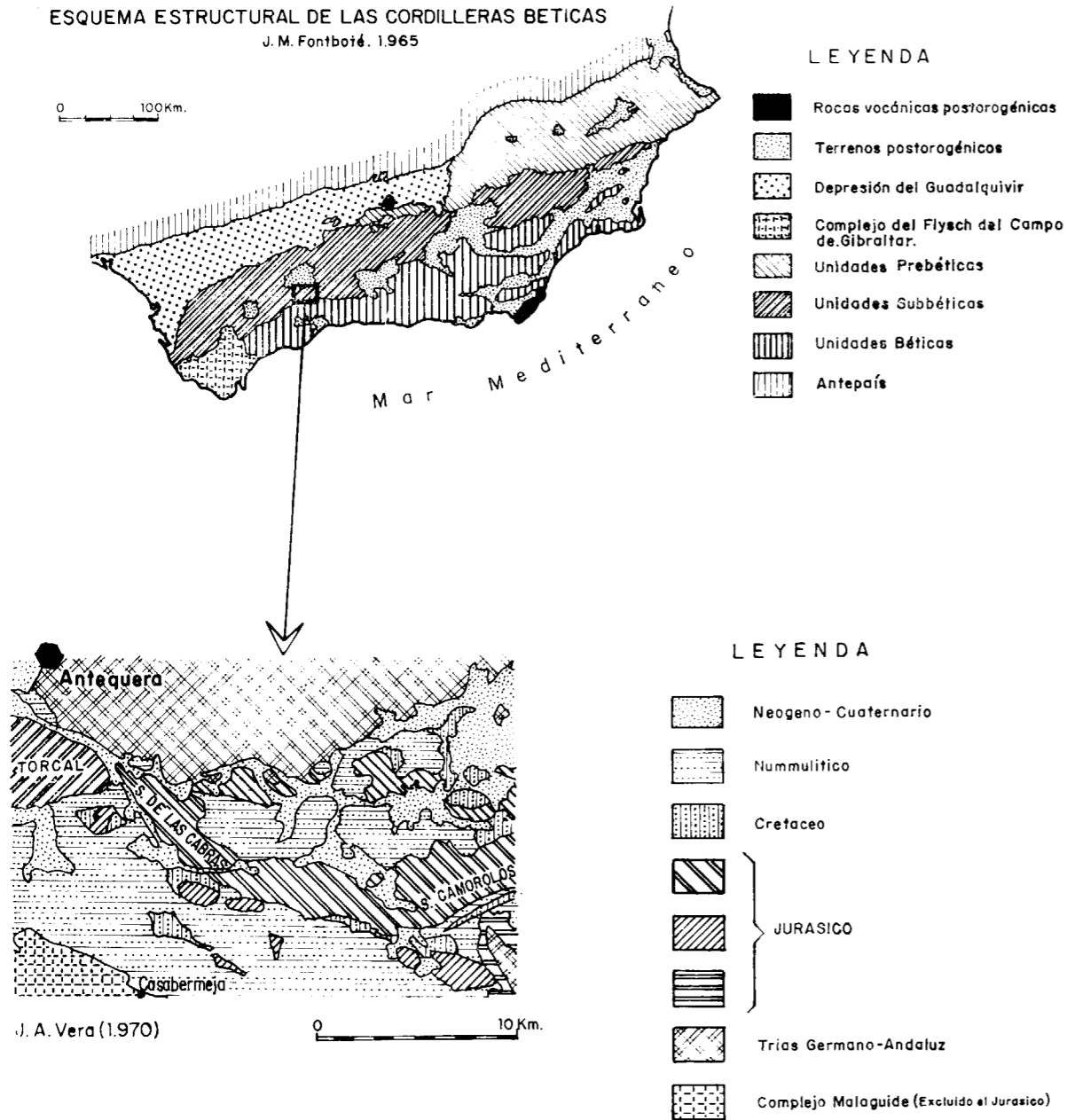


Figura 1

TABLA I
Mineralogía de las rocas sedimentarias triásicas

	G-9 %	G-13 %	G-20 %	G-21 %	G-22 %
Cuarzo	20	47	33	25	60
Microclina	18	—	—	—	—
Plagioclasa	13	9	5	—	15
Min. a 10 Å	15	12	—	65	25
Interestratificado	≈5	—	≈18	≈10	—
Clorita	—	32	—	—	—
Talco	4	—	—	—	—
Calcita	25	—	44	—	—
Clasificación:	Arenisca calcárea lutítica	Arenisca lutítica	Caliza arenosa lutítica	Lutita arenosa	Arenisca lutítica

NAR, 1982). En la tabla II se recogen las características químicas y mineralógicas de la misma (1).

La roca ígnea ha sido afectada también por una alteración hidrotermal que se pone de manifiesto en la transformación completa del olivino en montmorillonita y magnetita y en la alteración del piroxeno a talco y anfíbol. La roca presenta una pequeña proporción de cuarzo intersticial y está atravesada por numerosas venas rellenas de calcita.

Aureola de contacto

El estudio mineralógico de la roca alterada del contacto permite una división en tres zonas (figura 2). Estas serían, desde la roca ígnea hacia el exterior:

Zona I: Roca deleznable de color verde, de hasta un metro de espesor, caracterizada por el predominio de los minerales interestratificados.

TABLA II

Composición química y mineralógica de la roca ígnea

Análisis modal		Análisis químico		Norma	
	%		%		%
Opacos	8	SiO ₂	47,25	Q	—
Olivino	2	Al ₂ O ₃	16,94	C	0,80
Piroxeno	27	Fe ₂ O ₃	2,35	Or	4,67
Plagioclasa	61	FeO	10,79	Ab	35,08
Cuarzo	1	MgO	8,58	An	16,10
Matriz	1	CaO	3,25	Ne	7,10
Min. secund.	—	Na ₂ O	5,70	Di	—
		K ₂ O	0,80	Hy	—
		TiO ₂	0,85	Ol	27,67
				Mt	3,40
				Il	1,60

Clasificación modal: Andesita.
Clasificación normativa: (14a) Basanita.

Zona II: Roca compacta que presenta un bandeo del orden del milímetro en verde y negro, de 15 a 20 centímetros de espesor, constituida por caolinita, serpentina y magnetita.

Zona III: Arenisca parcialmente alterada, que gradualmente pasa a la roca sin alterar, caracterizada por la presencia de feldespato potásico, talco y una pequeña proporción de interestratificados.

Toda la aureola, al igual que la roca ígnea, aparece atravesada por numerosas venillas rellenas de calcita.

(1) Los datos de la tabla II han sido tomados de los trabajos de RUIZ CRUZ y LUNAR (1982) y PUGA y RUIZ CRUZ (en prensa).

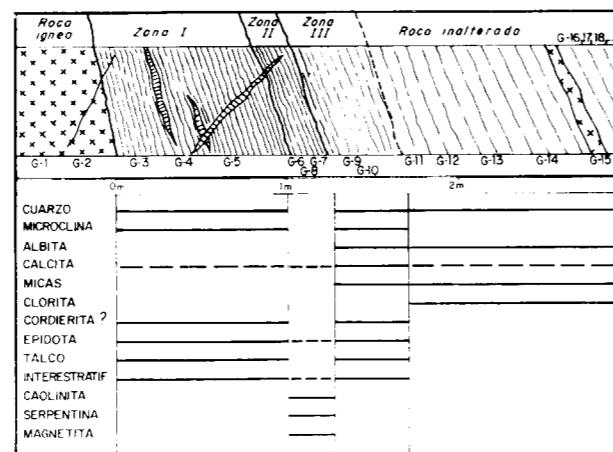


Figura 2

En la descripción mineralógica sólo citaremos brevemente las características de los minerales de origen detrítico, describiendo con más detalle los minerales neoformados.

Cuarzo

En granos alotriomorfos, de origen detrítico, en proporción decreciente, en general, a medida que disminuye la distancia a la roca ígnea. El tamaño de grano decrece apreciablemente también en el mismo sentido, hasta no ser visible al microscopio óptico. En la zona II desaparece por completo.

Plagioclasa

La plagioclasa, de origen detrítico, sólo ha podido detectarse en las rocas no alteradas y en la zona III. Con un tamaño del orden de décimas de milímetro; se trata de un término sódico (albita, próxima a oligoclasa). Bien visible en la roca no alterada, en la zona III sólo ha podido ponerse de manifiesto en los diagramas de difracción de rayos X. Su presencia en las muestras de esta zona viene confirmada por el análisis químico (1,54% de Na₂O). El sodio desaparece en las zonas más internas.

Calcita

En los sedimentos no alterados la proporción de calcita es muy variable, dependiendo de los niveles (ver tabla I). En general, en estas rocas el tamaño de grano es muy pequeño, no observándose recristalizaciones.

Un aspecto diferente presenta la calcita secundaria, que seudomorfiza minerales metamórficos o que rellena venillas. En este caso aparece perfectamente cristalizada en romboedros, hasta de varios milímetros.

Clorita

Las verdaderas cloritas no han podido ponerse en evidencia más que en las rocas sedimentarias no afectadas por la alteración y, dentro de éstas, únicamente en el paquete de areniscas situado directamente encima del cuerpo ígneo. En estas rocas las laminillas de clorita son visibles al microscopio. Su presencia se ha comprobado mediante difracción de rayos X.

La relación Al/Si en los tetraedros, deducida del espaciado basal según el método propuesto por BRINDLEY (1961), es mínima. De la intensidad relativa de las líneas 001 y 002 se ha podido deducir que se trata de cloritas muy magnesianas (BRINDLEY, 1955; BRINDLEY y GILLERY, 1956; OJNUMA y al., 1972).

Micas

Al igual que las cloritas, las micas están presentes únicamente en las rocas no alteradas y, en pequeña proporción en la zona III. El tamaño de grano y cristalinidad son muy variables de unas muestras a otras. En las rocas arcillosas aparece sólo illita de baja cristalinidad. En las areniscas las micas forman láminas perfectamente visibles al microscopio. La mica desaparece totalmente en las zonas más internas. El paso de la roca no alterada a la zona III se pone de manifiesto en un aumento en la proporción de mica trioctaédrica, simultáneo a la desaparición de la clorita (figura 3).

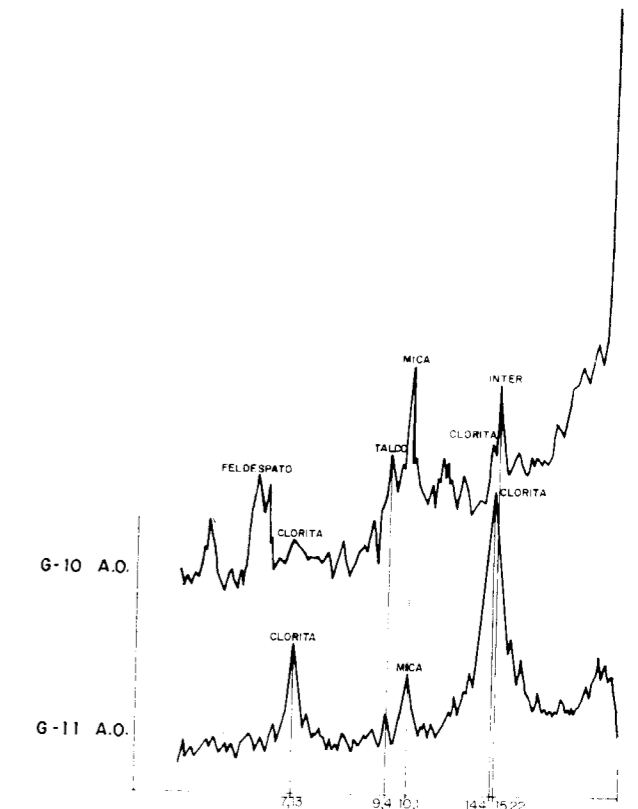


Figura 3

Epidota

La epidota ha podido evidenciarse en los diagramas de difracción de rayos X (líneas más intensa a 2,90 Å, 2,76 Å y 2,50 Å). El estudio de láminas delgadas pone de manifiesto que los cristales de mayor tamaño, idiomorfos, aparecen precisamente en las muestras de la zona II, donde este mineral es muy escaso. En las zonas I y III los cristales son alotriomorfos y de pequeño tamaño. Hemos podido determinar clinzoisita y zoisita.

También aparece la epidota, en muy pequeña proporción como mineral detrítico, en las areniscas, tratándose en este caso de epidota s.e.

Cordierita

En las muestras de la zona III más próximas a la roca ígnea se conservan restos de minerales formados durante el metamorfismo de contacto, aunque casi totalmente alterados. En los niveles de areniscas lutíticas, que son los más frecuentes, el mineral desarrollado presenta un aspecto característico de cordierita: sin forma definida y con una alteración casi total a clorita (que ocupa preferentemente el centro del cristal) y a moscovita (que generalmente se sitúa bordeándolo). Las zonas aparentemente no alteradas presentan birrefringencia y signo óptico coincidentes con los de la cordierita.

Restos de este mismo mineral aparecen en la zona I, en este caso transformados totalmente en minerales interestratificados. No se han detectado en la zona II.

Diópsido?

En uno de los niveles de la zona III, originariamente mucho más rico en carbonatos, el mineral desarrollado durante el metamorfismo térmico presenta diferentes características. Por una parte, la morfología (prismático corto) hace pensar en un piroxeno. Por otra parte, la alteración, preferentemente a calcita y en menor proporción a clorita, nos ha hecho pensar en diópsido, aunque no hemos podido comprobarlo ni ópticamente ni mediante difracción de rayos X.

Feldespatos potásico

Se trata indudablemente de un mineral neoforado, ya que no aparece como constituyente detrítico en ninguna de las muestras analizadas. Su presencia, a pesar de la proporción relativamente elevada que alcanza en algunas muestras, no ha podido ponerse de manifiesto en lámina delgada, habiéndose identificado gracias al examen mediante rayos X como microclina (BROWN, 1972). Aparece en las zonas I y III y falta en la zona II y en los sedimentos sin alterar. Por otra parte, en la zona III es mucho más abundante (hasta un 20%) que en la zona I.

Interestratificados

Tal y como se muestra en la figura 2, los minerales interestratificados pueden llegar a constituir hasta el 70 por 100 de la muestra en la zona I, desaparecen en la II y vuelven a aparecer en la III.

Los interestratificados son minerales muy frecuentes en las rocas arcillosas triásicas; sin embargo, en las areniscas próximas a la roca ígnea no aparecen. Por ello, su existencia en las zonas alteradas debe interpretarse como una neoformación.

Corresponden a dos tipos principales:

- Clorita-esmectita (con proporciones variables de ambos constituyentes).
- Vermiculita-esmectita (con pequeña proporción de esmectita).

Ambos tipos se desarrollan en la zona I y sólo el primero en la zona III. En la zona II están ausentes.

La identificación se ha basado en el estudio de los diagramas de difracción de rayos X realizados sobre agregados orientados. En la figura 4 se recogen los diagramas realizados a una de las muestras de la zona I. En esta muestra aparecen mezclados ambos interestratificados casi en la misma proporción; éste es el caso más frecuente. En algunos de los niveles, no obstante, predomina ampliamente el interestratificado vermiculita-esmectita.

En el primero de ellos (agregado orientado de la muestra natural), la primera reflexión aparece

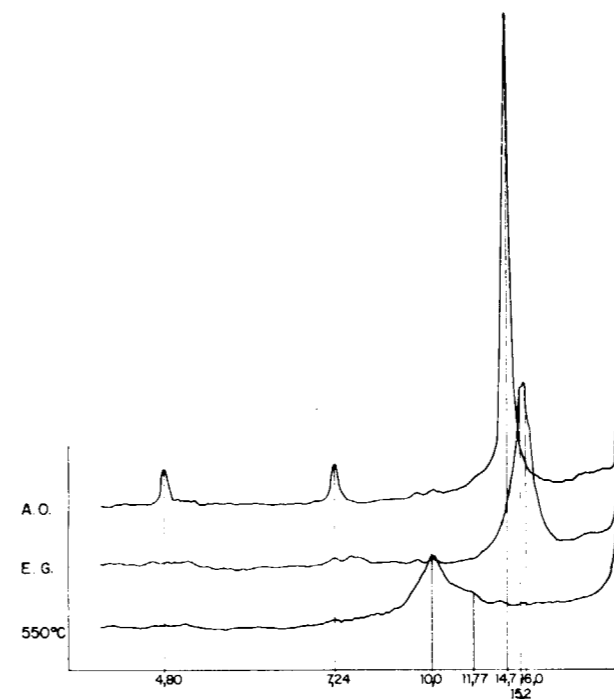


Figura 4

a 14,7 Å y la segunda, de intensidad mucho menor, a 7,24 Å. El segundo diagrama (agregado orientado tratado con etilén-glicol) una línea muy ancha se sitúa de 15 a 16 Å: la línea a 7 Å se ensancha también y prácticamente desaparece. El tercer diagrama (agregado orientado calentado a 550°C) muestra una banda de 10 a 11,7 Å, con un máximo claro a 10 Å.

El interestratificado vermiculita-esmectita (con pequeña proporción de esmectita) originaría una parte de la línea a 14,7 Å, que pasa a 15 Å tras el tratamiento con etilén-glicol y desciende a 10 Å tras el tratamiento térmico.

El interestratificado clorita-esmectita (con proporciones variables de ambos componentes) originaría parte de la línea a 14,7 Å. Tras la glicolación, esta línea pasa a ser una banda de 15,2 a 16 Å y origina otra banda de 10 a 11,7 Å tras el tratamiento térmico.

El estudio óptico de las muestras de la zona III pone de manifiesto que el interestratificado clorita-esmectita aparece pseudomorfizando los cristales de cordierita y muestra características ópticas muy semejantes a la clorita.

En la zona I, por el contrario, no se observan pseudomorfosis tan claras (la roca está bastante más alterada), apareciendo láminas micáceas hasta de 0,5 mm, cuyas características ópticas coinciden bastante exactamente con las de la flogopita, aunque este mineral ha desaparecido prácticamente en su totalidad. Estas láminas grandes, de alta birrefringencia y pleocroísmo amarillo-marrón, lateralmente se hacen menos birrefringentes y el pleocroísmo cambia a verde claro-amarillo. Por otra parte, láminas de muy diversos tamaños y de aspecto semejante a la clorita abundan en las muestras y especialmente formando concentraciones de un tamaño del orden del milímetro. Interpretamos, por todo ello, que los interestratificados han tenido un doble origen: El tipo vermiculita-esmectita ha debido formarse a expensas de la flogopita y el tipo clorita-esmectita a expensas de la cordierita, al igual que en la zona III.

Serpentina

Este mineral, al igual que la caolinita y la magnetita aparece limitado a la zona II. Las muestras de esta zona presentan un fino bandeo en tonos de verde y negro, correspondiendo los primeros a niveles más ricos en serpentina y los segundos a niveles formados por magnetita y caolinita. Los niveles serpentínicos están constituidos por fibrillas de tamaños inferiores a 0,1 mm.

El diagrama de difracción de rayos X, correspondiente a una de las muestras de esta zona, se recoge en la figura 5. Las líneas de la serpentina y la caolinita, muy próximas, originan picos dobles a 7,22 y 7,18 Å y 3,61 y 3,57 Å, claramente separables. La reflexión 060 (no recogida en la figura) aparece a 1,54 Å (serpentina) y a 1,49 Å (caolinita).

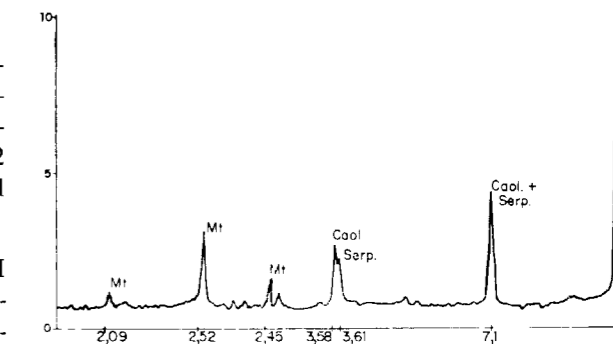


Figura 5

Caolinita

Aparece exclusivamente en la zona II, asociada a serpentina y a proporciones variables de magnetita. Al microscopio aparece como masas algodonosas de incoloro a marrón, formando bandas del orden del milímetro que alternan con serpentina.

Magnetita

Además de en la roca ígnea, la magnetita aparece concentrada en la zona II, precisamente en las bandas más ricas en caolinita. Forma cristales idiomorfos de pequeño tamaño diseminados en la caolinita, y bandas de mineral compacto. La magnetita de la zona II se ha aislado magnéticamente y el análisis químico es el siguiente:

$$\text{FeO} = 30,90\%$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 69,10\%$$

La fórmula sería, por tanto $(\text{FeO})_{0,4984}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0,5015}$.

Se trata, pues, de una magnetita prácticamente estequiométrica.

MINERALOGENESIS

La edad del magmatismo, tal como se ha indicado antes, está aún en discusión. La presión de confinamiento de los sedimentos triásicos pudo ser, por ello, bastante variable en el momento de la intrusión. De los datos estratigráficos recogidos de SERRANO (1975) puede deducirse que, aun cuando el magmatismo fuese cretácico, la presión de confinamiento no excedería de 0,5 Kb.

La acción metasomática ha producido la transformación de la roca de caja en un espesor de 1 a 1,5 metros y, por ello, los minerales formados por efecto del metamorfismo de contacto han desaparecido casi por completo. Únicamente en la zona III, menos alterada, se conservan minerales metamórficos, casi totalmente transformados. En los datos recogidos en esta zona basaremos, pues, la génesis mineralógica en la etapa de metamorfismo de contacto.

Por otra parte, la zonación (1) actual en la aureo-

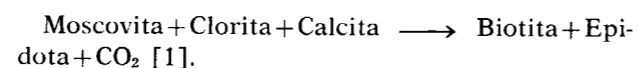
(1) En ningún momento, al hablar de zonas, se hace en el sentido de zonas de metamorfismo de BARROW. En realidad, las paragénesis determinadas en estas rocas pueden encuadrarse en conjunto en la zona de la cordierita (o bien a la facies cordierita, definida por W. G. ERNST, 1976).

la metasomática es muy difícil de explicar si suponemos que la roca de caja tenía inicialmente una composición uniforme. Habría que suponer, en este caso, que las características físico-químicas de las soluciones metasomáticas habrían de cambiar radicalmente en distancias del orden del centímetro y, además, repetidamente. La zonación actual puede explicarse mucho más fácilmente si tomamos como punto de partida niveles sedimentarios de composición no uniforme. El estudio mineralógico de las rocas próximas (tabla I) muestra que las variaciones mineralógicas pueden ser notables, especialmente en lo que se refiere al contenido en carbonatos y a la proporción cuarzo/filosilicatos.

Etapas metamórficas

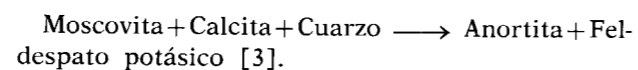
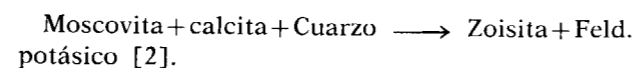
Los primeros cambios mineralógicos producidos durante la etapa metamórfica dependerían en gran parte de la proporción de calcita en la roca sedimentaria.

En principio, pudieron llevarse a cabo dos tipos de reacciones en los que interviene la calcita:



Propuesta por FERRY (1976) y más recientemente por STUDER y BERTRAND (1981) para rocas similares en condiciones comparables. Para estos autores, basándose en el trabajo de DE BETHUNE (1976), esta reacción se daría por debajo de 350° C y a presiones parciales de CO₂ muy bajas, ya que la presencia de calcita haría decrecer el campo de estabilidad de la asociación moscovita-clorita.

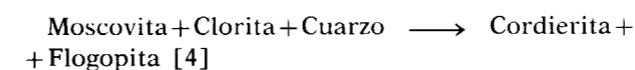
No obstante, la presencia de microclina y la ausencia de anortita en las rocas de la aureola podría explicarse a partir de la reacción [2] o de las reacciones [3] y [5].



Propuestas por JOHANNES y ORVILLE (1972) y HEWIT (1973). El que se lleven a cabo una u otra dependería de la presión parcial de CO₂. Para una P_{total} = 2 Kb, la reacción [2] se daría a partir de 375° C y la [3] alrededor de 450° C. Es de suponer que a presiones del orden

de 0,5 Kb, las reacciones se darían a temperaturas menores (1).

La ausencia de calcita en algunos de los niveles impediría el desarrollo de estas reacciones. Pensamos, por ello, que la formación de biotita a partir de micas dioctaédricas y clorita se llevó a cabo, en su mayor parte, a temperaturas más elevadas, mediante la reacción

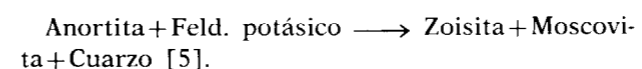


estudiada por SEIFERT (1970). Esta reacción, para presiones totales próximas a 0,5 Kb, se daría a unos 470° C.

Como ya se ha puesto de manifiesto, la proporción de clorita decrece al pasar de la roca inalterada a la zona III, a expensas de un mayor desarrollo de la mica trioctaédrica.

La extensión en que se desarrolló la reacción [4] dependería de la proporción relativa cuarzo/filosilicatos en los diferentes niveles. En las zonas I y III, a pesar de la pérdida de SiO₂ durante la etapa metasomática, aún existe cuarzo libre, lo que indica que la formación de cordierita se vería limitada por la cantidad de filosilicatos.

La presencia de zoisita en las rocas de la aureola hace pensar que pudo formarse, bien a partir de la reacción [2], bien a partir de la [3] y la [5], esta última durante un metamorfismo retrógrado



Esta reacción, propuesta por JOHANNES y ORVILLE (1972) y HEWIT (1973), se daría a unos 450° C y a presiones de CO₂ muy bajas. La pequeña proporción de zoisita, no obstante, indica que el desarrollo de esta reacción sería mínimo.

Etapas metasomáticas

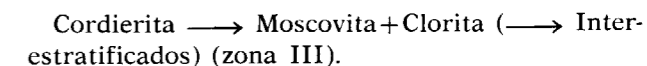
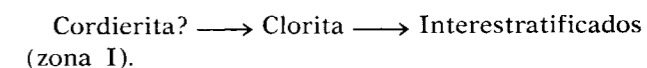
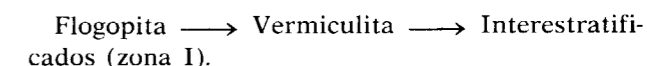
Tal como se discute en el apartado siguiente (ver fig. 6), el aporte metasomático de Mg, Fe

(1) En niveles con proporción de calcita elevada pensamos que pudo llevarse a cabo la reacción $\text{Flogopita} + \text{Calcita} + \text{Cuarzo} \rightarrow \text{Diópsido} + \text{Feld. K} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ propuesta por THOMPSON (1976). La temperatura de formación de diópsido decrece rápidamente al hacerlo la P_{CO2}, según los datos de HOSCHIEK (1973) y SLAUGHTER (1975), por lo que la reacción podría darse a temperaturas muy bajas.

y Ca ha conducido al desarrollo de una serie de minerales (serpentina, caolinita, magnetita, talco, interestratificados y calcita) en un intervalo, probablemente muy amplio, de temperaturas decrecientes.

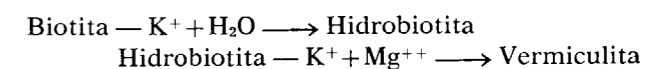
La naturaleza de los minerales desarrollados en cada zona dependería fundamentalmente, según MILLOT (1964), de la distancia a la roca ígnea, de la temperatura, la porosidad y la composición inicial. Dado que en este caso la zonación se desarrolla en un intervalo espacial muy reducido, pensamos que las diferencias mineralógicas dependen sobre todo de las diferencias de composición de los distintos niveles, fundamentalmente de la relación cuarzo/filosilicatos.

La información suministrada por el estudio de láminas delgadas pone de manifiesto las siguientes transformaciones:

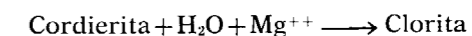


Las dos primeras transformaciones pudieron llevarse a cabo simultáneamente y en un margen de temperaturas bastante amplio.

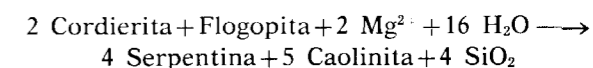
La formación de vermiculita a expensas de la biotita pudo tener lugar según un mecanismo semejante al propuesto por WALKER (1949) en los procesos de meteorización y que ha sido citado repetidas veces:



La transformación de cordierita en clorita ha sido citada en numerosas ocasiones y es el resultado de un proceso de hidratación (KOSTOV, 1968), en este caso, acompañado por un aporte de Mg:



Una transformación más intensa tendría lugar en la zona II. La hidrólisis de los minerales metamórficos (en esta zona no se conservan indicios de los mismos), condujo al desarrollo de caolinita y serpentina. Proponemos la siguiente reacción:



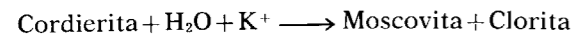
La proporción relativa de caolinita y serpentina en la zona II coincide bastante bien con la obtenida a partir de la reacción propuesta.

La formación de crisotilo a partir de soluciones concentradas de Mg y de SiO₂ ha sido sugerida por POLDERVAART (1956) para la formación de este mineral en relación con intrusiones doleríticas en dolomías. En el sistema MgO-SiO₂-H₂O (HEMLEY, 1977) el crisotilo se formaría por debajo de 450° C (1 Kb de presión de agua) y el desarrollo de crisotilo o talco dependería solamente de la concentración de sílice en solución.

Por otra parte, la formación de caolinita (NOLL, 1936; VELDE y KOVHROBST, 1969, etc.) tendría lugar por debajo de 400° C. NICOLAS (1956), por otra parte, deduce para las caolinitas hidrotermales por él estudiadas temperaturas de formación comprendidas entre 150° y 300° C.

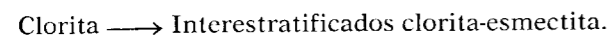
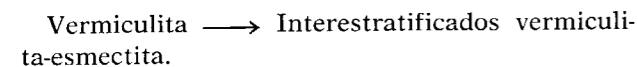
El desarrollo de magnetita en esta zona (también aparece en las otras, aunque en pequeña proporción) parece ser posterior a la formación de caolinita y serpentina. La asociación de magnetita metasomática con minerales fuertemente magnesianos ha sido citada en diferentes ocasiones (por ejemplo, THOMPSON, 1951). El depósito de magnetita en esta zona puede atribuirse bien a un cambio ligero en el carácter de las soluciones, bien a unas más fáciles condiciones de reemplazamiento en este nivel.

Las transformaciones producidas en la zona más externa indican un cambio en el carácter químico de las soluciones, menor concentración de M⁺⁺ y probablemente un aumento del pH. En estas condiciones se produciría una transformación



Por otra parte, las soluciones conteniendo sílice y Mg⁺⁺ originan la formación de una discreta cantidad de talco.

Como ya se ha indicado antes, en etapas posteriores las transformaciones han conducido al desarrollo de minerales interstratificados, sobre todo en la zona I, a partir de vermiculita y clorita:



Estas transformaciones han coincidido proba-

blemente con el aporte de Ca, que por otra parte ha originado el desarrollo de calcita tanto en la roca de caja como en la roca magmática (1).

EVOLUCION DE LAS CONDICIONES FISICO-QUIMICAS

Los primeros equilibrios señalados en la etapa metamórfica (reacciones [2] y [3]) pueden ser descritos en el sistema CaO-MgO-Al₂O₃-K₂O-SiO₂-H₂O-CO₂, sintetizado por GREWOOD (1976) a partir de los trabajos de JOHANNES y ORVILLE (1972) y HEWIT (1973). Evidentemente no tenemos en cuenta la pequeña proporción de hierro que pudo estar presente en la clorita y en la biotita.

La reacción [4] puede describirse en el sistema K₂O-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O, estudiada por SEIFERT (1970). Para una presión de 0,5 Kb esta reacción se daría a unos 470° C.

Por encima de 450° C es inestable la zoisita en presencia de moscovita, por lo que la presencia de este mineral habría que explicarla por la reacción [3] seguida de la [5], esta última desarrollada durante el metamorfismo retrógrado. Según los datos de HEWIT (1973) y JOHANNES y ORVILLE (1972), el punto invariante se situaría para una presión total de 2 Kb a una temperatura de 440° C y X_{CO₂}=0,1. A presiones totales menores, como correspondería a nuestro caso, esta reacción se daría a menor temperatura.

Etapa metasomática

A partir de los análisis químicos realizados a algunas de las muestras de la aureola se ha construido un diagrama en el que se muestra la variación en la proporción de óxidos en las diferentes zonas del contacto (fig. 6).

El paso de la roca sedimentaria a la zona de alteración se pone de manifiesto, en primer lugar, en un descenso en el tanto por ciento de SiO₂, alcanzándose un mínimo en la zona II. De forma similar se comportan los alcalinos, especialmente el Na₂O, ausente en las zonas I y II.

El contenido en Al₂O₃, por el contrario, aumen-

(1) La transformación del probable diópsido en calcita en la zona III es de suponer que se habría realizado durante esta última etapa.

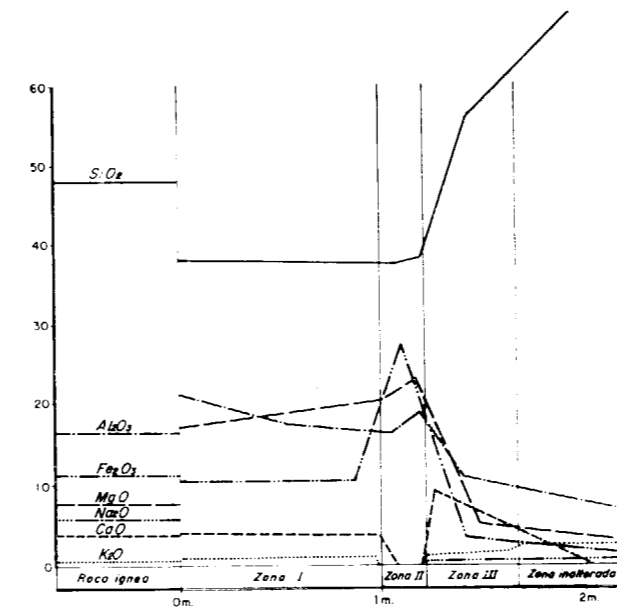


Figura 6

ta, primero gradualmente (zona III) y de forma brusca en la zona II. Variaciones similares se observan en el MgO y el Fe₂O₃. Para este último óxido la curva muestra un máximo muy acusado en la zona II.

El comportamiento del CaO no es tan significativo, si exceptuamos la escasez del mismo en la zona II.

Los fluidos metasomáticos iniciales eran probablemente ricos en Mg. Según MILLOT (1964), en un medio magnésico el pH es alcalino. Sin embargo, y según este mismo autor, con un pH próximo a la neutralidad se desarrollaría serpentina (en medios más alcalinos se formaría estevensita).

Por otra parte, se acepta de forma general que la formación de caolinita se ve favorecida en medios lavados y con pH ácido.

A partir de los datos de WEY y SIFFERT (1961) y SIFFERT (1962) referentes a la solubilidad del SiO₂, Al³⁺ y Mg²⁺ en diferentes condiciones de pH puede deducirse que la formación simultánea de caolinita y serpentina debería darse a un pH próximo a 7. El depósito de magnetita a partir de las soluciones ricas en Fe pudo ser ligeramente posterior y en condiciones similares.

El carácter de las soluciones debió cambiar a

su paso por las zonas más internas. Parte de los alcalinos (sobre todo K⁺) lavados en éstas pudieron ser fijados en la zona III, lo que explicaría el desarrollo de moscovita a partir de cordierita así como la elevada proporción de feldespato potásico presente en esta zona.

A bajas temperaturas se produce un cambio en el carácter de los fluidos metasomáticos, que ahora introducen Ca, dando lugar al desarrollo de interstratificados con esmectitas y al relleno de venillas con calcita. En esta última etapa los fluidos serían francamente alcalinos (1).

CONCLUSIONES

La zonación mineralógica desarrollada en los sedimentos triásicos en contacto con un pequeño cuerpo intrusivo básico puede explicarse por un proceso de metamorfismo de contacto, seguido de un proceso metasomático, sobre niveles de composición no uniforme.

Aunque los afloramientos de este tipo estudiados hasta el momento han sido numerosos, sólo en este caso las características mineralógicas y texturales de la roca de caja nos han permitido analizar con cierto detalle el efecto de la intrusión.

Las transformaciones desarrolladas durante la etapa metamórfica, aunque dependientes de las características mineralógicas de los diferentes niveles (sobre todo del tanto por ciento de calcita y de la relación cuarzo/filosilicatos), han conducido, fundamentalmente, al desarrollo de flogopita y cordierita, a partir de moscovita, clorita y cuarzo. No se ha podido poner en evidencia una zonación propiamente metamórfica.

De acuerdo con el modelo de enfriamiento propuesto por JAEGER (1957) la temperatura del magma en el momento de la intrusión sería de 800°-900° C.

Durante la etapa metasomática se ha producido la hidrólisis más o menos completa de los minerales metamórficos, desarrollándose a expensas de los mismos clorita y vermiculita, en una primera

(1) Se han realizado medidas de pH sobre las rocas de la aureola siguiendo el método propuesto por MILLOT (1964) y DUNOYER (1969). Los valores obtenidos oscilan entre 8,4 y 9,1.

etapa de metasomatismo fundamentalmente magnésiano y minerales interestratificados y calcita en una etapa posterior de metasomatismo cálcico.

La mineralogía de uno de los niveles sedimentarios (probablemente un tanto por ciento de calcita muy bajo y una relación cuarzo/filosilicatos bastante inferior a la de los niveles adyacentes) así como las características fisicoquímicas de los fluidos metasomáticos (pH próximo a 7 y aporte de Mg^{++}) han conducido al desarrollo simultáneo de caolinita y serpentina en una zona de 15 a 20 cm. de espesor.

Como consecuencia de este mismo proceso en las zonas más alteradas se ha producido una pérdida importante de sílice y alcalinos, aunque parte del K^+ ha sido fijado (moscovita y microclina) en la zona más externa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las doctoras DOVAL y LUNAR (Univ. Complutense de Madrid) la ayuda prestada en la realización de diagramas de difracción de rayos X.

Al doctor GALÁN HUERTOS (Univ. de Sevilla) la lectura crítica y corrección del manuscrito.

Y muy especialmente a la doctora PUGA (Univ. de Granada) la ayuda constante durante la realización y redacción del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BAYLEY, D. K., y MACDONALD, R.: *The evolution of the Crystalline Rocks*. Academic Press, London (1976).
- BRINDLEY, G. W.: *Chlorite minerals*. In: *The X-ray identification and Crystal Structures of Clay Minerals*. Brown Ed. Mineralogical Soc., London (1962).
- BRINDLEY, G. W. y GILLERY, F. H.: *X-ray identification of Chlorite Species*. Amer. Min., 41, pp. 169-186 (1956).
- BROWN, G.: *The X-ray identification and Crystal Structures of Clay Minerals*. Mineralogical Soc., London (1972).
- CORRALES, I.; ROSSEL, J.; SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; VERA, J. A., y VILAS, L.: *Estratigrafía*. Ed. Rueda (1977).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., y ZUSSMAN, J.: *Rock Forming Minerals*. Vols. 1, 2, 3, 4 y 5, Ed. Longman, London (1975).
- DURAND-DELGA, M., y FOUCAULT, A.: *La Dorsal Bétique,*

nouvel élément paléogéographique et structurel des Cordillères Bétiques au sud de la Sierra Arana (prov. de Granada, Espagne). Bull. Soc. Geol. France, t. IX (1967).

- DUNOYER DE SEGONZAC, G.: *Les minéraux argileux dans la diagenèse passage au métamorphisme*. Mém. Serv. Géol. Als. Lor., 29, Strasbourg (1969).
- ERNST, W. G.: *Petrologia phase equilibria*. V. H. Freeman and Co., San Francisco (1976).
- FERRY, J. M.: *Metamorphism of calcareous sediments in the Waterville-basal-boro area, South Central Maine. Mineral reactions and graphical analysis*. Am. J. Sci., 276, pp. 841-882 (1976).
- GALÁN HUERTOS, E.: *Estudio geológico, mineralógico y genético de los caolines de España*. Tesis Doctoral, Univ. Madrid (1972).
- GREENWOOD, H. J.: *Metamorphism at Moderate Temperatures and Pressures*. In: *The Evolution of the Crystalline Rocks*. Academic Press, London (1976).
- HEMLEY, J. J.; MONTÓYA, J. W.; CHRIST, C. L., y HOSTETLER, P. B.: *Mineral equilibria in the MgO-SiO₂-H₂O System. I. Calc-Crysotile-Forsterite-Brucite Stability Reactions*. Am. J. Sci., 227, pp. 322-351 (1977).
- HEWITT, D. A.: *Stability of the assemblages muscovite-calcite-quartz*. Amer. Miner., 58, pp. 785-791 (1973).
- HOSCHECK, G.: *Die Reaktion Phlogopite+Calcite+Quarz=Tremolit+Kalifeldspat+H₂O+CO₂*. Contr. Miner. Petr., 39, pp. 231-237 (1973).
- JAEGER, J. C.: *The Temperature in the Neighborhood of a cooling intrusive sheet*. Am. J. Sci., 255, pp. 306-318 (1957).
- JOHANNES, V., y ORVILLE, P. M.: *Zur Stabilität der mineralparagenesen Muskovit-Calcit-Quarz, Zoisit-Muskovit-Quarz, Anorthit-K, Feldspat- und Anorthit-Calcit*. Fort. Min., 50, pp. 46-47 (1972).
- KOSTOV, I.: *Mineralogy*. Oliver and Ray Ed., Edimburgh and London (1968).
- MARTÍN POZAS, J. M.: *Análisis cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X*. Tesis doctoral, Univ. de Granada (1968).
- MILLOT, G.: *Géologie des Argiles*. Ed. Mason, Paris (1964).
- NICOLÁS, J.: *Contribution à l'étude Géologique et Minéralogique de quelques gisements de kaolin bretons*. Thèse, Sci., Paris (1956).
- NOLL, W.: *Über die Bildungsbedingungen von Kaolin, Montmorillonit, Pyrophyllit und Analcim*. Min. Petr. Mitt., 48, pp. 210-247 (1936).
- OIUMA, K.; SUSUMU, S., y SUDO, T.: *Triangular diagrams for surveying chemical compositions of chlorites*. Journal of the Tokyo Univ., núm. 15, pp. 1-33 (1972).
- PEYRE, Y.: *Géologie d'Antequera et sa région (Cordillères Bétiques, Espagne)*. Tesis, Univ. Paris (1974).

POLDERVAART, A.: *Crysotile asbestos produced by dolerite intrusions in dolomite*. Colonial Geol. Min. Resources, vol. L (1950).

- PUGA, E., y RUIZ CRUZ, M. D.: *Observaciones petrológicas y geoquímicas sobre el magmatismo básico mesozoico del sector central de la Cordillera Subbética*. Cuadernos de Geología (en prensa).
- RUIZ CRUZ, M. D., y LUNAR, R.: *Datos mineralógicos relativos a las «ofitas» triásicas del sector Central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban*. Bol. Inst. Geol. Min., t. XCIII-II, pp. 172-186 (1982).
- SEIFERT, F.: *Diagrama de equilibrio Mg-Cl+Ms+Q=Mg-Cd+Flog*. En: *Grenwood* (1976) (1970).
- SERRANO, F.: *Estudio geológico del sector Colmenar-Villanueva del Rosario*. Tesis de Licenciatura, Univ. Granada (1975).
- SIFFERT, B.: *Quelques réactions de la silice en solution. La formation des argiles*. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lor., núm. 21 (1962).
- SKIPPEN, G. B.: *Experimental data for reactions in siliceous marbles*. J. Geol., 79, pp. 457-481 (1971).
- SIAUGHTER, J.; KERRICK, D. M., y WALL, V. J.: *Experimental and thermodynamic study of equilibria in the system*

CaO-MgO-SiO₂-H₂O-CO₂. Am. J. Sci., 275, pp. 143-162 (1975).

- STUDER, M., y BERTRAND, J.: *Métamorphisme de sédiments marneux en bordure de filons basiques (Haut Atlas Central Maroc)*. Bull. Suisse de Min. et Petr., 61, pp. 51-80 (1981).
- THOMPSON, A. B.: *Mineral reactions in a Calc-Mica Schist from Gassetts, Vermont, U.S.A.* Contr. Miner. Petr., 53, pp. 105-127 (1975).
- VAN DE FLIERT, J. R.; HEBEDA, E. H.; PRIEM, H. N. A.; DE SMET, M. E. H., y VERDURMEM, B. A. TH.: *Pillow lavas and basic intrusives of early Cretaceous age in the Cantar area (provincia de Murcia). Betic Cordilleres, Spain*. Bol. Inst. Geol. Min. España (1980).
- VERA, J. A.: *Mapa de distribución de afloramientos y facies del Jurásico de las Cordilleras Béticas*. Univ. Granada (1970).
- WALKER, G. F.: *The decomposition of biotite in the soils*. Min. Mag., vol. 28, p. 693 (1949).
- WEY, R., y SIFFERT, B.: *Réactions de la silice monomoléculaire en solution avec les ions Al³⁺ et Mg²⁺. Gèneses et synthèse des argiles*. Coll. Intern. C. N. R. S., 105, pp. 11-23 (1961).

Recibido: Octubre 1982.

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España)

Por C. S. DE GALDEANO (*), M. ORTEGA (**), J. RODRIGUEZ (*) y N. VELILLA (**)

RESUMEN

La mineralización de celestina, estudiada en este trabajo, encaja en materiales del Triás Keuper y del Lías Inferior, situados en el extremo meridional de la Depresión del Guadalquivir (Jaén).

La mineralización principal está constituida por nódulos de celestina granuda. En la mineralización secundaria la celestina se asocia a dolomita, calcita, cuarzo, barita y yeso.

Respecto a la génesis de la celestina primaria se propone un origen sedimentario relacionado con los procesos diagenéticos. La mineralización secundaria ha sido producida por la acción de aguas ricas en iones sulfato y estroncio que depositan celestina en las fracturas y en las zonas brechificadas, y reemplazan las dolomías del muro de la secuencia carbonatada liásica.

ABSTRACT

The celestite deposits studied are enclosed in Triassic (Keuper) and Lower Liassic materials, outcropping in the Southern end of the Guadalquivir basin (Jaén).

The main deposit is formed by granular celestite nodules. Dolomite, calcite, quartz, barite and gypsum appear associated to celestite in secondary remobilizations.

A synsedimentary-early diagenetic origin is proposed for the primary celestite. The secondary mineralization has been produced by sulphate and strontium rich waters that deposited celestite in fractures and brecciated zones and that replaced the dolomite at the bottom of the Liassic carbonate sequence.

SITUACION GEOGRAFICA

El punto donde las mineralizaciones son más evidentes se sitúa a 5 Km. al NE de la ciudad de Jaén, pasado el río Guadalbullón, a la altura del llamado Puente Tablas, sobre la carretera a Torrequebradilla, en un cerro situado unos 400 m. al E de dicha carretera. Se localiza en la Hoja a escala 1:50.000, denominada 19-38 (Jaén), núm. 947, y sus coordenadas U.T.M. son 30SVG348848.

ENCUADRE GEOLOGICO

El sector estudiado corresponde a parte del ex-

(*) Departamento de Geología General y Departamento de Investigaciones Geológicas del C. S. I. C. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

(**) Departamento de Cristalografía y Mineralogía y Departamento de Investigaciones Geológicas del C. S. I. C. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

tremo meridional de la Depresión del Guadalquivir. En el mismo afloran materiales que, según SANZ DE GALDEANO (1973), son atribuibles al Tortoniense (Mioceno Superior) y quizá también al Mioceno Medio. Están formados fundamentalmente por limos y arcillas de tonos claros, muy blancos localmente, en algunos puntos muy ricos en sílice, de manera que aparece sílex negro, verde o rojo. Corresponden, en parte, a silixitas o moronitas. Sobre estos materiales aparecen localmente calizas detríticas.

Junto a estos materiales miocénicos existen, en el sector estudiado y fuera del mismo, otros del Triás, de facies germano-andaluza y Muschelkalk, del Jurásico y del Cretácico.

Dentro de los materiales triásicos abundan los limos, arcillas y areniscas de colores abigarrados, aunque domina el rojo, con yesos localmente muy

abundantes. Estos corresponden a la facies Keuper. También existen calizas que —por sus facies— son atribuibles al Muschelkalk.

Al Jurásico corresponden masas dolomíticas y calizas, de tamaño muy variable, desde pocos metros cúbicos a bloques de más de 200 m. de largo o ancho, aunque mucho menos espesor. Se atribuyen al Lías Inferior. También se han encontrado restos pequeños atribuibles al Malm.

Además, existen masas atribuidas por su fauna al Cretácico Inferior, parecidas a las de las Zonas Intermedias entre el Prebético y el Subbético, y otras mayores, casi kilométricas, de materiales del Cretácico Superior-Paleoceno, formado por margas y margocalizas rojas y blancas de claro origen Subbético. Además de estos materiales, existen localmente otros, también a modo de fragmentos.

ORIGEN Y ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES

La posición de los materiales del Mioceno ¿Medio?-Superior no presenta ningún problema especial, salvo el hecho de poderse encontrar localmente muy tectonizados. Por el contrario, sí puede ser problemático el origen y la posición de los materiales triásicos. Una hipótesis inicial podría ser el origen diapírico de los mismos, de manera que intruyen en los materiales miocénicos y arrastra —en su ascenso— a materiales cretácicos y jurásicos, englobándolos. Como ventaja, tal hipótesis tiene la posibilidad de explicar de una forma homogénea la existencia de las mineralizaciones: fluidos profundos, procedentes probablemente de materiales triásicos, que afectan también a materiales de otras edades, incluido el Mioceno, en las proximidades de los bordes del diapiro.

Sin embargo, esta hipótesis no está avalada por los datos de paleogeografía y de estructura de los materiales observables en el área. Como se deduce de la cartografía (fig. 1), las masas triásicas descansan sobre el Mioceno. Son muy numerosos los barrancos, a poco profundos que sean, en los que aflora el Mioceno claramente cabalgado por el Triás. Esto no sucede solamente en un sector concreto, sino en un área mucho más amplia. Es un cuadro geológico similar al que SANZ DE GALDEANO (1973) trata acerca del sector del N de Martos a Jaén y —sobre todo— al descrito por

GARCÍA ROSSELL (1972) en el extremo oriental de la Depresión del Guadalquivir. En el punto donde las mineralizaciones son más patentes, también es clara esta superposición del Triás sobre materiales miocénicos.

También es importante considerar el origen de materiales jurásicos y cretácicos. Ya se ha señalado la existencia de fragmentos atribuibles al Malm, de apariencia Subbética y del Cretácico Inferior, que pueden ser de las Unidades Intermedias. Es mucho más inequívoca la presencia de los materiales del Cretácico Superior-Paleoceno de claro origen Subbético. Estos materiales se encuentran localmente insertos en el Mioceno, del que pueden ser difícilmente separables y, sobre todo, se localizan dentro o al lado —según los casos— de las masas triásicas. Así se puede deducir que estas masas triásicas, con las que están ligadas, son de la misma procedencia Subbética. Todo ello conduce, por tanto, a otra hipótesis: que las masas triásicas que engloban materiales del Jurásico y del Cretácico Inferior, así como del Cretácico Superior ligado o independiente, son alóctonas y se han desplazado desde áreas más meridionales hacia el Norte. Este desplazamiento se ha realizado durante el Mioceno ¿Medio?-Superior, posiblemente en varios avances y masas. La ahora visible ocupa una posición claramente superpuesta a materiales miocénicos. Es posible que haya habido otras avalanchas previas, no visibles, del mismo carácter olistostrómico.

Los datos observados, y que se acaban de explicar, avalan esta segunda hipótesis. Podría pensarse en una tercera hipótesis, mezcla de las dos primeras, si bien —aunque puede tener ventajas— los datos observables no la apoyan en principio.

TIPOS DE MINERALIZACION

Básicamente, existen dos tipos de mineralizaciones de celestina, que denominaremos *mineralización primaria* y *mineralización secundaria o de removilización*.

Tipo 1.—Mineralización primaria

Este tipo se sitúa geológicamente en materiales triásicos de facies Keuper: arcillas, areniscas y, ocasionalmente, yesos.

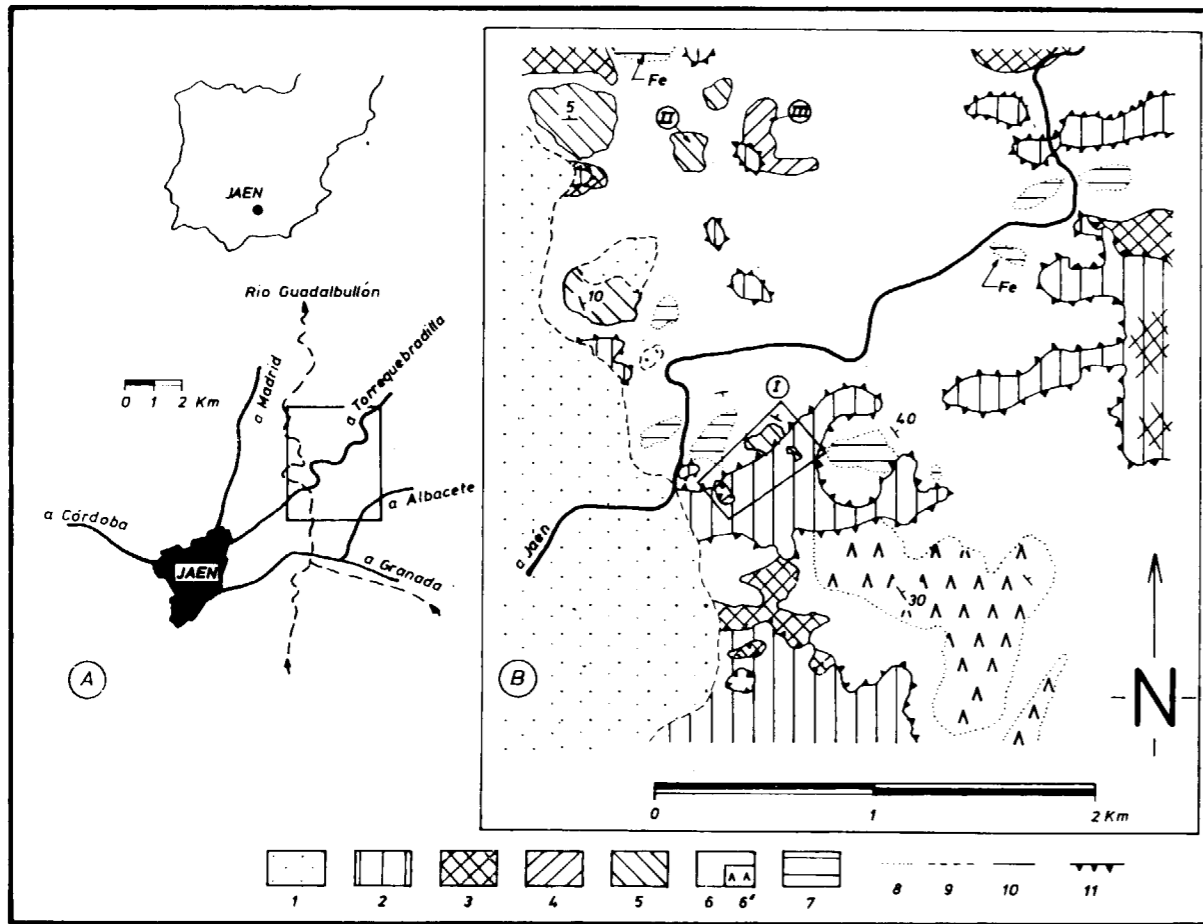


Figura 1

A: Localización geográfica. En el recuadro se indica la zona ocupada por B.

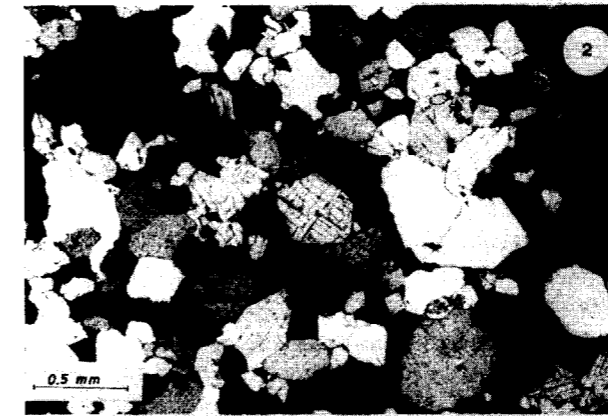
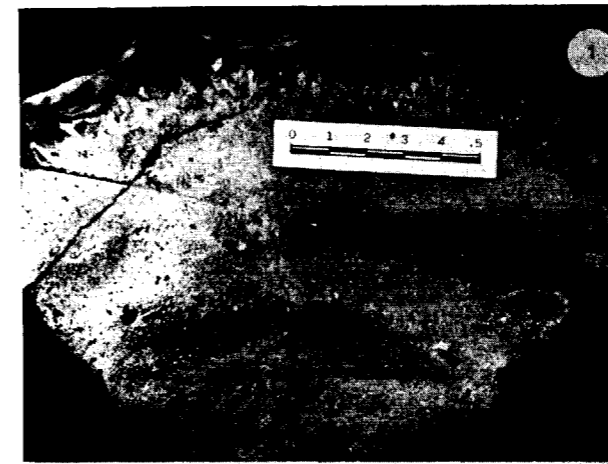
B: Esquema geológico del sector: 1. Cuaternario.—2. Mioceno Medio-Superior.—3. Cretácico Superior-Paleoceno.—4. Cretácico Inferior.—5. Materiales atribuibiles al Lías Inferior.—6. Materiales de facies Keuper.—6'. Yeso.—7. Calizas atribuidas al Muschelkalk (Fe: óxidos de hierro)—8. Contacto probablemente normal.—9. Contacto discordante.—10. Contacto de cantos exóticos en el interior de masas triásicas.—11. Contacto de masas olistostrómicas con el Mioceno.

Se presenta esencialmente en forma de nódulos, de dimensiones centimétricas a decimétricas, constituidos por bellos cristales prismáticos, de color blanco o azul y tamaños de hasta 10 cm. (foto 1).

Ocasionalmente se puede observar en dichos nódulos un núcleo de celestina granuda (100-130 μ) (foto 2) de colores beig, blanco o azul; en la zona más externa del nódulo, la celestina adquiere mayor tamaño de grano con desarrollo de cristales cuya forma es el resultado de la combinación de dos prismas y un pinacoide (foto 3).

Tipo 2.—Mineralización secundaria o de removilización

Este segundo tipo de mineralización encaja en materiales de diversa edad habiendo sido observada en tres puntos. Así, en el punto número I (fig. 1) lo hace en calizas y/o dolomías que —por su aspecto, típico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas— son atribuibiles a las del Lías Inferior (o, tal vez, al Trías terminal-Lías Inferior), constituyendo la mineralización secundaria más importante (foto 4).



La asignación a una edad concreta se ve dificultada por constituir, tales masas carbonatadas, pequeños macizos aislados sin relación geológica normal con los materiales infra o suprayacentes. Sólo ocasionalmente, algunas calizas presentan el aspecto característico del Muschelkalk, con la particularidad de que contienen delgados niveles de óxidos de hierro que han sido, localmente, objeto de explotación, pero sin mineralizaciones de celestina y barita.

En principio, pues, parece correcto asignar a estos materiales, en los que se presenta la mineralización secundaria, una edad Trías terminal-Lías Inferior.

En el área en cuestión se observa una zona heterogénea mineralizada de unos 3 m. de potencia, que afecta al contacto Trías Keuper-Lías Inferior, en la que son muy patentes las fracturas y los fenómenos de brechificación. En general, la zona descrita presenta fuerte impregnación de óxidos e hidróxidos de hierro.

La mineralización aparece rellenando fracturas milimétricas en dolomías, en masas y en cristales prismáticos (milimétricos a centimétricos) desarrollados en espacios abiertos. Ocasionalmente, se han observado pequeñas concreciones de barita, de color blanco, en fracturas y espacios abiertos de la roca encajante (dolomía).

Muy cerca de estas calizo-dolomías, la mineralización secundaria también ha sido observada en materiales cretácicos. En concreto, en un olistolito calizo-detritico (posiblemente Albense) entre el contacto Trías-Mioceno (SO de la zona I, fig. 1).

Más al norte (punto núm. II, fig. 1) existen afloramientos calizos, atribuidos al Lías Inferior, que presentan idéntico tipo de mineralización, si bien lo observado es de menor importancia desde el punto de vista cuantitativo.

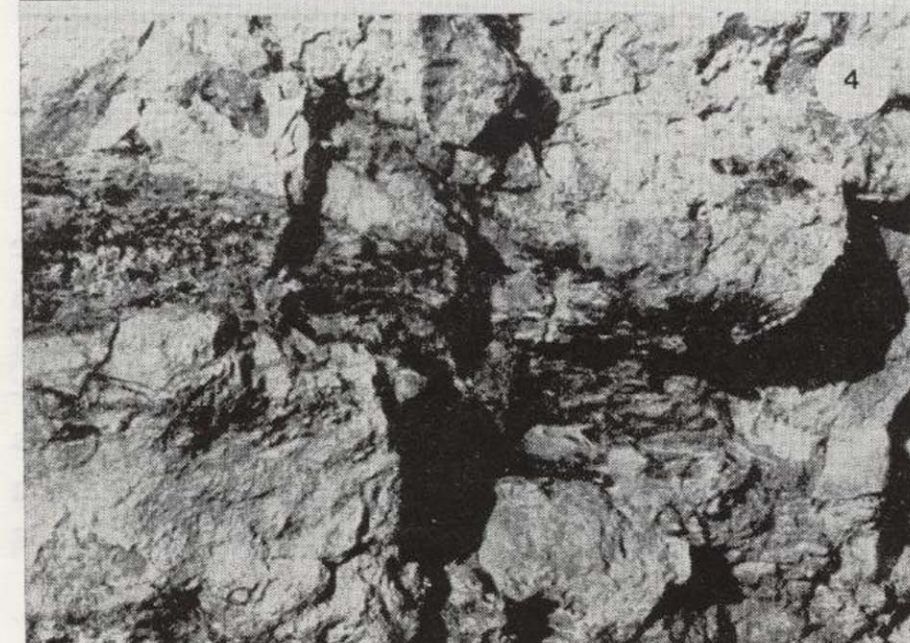
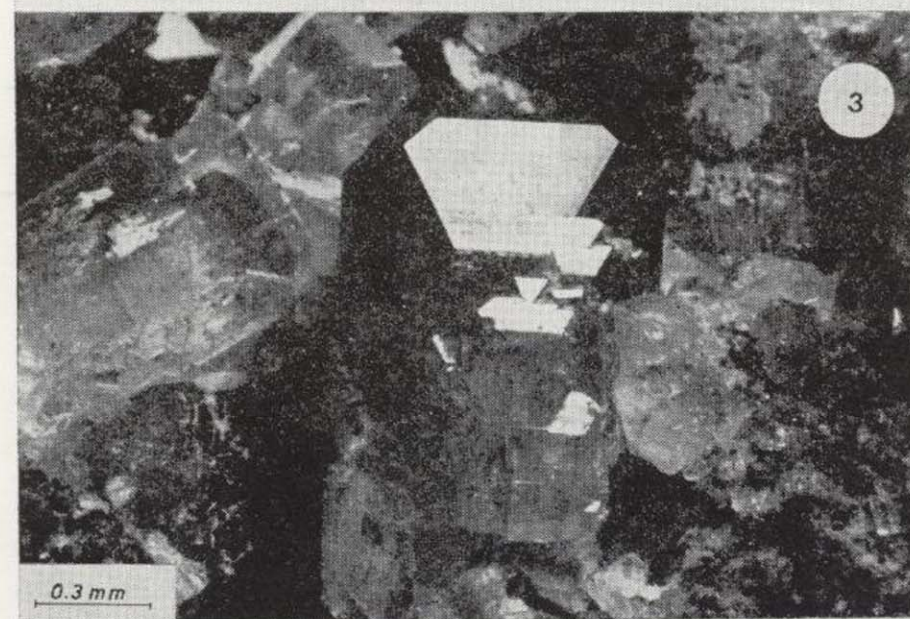
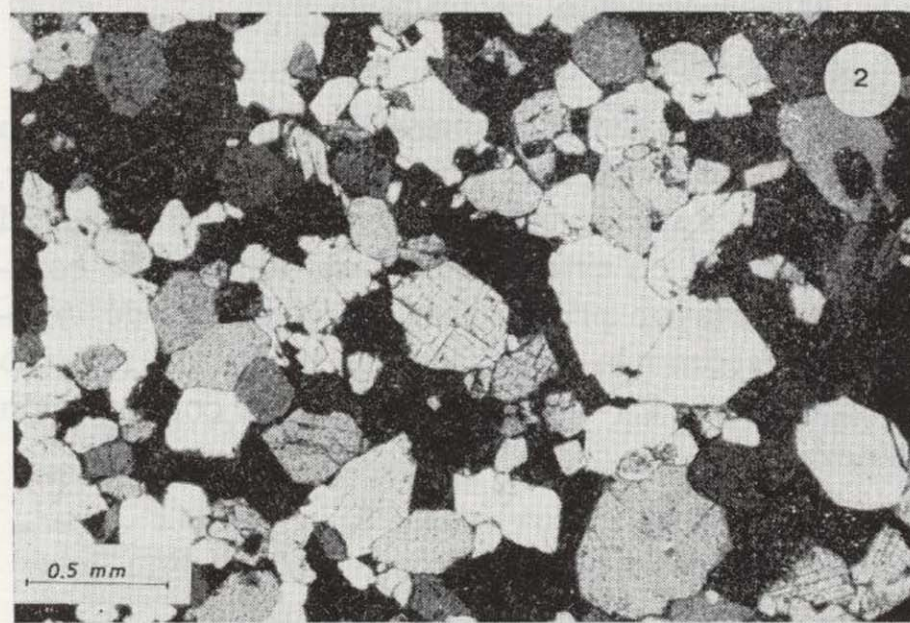
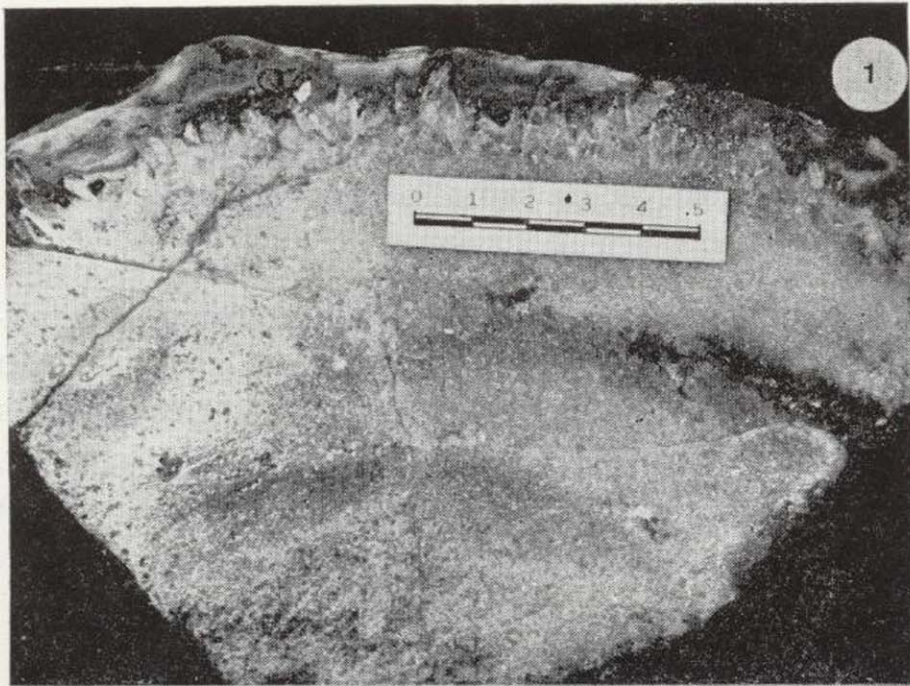
Al oeste del punto núm. II (punto núm. III, figura 1) existen unos materiales margosos y margocalizos (Cretácico Inferior) en los que se ha

Foto 1.—Nódulo de celestina con textura granuda. Nótese la presencia de cristales prismáticos en la zona periférica.

Foto 2.—Celestina primaria con textura granuda.

Foto 3.—Cristales de celestina.

Foto 4.—Aspecto general de la mineralización secundaria de celestina en dolomías del Lías.



La asignación a una edad concreta se ve dificultada por constituir, tales masas carbonatadas, pequeños macizos aislados sin relación geológica normal con los materiales infra o suprayacentes. Sólo ocasionalmente, algunas calizas presentan el aspecto característico del Muschelkalk, con la particularidad de que contienen delgados niveles de óxidos de hierro que han sido, localmente, objeto de explotación, pero sin mineralizaciones de celestina y barita.

En principio, pues, parece correcto asignar a estos materiales, en los que se presenta la mineralización secundaria, una edad Trías terminal-Lías Inferior.

En el área en cuestión se observa una zona heterogénea mineralizada de unos 3 m. de potencia, que afecta al contacto Trías Keuper-Lías Inferior, en la que son muy patentes las fracturas y los fenómenos de brechificación. En general, la zona descrita presenta fuerte impregnación de óxidos e hidróxidos de hierro.

La mineralización aparece rellenando fracturas milimétricas en dolomías, en masas y en cristales prismáticos (milimétricos a centimétricos) desarrollados en espacios abiertos. Ocasionalmente, se han observado pequeñas concreciones de barita, de color blanco, en fracturas y espacios abiertos de la roca encajante (dolomía).

Muy cerca de estas calizo-dolomías, la mineralización secundaria también ha sido observada en materiales cretácicos. En concreto, en un olistolito calizo-detritico (posiblemente Albense) entre el contacto Trías-Mioceno (SO de la zona I, fig. 1).

Más al norte (punto núm. II, fig. 1) existen afloramientos calizos, atribuidos al Lías Inferior, que presentan idéntico tipo de mineralización, si bien lo observado es de menor importancia desde el punto de vista cuantitativo.

Al oeste del punto núm. II (punto núm. III, figura 1) existen unos materiales margosos y margocalizos (Cretácico Inferior) en los que se ha

Foto 1.—Nódulo de celestina con textura granuda. Nótese la presencia de cristales prismáticos en la zona periférica.

Foto 2.—Celestina primaria con textura granuda.

Foto 3.—Cristales de celestina.

Foto 4.—Aspecto general de la mineralización secundaria de celestina en dolomías del Lías.

observado un filón de celestina y calcita. Ha de indicarse que pueden existir mineralizaciones en otros puntos, si bien no afloran en la actualidad.

MINERALOGIA

El análisis mineralógico se ha realizado mediante estudio óptico y difracción de rayos X. Los factores reflectantes utilizados en el cálculo mineralógico semicuantitativo se resumen en la tabla 1.

La descripción de los resultados obtenidos se hará según los tipos de mineralización referidos anteriormente.

TABLA 1
Poder reflectante utilizado en el análisis mineralógico semicuantitativo

Mineral	Reflexión (Å)	Poder reflectante	Referencia bibliográfica
Calcita	3,03	1,00	SCHULTZ (1964)
Celestina	3,29	0,50	ORTEGA HUERTAS (1973)
Cuarzo	3,33	1,50	BARAHONA (1974)
Dolomita	2,88	1,00	SCHULTZ (1964)
Minerales de la arcilla	4,45	0,10	SCHULTZ (1964)
Yeso	7,60	1,50	SCHULTZ (1964) BARAHONA (1974)

A) Mineralización primaria

Esta mineralización es muy simple desde el punto de vista mineralógico; está constituida, casi exclusivamente, por celestina. Ocasionalmente se ha detectado también la existencia de dolomita. Los resultados se resumen en la tabla 2.

TABLA 2
Mineralogía cualitativa y cuantitativa de la mineralización primaria (%)

Muestra	Celestina	Dolomita
PT-2	100	—
PT-5	100	—
PT-6	94	6
PT-8	100	—
PT-15-B	100	—

El estudio óptico revela que la celestina primaria está constituida en estas muestras por cristales prismáticos, de tamaño variable entre 100 micras y 1 mm., sin inclusiones.

En otras muestras la celestina aparece en grandes cristales de tamaño superior a 1 cm. y hábito prismático. Algunas veces presentan inclusiones de dolomita de pequeño tamaño (20-50 micras) y, esporádicamente, cristalitas de anhidrita de 100 a 150 micras de tamaño.

B) Mineralización secundaria o de removilización

Esta mineralización aparece, esencialmente, en materiales del tránsito Triás Keuper-Lías Inferior, en los que aparece bien desarrollada. La variedad mineralógica, en este caso, es más amplia. Se constata una mayor proporción y frecuencia de dolomita, así como la aparición de barita en un tipo de muestras. La tabla 3 resume la composición mineralógica.

TABLA 3
Mineralogía cualitativa y cuantitativa de la mineralización secundaria (%)

Muestra	Celestina	Dolomita	Calcita	Barita	Yeso
PT-1	100	—	—	—	—
PT-3	79	21	—	—	—
PT-3'	100	—	—	—	—
PT-7	100	—	—	—	—
PT-1-B	20	80	—	—	—
PT-3-B	97	< 5	—	—	—
PT-4-B	25	58	17	—	—
PT-4'-B	—	< 5	—	97	—
PT-5-B	17	83	—	—	—
PT-6-B	32	62	—	—	6
PT-7-B	100	—	—	—	—
PT-8-B-A	100	—	—	—	—
PT-8-B-B	82	12	6	—	—

La mineralización secundaria más importante afecta —como ya se ha mencionado— a una zona que se extiende únicamente hasta unos 3 m. del contacto Triás Keuper-Lías Inferior, como demuestra la inexistencia de celestina y/o barita en las dolomías más alejadas de dicho contacto. Así, en concreto, los análisis de las muestras PT-10-B y

PT-11-B presentan un contenido en dolomita del 100 por 100.

El área mineralizada es muy heterogénea. Así se encuentran zonas muy ricas en celestina, que denominaremos celestina masiva (tal es el caso de las muestras núms. 3-B, 7-B, etc.) y otras en las que la celestina es el mineral minoritario (muestras 1-B y 5-B). Lógicamente existen casos intermedios entre los expuestos (muestra 6-B), en algunos de los cuales se ha detectado la existencia de yeso.

Allí donde la celestina es el componente único, ésta se presenta con tamaños y hábitos muy variables a escala microscópica. Esencialmente pueden distinguirse zonas de celestina granuda, cuyo tamaño más frecuente oscila entre 100 y 300 micras, y otras en las que se han desarrollado cristales idiomorfos con dimensiones superiores al milímetro (foto 5).

Es relativamente frecuente que este tipo de muestras contenga inclusiones de anhidrita y dolomita. Esta, ocasionalmente, puede ser muy abundante, siendo el mineral mayoritario o relativamente abundante originando los casos intermedios aludidos con anterioridad.

En la zona mineralizada existen cantos de dolomía atravesados por una red anastomosada de pequeñas fracturas (varias micras a varios milímetros) con celestina granular de tamaño máximo de 400 micras, cuyo relleno pudo haber sido simultáneo al de la celestina masiva.

Existe otra generación de celestina, localizada en fracturas de hasta 1 cm. de espesor dentro de la celestina masiva. En tales casos, los cristales son más idiomorfos y alcanzan tamaños próximos al centímetro. En otros casos, esta misma generación ha cristalizado en geodas y en fracturas de mayores dimensiones con desarrollo de bellos cristales prismáticos de tamaño superior al centímetro.

En el contexto de la mineralización removilizada se han encontrado, asociadas a dolomita, concreciones de barita, de color blanco, constituidas por agregados de cristales fibrosoradiados (foto 6).

Finalmente, conviene indicar que en calizas detríticas próximas del Cretácico Inferior (Albense, posiblemente) se observan fracturas rellenas por

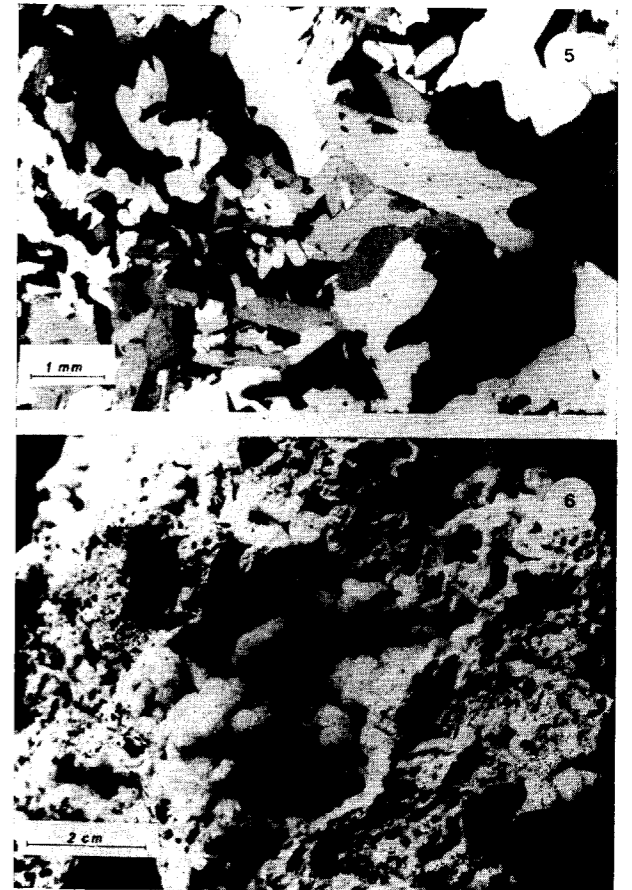


Foto 5.—Cristales heterométricos de celestina con hábito prismático en la mineralización secundaria.

Foto 6.—Concreciones de barita.

celestina fibroso-radiada o por cristales de calcita y prismas alargados de celestina, ambos de varios milímetros de tamaño.

COMPOSICION QUIMICA

Los cationes han sido determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica, previa disgregación de las muestras con CO₃Na₂. Los resultados obtenidos se resumen en las tablas 4 y 5.

Los análisis químicos de la celestina estudiada en este trabajo concuerdan con los establecidos por DEER et al. (1962). En particular, son muy similares a los correspondientes a nódulos de celestina en rocas carbonatadas con anhidrita (SERD-

PT-11-B presentan un contenido en dolomita del 100 por 100.

El área mineralizada es muy heterogénea. Así se encuentran zonas muy ricas en celestina, que denominaremos celestina masiva (tal es el caso de las muestras núms. 3-B, 7-B, etc.) y otras en las que la celestina es el mineral minoritario (muestras 1-B y 5-B). Lógicamente existen casos intermedios entre los expuestos (muestra 6-B), en algunos de los cuales se ha detectado la existencia de yeso.

Allí donde la celestina es el componente único, ésta se presenta con tamaños y hábitos muy variables a escala microscópica. Esencialmente pueden distinguirse zonas de celestina granuda, cuyo tamaño más frecuente oscila entre 100 y 300 micras, y otras en las que se han desarrollado cristales idiomorfos con dimensiones superiores al milímetro (foto 5).

Es relativamente frecuente que este tipo de muestras contenga inclusiones de anhidrita y dolomita. Esta, ocasionalmente, puede ser muy abundante, siendo el mineral mayoritario o relativamente abundante originando los casos intermedios aludidos con anterioridad.

En la zona mineralizada existen cantos de dolomía atravesados por una red anastomosada de pequeñas fracturas (varias micras a varios milímetros) con celestina granular de tamaño máximo de 400 micras, cuyo relleno pudo haber sido simultáneo al de la celestina masiva.

Existe otra generación de celestina, localizada en fracturas de hasta 1 cm. de espesor dentro de la celestina masiva. En tales casos, los cristales son más idiomorfos y alcanzan tamaños próximos al centímetro. En otros casos, esta misma generación ha cristalizado en geodas y en fracturas de mayores dimensiones con desarrollo de bellos cristales prismáticos de tamaño superior al centímetro.

En el contexto de la mineralización removiliada se han encontrado, asociadas a dolomita, concreciones de barita, de color blanco, constituidas por agregados de cristales fibrosoradiados (foto 6).

Finalmente, conviene indicar que en calizas detríticas próximas del Cretácico Inferior (Albense, posiblemente) se observan fracturas rellenas por

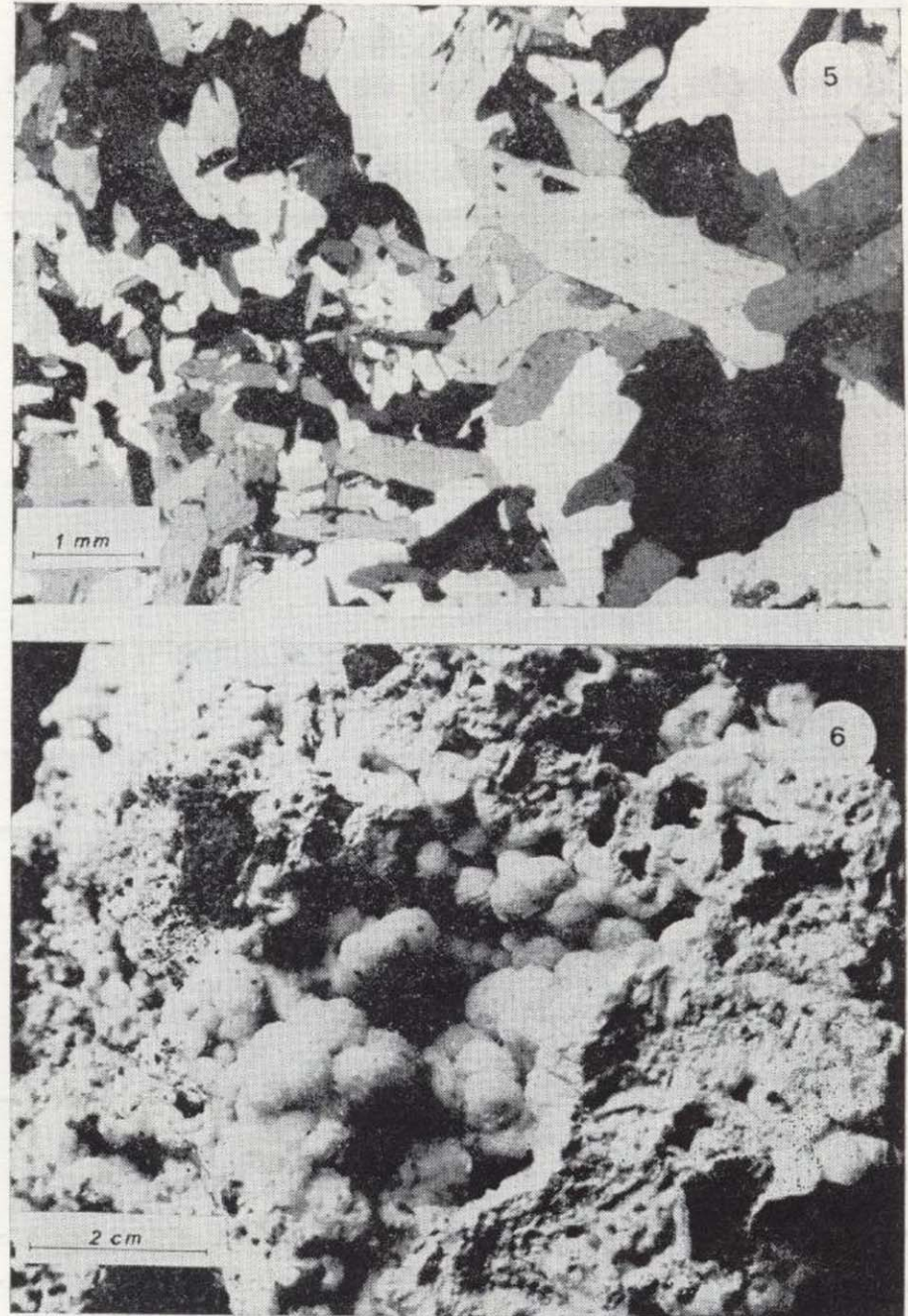


Foto 5.—Cristales heterométricos de celestina con hábito prismático en la mineralización secundaria.

Foto 6.—Concreciones de barita.

celestina fibroso-radiada o por cristales de calcita y prismas alargados de celestina, ambos de varios milímetros de tamaño.

COMPOSICION QUIMICA

Los cationes han sido determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica, previa disgregación de las muestras con CO_3Na_2 . Los resultados obtenidos se resumen en las tablas 4 y 5.

Los análisis químicos de la celestina estudiada en este trabajo concuerdan con los establecidos por DEER et al. (1962). En particular, son muy similares a los correspondientes a nódulos de celestina en rocas carbonatadas con anhidrita (SERD-

TABLA 4
Composición química (%) de la mineralización

Muestra	Sr	Ba	Ca	Mg	Fe
PT-1	46,00	0,31	0,71	0,06	0,02
PT-2	46,90	0,10	0,30	9,10 ⁻⁴	0,02
PT-4'	1,23	56,10	0,18	0,04	0,03
PT-6-B	12,30	1,16	15,00	8,20	1,13
PT-7-B	46,20	0,10	0,40	0,05	0,42
PT-15-B	46,66	0,46	0,15	14,10 ⁻⁴	0,02

TABLA 5
Contenido en elementos minoritarios (ppm) de la mineralización

Muestra	Cu	Mn	Pb	Zn	Rb
PT-1	11	17	51	20	3
PT-2	5	6	—	17	5
PT-4'	3	8	—	20	5
PT-6-B	5	303	50	15	—
PT-7-B	5	15	10	20	—
PT-15-B	10	10	—	15	3

YUCHENKO, 1947). En relación con la mineralización de barita, los resultados obtenidos son análogos a los resumidos por DEER et al. (1962) y por CHURCH (1970).

Los análisis químicos realizados en las dolomías suprayacentes a la mineralización secundaria presentan los siguientes valores medios: Sr (0,04%), Ba (1,20%), Ca (20,60%), Mg (11,10%), Fe (0,35%), Cu (6 ppm), Mn (360 ppm), Pb (503 ppm), Zn (12 ppm) y Rb (3 ppm). Tales resultados concuerdan —en general— con los establecidos por TUREKIAN y WEDEPOHL (1961), CHURCH (1970), BUTLER (1973) y DEHAIRS et al. (1979), entre otros, para rocas carbonatadas, a excepción de las concentraciones relativamente elevadas en Ba y Pb.

ORIGEN DE LAS MINERALIZACIONES

Conviene comenzar este apartado mencionando algunas características sobre el medio de depósito del Triás Keuper, en el que se sitúa la mineralización principal. Según los trabajos de LUCAS (1962) y LUCAS y ATAMAN (1968), el clima reinante en esta época debió ser cálido, ni desértico ni tro-

pical, con alternancia de estaciones secas y lluviosas. Este clima provocaría una importante alteración química que, por hidrólisis, destruiría los minerales silicatados. De acuerdo con ello, la intensa evaporación en un clima de este tipo ocasionaría la sobresaturación del mar epicontinental y originaría las facies evaporíticas.

Desde el punto de vista mineralógico, el Triás Keuper Subbético de las Cordilleras Béticas está caracterizado por una relativa uniformidad, como consecuencia de ser una época de gran homogeneidad en las condiciones de sedimentación. En concreto, y en relación a los minerales de la arcilla, los materiales triásicos (margas y arcillas) están constituidos por ilita, clorita y muy escasas proporciones de esmectitas (SANTOS FRANCÉS, 1972; CABALLERO y MARTÍN VIVALDI, 1973; LINARES et al., 1974; SANTOS FRANCÉS y LINARES, 1976; PUY, 1979).

Recientemente, SANZ DE GALDEANO (1983) ha estudiado las aguas salinas de materiales triásicos de facies Keuper de las cuencas de los ríos Guadajoz (provincias de Jaén y Córdoba) y Guadiana Menor (provincias de Granada y Jaén), entre las que se encuentran situados los afloramientos de celestina estudiados. Este autor pone de manifiesto el elevado contenido salino de dichas aguas (100 g/l de sólidos disueltos), con facies cloruradas y sulfatadas. Interesa destacar que el contenido en sulfatos es elevado (1-15 g/l), lo que hace pensar a SANZ DE GALDEANO (*op. cit.*) en la existencia de otros sulfatos solubles (SO_4Na_2) además de SO_4Ca .

En relación con el estroncio, las proporciones detectadas en estas aguas oscilan entre 3 y 70 ppm., siendo, en un 80 por 100 de las muestras, superior a 10 ppm, lo que indica un contenido superior al de las aguas naturales.

Tras esta introducción, veamos las hipótesis genéticas que proponemos. Como se ha expuesto a lo largo del presente trabajo, se han diferenciado dos tipos de mineralización: una, primaria, y otra, secundaria.

La celestina primaria se presenta en niveles de rocas carbonatadas y en margas, ambos pertenecientes al Triás Keuper, si bien en cada caso la celestina se ha podido generar por un proceso genético diferente.

Así, los valores de rocas carbonatadas (caliza micrítica) contienen nódulos de 2 a 3 mm. constituidos exclusivamente por yeso o por yeso y ce-

lestina (foto 7). En este caso, la transformación aragonito a calcita/dolomita liberaría cantidades relativamente importantes de estroncio (IMREH e IMREH, 1961; KINSMANN, 1969 a, b; FIGUEIREDO GOMES, 1972, etc.) que —al reaccionar con los nódulos de yeso— originarían celestina (IMREH e IMREH, 1963; WEST, 1964, 1973; WEST et al., 1968).

En relación con la mineralización de nódulos de celestina encajados en materiales detríticos del Keuper (margas y arcillas), con importantes niveles de yeso, se propone el siguiente esquema genético. El estroncio contenido en los minerales de la arcilla (ilita, clorita y esmectitas) —y en los silicatos, en general— de dichos materiales detríticos, es susceptible de ser liberado debido a la gran concentración de sulfato que desplazaría el equilibrio de intercambio de estroncio (por calcio) con la consiguiente formación de celestina.

Simultáneamente puede ocurrir el esquema genético anteriormente propuesto para explicar la presencia de celestina en las rocas carbonatadas.

En cualquier caso, el mecanismo de la formación de nódulos de celestina sucedería durante el proceso diagenético, originando nódulos de tamaño centimétrico o de orden decimétrico.

Por otra parte, a partir de las observaciones geológicas de campo se deduce que la mineralización secundaria de celestina se ha originado por la acción de aguas ricas en iones sulfato y estroncio, que depositan celestina en fracturas y en zonas brechificadas, y reemplazan a la dolomía del muro de la secuencia carbonatada liásica. Existen, al menos, dos posibilidades sobre la procedencia de dichas aguas. Una, que se trata de aguas juveniles ya ricas en iones sulfato y estroncio, o bien aguas meteóricas que se han enriquecido en dichos iones al circular lentamente a través de los materiales detríticos triásicos más directamente en contacto con los materiales carbonatados del Liás.

Por último, la mineralización de barita —muy escasamente representada— está asociada a cristales de celestina y se localiza en pequeñas fracturas en la masa carbonatada liásica. Al microscopio, se observa que el relleno de tales fracturas está constituido por una primera generación de celestina granular, a la que se superpone una segunda generación integrada por barita fibroso-radial, que cristaliza dejando huecos, algunos de

los cuales están rellenos de una tercera generación de celestina fibrosa (foto 8).

La barita tendría su origen, probablemente, a partir de una removilización del bario de las dolomías liásicas, cuyo contenido en dicho elemento es relativamente importante (1,20%).



Foto 7.—Caliza triásica con nódulos de yeso (a) y nódulos de yeso y celestina (b).

Foto 8.—Concreciones de barita y cristales fibrosos de celestina.

AGRADECIMIENTOS

Hemos de agradecer a los estudiantes J. Montero Cristóbal y C. J. Garrido Marín, así como al Profesor J. Alarcón, por indicarnos la existencia de la mineralización.

lestina (foto 7). En este caso, la transformación aragonito a calcita/dolomita liberaría cantidades relativamente importantes de estroncio (IMREH e IMREH, 1961; KINSMANN, 1969 a, b; FIGUEIREDO GOMES, 1972, etc.) que —al reaccionar con los nódulos de yeso— originarían celestina (IMREH e IMREH, 1963; WEST, 1964, 1973; WEST et al., 1968).

En relación con la mineralización de nódulos de celestina encajados en materiales detríticos del Keuper (margas y arcillas), con importantes niveles de yeso, se propone el siguiente esquema genético. El estroncio contenido en los minerales de la arcilla (ilita, clorita y esmectitas) —y en los silicatos, en general— de dichos materiales detríticos, es susceptible de ser liberado debido a la gran concentración de sulfato que desplazaría el equilibrio de intercambio de estroncio (por calcio) con la consiguiente formación de celestina.

Simultáneamente puede ocurrir el esquema genético anteriormente propuesto para explicar la presencia de celestina en las rocas carbonatadas.

En cualquier caso, el mecanismo de la formación de nódulos de celestina sucedería durante el proceso diagenético, originando nódulos de tamaño centimétrico o de orden decimétrico.

Por otra parte, a partir de las observaciones geológicas de campo se deduce que la mineralización secundaria de celestina se ha originado por la acción de aguas ricas en iones sulfato y estroncio, que depositan celestina en fracturas y en zonas brechificadas, y reemplazan a la dolomía del muro de la secuencia carbonatada liásica. Existen, al menos, dos posibilidades sobre la procedencia de dichas aguas. Una, que se trata de aguas juveniles ya ricas en iones sulfato y estroncio, o bien aguas meteóricas que se han enriquecido en dichos iones al circular lentamente a través de los materiales detríticos triásicos más directamente en contacto con los materiales carbonatados del Lías.

Por último, la mineralización de barita —muy escasamente representada— está asociada a cristales de celestina y se localiza en pequeñas fracturas en la masa carbonatada liásica. Al microscopio, se observa que el relleno de tales fracturas está constituido por una primera generación de celestina granular, a la que se superpone una segunda generación integrada por barita fibroso-radial, que cristaliza dejando huecos, algunos de

los cuales están rellenos de una tercera generación de celestina fibrosa (foto 8).

La barita tendría su origen, probablemente, a partir de una removilización del bario de las dolomías liásicas, cuyo contenido en dicho elemento es relativamente importante (1,20%).

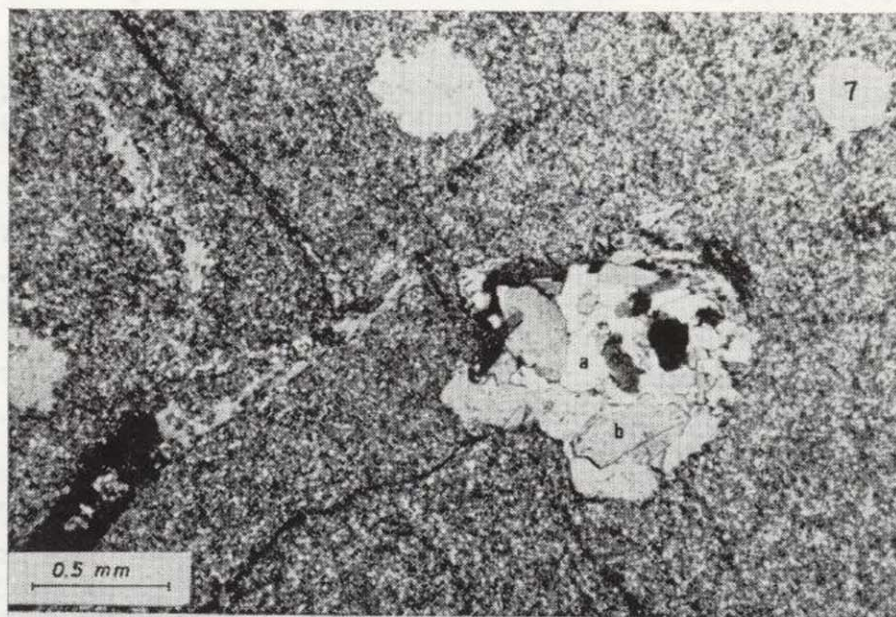


Foto 7.—Caliza triásica con nódulos de yeso (a) y nódulos de yeso y celestina (b).

Foto 8.—Concreciones de barita y cristales fibrosos de celestina.

AGRADECIMIENTOS

Hemos de agradecer a los estudiantes J. Montero Cristóbal y C. J. Garrido Marín, así como al Profesor J. Alarcón, por indicarnos la existencia de la mineralización.

BIBLIOGRAFIA

- BARAHONA, E.: *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada. Evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, p. 398 (1974).
- BUTLER, G. P.: *Strontium geochemistry of modern and ancient calcium sulphate minerals*. In: PURSER, B. H. (Ed.). *The Persian Gulf*. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 423-452 (1973).
- CABALLERO, A., y MARTÍN VIVALDI, J. L.: *Distribution of clay minerals in the Spanish Triassic sedimentary basins*. Proc. Int. Clay. Conf., 1972, pp. 259-268 (1973).
- CHURCH, TH. M.: *Marine barite*. In: *Marine minerals*. Ed. Mineralogical Society of America, 6, pp. 175-209 (1970).
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., y ZUSSMAN, J.: *Rock-forming minerals. Non-silicates*. Longmans, Green and Coltd., 5, p. 371 (1962).
- FIGUEIREDO GOMES, C.: *Strontian aragonite deposited by Hotsprings in the Cuanza Sul District (Angola)*. 24th Int. Geol. Cong. Section 14, pp. 201-204 (1972).
- GARCÍA ROSSELL, L.: *Estudio geológico de la transversal Ubeda-Huelma y sectores adyacentes. Cordilleras Béticas (Provincia de Jaén)*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, p. 549 (1973).
- IMREH, I., y IMREH, G.: *Contribuții la studiul genezei celestinei sedimentare*. Stud. și Cerc. Geol. București, 6-2, pp. 351-379 (1961).
- KINSMAN, D. J. J.: *Modes of formation, sedimentary associations and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites*. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 53, pp. 830-840 (1969 a).
- KINSMAN, D. J. J.: *Interpretation of Sr²⁺ concentrations in carbonate minerals and rocks*. Journ. Sed. Petrology, 39, pp. 486-508 (1969 b).
- LINARES, J.; HUERTAS, F.; QUIRANTES, J.; DORRONSORO, C., y SANTOS FRANCÉS, F.: *Geochemistry of clay minerals in Betic-triassic sediments*. II Réun. Groupe Europ. Argiles., Strasbourg (Abstract) (1974).
- LUCAS, J.: *La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation: études sur les argiles du Trias*. Mém. Serv. Carte Géol. Als-Lor., 23, p. 202 (1962).
- LUCAS, J., y ATAMAN, G.: *Mineralogical and geochemical study of clay mineral transformations in the sedimentary Triassic Jura Basin (France)*. Clays Clay Miner., 16, pp. 365-372 (1968).
- ORTEGA HUERTAS, M.: *Estudio mineralógico del yacimiento de estroncio de Montevives (Granada)*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Granada, p. 157 (1973).
- PUY MUÑOZ, J. L.: *Mineralogía y geoquímica del Trias de la Zona Subbética de Huelma (Jaén)*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, p. 531 (1979).
- SANTOS FRANCÉS, F.: *Estudio geológico y edafológico de un sector de la Sierra de Alcaraz (Albacete)*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Granada, p. 532 (1972).
- SANTOS FRANCÉS, F., y LINARES, J.: *Estudio geológico de un sector de la Sierra de Alcaraz (Albacete)*. Est. Geol., 6, pp. 573-586 (1976).
- SANZ DE GALDEANO, C.: *Geología de la transversal Jaén-Frailes (provincia de Jaén)*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, p. 275 (1973).
- SANZ DE GALDEANO, J. M.: *Las aguas salinas del Keuper en las cuencas de los ríos Guadajoz y Guadiana Menor (provincias de Córdoba, Granada y Jaén)*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Granada, p. 324 (1983).
- SCHULTZ, L. G.: *Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 391-C, p. 92 (1964).
- SERDYUCHENKO, D. P.: *Celestite from Permian beds in Southern Timan*. Doklady Acad. Sci. USSR, 58, p. 1141 (1947).
- TUREKIAN, K. K., y WEDEPOHL, K. H.: *Distribution of the elements in some major units of the earth's crust*. Geol. Soc. Am. Bulletin, 72, pp. 175-192 (1961).
- WEST, I. M.: *Evaporite diagenesis in the Lower Purbeck Beds of Dorset*. Proc. Yorkshire Geol. Soc., 34, pp. 315-330 (1964).
- WEST, I.: *Vanished evaporites-significance of strontium minerals*. Journal of Sedimentary Petrology, 43, pp. 278-279 (1973).
- WEST, I. M.; BRANDON, A., y SMITH, A.: *A tidal flat evaporitic facies in the Visean of Ireland*. Journ. Sed. Petrology, 38, pp. 1079-1093 (1968).

Recibido: Julio 1983.

INFORMACION

Mineros destacados del siglo XIX

Lorenzo Gómez Pardo y Enseñá (1801-1847)

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA

En la feligresía de San Andrés, de Madrid, nace (3 de enero de 1801) el destacado Farmacéutico e Ingeniero de Minas Lorenzo Gómez Pardo y Enseñá, hijo de platero del barrio de la Morería, Tomás Gómez Pardo y de su esposa María Enseñá, los cuales tuvieron otro hijo menor, José (1803-1873). Ambos fallecieron solteros.

Con el matrimonio celebrado (15 de agosto de 1601), en la Villa de Alfaro (Navarra), entre Domingo Gómez, Cuadrillero noble de dicha localidad (1674), y Catalina Pardo, quedan unidos los apellidos de ambos en su hijo (8 de noviembre de 1607) Alexandro, quien traslada su residencia a la cercana (5 leguas) ciudad de Alfaro antes de 1680. Su nieto Tomás, natural de Alfaro, ya usó los apellidos unidos.

Su bisnieto, Juan Gómez Pardo, natural de Alfaro, inicia desde esta ciudad el expediente para su ingreso en la Orden Militar de Santiago y la Espada, declarándole (1 de febrero de 1733) probada su petición de «claro origen, ilustre progenia, antigua nobleza». Las armas familiares están esculpidas en la fachada principal de la casa donde vivían en Alfaro y en el sepulcro de la Iglesia Colegiata de San Miguel. Figura inscrito el apellido Gómez Pardo en los listados de nobleza de los siglos XVII y XVIII y estaban considerados como hijosdalgos notorios de sangre.

María Enseñá procedía de noble familia navarra del Baztán, con la casa solar en Gartochena, del lugar de Almádoz.

1. ESTUDIOS

Los padres procuraron dar a los jóvenes una educación esmerada, y terminadas las primeras enseñanzas, los matriculan como alumnos de matemáticas en la Real Academia de Nobles Artes de San Fernando. Cursó la física Lorenzo en los Reales Estudios con José de Alonso de Quintanilla y con Juan Mieg, Director del laboratorio instalado en el Palacio Real bajo la protección del Infante Don Carlos, donde ingresó como oyente (1 de octubre de 1819).

Continuó su formación durante los años 1819 a 1823, en el Real Museo de Ciencias Naturales, teniendo como profesor de oritognosia al recién nombrado (1 de octubre de 1818) Donato García (1782-1855); de botánica a Mariano Lagasca (1776-1839), y de química a Pedro Gutiérrez Bueno (¿1745-1822) y a su sustituto desde 1821, Andrés Alcón Carduch (1782-1850), y de zoología a Tomás de Villanueva.

El contacto continuo con la fundición de su padre, en la calle del Granado, 7 y 9, le aficionó a la química y la metalurgia, preferencias fomentadas por sus dos profesores de química, ambos farmacéuticos, matriculándose para graduarse de Bachiller en Farmacia en el Real Colegio de San Fernando.

Las ideas liberales y su temperamento activo y emprendedor, le inclinaron a su alistamiento en la «Milicia nacional» (1820-1823), participando brillantemente en la acción de la Plaza Mayor de Madrid (7 de julio de 1822), por la que fue declarado «benemérito de la patria» y concedido el uso de la condecoración conmemorativa. Acompañó voluntariamente al gobierno constitucional hasta Cádiz y participó en la acción del Trocadero (Cádiz), donde fue herido, cayendo prisionero (1 de agosto de 1823).

Como Bachiller se había matriculado L. G. P. en los cursos de Materia Farmacéutica y Farmacia Experimental, a impartirse desde 1 de octubre de 1822 a 30 de junio de 1823, no pudiendo presentarse a los exámenes celebrados (23 de septiembre de 1823) en el Real Colegio por encontrarse en Cádiz, participando en la contienda como farmacéutico militar, habiendo sido designado por Real Orden (30 de agosto de 1823) Practicante de Farmacia del Ejército de Reserva y por Orden (14 de septiembre de 1823) del jefe francés que residía en el Puerto de Santa María, Ayudante del Servicio de Sanidad del Hospital Militar de Jerez de la Frontera, en cuya farmacia «asistió (15 de octubre de 1823), con máximo celo e instrucción, a los heridos españoles», hasta su licenciamiento (30 de octubre de 1823), con «una conducta digna del mayor elogio».

Regresó a Madrid, donde amplió en el Real Museo de Ciencias Naturales (1823-1824) sus conocimientos en mine-

ralogía, con salidas continuas al campo, acompañado de su antiguo profesor Donato García, cesante en la cátedra hasta su reposición (R. O. de 10 de agosto de 1824), costeándose García las excursiones de su propio peculio, expidiéndole a L. G. P. la certificación oportuna (15 de junio de 1824).

Traslada su residencia a París, donde cursa (1824-1825) varias disciplinas en el Museo de Historia Natural: la botánica con René Louiche Desfontaines; la geología con Pierre Louis Antoine Cordier (1777-1861). Recibe lecciones de química (22 de marzo de 1826 a 30 de junio), en la manufactura de productos químicos de Gustave Augustin Quesneville, sucesor del farmacéutico Nicolás Louis Vauquelin (1763-1829). Participa en un curso (1825-1826) de farmacia práctica, en la sede central de los Hospitales y Hospicios civiles de París.

Con los conocimientos adquiridos, considera suficiente su formación farmacéutica y regresa a España, con la idea de obtener el grado de licenciado en farmacia, para ello comparece ante el tribunal formado por los doctores Gerónimo Lorenzo y Salinas (1777-1855), Antonio Moreno y Ruiz (1796-1852) y Diego Genaro Lletget y Pérez del Olmo (1798-1884). En el ejercicio de «Teórica» (22 de agosto de 1828) obtuvo la calificación de «aprobado unánimemente», y en el de «Práctica», celebrado una semana después (29 de agosto de 1828), consistente en preparar cuatro onzas de «fosfato de roca» y otras cuatro de «tártaro emético» también «aprobado unánimemente». Alcanza el grado de Licenciado en Farmacia y le expiden (30 de agosto de 1828) el título correspondiente.

2. ACTIVIDAD ADMINISTRATIVA Y DOCENTE

En la información presentada (3 de febrero de 1825), por Fausto Fermín de Elhuyar y de Súbice (1755-1833) al Ministro Luis López Ballesteros (1778-1853), cuando ultimaba la preparación de la ley orgánica para el fomento de la minería, le manifestaba «La teoría del laborio de las minas, en sus diferentes dependencias, la maquinaria de las mismas, los ensayos de los minerales y los diversos métodos de su beneficio; todo se reduce a aplicaciones de las Matemáticas, de la Física, de la Química y de la Origtocnosia y Geognosia», considerando fundamental la formación de buenos profesores en estas ramas de la ciencia. Aprobado por Su Majestad el Real Decreto (4 de julio de 1825) de reorganización de la minería y su instrucción provisional (R. O. de 18 de diciembre de 1825), se ocupa Fausto de la formación de un buen profesorado, y considera como el lugar más adecuado su querida y antigua Real Academia de Minas de Freiberg. Gestiona y logra un crédito para pensionar y realizar los oportunos viajes de prácticas por Europa central, durante el período 1829-1836, de cinco científicos españoles destacados, figurando en la relación de los seleccionados L. G. P. El Rey de Sajonia ordena (10 de diciembre de 1828) su admisión como alumno, y queda inscrito como alumno número 1.201 de dicha Real Academia, en el curso de 1829. Según certificado del Consejo Superior de Minas Sajón, recibió las enseñanzas «con la más extraordinaria aplicación y buen éxito». En la certificación, fechada en Freiberg (19 de septiembre de 1831), firmada por el Barón de Herder, añade «siempre demostró una actividad digna del mayor elogio, un gran celo en la adquisición de los conocien-

tos mineros y prácticos, y observó constantemente buen comportamiento y conducta moral».

La explotación de los minerales de plomo de la Sierra de Gádor (Granada) dejan (1820) de ser bienes de regalía y se inicia con carácter privado, legalizándola por Real Orden (4 de julio de 1825), «creando como por encanto un pueblo minero», con una producción a precio bajo «destruyendo el equilibrio existente hasta entonces, entre la producción y el consumo», dando lugar a reclamaciones de países donde radicaban minas de plomo, de fama mundial, lo que motivó el encargo por el gobierno, al preconizado profesor de mineralurgia, un informe sobre el particular, emitiendo dos escritos, ambos en Clausthal, titulados «El influjo que ha tenido la extraordinaria producción de las minas de plomo de la Sierra de Gádor», de 36 páginas, y «La producción actual de las minas de plomo de Alemania y en especial las de Harz», de 70 páginas, editados ambos por Real Orden, correlativos en Madrid. Las dos memorias están fechadas respectivamente en 8 de agosto de 1832 y 30 de julio de 1833. Para justificar su rigor en la redacción de los informes, dice verse obligado a ello por «tres deberes que estoy comprometido, como español, como pensionista de Su Majestad y como minero».

Regresa L. G. P. a España (1833) y se inician los trámites administrativos para su nombramiento como profesor de la Escuela de Minas, lo que tuvo lugar después del óbito de Fausto (6 de enero de 1833). Por Real Orden (21 de septiembre de 1833) se reorganiza el Real Cuerpo Facultativo de Minas, inspirado por Fausto, siendo la designación de L. G. P. (R. O. de 11 de diciembre de 1833), como profesor de Mineralurgia con la categoría de Inspector de Distrito de segunda, en la escala inicial del Cuerpo mencionado.

Insistía L. G. P. ante el claustro de la Escuela en la necesidad de promover en el plan de enseñanza de la Escuela de Minas (21 de agosto de 1835) la asignatura «Química mineral y la análisis», idea no realizada.

Desde su regreso de Alemania, destacó por sus grandes conocimientos y profunda instrucción, incorporándolo a las más importantes comisiones y sociedades científicas de su tiempo.

El Ministro de lo Interior, Moscoso, creó (R. O. de 4 de diciembre de 1834) una comisión presidida por Jacobo María de Parga y Puga (1774-1850), formada por seis personas, entre ellas L. G. P. como Inspector de distrito, con la encomienda de actualizar la legislación minera, establecimiento de la enseñanza superior en Almadén o en Madrid, organización definitiva del Real Cuerpo de Ingenieros de Minas, y planear las economías a introducir en la administración minera. El informe acertado y valioso de esta comisión, está publicado en un folleto aparecido tres años después titulado «Sobre la reforma de la Ley de Minas de 1825», Madrid, 1837, 20 páginas, en el cual se exponen los criterios sostenidos anteriormente (10 de septiembre de 1834) por L. G. P. e Isidro Sáinz de Baranda (1806-18...) (3 de septiembre de 1834) sobre la implantación de la Escuela de Ingenieros de Minas en Madrid. A propuesta de Estanislao Peñafiel se nombra (Real Orden de 23 de abril de 1835) a L. G. P. profesor de Docimasia y Metalurgia en la Escuela que se estaba organizando en Madrid.

Fue designado (R. O. de 21 de junio de 1835) encargado de formar el presupuesto y dirigir las obras de acondicionamiento de los nuevos laboratorios de química de la Escuela. Se prepara con toda solemnidad el acto inaugural de la Escuela y la lección magistral queda encomendada a L. G. P., donde evidencia su instrucción científica y su entusiasmo por la profesión de la minería.

Le designaron (R. O. de 17 de abril de 1836) miembro de la comisión creada para la redacción urgente de un plan de estudios de Ingenieros de Minas y Caminos, con el fin de introducir economías y reducir al mínimo las asignaturas de aplicación. Por otra Real Orden (4 de julio de 1836) lo nombran vocal de la junta de examen de ensayadores y contrastadores del Reino. También lo designaban (R. O. de 6 de abril de 1836) examinador de las memorias de química presentadas por los aspirantes a las cátedras del «Colegio Científico».

En virtud de la reorganización del Cuerpo de Ingenieros de Minas (R. O. de 26 de junio de 1836) fue clasificado como Ingeniero Segundo, ascendiendo a Ingeniero Primero (R. O. de 10 de agosto de 1838).

Las Cortes Españolas, requirieron varias veces su consejo, entre ellas (28 de abril de 1837) para el estudio por las Cortes de la Ley de Minas.

Le fue encomendada por la Inspección General de Minas (11 de agosto de 1836) la visita de inspección a la «Empresa Nacional de minas y fábrica de plomo de Linares», con el encargo de proponer todas las reformas facultativas y administrativas que creyese oportunas. Misión suspendida por haber invadido la facción de Gómez esta parte de la provincia de Jaén. Es reiterado el nombramiento (6 de septiembre de 1837) al cese del impedimento. Instalado en Linares (6 de octubre de 1838), procede a la inspección sobre el cumplimiento del contrato del gobierno con Antonio Puidullés y Suralló (1791-1854), firmado (24 de enero de 1829) según autorización oficial (R. O. de 17 de noviembre de 1828) consecuencia del Real Decreto de desestanco del alcohol y el plomo (3 de noviembre de 1817), promovido por el Ministro de Hacienda Martín de Garay (1760-1823). Según L. G. P. eran muchas las infracciones en la interpretación del contrato. El criterio de L. G. P. dio lugar a varias reclamaciones y quejas por parte de Puidullés contra la comisión, las cuales motivaron la Real Orden (26 de marzo de 1839) por la que se aprobaba la conducta del Ingeniero de Minas. Tuvo que practicar Puidullés (5 de octubre de 1838) otra liquidación. Con tal motivo, se entabló un pleito, finalizando con la transacción (1845) y prórroga del contrato, por otros cinco años, que le habían faltado para cumplir los diez efectivos del primitivo, habiendo conferido la Administración a L. G. P. las atribuciones necesarias para esta solución definitiva de la cuestión.

Continúan latentes los deseos de L. G. P. de intervenir en política. Recreada (1833) la Milicia Ciudadana a la muerte de Fernando VII, se alista en sus filas, desempeñando los destinos de teniente y de vocal del Consejo de Disciplina, actuando activamente en la marcha del partido liberal. Elegido Diputado a Cortes por Madrid, renunció a su acta, para dejársela a su jefe e íntimo amigo Juan Alvarez Mendizábal (1790-1853), que había quedado sin distrito. Prestó muchos servicios al partido progresista, donde contaba con grande y merecida influencia.

Está considerado L. G. P. como promotor de la real

disposición (24 de enero de 1841) de reorganización de la Dirección General de Minas, pasándola de personal a colegiada. Desde aquel día quedó regida por el Inspector General Francisco Antonio Sánchez Caravantes y Menéndez (1788-1850), declarando cesando a Ramón (conocido por Rafael) Cavanilles y López de Malo (1778-1853), quien venía desempeñándola (4 de septiembre de 1835). La nueva organización de la Dirección como entidad colegiada, fue seguida de los nombramientos como vocales del subinspector y tres ingenieros primeros, quedando suprimida la Junta Consultiva de Minas. Con esta organización figuró Lorenzo Gómez Pardo en el segundo puesto del escalafón. Posteriormente (29 de diciembre de 1841) fue promovido a Inspector General Primero.

Con el cambio político (1843), se suprime la Dirección Colegiada, restableciendo la personal con el cesante Cavanilles (23 de diciembre de 1843). Pasa L. G. P. por cambio de la denominación del empleo administrativo (6 de enero de 1844) a vocal del Tribunal Superior de Minas, dándole la cesantía por R. O. (28 de febrero de 1844), finalizando con ella en sus actividades docentes y administrativas.

Particularmente continuó trabajando en su profesión, como lo apreciamos en la «Memoria de la Sociedad Palentina-Leonesa», del año 1844, donde se inserta un interesante informe de L. G. P.

Coincidiendo con la fecha de su cesantía, se produjo el violento incendio del edificio de Florín, número 2, donde radicaba la Dirección General de Minas y la Escuela, en cuyo segundo piso habitaba, perdiendo su magnífica colección de rocas y minerales y su biblioteca. Con este motivo regresó a su barrio de la Morería, donde su hermano tenía la tienda de platería, en Ciudad Rodrigo, número 13, falleciendo como feligrés de San Andrés.

Durante sus once años (1833-1844) de profesor activo y entusista, desempeñó las disciplinas siguientes: Química analítica, Metalurgia general y preparación de minerales, Mineralurgia, Metalurgia especial.

Al igual que Fausto, consideraba indispensable para una explotación eficaz de las empresas mineras y mineralúrgicas (10 de septiembre de 1834) la creación de escuelas prácticas de minería, opinando entre las primeras que debían promoverse las de Almadén, Ríotinto, Linares y Berja. Intervino en la preparación del reglamento de la de Almadén (11 de marzo de 1841). Insistió sobre la creación de la de Berja «a fin de que los mineros de la Sierra de Gádor puedan imponerse en los principios indispensables del laboreo de minas».

La obra escrita de L. G. P. fue reducida. Las dos memorias citadas en relación con la Sierra de Gádor, en la primera hace un estudio de los mercados de plomo de 1820 a 1830, con réplica a algunos de los asertos del geólogo alemán Juan Federico Luis Haussmann (1782-1859) en su obra titulada «Sobre el estado actual y la importancia del Harz Hannoveriano». La segunda tiene un carácter estadístico: trata de la producción de las minas de plomo alemanas. En su discurso de apertura de la Escuela de Minas en Madrid (7 de enero de 1836) publicada en Madrid, 1877, 16 páginas, encomia la importancia de la minería, traza su historia, la fisonomía de nuestro país y su constitución geológica; resume la historia de la legislación minera, y destaca la influencia de Fausto en la modernización de la enseñanza de la minería y la

metalurgia. El informe sobre la organización de la Escuela de Minas en Madrid (10 de septiembre de 1834) se publicó en Madrid, 1877, 10 páginas. Tenía L. G. P. en preparación, al fallecer, el original de sus magníficas lecciones de metalurgia, desaparecido desgraciadamente.

3. TRASLADO DE LA ESCUELA DE MINAS A MADRID

La intervención de L. G. P., junto a la de Sáinz de Baranda, fueron definitivas para el traslado de la Escuela de Almadén a Madrid.

Michos historiadores científicos mencionan a Fausto de Elhuyar como el promotor de este traslado. La opinión del riojano, expuesta (3 de febrero de 1825) al Ministro Luis López Ballesteros (1778-1853) era «Aunque en algunos Estados de Europa, se han reunido la enseñanza de las ciencias fundamentales y auxiliares a la del arte propio de las minas, no es esencial, con tal que preceda la instrucción de las primeras a la del segundo, ésta conviene se efectúe en las inmediaciones de las mismas minas, para hacer más perceptibles con sus reconocimientos los preceptos e imponerse mejor en las maniobras y operaciones con la inspección y ejercicio práctico de los trabajos. De este modo se simplifican y resultan menos gravosas las escuelas peculiares de minería, que en caso necesario, pueden multiplicarse más fácilmente». Esta idea queda patente en el Real Decreto (4 de julio de 1825), denominado de reorganización de la minería, donde se confirman las dos cátedras dotadas en Almadén, la de geometría subterránea y laborio de minas y la de docimasia y metalurgia. Estas con independencia de las promovidas en Madrid en la Dirección General de Minas, creadas por la instrucción provisional (R. O. de 18 de diciembre de 1825).

La sucesión al frente de la Dirección General de Minas (1833-1834) de Timoteo Alvarez de Veriña y Cadrecha (1779-1834) fue breve y únicamente ultimó las disposiciones promovidas por Fausto, dado su repentino fallecimiento a consecuencia de la epidemia de cólera.

Llega a la Dirección (1834-1835) Estanislao de Peñafiel, con un ambiente cambiado, la opinión de los posibles profesores era de que la totalidad de la Escuela de Ingenieros se ubicase en Madrid. En apariencia estaba Peñafiel de acuerdo con esta idea y encomendó a dos de los más activos patrocinadores, L. G. P. y Sáinz de Baranda, la redacción de un informe (22 de agosto de 1834), sobre el traslado íntegro de la Escuela a Madrid. Los dos informes fueron favorables al traslado. L. G. P. (10 de septiembre de 1834) razona detenidamente las ventajas. Antes de emitir el informe se asesoró de dos sabios amigos, del célebre «consejero supremo e íntimo de minas» de Prusia, Karl Johann Bernhard Karster (1782-1853), considerado como el fundador de la metalurgia científica, y del ingeniero de minas de la Escuela Politécnica de París Pierre Berthier (1782-1861). En los razonamientos defendió la idea «en el estado actual de las ciencias y del arte, escuelas de esta naturaleza, sólo deben erigirse en la capital de la monarquía, creo que no debe quedar la menor duda, de que la nuestra debe erigirse en Madrid». En su magnífico informe, reiteradamente expone razones, para su traslado de Almadén a Madrid, describe cómo debe organizarse y orientarse su plan de estudios. También manifiesta

«En cada inspección de minas, o al menos en las más a propósito, deberán crearse después Escuelas prácticas de mineros para formar maestros de minas y obreros sobresalientes. Para este objeto sí que es muy adecuado Almadén, así como podría serlo Riotinto para la de fundidores, Linares para los lavaderos, etc.» Denomina a la escuela a establecer en Madrid «Escuela Real de Minas».

Dice en su informe «Si las faenas peligrosas del minero terminan al extraer a la superficie de la tierra los frutos minerales de su seno, las no menos penosas, complicadas y admirables del metalurgista empiezan en ella». Expone las enseñanzas indispensables en la «Escuela Real de Madrid», mencionando «Mineralogía, Geognosia, con las nociones más necesarias de Petrefactología, Química mineral y analítica aplicada a la minería, Mecánica y Maquinaria aplicadas a la minería, Geometría subterránea práctica, Docimasia, Metalurgia y Laborio de Minas».

Consecuencia de la campaña activa de L. G. P. fue el Real Decreto (23 de abril de 1835) trasladando la Escuela de Almadén a Madrid.

Correspondió a la dirección (1835-1840) de Rafael Cavanilles y Malo (1778-1853) la realización del traslado, pronunciando L. G. P. (7 de enero de 1836) el discurso magistral de apertura. En todo momento se manifiesta como entusiasta isabelino, describe la evolución histórica de la minería, y cómo debe ejercerse la profesión y su docencia «La Escuela de Minas, reorganizada en Madrid por la ilustrada munificencia de un gobierno liberal y reparador, en medio de las más violentas convulsiones políticas y apuradas circunstancias de la nación, ofrece en su cuna mayor cúmulo de materias apropiadas para acelerar la instrucción, que la que presentaron en la suya las célebres escuelas de Hungría, Sajonia, Francia y Rusia en las épocas de mayor auge».

4. ACADEMICO

Era Lorenzo un asiduo asistente a las reuniones promovidas por Fausto, en su despacho de Florín, número 2, para preparar los estatutos de la Academia de Ciencias Naturales (R. D. de 7 de febrero de 1834), de la que fue designado Académico de Número fundador (24 de febrero de 1834), transformada posteriormente en Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (R. D. de 25 de febrero de 1847), por lo que fue incorporado como fundador a ésta. Renunció a la Medalla de la de Naturales (29 de mayo de 1837) siendo su primer Académico de Honor (16 de noviembre de 1838) y el primer fallecido de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

La Academia Alemana-Española, fundada por Julio Kühn, tenía por objeto la recíproca difusión entre España y Alemania de las obras científicas y literarias más destacadas y le nombró miembro de número (8 de enero de 1841).

Los miembros de la Sociedad Numismática Matritense, conocedores del interés de Gómez Pardo por las antigüedades, principalmente las españolas, y su pericia en el campo de la metalurgia y la minería, lo designó miembro de número (28 de septiembre de 1841).

Este «benemérito de la patria», consideraba entre sus condecoraciones más apreciadas la de la campaña de 1822

y las de los dos pronunciamientos liberales (septiembre de 1840 y 7 de octubre de 1841).

Como Académico y destacado hombre de ciencia, le encargó el Académico de la Historia Pedro Sáinz de Baranda y San Juan de Santa Cruz, hiciese una traducción comentada sobre la obra en alemán de Fernando Wolf titulada «Una memoria para la historia de la poesía romántica», editada por la Biblioteca Imperial y Real de la

Corte de Viena, la que L. G. P. tituló «Sobre los esfuerzos más recientes de los franceses para publicación de los romances de sus héroes nacionales y señaladamente de los franco-carolines». Esta obra está acompañada con algunos estratos de obras inéditas o contenido análogo. En este epitome de ocho hojas, fechado en Madrid (10 de octubre de 1834), conservado en el archivo de la Real Academia de la Historia (9-6051-Núm. 24), está el único autógrafa conocido de L. G. P. en España.

*Alas volviendo a nuestro asunto, opino que lo que
punto sucesivamente hasta aquí bastará para que Ud.,
con sus mayores luces, adquiere las nociones necesa-
rias y forme el correspondiente juicio del prin-
cipal objeto y carácter de la mencionada obra
del Sr. Wolf, a fin de q. pueda informar
oportunam. t. a cerca de ella, a la R. Academia
de la Historia. Et etc. le consta, y puede vigilar
manifestarla, lo mucho que me temeré siem-
pre en que disponga a su agrado de mi corta
instrucción, utilizándola en su obsequio y ser-
vicio; y lo preparado y con a. to de Ud., quien
ruega a Dios conviva su vida. largos años y
se mas apasionado y de adido servidor J. G. P.*

Lorenzo Gómez Pardo
S. D. Pedro Sáinz de Baranda

5. FALLECIMIENTO

Fallece Lorenzo Gómez Pardo en la feligresía de San Andrés Apóstol de Madrid (30 de junio de 1847), cuyo archivo desapareció con motivo del incendio de 1936. La familia era cofrade de la «Sacramental de San Luis», con un magnífico mausoleo en el Cementerio de San Ginés y San Luis, donde reposaba su madre. En aquella época era uno de los camposantos de moda, inaugurado en 1831 en las afueras de la Puerta de Fuencarral. El mausoleo estaba en la primera ampliación, o sea, en el patio segundo inaugurado en 1846, donde existían magníficos monumen-

tos sepulcrales, entre ellos el de Joaquín de Fonsdevilla, procedente de la Iglesia de la Trinidad, considerado como el mejor de Madrid, después del de Fernando VI.

Cuando se anunció la monda de este camposanto, se ocupó Manuel de Tolosa y Latour (1857-1919), hijo de su testamentario Manuel de Tolosa Ferrer y de su esposa Clara Latour, de la construcción de otro mausoleo, con capilla y cripta, en una superficie en planta de 928 pies cuadrados, en el patio de Santa Gestrudis, del cementerio más lujoso de la época, denominado Sacramental de San Miguel, Santa Cruz, Santos Justo y Pástor y San Millán, a donde fueron trasladadas sus cenizas (28 de octubre

de 1898) con la de su madre, su padre y su hermano. Durante la guerra civil, sufrió este mausoleo importantes destrozos y fue utilizado como depósito de materiales para la reconstrucción del patio. Con motivo de un asunto familiar en aquel patio, apreciamos el total abandono de los enterramientos de la familia del biografiado. Puesto en conocimiento del Director de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, dispuso su restauración con fondos de la propia fundación, invirtiendo cerca de un millón de pesetas. En este panteón reposan los restos de Marta Raso Portillo, sirvienta de la familia, procedente de traslado (18 de junio de 1899); el del adquirente, Manuel de Tolosa y Latour (13 de junio de 1919), y su esposa Elisa Mendoza y Sanz Tenorio (27 de diciembre de 1929); en total siete cuerpos. Las llaves del panteón están en poder de la gerencia de la Fundación Gómez Pardo.

6. FUNDACION GOMEZ PARDO

El hermano de nuestro biografiado, José, fallecido en Madrid (20 de agosto de 1873), en testamento otorgado (16 de junio de 1873), ante el escribano José María de Garamendi, en su cláusula 18 dice «lego a la Escuela de Minas, a nombre de mi difunto hermano D. Lorenzo Gómez Pardo, todos sus libros, manuscritos, colecciones de minerales, conchas y todos los instrumentos de uso, como ingeniero de minas, y además una renta de cuarenta mil reales al año, conforme a la voluntad de mi dicho señor hermano, con el fin de que se creen premios para los que hagan trabajos para el adelanto de la minería en España y al mismo tiempo se cree un Laboratorio donde hagan ensayos en grande los minerales procedentes de muestras, siendo estos gratuitos». La asignación dineraria estaba materializada en ciento setenta y cinco acciones del Banco de España, como equivalente a la expresada renta. El gobierno de la república autorizó (O. M. de 21 de febrero de 1874) a la Escuela de Ingenieros de Minas para aceptar el legado. El gobierno de Alfonso XII autorizó (R. O. de 20 de enero de 1875) al Director de la Escuela (1874-1879), Anselmo Sánchez Tirado y Gómez (18...-1883) para que se hiciese cargo del legado, efectuado tres meses después (21 de abril de 1875).

En un codicilo de José, abierto ante Vivó (14 de diciembre de 1876), según disposición testamentaria, a los 39 meses de su óbito, figura que con los intereses de la fundación se establezcan tres premios, de fin de carrera, destinados a los alumnos con sobresaliente, para realizar trabajos sobre alguno de los motivos de las materias que constituyen los estudios de ingeniero de minas. También dispone, que por no conservar ningún retrato de Lorenzo, desaparecidos con ocasión del incendio de Florín, número 2, se hiciese un busto suyo, J. G. P., y lo colocasen en la entrada del salón de juntas de los laboratorios.

La heredera de José, Marta Raso Portillo, estuvo desde niña (1846) al servicio de la familia Gómez Pardo, tuvo algunas diferencias de criterio con los titulares de la Fundación (1 de marzo de 1875), promovidos por uno de sus herederos. Comunicó por escrito a la Escuela, que alguna de las cláusulas de la Fundación no eran las pactadas, insistiendo en el tema (2 de agosto de 1875). Sustuvo (1 de julio de 1881) Perfecto María Clemencín y San Martín (1841-1922) eran ciertas en parte las afirmaciones de Marta, por no haberse montado los ensayos en grande,

establecidos en la cláusula tercera. Los escritos quedaron archivados.

El primer concurso de premios fue convocado según anuncio publicado (17 de julio de 1875) en la «Gaceta de Madrid».

El escultor Grageras, terminó (1881) el magnífico busto en mármol blanco de José Gómez Pardo, quedando depositado en su estudio, hasta la construcción del laboratorio, y actualmente situado en el vestíbulo de la sede social de la Fundación.

Por Real Orden (25 de mayo de 1877) queda designado Luis de la Escosura y Morrogh (1821-1904) Presidente de la Junta Superior Facultativa de Minas y Director (1882-1889) de la Escuela de Ingenieros de Minas por Real Orden (11 de noviembre de 1882), con plena autorización para tomar las medidas oportunas encaminadas a mejorar la enseñanza «con los conocimientos técnicos y prácticos necesarios para el desempeño de sus respectivas profesiones». Se refiere la Orden a las de Ingeniero y Capataz.

Acuerda la junta de profesores (19 de julio de 1883) adquirir un solar donde construir el laboratorio y nombrar una comisión de profesores que visitara los laboratorios más importantes de las escuelas de minas y de las fábricas metalúrgicas de Alemania, Austria, Inglaterra, Francia y Bélgica, y redactara el oportuno proyecto de laboratorio.

Nuevamente plantean a la Escuela el incumplimiento de las cláusulas fundacionales, esta vez (7 de enero de 1883) lo hace Camilo Orgaz Sánchez, como heredero en 1/5 de los bienes de Marta Raso, proponiendo la cesión de los supuestos derechos, a esta parte de la herencia, por 50.000 pesetas, lo que no fue tomado en consideración. Tras varios trámites legales, se dicta por el Tribunal Supremo (1 de noviembre de 1887) la sentencia al recurso de alzada de los herederos de J. G. P., donde consta no haber faltado la Escuela a ninguna de las estipulaciones testamentarias.

Tras varias gestiones de Escosura (1 y 14 de marzo de 1884) se toma el acuerdo de adquirir un solar, para instalar el Laboratorio Gómez Pardo, en la zona del primer plan de ensanche de Madrid, proyectado por Carlos María de Castro, en la manzana 105, con fachadas a las calles de Ríos Rosas, Alonso Cano, Juan de Alenza y Beata Mariana, hoy Cristóbal Bordiú. A estas calles se les dio nombre en 1880 y la ordenanza era con jardines de manzana. El solar era propiedad de Juan Farela y Díaz y de José Pascasio de Escoriaza y Cardonas, la oferta a 4 reales el pie, con una extensión de 40.000 pies. Para la adquisición del solar se designó una comisión integrada por los profesores de la Escuela Juan Jiménez de Frías (18...-18...), Perfecto María Clementín y San Martín (1841-1922), Ildefonso Sierra y León (1851-1915) y el Secretario de la Escuela Eusebio del Busto y López (18...-193...). La idea de adquirir el solar en el campo se basó en el razonamiento de Fernando Villares (18...-18...), de espacio barato, para construir en sus inmediaciones la Escuela de Minas y si es posible otros servicios de Minas, como así se hizo con la Comisión del Mapa Geológico y el Consejo de Minería. Queda autorizado el Director (2 de abril de 1884) para comprar el solar, se estudia la oferta de 47.316 pies (9 de mayo de 1884), firmándose a los pocos días la escritura (23 de mayo de 1884) ante el notario Juan Vivó. En señal

de propiedad, se acuerda (23 de mayo de 1884) cercar el solar con la verja de hierro del Palacio de la Minería de Velázquez, perteneciente a la exposición de minería del Retiro.

Encargado el proyecto y presupuesto al arquitecto del Ministerio Ricardo Velázquez y Bosco (1843-1923), lo presenta terminado para su examen por los profesores (17 de junio de 1844). Este arquitecto fue autor, entre otros proyectos para Madrid, del mencionado Palacio de la Minería en Campo Grande, del Ministerio de Fomento en Atocha, del Antiguo Colegio de sordomudos y ciegos en la Castellana, del Casón del Retiro.

Pronto empiezan las dificultades, la primera la lejanía del servicio de alcantarillado, promoviendo la Escuela 17 de mayo de 1884 la formación de una sociedad, con los propietarios colindantes, para la construcción del correspondiente ramal.

En la mencionada junta (2 de abril de 1884), se acuerda constituir una comisión formada por los profesores de Metalurgia y de Química aplicada a la industria minera, con el fin de dar cumplimiento al acuerdo anterior (19 de julio de 1883), para preparar durante las vacaciones de verano, las bases del correspondiente proyecto de laboratorio, comisión aprobada oficialmente (R. O. de 14 de junio de 1884), especificando que los gastos serían por cuenta del legado, emitiendo su informe Clemencín y Sierra (26 de septiembre de 1884).

Sorpresa entre los profesores (9 de abril de 1885), ante la convocatoria por orden de Escosura, de la junta del claustro, en el edificio en construcción de los laboratorios, destacando la insuficiencia del local de Conde de Barajas, 8.

Para dotar al Laboratorio de inmejorables maderas, se acuerda comprar en 869,06 pesetas, las procedentes del derribo del antiguo cuartel de Guardias Españoles de Infantería, ubicado en la calle de San Mateo.

Dada la insuficiencia de locales para la Escuela Especial de Ingenieros, se dispuso por Real Orden (15 de enero de 1886) la construcción de un edificio de nueva planta destinado a Escuela, tan luego se adquiriese el terreno necesario. Este fue adquirido contiguo al del Laboratorio, pero dada la escasez del caudal de agua, de los pozos de ambos solares, y la carestía e inseguridad del porteador del agua, se solicitó del Ayuntamiento de Madrid la oportuna autorización para efectuar una toma de agua en la conducción de Santa Engracia.

La segunda reunión de la junta de profesores de la Escuela en el Laboratorio (3 de junio de 1889) tuvo por objeto estrenar la sala de juntas del laboratorio, acordándose el traslado al local de Ríos Rosas del personal del laboratorio, y el anuncio al público de la admisión de ensayos gratuitos de minerales (1 de julio de 1889).

Propone Eduardo Gullón Daban (1860-1927), acogerse al Real Decreto (27 de septiembre de 1912), e inició la declaración de «benéfica» para la Fundación Gómez Pardo, como trámite previo para la obtención de varios beneficios. Petición considerada como muy acertada, concediéndosele la calificación de «beneficencia particular» por Real Orden (9 de marzo de 1915).

Hace pocos años (1971) vimos desaparecer, en la esquina de Ríos Rosas con Alenza, una de las más elegantes construcciones de Madrid, el pequeño y gracioso edificio de Velázquez, construido para el Laboratorio Gómez Pardo.

7. EPILOGO

Vivió Lorenzo Gómez Pardo durante una azarosa vida política, militando siempre como progresista, en la denominada defensa de las ideas liberales, lo que le condujo a su prematura cesantía. Fue un hombre de ciencia destacado y organizador activo. Tuvo un talento superior y afición grande al estudio. El cúmulo de cargos desempeñados y las comisiones que sobre él pesaron, le impidieron llevar a la imprenta los conocimientos y observaciones recogidas durante sus estudios y viajes. Fue uno de los españoles más destacados en los campos de la química y metalurgia, durante la primera mitad del siglo XIX, y uno de los ingenieros que más ha contribuido al renacimiento de la industria extractiva y sus derivados.

8. BIBLIOGRAFIA

MAFFEI Y RAMOS, EUGENIO; RUA FIGUEROA, RAMÓN: *Apuntes para una biblioteca española de las riquezas minerales y de las ciencias auxiliares*. Madrid, 1871, dos volúmenes, 596 y 694 pp.

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

El Plan Energético Nacional

por M. GALLEGO MALAGA (*)

El Secretario General de la Energía y Recursos Minerales agradeció la invitación para hablar del PEN, ya que «siempre es bueno reflexionar y parar un poco ante una audiencia tan preparada y distendida, pues muchas veces, gracias al tono coloquial, apreciaremos que lo importante no es el PEN en sí, sino la política energética del Gobierno desmitificando un poco al PEN».

El señor Gallego Málaga indicó a continuación que el PEN refleja la filosofía y proyecciones, dando una visión dinámica a la política energética española de los próximos diez años.

Seguidamente, señaló el deseo de explicar cómo veía la Administración al sector energético. En primer lugar, dijo, hay que pasar por un saneamiento económico tal, que nos permita mejorar los recursos del país para que nuestra industria sea competitiva, ya que nos encontramos en un momento en que la crisis ha dado lugar a una cierta estabilización, lo cual no debe hacernos cambiar las políticas iniciadas tanto en España como en otros países y, sobre todo, teniendo en cuenta que aquí empezamos con cierto retraso la política de tratar de salir de la crisis energética.

Esta, dijo, es una asignatura pendiente que tiene el sector energético español: la de efectuar labores de ajuste que nos permita adaptarnos al resto de los países industrializados.

Explicó a continuación cómo la Administración había estudiado en qué medida las cifras que daba el PEN en 1979 no se habían cumplido a estas alturas. Así, por ejemplo, en el consumo de energía final, para el período 1982-1987, la media de crecimiento de consumo anual era el 7,5 por 100 y resulta que bajó en 1981 al 5,2 por 100. En la revisión que acabamos de hacer, bajamos del 5,2 al 2,4 por 100; si bien esto son previsiones, pues la realidad ha sido de -1,3 por 100.

En resumen, el sector energético español se definiría por tres características:

- Que es más dependiente del exterior y del petróleo que los otros países de la OCDE.
- La economía española consume más energía primaria respecto al producto interior bruto que el resto de los países de la OCDE. Estos estados han reducido sistemáticamente su consumo desde 1974, mientras

que en España hemos aumentado, ya que, en este momento, es el único país que está consumiendo más energía por unidad del producto interior bruto que los otros países de la OCDE. Esta es una asignatura pendiente.

- La tercera característica es que nos hallamos ante un sobredimensionamiento del sector energético entre las cifras y la realidad. No nos hemos adaptado.

OBJETIVOS DEL PEN

Don Martín Gallego Málaga hizo hincapié en que los objetivos del PEN se dirigían a reducir la vulnerabilidad del sector energético español haciéndolo más eficiente energéticamente, de tal modo que produzca más con menos energía.

POLITICA ENERGETICA DESDE EL PUNTO DE VISTA SECTORIAL

El señor Gallego reconoció que la política se puede hacer a través del «B. O. E.», pero «conviene negociar y la Administración lo hace, hay que llegar a acuerdos con los diferentes sectores afectados».

SECTOR ELECTRICO

El Secretario General de la Energía y Recursos Minerales señaló que existían recelos con la nueva Administración, preocupaciones por las posibles nacionalizaciones que, desde luego, «no son nada anormales en el concierto mundial».

El Gobierno no quiso nacionalizar este sector, más bien potenciarlo, para evitar tener que hacerlo en unos años si no seguía una dirección económica favorable. Con esto, dijo, ya se han desvanecido los recelos.

Además, continuó, el Gobierno desea tener una idea clara de la viabilidad financiera de las empresas eléctricas; hay que efectuar, dijo, incrementos de tarifas destinados al programa de saneamiento financiero que permita a este sector abordar con garantías de éxito la reactivación de inversiones, de tal manera que los

costes financieros no tengan que repercutir a los consumidores. Así, dijo, a largo plazo, pagaremos menos por haber abordado con tiempo los problemas de este sector.

LA NACIONALIZACION DE LA RED DE TRANSPORTES

Respecto a ésta, continuó, la Administración ha mantenido y cumplido la promesa de efectuarla. La nacionalización se justifica plenamente por su importancia, y lo que se va a hacer es algo más complejo que parte de un análisis, de cómo en el pasado las empresas han tenido un mercado, más bien una explotación destinada a abastecer a sus propios mercados. Ahora, dijo, hay que utilizar al máximo los recursos existentes.

La nacionalización, continuó, a través de una negociación prolija, ha conducido a saber qué es la red de alta tensión, qué tramos comprende, cómo llegar a unos acuerdos de valoración, cuál es el reglamento de explotación, la forma de pago, etc.

Actualmente, dijo, sólo queda llevar a la práctica esta nacionalización.

ADECUACION DEL PROGRAMA NUCLEAR A LA NUEVA DEMANDA DE ENERGIA

El señor Gallego Málaga señaló que si no ahora, en un próximo futuro existiría un exceso de potencialidad; entonces ¿cómo reducirlo?, se preguntó, ya que la energía hidráulica hay que mantenerla; la del carbón lo mismo, pues son centrales recientes y como las nucleares sólo estaban en fase de construcción —la mayoría a un tercio...—. Este Gobierno —«no es antinuclear»—, ya que ha autorizado tres centrales que van a cuadruplicar la potencia instalada de 1.000 a 4.000 MW.

La Administración, continuó, ha analizado la demanda (cifrada en un 3,3 por 100 en la Península) y estudia cuál es el parque óptimo.

En un primer planteamiento se pensó que la demanda energética se solucionaría con seis grupos adicionales y 1.000 MW de carbón. La decisión final fue que si las necesidades pasaban del 4 por 100, serían siete las centrales y los 1.000 MW de carbón. Y así se llega a lo expuesto en el PEN.

SECTOR PETROLEO

El Secretario General de la Energía y Recursos Minerales señaló que en este sector peculiar y protegido en España, tenemos unos costes por tonelada más altos en refino y menos en distribución y comercialización gracias al monopolio de CAMPSA; pero hay unos impuestos inferiores a los europeos y precios inferiores a los de la CEE, por eso el Estado recauda menos.

Esta situación, continuó don Martín Gallego, tiene ventajas por una parte de la cadena y desventajas por otras.

En todo caso, señaló, el sistema ha de cambiarse al entrar en la CEE y, de todas formas, la industria se mantendrá apoyando siempre a los consumidores. Entonces ¿cómo conseguir que el sector sea competitivo en el futuro? El señor Gallego Málaga contestó a su pregunta in-

dicando que las refinerías entren en CAMPSA y que las estaciones de servicio se integren igualmente en CAMPSA. Así, dijo, se dificultará la entrada de las multinacionales del sector en España y podremos competir con ellas. Esta operación está en marcha, las acciones ya están en manos del INH y con la compra de la red, nos podremos enfrentar a nuestra integración en la CEE.

CARBON

El señor Gallego Málaga señaló que por este sector parecía que había apostado el PEN; esto es cierto, dijo, pues es español. Sin embargo, continuó, plantea problemas de contaminación que no han de ser insalvables y que no serán un impedimento al desarrollo de este sector, ya que es competitivo con el europeo, salvo la excepción de la Cuenca Asturiana. HUNOSA, dijo, tiene el problema, que para Asturias es algo más que una empresa.

Respecto al carbón importado, el señor Gallego Málaga señaló que no tiene las expectativas que poseía al principio, cuando se creó CARBOEX; pero, dijo, este no va a ser un enemigo del carbón español, sino un complemento para mezclarlo y que así aumente su calidad: «el carbón importado se quemará mezclado con el nacional, y las térmicas se encargarán de su consumo».

GAS

Este, dijo el señor Gallego, es el sector más pequeño y el de más quebraderos de cabeza, por lo que a mí atañe.

Respecto a las conversaciones de ENAGAS con Argelia, continuó, el Gobierno ha abordado este asunto de frente. En Argelia ya se han celebrado once reuniones y el tema sigue sin resolverse. Las relaciones tienen un tono de dureza, pero existe voluntad de diálogo a nivel político y de enfrentamiento a nivel económico, ya que, para ellos, el gas lo es todo. Por lo menos, dijo, Argelia ya ha asumido que España no puede absorber las cantidades contratadas.

Por otra parte, continuó el señor Gallego Málaga, el desarrollo del gas tiene en el PEN un tratamiento pendiente: de pasar del 3 al 4,6 por 100, que supone cubrir 1/3 del consumo con la explotación de los yacimientos nacionales. Hay que abordar, dijo, el desarrollo del consumo del gas doméstico y traer, por tanto, el gasoducto a Madrid y a otros centros de población importantes.

ASPECTOS ENERGETICOS DEL PEN

Seguidamente don Martín Gallego se preguntó: ¿cuál es la política energética que se está haciendo? La respuesta es que el PEN no se está realizando en un laboratorio, sino a base de contactos, analizando modelos que utiliza la industria y en función de un equilibrio Administración-expertos a nivel personal y empresas.

Todo se está elaborando con metodología sencilla, de la que se ha partido averiguando la demanda energética con proyectos de ahorro y sustitución, con lo que tenemos la demanda objetiva.

(*) Conferencia en el Club Español de la Minería (11 de abril de 1984).

Igualmente, continuó el señor Gallego, también desde el punto de vista de la oferta, se ven cuáles son las fuentes de abastecimiento de la demanda objetiva. Finalmente se producen los ajustes.

En la Administración, señaló don Martín Gallego, sabemos que las perspectivas a diez años terminan por no cumplirse. La proyección a diez años es sobre el papel, ya que hay que ver la demanda. De todas formas, continuó, el crecimiento que se ha producido en el primer trimestre ha sido inaudito; creo, dijo, que no se mantendrá para el futuro.

TEMAS HORIZONTALES

Estos, dijo el señor Gallego, son los que marcan política y señalan el futuro: sociedad del transporte eléctrico, integración del sector petróleo, etc.

También se va a convertir la Junta de Energía Nuclear en un centro que, además de cubrir esta energía, se encargará de otros tipos.

Don Martín Gallego finalizó su exposición señalando que todavía quedaban cosas por consolidar y por hacer y, sobre todo, que existían esperanzas de que el Congreso apruebe pronto el PEN.

Noticias

EL NUEVO PNAMPM DOBLA LAS INVERSIONES DEL ANTERIOR

Las inversiones previstas por el Plan Nacional de Abastecimientos de Materias Primas Minerales 1984-87, cuya revisión ha sido ya perfilada, doblarán las del quinquenio anterior, totalizando 144.445 millones de pesetas, de las que 102.150 pesetas corresponderán a la iniciativa privada, y el resto, al Estado.

Un adelanto del PNAMPM revisado aparece publicado en la revista «Economía Industrial», cuyo último número, monográfico sobre minería no energética, acaba de aparecer.

De ese monto inversor para el próximo cuatrienio minero (144.405), la mayor cantidad será asignada al año 1987 (38.090 millones) y la menor al presente 1984 (33.865). En lo que atañe al esfuerzo más intensivo de desembolso inversor, Estado e iniciativa privada coinciden en el desarrollo minero: 85.615 millones de éstos por 6.735 de aquél. Ampliación y reposición de recursos no renovables es el concepto con presupuesto parcial más abultado que sigue al anterior: 19.225 millones conjuntamente y para todo el cuatrienio.

Dentro del programa financiero contenido en el nuevo PNAMPM, Juan Manuel Kindelán, Director General de Minas, anuncia el objetivo de una sociedad de garantías recíprocas que facilite el acceso al crédito a las empresas mineras.

Otras acciones anunciadas por Kindelán en la vertiente financiera son: menos subvenciones al capital y más a los intereses de créditos; reintegro de subvenciones a la investigación minera en el caso de que ésta fuera fructífera; supresión de subvenciones a partir del próximo año para el transporte de hierro y pirita; alcanzar en 1987 una participación del crédito oficial en las inversiones no energéticas cercana al 30 por 100, el año pasado, sólo el 1 por 100.

CARBOEX, LA EXCLUSIVA EXTERIOR

Se menciona especialmente en el nuevo plan de abastecimiento de materias primas la acción de Adaro y Carboex. La función de esta última como brazo exclusivo del Estado en el exterior es lo más novedoso. José Luis Quílez, Subdirector General de Abastecimientos y Recursos Minerales no Energéticos, adelanta que Carboex canalizará toda la ayuda estatal para prospecciones en el extranjero. Adaro desempeñará también una función básica en lo que afecta a planes directores, continuando con su función subsidiaria y con cometidos más concretos, todo ello en función de la rentabilidad. «Adaro debe competir en el mercado», según expresión de Juan Manuel Kindelán.

CIEN MIL MILLONES DE DEFICIT

El Director General de Minas cifra el déficit de la balanza comercial minera en más de 100.000 millones de pesetas, con una producción del orden de los 250.000 millones, equivalente al 1 por 100 del PIB y 13 por 100 del producto industrial.

El nuevo PNAMPM fija, precisamente, la dependencia exterior para 1987 en los siguientes porcentajes: 100 por 100 para asbestos, bauxita, fosfatos, manganeso, níquel y titanio; 70 por 100 para estaño; 30 por 100 para cobre, hierro y oro; 23 por 100 para plata, y 6 por 100 para oro.

Kindelán afirma que no tiene el Gobierno «la intención de nacionalizar en el sector minero», pero sí la de «intervenir con más eficacia que en el pasado». Se adoptarán planes democráticamente prefijados, «que serán aplicados con firmeza».

Entre las actuaciones administrativas, el Director General de Minas hace especial hincapié en la descentralización, promete transferir en 1984 todo lo transferible, anunciando para pronto el nuevo reglamento de Policía Minera.

LA NUEVA LEY DE BASES

En el contexto descentralizador ocupa un lugar prioritario la nueva ley de bases de régimen minero, sustituta de la de 1973 y cuyo proyecto espera el correspondiente trámite parlamentario.

Entre las novedades más importantes en ella recogidas, Borja Cardellus enumera las siguientes: las autonomías que asuman competencia podrán completar el esquema normativo del Estado y dictar sus propias disposiciones mineras; concreción de las competencias en poder del Estado, entre ellas la planificación minera, y la realización de la infraestructura técnica y geológica; liberalización de la paulatina congelación del dominio minero; la concesión por parte del Estado de una explotación minera únicamente otorgará derecho, en adelante, sobre el recurso o recursos específicamente concedidos, pero no sobre otros, aunque se encuentre en el mismo perímetro; caducidad de los derechos mineros, y necesidad de presentar un estudio de impacto ambiental por parte de todo peticionario de un derecho minero.

FONDOS DE REGULARIZACION

Como objetivo de su política, Juan Manuel Kindelán anuncia también fondos de regularización de materias primas, que eviten los impactos negativos derivados de las fluctuaciones de precios internacionales a las empresas. En parte serían capitalizados por el Estado, pero las propias empresas protagonizarían esta función, aprovechando los ciclos buenos para prevenir los malos.

LA GEOTERMAL, UNA ENERGIA CADA DIA MAS RENTABLE

Los manantiales geotermales se han convertido en una alternativa energética cada día más rentable. Hay continentes, como el americano —norte y sur—, que antes del final del siglo consumirán más de un 10 por 100 de electricidad geotermal.

La energía geotérmica no era económicamente explotable a temperaturas inferiores a los 150 grados centígrados hasta que este año fue lanzada al mercado una nueva turbogeneradora.

Ha quedado patente, en primer lugar, que la turbina puede funcionar con aguas a temperaturas no superiores a los 80 grados, cercana al punto de ebullición. La planta californiana usa tres unidades Ormat de 300 kilovatios de potencia cada una. Son activadas esas turbinas por el vapor desprendido de una corriente de agua geotermal a razón de 6.000 litros por minuto a 105 grados. La corriente, después de activar los generadores, puede calentar casas, edificios públicos, invernaderos y otros lugares.

El organismo californiano que difunde estas turbinas ha declarado recientemente que ellas permitirán explotar fuentes geotermales capaces de donar a los Estados Unidos 5.000 nuevos megavatios, y que el coste de la instalación es mínimo.

Ese coste supone una inversión competitiva con las técnicas convencionales de generar energía: 2.000 dólares por kilovatio instalado. El precio del mantenimiento no deja nada que desear. En un sistema representativo de 18 turbinas Ormat, el tiempo medio transcurrido entre un desperfecto y otro fue de 180.000 horas (más de treinta años).

La instalación, finalmente, es rápida y cómoda. La segunda unidad instalada en California empezó a funcionar dos semanas después de haber arribado y la tercera sólo precisó de doce minutos. Un «prêt-a-porter» industrial.

De la importancia que progresivamente está adquiriendo la geotermia da una idea el hecho de que, en Iberoamérica, países tales como Méjico, El Salvador y Nicaragua ya generan grandes cantidades de energía geotermal. En este último país, más de la mitad de su electricidad proviene de fuentes geotermales. Para Guatemala, otro estado que cuenta con grandes reservas, pronto será posible consumir electricidad geotermal cercana a un índice del 20 por 100.

Un dato curioso es que uno de los mayores financiadores de energía geotermal es la propia OPEP, el «cartel» petrolero.

DESCIENDE EL CONSUMO DE PRODUCTOS PETROLIFEROS

El consumo de productos petrolíferos descendió en el primer trimestre del año en un 14,1 por 100, según datos del Instituto Nacional de Hidrocarburos.

En el período enero-marzo del presente año, el consumo de gasolinas de automoción se incrementó en un 0,7 por 100, correspondiendo los mayores incrementos a la gasolina extra (un 1,7 por 100) y a la súper (1,2 por 100). El consumo de gasolina de 90 octanos (normal) descendió en un 1,1 por 100. En total, en los tres primeros meses del año se consumieron 1,244 millones de toneladas.

El descenso fundamental en los consumos de produc-

tos petrolíferos correspondió a los fuelóleos, con un 32,8 por 100, pasando a 2,478 millones de toneladas. El consumo de querosenos de aviación fue un 10,7 por 100 inferior en el primer trimestre del año. Finalmente, el consumo de gasóleos se incrementó en un 4,9 por 100. El de automoción creció en un 5,9 por 100 y el otros usos (agricultura y pesca y, calefacción), en un 4 por 100.

Dentro del capítulo petrolero destaca la producción nacional, que sigue manteniéndose en unos niveles elevados, con 230.000 toneladas en el mes de marzo y un acumulado en el trimestre de 716.000 toneladas. Esta cifra significa un incremento del 12,9 por 100 sobre igual período del año anterior.

Por lo que a importaciones se refiere, en los tres primeros meses del año se descargó en nuestro país un total de 8,96 millones de toneladas, lo que representa un descenso del 4,6 por 100, frente a los 9,39 millones de igual período del año anterior.

En materia de gas natural, las importaciones en el período enero-marzo alcanzaron 8.998 millones de termias, de las que 5.659 millones correspondieron a Argelia, con un incremento del 22,6 y 3.339 millones a Libia, con un aumento del 31,9 por 100.

LA RECUPERACION USA TIRA FUERTE DE LOS METALES

Los precios de los metales se incrementarán mientras continúe la recuperación en Estados Unidos, según un informe facilitado por Amalgamated Metal Trading. Sin embargo, se advierte una nueva recesión para finales de 1985, que podría comenzar en Norteamérica y extenderse a todo el mundo.

La fortaleza de la demanda en casi todos los países industrializados y la continuidad de la recuperación norteamericana han creado un clima en el que los negocios se desarrollan más fácilmente a nivel mundial. Como resultado, los precios de los metales se incrementarán durante este año y el próximo.

Los precios para el cobre llegarán a una media de 70 centavos por libra para este año, llegando a los 80 para finales de 1984, para mantenerse en una media de 77 centavos el próximo año. Las cotizaciones del plomo alcanzarán los 28 centavos por libra a finales de año, con una media de 24 centavos para el ejercicio actual y de 27 para 1985. En lo referente al cinc, las medias serán de 46 y 48 centavos para este año y el próximo.

El aluminio incrementará modestamente sus precios este año, hasta alcanzar una media de 68 centavos para el ejercicio actual y de 70 el próximo. La cotización del níquel será la que aumentará más rápidamente, hasta un máximo de 2,8 dólares la libra a finales de año, con una media de 2,25 para 1984 y de 2,43 para 1985.

ENSIDESA Y AHM YA TIENEN PRESIDENTES

Fernando Lozano Cuervo y José Manuel Mateu de Ros fueron nombrados, por el consejo de administración del INI, presidentes de la Empresa Nacional Siderúrgica (ENSIDESA) y de Altos Hornos del Mediterráneo.

Fernando Lozano Cuervo es natural de La Felguera (Oviedo), ingeniero de minas. Entre 1952 y 1956 fue ingeniero jefe de agrupación de la sociedad Hullera Española y, posteriormente, presidente de la Empresa Astur Minas.

A partir de 1972 ocupó en Endesa el puesto de jefe de departamento de minería. En 1973 se le nombró gerente de la misma empresa. Desde 1974 hasta ahora ha ocupado el puesto de consejero delegado de Endesa.

José Manuel Mateu de Ros Cerezo es natural de Valencia, tiene treinta y cinco años y es ingeniero de minas. En 1975 se incorporó al INI como subdirector de Siderurgia y Metalurgia.

En 1980 pasa a ocupar el puesto de director de control de la División Siderúrgica del INI. En 1982, continuando su trayectoria dentro del INI, se incorporó al puesto de

adjunto al director de la División de Control de la Minería.

De 1979 a 1982 fue consejero de AHM. En 1983 fue nombrado presidente de Papelera del Mediterráneo (PAMESA), sociedad participada por Empresa Nacional de Celulosas (ENCE) en un 84 por 100.

IV CONGRESO GEOLOGICO CHILENO

El Departamento de Geociencias de la Universidad del Norte-Antofagasta, tiene el honor de organizar el IV CONGRESO GEOLOGICO CHILENO, que se realizará en la ciudad de Antofagasta (Chile), entre los días 19 y 24 de agosto de 1985.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

830335. **Reunión de xeología e minería do noroeste peninsular (Novembro 1981).**

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 21-645, esp., res. ing., fran., bibl. IGME.

* Reunión, Geología, Yacimentología, España.

ESTRATIGRAFIA

830251. **I Reunión regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero.**

Fac. Ciencias. Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), 2 vol., esp., bibl. IGME.

* Reunión Geología regional, Cuenca del Duero.

830279. **El paleógeno del sector septentrional de la Cuenca de Ciudad Rodrigo (alrededores de Torresmenudas, Salamanca).** CORDERO, P.; CORROCHANO, A., y CARBALLEIRA, J.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero.

Fac. Ciencias. Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Paleógeno, Corte geológico, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Roca clástica, Cono aluvial, Río anastomoso, Provincia Salamanca.

830342. **El límite entre las zonas Centro-Ibérica y Ossa Morena al este de la Tierra de Barros (SO Macizo Ibérico, Badajoz).** CHACON, J.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 163-182, ref. 44, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Orogenia Cadoniense, Orogenia Hercínica, Tectónica

superpuesta, Convergencia placa, Precámbrico, Primaria, Metagrauwacka, Metamorfismo regional, Facies granulita, Falla, Falla horizontal, Provincia Badajoz.

830364. **Geología y Paleontología del yacimiento neógeno continental de los valles de Fuentidueña, Segovia (España).** ALBERDI, M. T. Coord.

Estud. Geol. (Madrid, 1981), vol. 37, núm. 5-6, pp. 339-514, ref. 286, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Monografía, Mioceno Superior, Vallesiense, Yacimiento fosilífero, Fauna vertebrada, Fauna mamífera, Medio continental, Provincia Segovia, Cuenca Duero.

830529. **Curso conferencias sobre el Programa Internacional de Correlación Geológica (P. I. C. G.). Primera parte.** ALMELA, A. Org., y MELENDEZ, B. Org.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1979), pp. 9-152, ref. 158, esp., bibl. IGME.

* PICG, Correlación, Reunión, España.

830532. **Aplicación de los mastodontes a la correlación geológica.** MAZO, A. V.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1979), pp. 27-45, ref. 45, esp., bibl. IGME.

* Elephantoidea, Mastodon, Diente, Biometría, Bioestratigrafía, Mioceno Superior, Plioceno, Villafranchiense, Correlación, Síntesis bibliográfica, España, Europa.

830536. **El Precámbrico y sus relaciones con el Paleozoico inferior en el sector centro meridional del Macizo Ibérico.** VILAS, L.; HERRANZ, P.; SAN JOSE, M. A. DE, y PELAEZ, J. R.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1979), pp. 76-93, ref. 16, esp., bibl. IGME.

* Precámbrico, Cámbrico, Ordovícico, Discordancia, Gneis, Anfibolita, Micaesquisto, Grauwacka, Piroclasto, Corte geológico, Paleografía, Provincia Toledo, Provincia Ciudad Real, Extremadura, Hercínico Centro, Hercínico Sur.

830537. **Problemática paleontológica del límite Precámbrico-Cámbrico en España.** PEREJON, A.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1979), pp. 95-109, ref. 23, esp., bibl. IGME.

* Precámbrico, Cámbrico, Límite estratigráfico, Estratotipo, Asociación fósil, Estudio crítico, España, URSS.

830541. **Curso conferencias sobre el Programa Internacional de Correlación Geológica (P. I. C. G.). Segunda parte.** ALMELA SAMPER, A. Org., y MELENDEZ MELENDEZ, B. Org.

R. Acad. Cienc. Exactas, Fis. y Naturales (1982), pp. 1-324, ref. 549, esp., bibl. IGME.

* Reunión, PICG, Correlación, España.

830545. **Evolución sedimentaria y paleogeográfica de la región asturiana durante el Carbonífero.** SANCHEZ DE LA TORRE, L.; AGUEDA VILLAR, J. A., y GONZALEZ LASTRA, J.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1982), pp. 77-90, ref. 13, esp., bibl. IGME.

* Paleogeografía, Geosinclinal, Devónico Superior, Carbonífero Inferior, Carbonífero Superior, Límite estratigráfico, Isopaca, Asturias, Arco Asturiano.

830555. **Sedimentación turbidítica en el cretáceo de las Unidades intermedias. Zonas externas de las Cordilleras Béticas.** RUIZ-ORTIZ, P. A.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1982), pp. 261-279, ref. 17, esp., bibl. IGME.

* Jurásico, Turbiditas, Cretácico Inferior, Arena, Composición mineralógica, Litofacies, Estructura sedimentaria, Paleocorriente, Sedimentación marina, Medio marino, Zona Bética.

GEOMORFOLOGIA

830258. **El sistema de terrazas del río Carrión.** OLIVE, A.; PORTERO, J. M.; OLMO, P. DEL; ARAGONES, E.; CARRERAS, F.; MOLINA, E., y GUTIERREZ ELORZA, M.

Reunión Regional sobre la geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias. Depto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Terraza, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Llanura de inundación, Red hidrográfica, Río Carrión.

830260. **Esquema morfológico de la fosa de Ciudad Rodrigo (Salamanca).** MOLINA, E.; BLANCO, J. A., y MARTINEZ GIL, F. J.

Reunión Regional sobre la geología de la Cuenca del Duero. Facultades Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Graben, Superficie de Erosión, Geomorfología, Paleógeno, Plioceno, Cuaternario, Provincia Salamanca, Cuenca del Duero.

830347. **Morfología litoral y sedimentación actual en la ría de Ares.** ASENSIO, I., y GRAJAL, M.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 247-264, ref. 4, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Línea costa, Morfología costa, Sedimento actual, Arena, Granulometría, Provincia La Coruña.

830349. **Las formaciones cuaternarias continentales de la Península de Setúbal (al sur de Lisboa).** AZEVEDO, T. M.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 287-303, ref. 7, esp., res. fran., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Sedimentación marina, Medio fluvial, Medio marino, Conglomerado, Paleocorriente, Cono aluvial, Villafranchiense, Portugal.

830350. **Las zonas intramareales: algunos mecanismos sobre la formación de estructuras sedimentarias intermareales.** VILAS, M. F.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 305-314, ref. 12, esp., res. fran., bibl. IGME.

* Sedimentación intertidal, Medio intertidal, Medio estuario, Estructura sedimentaria, Ripple-mark, Estructura biogénica, Sedimentación actual, Transporte, Provincia La Coruña, Provincia Pontevedra.

830682. **La experimentación periglacial en la alta montaña mediterránea. El caso de las microfisuraciones geométricas.** GOMEZ ORTIZ, A.

Cuad. Invest. Geogr. (1982), vol. 8, núm. 1-2, pp. 69-82, ref. 7, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Micromorfología suelo, Morfología eólica, Periglacia-rismo, Clasto, Movimiento masa, Crioturación, Granulometría, Pirineos Españoles, Provincia Gerona.

CUATERNARIO

830535. **La cronología paleoclimática del würm reciente en Asturias. Diferencia entre los resultados sedimentológicos y palinológicos.** HOYOS, M.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1979), pp. 63-75, ref. 15, esp., bibl. IGME.

* Pleistoceno Superior, Würm, Paleoclima, Caverna Karst, Sedimentación actual, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Datación C-14, Industria, Asturias.

GEOCRONOLOGIA

830328. **Sobre la determinación de la edad absoluta de rocas ígneas por el método de la dispersión de la birrefringencia.** GIL, P. P.; PESQUERA, A., y VELASCO, F.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 6, pp. 524-527, ref. 12, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Datación, Roca ígnea, Silicato, Plagioclasa, Dispersión óptica, Birrefringencia, Metodología, Precisión-medida.

830513. **Magnitud de tiempo geológico.** VIEIRA, J. G. *R. E. M.* (1982), vol. 35, núm. 4, pp. 17-19, ref. 4, por., res. ing., bibl. IGME.
* Datación, U-Pb, Rb-Sr, Edad, Planeta Tierra, Hierro-sustancia, Mina, Precámbrico, Minas Gerais.

830606. **Rb-Sr Geochronology of the Sierra de Ancasti (Pampeau, Rangers, NW-Argentina).** KNUVER, M., y MILLER, H.

5.º Congreso Latinoamericano de Geología: Servicio Geológico Nacional (1982), vol. 3, pp. 457-471, ref. 24, ing., res. esp., bibl. IGME.

* Roca metamórfica, Roca ígnea, Datación, Rb-Sr, Isocrona, Roca total, Metamorfismo regional, Ordovícico, Silúrico, Andes Argentinos.

GEOLOGIA MARINA

830246. **Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo español.** SOLER, R.; MARTINEZ DEL OLMO, W.; MEGIAS, A. G., y ABEGUER, J. A.

Mediterránea Ser. Geol. (1983), núm. 1, pp. 71-82, ref. 3, esp., res. franc., ing., bibl. IGME.

* Neógeno, Off-shore, Plataforma continental, Diagrafía gamma, Diagrafía sónica, Corte geológico, Sedimentación deltaica, Medio deltaico, Sedimentación litoral, Medio litoral, Discordancia, Región Valencia, Mar Mediterráneo Oeste.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

830221. **Efectividad de la cal y el cemento en el control de la expansividad de la arcilla.** AYUSO MUNOZ, J. *Bol. Inf. Lab. Carret. Geotec.* (1982), núm. 152, pp. 3-11, ref. 18, esp., bibl. IGME.

* Mecánica suelo, Suelo arcilloso, Hinchamiento, Estabilidad, Cemento industrial, Densidad, Plasticidad, Humedad suelo, Límite Atterberg, Cuenca Guadalquivir.

830222. **Parámetros de proyecto para condiciones especiales del Suelo.** JUSTO ALPAÑES, J. L., y SAETERS-DAL, R.

Bol. Inf. Lab. Carret. Geotec. (1982), núm. 152, pp. 13-48, ref. 150, esp., bibl. IGME.

* Mecánica suelo, Hinchamiento, Contracción, Saturación, Densidad, Humedad suelo, Solubilidad, Succión, Difusión térmica, Ensayo «in situ», Congelación, Síntesis bibliográfica.

830225. **Medidas de control ambiental.** BIFANI, P. *Cuad. CIFCA* (1982), núm. 26, pp. 69-101, esp., bibl. IGME.
* Polución, Acción humana, Vegetación, Calidad agua, Protección medio ambiente, Programa, Coste.

830320. **Pulimento de áridos carbonatados en capas de rodadura. Parte II. Evolución topográfica.** MONTOTO, M., y ALONSO, J.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 4, pp. 52-59, ref. 7, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Propiedad geotécnica, Caliza oolítica, Caliza, Dolomía, Rugosidad, Ensayo laboratorio, Preparación, Método MEB.

830356. **Influencia de las propiedades de las rocas y de los macizos rocosos en el diseño y resultado de las voladuras.** LOPEZ JIMENO, E.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 417-458, ref. 25, esp., bibl. IGME.

* Roca, Propiedad geotécnica, Densidad, Resistencia mecánica, Elasticidad, Módulo elástico, Constante elasticidad, Porosidad, Onda superficie, Onda volumen, Explosión, Fragmentación, Control litológico, Control tectónico.

830515. **Estudio sobre la contaminación de la Ría de Huelva. Resumen y conclusiones.** CLAVER, I., y GRANDE, R.

Bol. Estud. Territoriales (1983), núm. 7, pp. 5-8, esp., bibl. IGME.

* Agua superficie, Estuario, Polución, Residuo industrial, Residuo doméstico, Prevención, Provincia Huelva.

PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS

830215. **Restos de moluscos y dinosaurios en formaciones estromatolíticas garumnienses al S. del Montsec (Provincia de Lérida).** LLOMPART, C., y KRAUSS, S.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 5, pp. 371-378, ref. 21, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Estructura sedimentaria, Estromatolitos, Oncolito, Medio fluvial, Llanura de inundación, Ornitischia, Diente, Huevo, Biometría, Mesogastropoda, Maestrichtiense, Eoceno Inferior, Provincia Lérida.

830782. **El yacimiento cuaternario de Venta Micena (España) y su importancia dentro de las asociaciones faunísticas del Pleistoceno Inferior europeo.** MOYA-SOLA, S.; AGUSTI, J.; GILBERT, J., y PONS-MOYA, J.

Paleontol. Evol. (1981), núm. 16, pp. 39-53, ref. 33, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Myomorfa, Pleistoceno inferior, Asociación fósil, Fauna vertebrada, Diente, Biometría, Bioestratigrafía, Límite estratigráfico, Provincia Granada.

PALEONTOLOGIA DE INVERTEBRADOS

830209. **Las solenopleuropsidae del Cámbrico Medio de Zafra (Badajoz).** GIL CID, M. D.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 1, pp. 19-25, ref. 24, esp., res. fran., bibl. IGME.

* Ptychopariida, Solenopleurinae, Pardaillhanía, Cámbrico, Biometría, Provincia Badajoz.

830248. **Estudio de las asociaciones de moluscos de la turbera holocena de Torreblanca (Castellón).** COLLADO, M. A., y ROBLES, F.

Mediterránea Ser. Geol. (1983), núm. 1, pp. 105-142, ref. 40, esp., res. franc.

* Fauna gasterópoda, Fauna foraminífera, Asociación fósil, temperatura, Medio lagunar, Holoceno, Caliza, Marmá, Dendogramma, Mesogasterópoda, Biometría, Provincia Castellón.

830265. **Observaciones sobre los niveles fosilíferos del Mioceno de Castrillo del Val (Burgos).** TRUYOLS, J., y PORTA, J.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Mioceno medio, Mioceno superior, Fauna gasterópoda, Medio, Paleogeografía, Cuenca del Duero, Provincia Burgos.

830266. **Ostracofauna de la facies «Cuestas» en el borde occidental de la Cuenca del Duero.** CIVIS, J.; GARCIA MARCOS, J. M., y JIMENEZ, E.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Fauna ostrácoda, Fauna gasterópoda, Asociación fósil, Tortoniense, Bioestratigrafía, Cuenca del Duero.

830345. **Graptolitos Ordovícicos de la provincia de Salamanca.** JIMENEZ FUENTES, E.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 233-240, ref. 4, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Graptoloidea, Didymograptus, Biometría, Fósil característico, Llanvirn, Provincia Salamanca.

830712. **Distribution paleoecologique et paleobiogeographique de grands foraminiferos benthiques du cenomanien.** SAINT-MARC, P.

Rev. esp. micropaleontol. (1982), vol. 14, núm. 1-2-3, pp. 247-262, ref. 57, fran., res. esp., ing., bibl. IGME.

* Litnolacea, Milidacea, Taxón bentónico, Asociación fósil, Paleología, Medio lagunar, Medio supratidal, Medio intertidal, Medio sublitoral, Medio recifal, Sedimentación detrítica, Sedimentación bioquímica, Salinidad, Temperatura, Agua mar, Biogeografía, Cenomaniense.

TECTONICA

830247. **La sedimentación neógena en las Béticas.** MEGIAS, A. G.; LERET, G.; MARTINEZ DEL OLMO, W., y SOLER, R.

Mediterránea Ser. Geol. (1983), núm. 1, pp. 83-103, 28 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Neógeno, Sedimentación, Control tectónico, Discontinuidad, Subducción, Zona Benioff, Zona Bética.

830286. **Rejuvenecimiento del área distributiva del N. E. de la Meseta (provincia de Palencia y Burgos) en el Albiense inferior-medio.** GARCIA MONDEJAR, J.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Albiense, Conglomerado, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Rejuvenecimiento del relieve, Metamorfismo, Cuenca Duero, Provincia Palencia, Provincia Burgos.

830287. **Contribución al estudio tectónico de la región de Santa María la Real de Nieva (provincia de Segovia).** ALVAREZ LOBATO, F.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Precámbrico, Primario, Pizarra, Cuarcita, Plicgue, Esquistosidad, Micropliegue, Falla, Falla horizontal, Metamorfismo regional, Metamorfismo contacto, Provincia Segovia, Cuenca Duero.

830340. **Aportaciones al conocimiento de la estructura del sinclínorio de Verín.** ALONSO, J. L., y RODRIGUEZ FERNANDEZ, L. R.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 93-122, ref. 23, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sinclínorio, Precámbrico, Ordovícico, Silúrico, Gneis, Cuarcita, Pizarra, Grauwacka, Deformación, Metamorfismo regional, Zonalidad, Baja presión, Esquistosidad, Plicgue, Tectónica superpuesta, Provincia Orense.

830341. **La zona de cizalla de Berzosa-Riaza en el sector septentrional. Influencia sobre la configuración de las zonas metamórficas.** ARENAS, R.; GONZALEZ LO-DEIRO, F., y PEINADO, M.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 123-161, ref. 24, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Ordovícico, Cámbrico, Gneis, Roca metamórfica, Composición mineralógica, Análisis modal, Falla, Metamorfismo, Facies metamórfica, Gradiente geotérmico, Plicgue, Deformación, Esquistosidad, Lineación, Modelo, Provincia Salamanca, Provincia Zamora, Provincia Valladolid.

830394. **Geodinámica de la Meseta Ibérica.** ALIA, M. *Real Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales* (1979), pp. 27-52, ref. 29, esp., bibl. IGME.

* Geodinámica, Proyecto, Relación actividad, Tectónica cobertera, Neotectónica, Cuenca Duero, Hercínico centro, Cuenca Tajo, Macizo Ibérico, Meseta Ibérica.

830668. **La Tectónica de fractura en los yacimientos del área de Bossost (Vall d'Aran, Lérida).** ALVAREZ PEREZ, A.

Bol. Soc. Esp. Mineral. (1980), vol. 3, núm. 2, pp. 43-49, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Yacimiento plomo-cinc, Cámbrico, Ordovícico, Yacimiento estratiforme, Orogenia hercínica, Tectónica superpuesta, Control tectónico, Falla, Movilización geoquímica, Provincia Lérida.

HIDROGEOLOGIA

830218. **Prospección geofísica de acuíferos salobres en cuencas terciarias, análisis y crítica del método de resistividad-polarización inducida.** GRANDA, A., y SASTRE, J. L.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 5, pp. 415-425, ref. 11, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Manto agua, Agua salada, Método resistividad, Polarización provocada, Estudio crítico, Perfil geofísico, Arena, Arcilla, Yeso, Cuenca del Duero, Provincia Valladolid.

830326. **Uso de un modelo mixto estocástico-determinista para el estudio de la recarga de acuíferos.** LLAMAS, J.; DHATT, G., y TYANO, B.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 6, pp. 496-507, ref. 12, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Alimentación natural, Hidrodinámico, Simulación, Modelo, Proceso estocástico, Estudio caso, Alto Volta, Ghana.

830517. **Investigación hidrogeológica de la cuenca del Ebro.**

Colec. Inf. Inst. Geol. Min. Esp., pp. 1-82, ref. 149, esp., bibl. IGME.

* Manto agua, Agua subterránea, Inventario, Monografía, Cuenca Ebro, Región Cantábrica, Pirineos españoles.

830725. **Captación de aguas subterráneas por medio de pozos filtrantes (verticales y horizontales).** LUTHI, P., y BLASCHE, R.

Tecnología Agua (1982), vol. 2, núm. 6, pp. 77-83, esp., bibl. IGME.

* Captación, Manto agua, Agua subterránea, Puntos agua, Captación hidrodinámica, Macizo filtrante.

830729. **Voladuras para desarrollo de pozos.**

Tecnología Aguas (1982), vol. 2, núm. 7, pp. 151-157, esp., bibl. IGME.

* Puntos agua, Sondeo, Agua subterránea, Roca, Resistencia a la compresión, Explosión, Fracturación, Tecnología minera.

830785. **Un programa digital para el cálculo de efectos puntuales en un campo de pozos (método de las deltas de Kernel).** LOPEZ PALANCAR, J. J., y MARTINEZ ALFARO, P. E.

Tecniterrae (1982), vol. 9, núm. 50, pp. 22-23, ref. 5, esp., bibl. IGME.

* Programa ordenador, Simulacro, Método matemático, Recarga manto, Transmisibilidad, Régimen transitorio, Manto captador.

830912. **Aguas subterráneas y planes hidrológicos.** SAENZ RIDRUEJO, C.

Hidrogeología y recursos hidráulicos (1979), vol. 6, pp. 47-57, esp., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Gestión recursos agua, Historia, Planificación, España.

MINERALOGIA: SILICATOS

830212. **Sobre el significado de la cordierita en los granitoides del Batolito de Avila (Sistema Central Español).** BEA, F.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 1, pp. 59-67, ref. 26, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cordierita, Sorosilicato, Génesis, Estudio crítico, Batolito, Magma, Cristalización fraccionada, Diagrama de equilibrio, Provincia Avila.

830673. **Ceolitas calcoalcalinas en fracturas tardías del manto de Salobreña, Mantos Alpujarrides, Cordilleras Béticas.** MARTIN RAMOS, J. D.; YAÑEZ, I.; ACOSTA, A., y SEBASTIAN, E.

Bol. Soc. Esp. Mineral. (1982), vol. 5, núm. 6, pp. 33-47, ref. 8, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Chabarita, Estilbita, Grupo ceolitas, Dato mineral, Difracción RX, Datos RX, Datos ATD, Datos ATG, Fórmula, Estructura, Cristalografía, Diagrama equilibrio, Análisis químico, Provincia Granada.

830674. **Estudio de las inclusiones fluidas en los filones wolframíferos de Trujillo, Cáceres (España).** GUIJARRO, J.; HOYOS, M. A., y CASAS, J.

Bol. Soc. Esp. Mineral (1982), vol. 5, núm. 6, pp. 49-62, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Inclusión fluida, Inclusión mineral, Clasificación, Cuarzo, Grupo sílice mineral, Homogeneidad, Histograma, Tungsteno sustancia, Filón, Paragénesis, Yacimiento hidrotermal, Provincia Cáceres.

830748. **Modelo experimental de alteración de feldespatos. Aplicación al método de tinción III. Metodología propuesta.** HOYOS DE CASTRO, A.; HERNANDO MANSANET, M. J.; HERNANDO COSTA, J., y PISONERO, L.

An. edafol. agrobiol. (1982), vol. 41, núm. 3-4, pp. 511-519, ref. 6, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Experimento, Silicato, Plagioclasa, Feldespato, Ataque químico, Alteración térmica, Metodología.

830777. **Estudio de las zonas kársticas de Guipúzcoa: El Urgoniano de Ausa Gaeztelu (Zaldibia).** ETXEBERRIA, F.; SANSINEA, K.; UGALDE, T.; UGARTE, F. M., y ZUBIRIA, R.

Munibe (1982), vol. 34, núm. 4, pp. 271-288, ref. 14, esp., res. vas., ing.

* Agua subterránea, Karst, Río subterráneo, Caverna, Fuente, Evapotranspiración, Infiltración, Aptiense, Provincia Guipúzcoa.

MINERALOGIA: NO SILICATOS

830354. **Precipitados no cristalinos de hierro en sistemas de Galicia.** GARCIA RODEJA, E.; GUITIAN RIVERA, F., y MACIAS, F.

Cuad. Lab. Geol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 363-386, ref. 21, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Agua, Composición ferruginosa, Precipitación química, Análisis químico, Difracción RX, Propiedad física, Propiedad química, Superficie específica, Análisis térmico, Oxido, Hidróxido.

830525. **Mecanismos de formación de inclusiones en minerales sedimentarios.** RODRIGUEZ CLEMENTE, R.

Rev. Inst. Invest. geol. (1978-1979), vol. 33, pp. 57-69, ref. 17, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Modelo, Inclusión mineral, Crecimiento cristalino, Diagrama equilibrio, Celestina, Sulfato, Fosgenita, Carbonato, Yeso, Sulfuro, Halita, Cloruro.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

830208. **Mineralogía de los arenales costeros españoles. Tramo Málaga-Ayamonte.** PEREZ MATEOS, J.; PINILLA, A.; ALCALA DEL OLMO, L., y ALEIXANDRE, T.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 1, pp. 1-18, ref. 37, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Arcna, Playa, Sedimentación litoral, Medio litoral, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Corriente litoral, Transporte, Erosión, Línea costa, Granulometría, Composición mineralógica, Piroxeno, Granate, Histograma, Provincia Málaga, Provincia Cádiz, Provincia Huelva.

830210. **Paleogeografía de la Depresión del Guadalquivir durante el Neógeno.** VALENZUELA, J. M.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 1, pp. 26-32, ref. 18, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Depresión, Subsistencia, Transgresión, Regresión, Ciclo sedimentario, Isopaca, Control tectónico, Neotectónica, Neógeno, Cuenca Guadalquivir, Andalucía.

830263. **Relación entre las facies de abanico aluvial y facies carbonáticas del sector SE de la cuenca del Duero.** ORDONEZ, S., y GARCIA DEL CURA, A.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Río anastomoso, Llanura de inundación, Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Sedimentación carbonatada, Cuenca Duero.

830267. **Sedimentos fluviales de la facies «Tierra de Campos» (Cuenca del Duero, Provincia de Palencia).** ARAGONES, E.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Oxfordiense, Granoclasificación, Estructura sedimentaria, Estratificación cruzada, Llanura inundación, Cuenca Duero, Provincia Palencia.

830270. **Génesis y distribución espacial de los abanicos aluviales siliclasticos del Terciario Superior en el borde N de la Cuenca del Duero (León-Palencia).** MANJON, M.; COLMENERO, J. R.; GARCIA RAMOS, J. C., y VARGAS, I.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Mioceno, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Cono aluvial, Conglomerado, Estructura sedimentaria, Erosión, Cuenca Duero, Provincia León, Provincia Palencia.

830282. **Texturas y estructuras en calizas continentales. Un ejemplo de heterogeneidad textural: las rocas carbonáticas de la Cuenca del Duero.** GARCIA DEL CURA, A., y ORDONEZ, S.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Caliza, Medio continental, Textura, Origen biogénico, Recristalización, Diagénesis, Cuenca Duero.

830283. **Características deposicionales y petrológicas de las secuencias evaporíticas continentales en las cuencas terciarias españolas.** ORTI, F.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Terciario, Sedimentación continental, Medio continental, Sulfuro, Calcio, Sodio, Evaporita, Cuenca Duero.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

830213. **Caracterización de gneiss glandulares del Alto Valle del Lozoya (Sistema Central Español) en base al quimismo de las biotitas y estado estructural del feldespato potásico.** TORNOS, F., y CASQUET, C.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 1, pp. 68-78, ref. 31, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Gneiss, Gneiss ocelar, Orto-gneis, Génesis, Ortoclasa, Biotita, Metamorfismo regional, Análisis químico, Titano, Diagrama de equilibrio, Sistema cristalino, Provincia Madrid, Provincia Guadalajara.

830216. **Peculiaridades y disposición de la Unidad de Benamocarra en el transversal de Sierra Tejeda (Zona Bética). Su atribución al Complejo Alpujárride.** ELORZA, J. J.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 5, pp. 379-389, ref. 29, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Micaesquisto, Metapelita, Facies metamórfica, Análisis químico, Edad, Cristalización, Cámbrico, Zona Bética, Provincia Málaga.

830219. **Geotermómetros y geobarómetros en el área metamórfica del Sistema Central Español.** APARICIO YAGUE, A., y GARCIA CACHO, L.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 5, pp. 426-435, ref. 34, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca metamórfica, Metamorfismo regional, Dinamo-metamorfismo, Granitización, Paragénesis, Análisis elementos mayores, Presión, Temperatura, Geotermometría, Geobarometría.

830220. **Rocas metamórficas en las pegmatitas de Sierra Albarrana (Provincia de Córdoba).** ORTEGA, M.; GARROTE, A.; RODRIGUEZ, J., y FENOLL, P.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 5, pp. 436-445, ref. 8, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pegmatita, Composición mineralógica, Roca metamórfica, Zonalidad, Gneiss, Alteración, Textura, Roca encajante, Análisis elementos mayores, Provincia Córdoba.

830285. **Fenómenos de Alcalinización y enrojecimiento en algunos granitos hercínicos tardíos y rocas básicas asociadas del Sistema Central (Provincias de Avila y Salamanca). Posición en su medio geotectónico.** SAAVEDRA, J., y ARENILLAS, M.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Granito, Composición alcalina, Ultrabasita, Orogenia hercínica, Alteración, Propiedad química, Fluido mineralizador, Fusión parcial, Falla, Cuenca Duero, Provincia Avila, Provincia Salamanca.

830327. **Petrología y geoquímica de los gneises de Querals-Nuria (Provincia de Gerona).** SEBASTIAN, A.; MARTINEZ, F. J., y GIL IBARGUCHI, J. I.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 6, pp. 508-528, ref. 13, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Gneiss, Génesis, Textura, Composición mineralógica, Análisis modal, Análisis químico, Paragénesis, Magma, Intrusión, Diferenciación magmática, Provincia Gerona.

830336. **Evolución petrológico-geoquímica de los granitoides hercínicos del NO gallego.** BARRERA, J. L.; BELLIDO, F.; PABLO MACIA, J. G. DE., y ARPS, ch. E. S.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 21-52, ref. 16, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca ígnea, Granito, Composición calcoalcalina, Análisis químico, Textura, Composición mineralógica, Análisis modal.

830337. **Diques lamprofídicos norteados con facies brechoidales eruptivas en la región de la Paramera de Avila (Sistema Central Español).** NUEZ, J. DE LA; UBANELL, A. G., y VILLASECA, C.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 53-74, ref. 25, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Roca metamórfica, Enclave roca, Dolerita, Lamprófido, Dique, Textura aexanítica, Textura porfídica, Brecha, Diatrema, Provincia Avila, Provincia Madrid.

830338. **Nota sobre las dioritas del NO de Zarza la Mayor (Cáceres).** RUBIO, J. I.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 75-81, ref. 5, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Diorita, Stock, Composición mineralógica, Roca encajante, Pizarra, Provincia Cáceres.

830339. **Esquema de la evolución espacial y temporal del metamorfismo en el área esquistosa de Galicia Central.** MARQUINEZ, J. L., y KLEIN, E.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 85-89, ref. 12, esp., bibl. IGME.

* Esquisto cloritico, Esquisto biotítico, Metamorfismo regional, Facies metamórfica, Paragénesis, Gradiente geotérmico, Zonalidad, Provincia Pontevedra, Provincia Orense.

830343. **Análisis estructural de los enclaves negros en el Burguillo (Sierra de Gredos).** SANTOS, V.; MARTIN ESCORZA, C., y APARICIO, A.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 183-206, ref. 9, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cuarzo-diorita, Enclave roca, Granito, Orientación, Morfología, Geometría, Deformación, Orogenia hercínica, Provincia Avila, Sierra de Gredos.

830511. **A origem dos anfibólitos da borda oriental do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil, Parte I. Petrología.** ROESER, H.

R. E. M. (1982), vol. 35, núm. 3, pp. 12-23, ref. 36, por., res. ing., bibl. IGME.

* Anfibolita, Textura, Composición mineralógica, Análisis modal, Datación, Rb-Sr, Precámbrico, Minas Gerais.

830540. **Diseño y generación de un banco de datos en Petrología ígnea. I. G. B. A.** BRANDLE, J. L.

R. Acad. Ciencias Exactas, Fis. y Naturales (1979), pp. 145-152, ref. 7, esp., bibl. IGME.

* Roca ígnea, Base datos, Metodología.

830548. **Metamorfismo prealpino en el Complejo Nevado-Filábride, Cordilleras Béticas.** GOMEZ PUGNAIRE, M. T.

R. Acad. Cienc. Exactas, Fis. y Nat. (1982), pp. 117-122, ref. 16, esp., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Metamorfismo epizonal, Facies metamórficas, Orogenia hercínica, Edad, Zona Bética, Cordillera Bética.

830783. **Consideraciones sobre la edad de unas rocas ofíticas en la zona meridional sur-pirenaica (Provincia de Huesca y Lérida).** LAGO, M.

Rev. Acad. Ciencias Exactas, Fis.-Quím., Nat. Zaragoza (1981), pp. 115-121, ref. 15, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Dolerita, Ofita, Edad, Keuper, k-Ar, Birrefringencia, Metodología, Pirineos españoles.

YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

830558. **Introducción a la metodología de investigación minera.** AZCARATE, J. E.

IGME (1982), pp. 3-594, ref. 437, esp., bibl. IGME.

* Tratado, Prospección minera, Metodología, Estrategia, Evaluación yacimiento, Investigación, Tratamiento datos, Método estadístico, Modelo.

YACIMENTOLOGIA DE METALES

830206. **Aplicación de algunos criterios geoquímicos a la prospección de estaño y wolframio en la zona de Sandoburo, Salamanca.** GARCIA SANCHEZ, A.; ANDRES SANCHEZ, M., y SAAVEDRA ALONSO, J.

Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl. Salamanca (1982), vol. 8, pp. 211-220, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Prospección minera, Prospección geoquímica, Granito, Composición granítica, Pegmatita, Metal traza, Estaño, Tungsteno, Bario, Tántalo, Rubidio, Estroncio, Circonio, Provincia de Salamanca.

830211. **Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). Parte I.** VINDEL, E.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 1, pp. 33-58, ref. 77, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Roca metamórfica, Granito, Precámbrico, Filón, Clasificación, Inventario, Roca encajante, Paragénesis, Provincia Segovia, Provincia Madrid.

830276. **Presencia y origen de alunita en el borde meridional de la Cuenca del Duero (Provincia de Avila).** BUSTILLO, A.; MARFIL, R.; GONZALEZ UBANELL, A., y PEÑA, J. A. DE.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Alunita, Yacimiento estratiforme, Roca encajante, Conglomerado, Yacimiento hidrotermal, Fluido mineralizador, Cuenca Duero, Provincia Avila.

830317. **Procesos geológicos y geoquímicos en la génesis de yacimientos Estaño-Wolframíferos centroibéricos.** SAAVEDRA, J.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 4, pp. 11-27, ref. 92, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Schelita, Wolframita, Yacimiento hidrotermal, Movilidad, Movilidad geoquímica, Precipitación química, Solubilidad, Greisenización, Inclusión fluida, Granito, Plutón, Aloctonía, Moscovita, Biotita, Análisis químico, Síntesis bibliográfica, Hercínico Centro.

830325. **Las mineralizaciones estratiformes F₂Ca-Pb en dolomías triásicas de Sierra de Lújar, Granada (Cordilleras Béticas, España).** OVEJERO, G.; TONA, F.; MARIN, J. M.; GUTIERREZ, A.; JACQUIN, J. P.; SERVAJEAN, G., y ZUBIAUR, J. F.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 6, pp. 475-495, ref. 45, esp., res. franc., bibl. IGME.

* Pérmico, Triásico, Manto, Dolomía, Mineralización, Anticlinal, Galena, Plomo sustancia, Fluorita sustancia, Edad, Ladiniense, Morfología yacimiento, Geometría, Control geoquímico, Control paleogeográfico, Isopaca, Diagénesis, Génesis yacimiento, Provincia Granada, Zona Bética.

830359. **Contribución a la prospección minera del área de Celanova (Orense).** NESPEREIRA, J.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 513-532, ref. 20, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Tungsteno sustancia, Oro sustancia, Prospección geoquímica, Análisis menores, Provincia Orense.

830360. **Marco geológico estructural de los yacimientos de sulfuros de Aznalcóllar (Región Oriental de la banda piritosa Ibérica).** HERNANDEZ ENRILE, J. L.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 535-562, ref. 19, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sulfuro, Cobre sustancia, Pizarra, Cuarzita, Volcanosedimentario, Devónico superior, Tournasiense, Visense, Tectónica imbricada, Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Sinclinorio, Provincia Sevilla.

830361. **Génesis de una mineralización asociada a una cúpula granítica: El yacimiento de Estaño de Golpejas (Salamanca).** ARRIBAS, A.; GONZALO, F., e IGLESIAS, M.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 563-592, ref. 27, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Casiterita, Columbita, Tantalita, Granito, Metamorfismo, Tectónica superpuesta, Paragénesis, Análisis químico, Provincia Salamanca.

830579. **Depósitos magmáticos de Hierro, Titanio y Vanadio de Venezuela Septentrional.** RODRIGUEZ, S. E.

5.º Congreso Latinoamericano de Geología, Servicio Geológico Nacional Buenos Aires (1982), vol. 3, pp. 99-110, ref. 4, esp., bibl. IGME.

* Hierro sustancia, Titanio sustancia, Vanadio sustancia, Anortosita, Piroxenita, Ilmenita, Hematites, Magnetita, Oxido, Roca ígnea, Roca volcánica, Metamorfismo contacto, Facies metamórfica, Yacimiento diseminado, Reserva, Análisis mayores.

830584. **Salmueras ricas en metales alcalinos del Salar del Hombre Muerto, Provincia de Catamarca, República Argentina.** NICOLLI, H.; SORIANO, J. M.; MENDEZ, V., y GOMEZ PERAL, M. A.

5.º Congreso Latinoamericano de Geología, Servicio Geológico Nacional Buenos Aires (1982), vol. 3, pp. 187-204, ref. 14, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Salmuera, Metal alcalino, Sustancia útil, Análisis menores, Anión, Cation, Diagrama equilibrio, Ordovícico, Evaporita, Pelita, Andes argentinos.

830665. **Sobre algunas mineralizaciones de barita en el paleozoico de Málaga.** BARCELO, G.; GALAN, E., y CARRASCO, F.

Bol. Soc. Esp. Mineral (1980), vol. 3, núm. 2, pp. 9-23, ref. 19, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Barita sustancia, Primario superior, Yacimiento estratiforme, Filón, Roca encajante, Pizarra, Conglomerado, Composición mineralógica, Análisis mayores, Yacimiento hidrotermal, Producción, Utilización sustancia, Reserva.

YACIMIENTOS DE SUSTANCIAS NO METALICAS

830217. **Introducción al estudio de los yacimientos de fosfatos del macizo ibérico meridional.** AIZPURUA, J.; GUMIEL, P., y PINEDA, A.

Bol. Geol. Min. (1982), vol. 93, núm. 5, pp. 390-414, ref. 22, esp., res. ing., franc., bibl. IGME.

* Fosfato sustancia, Morfología yacimiento, Filón, Karst, Yacimiento hidrotermal, Yacimiento sedimentario, Mina, Inventario, Extremadura, Provincia Córdoba, Provincia Huelva.

830556. **Las mineralizaciones de Barita y sulfuros asociados al sinclinal de Alcañices-Carbajales de Alba.** MORO, M. C.

R. Acad. Cienc. Exactas, Fis. y Nat. (1982), pp. 281-288, ref. 12, esp., bibl. IGME.

* Barita sustancia, Textura, Mineral accesorio, Piritita sustancia, Roca encajante, Yacimiento volcanogénico, Volcanosedimentario, Prospección minera, Método gravimétrico, Método eléctrico, Polarización espontánea, Provincia Zamora.

830557. **Caracteres geoquímicos de las mineralizaciones sedimentarias de Barrio de la provincia de Zamora.** MORO, C.; ARRIBAS, A., y CEMBRANOS, M. L.

R. Acad. Ciencias Exactas, Fis. y Nat. (1982), pp. 299-324, ref. 23, esp., res. ing. bibl. IGME.

* Barita sustancia, Yacimiento estratiforme, Roca encajante, Análisis químico, Análisis elemento traza, Histograma, Correlación, Provincia Zamora, Arkansas, Nevada, Tarn, Montaña Negra, Escocia, Macizo esquistoso Rhenan.

SUELOS

830201. **Contribución al conocimiento de las interrelaciones suelo-vegetación en pastizales semiáridos sobre granitos.** REDONDO PRIETO, B., y GOMEZ GUTIERREZ, J. M.

Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl. Salamanca (1982), vol. 8, pp. 91-104, ref. 13, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Suelo, Suelo marrón, Textura, Análisis químico, Mineralogía arcillas, Granito, Vegetación, Método estadístico, Capacidad cambio cation, Provincia Salamanca.

830205. **Sobre la física del suelo y su importancia en el uso y conservación del mismo.** INGELMO SANCHEZ, F., y CUADRADO SANCHEZ, S.

Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl. Salamanca (1982), vol. 8, pp. 189-209, ref. 67, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Síntesis bibliográfica, Suelo, Propiedad física, Porosidad, Humedad suelo, Régimen hidrológico del suelo, Protección medio ambiente, Utilización terreno.

830255. **La cubierta edáfica de la Depresión del Duero.** GARCIA RODRIGUEZ, A.; FORTEZA, J., y LORENZO, F.

Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Fac. Ciencias, Dpto. Estratigrafía, Salamanca (1979), esp., bibl. IGME.

* Depresión, Suelo, Clasificación, Clima, Suelo marrón, Suelo lavado, Luvisol, Suelo poco evolucionado, Regosol, Cambisol, Cuenca Duero.

830355. **Mineralogía de las arcillas en suelos y alteraciones sobre materiales graníticos de Galicia.** MACIAS, F.; GARCIA PAZ, C., y GARCIA RODEJA, E.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 387-414, ref. 43, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Alteración, Suelo, Perfil suelo, Arcilla, Composición mineralógica, Metodología, Difracción RX, Galicia.

GEOQUIMICA

830244. **El Estroncio como indicador de paleoambientes sedimentarios.** AVERNHEIMER, C.

Mediterránea Ser. Geol. (1983), núm. 1, pp. 3-30, ref. 27, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca carbonatada, Mioceno medio, Granulometría, Medio, Sedimentación, Estroncio, Calcio, Análisis elementos menores, Tratamiento datos, Distribución estadística, Análisis factorial, Provincia Alicante, Provincia Albacete.

830245. **Discriminación geoquímica de algunas facies del Cretácico (Albense) en el sector oriental de la zona prebética (Provincia de Alicante).** LLAVADOR, F.; PINA, J. A., y AVERNHEIMER, C.

Mediterránea Ser. Geol. (1983), núm. 1, pp. 31-69, ref. 29, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca carbonatada, Cretácico, Análisis elementos menores, Estroncio, Sodio, Potasio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Medio sedimentación, Tratamiento datos, Análisis factorial, Análisis multivariante, Granulometría, Provincia Alicante.

SISMOLOGIA

830396. **Zonas sísmicamente activas de la Península.** PAYO, G.

R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Naturales (1979), págs. 79-81, esp., bibl. IGME.

* Sísmicidad, Seismo, Epicentro, Falla, Riesgo sísmico, Península Ibérica.

ECONOMIA MINERA

830235. **Segregación de dos zonas dentro de la reserva «Martinamor», provincia de Salamanca, y levantamiento del resto de la reserva.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Legis. ind. (1982), núm. 11, 42 págs., esp., bibl. IGME.

* Título minero, Legislación minera, Estaño sustancia, Oro sustancia, Litio sustancia, Tántalo sustancia, Niobio sustancia, Provincia de Salamanca.

830358. **Enriquecimiento de los yacimientos de mineral feldespatítico existentes en Silan (Vivero, Lugo).** CAMPILLO, G.

Cuad. Lab. Xeol. Laxe (1982), vol. 3, pp. 495-504, ref. 6, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pegmatita, Feldespato sustancia, Concentración, Análisis químico, Flotación, Metodología, Provincia Lugo.

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

20 SET. 1984



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid