

En este número:

- Fracturación y fotointerpretación en el sector de Albuñol-La Rábita (Granada).
- El vulcanismo alcalino del Triásico Superior de Mallorca (Mediterráneo Occidental).
- Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Tercera parte: Metalogenia).
- Los yacimientos stratabound de barita en la Formación Cándana o Herrería. Asturias, NO de España.
- Termometría geoquímica de aguas termales del País Vasco.
- Un método termogravimétrico rápido para análisis inmediato de carbones.
- Estudio geológico del Plutonismo ácido-básico y su entorno metamórfico en el área de Guijuelo-Bercimuelle.
- Indices de Cristalinidad en los sílex de carácter turbidítico de Barrika (NE de Bilbao).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

T. XCVI. Primer Fascículo. Enero - Febrero 1985

boletín geológico y minero

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



Tomo 96
Fascículo I
Enero - Febrero 1985

Boletín Geológico y Minero



revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1913 - serie

SUMARIO

Geología	✓ C. SANZ DE GALDEANO, R. FERNÁNDEZ-RUBIO y S. FERNÁNDEZ-LORCA: Fracturación y fotointerpretación en el sector de Albuñol-La Rábida (Granada) (Conjunto Alpujárride. Cordilleras Béticas) 3
	✓ M. NAVIDAD y M. ALVARO: El vulcanismo alcalino del Triásico Superior de Mallorca (Mediterráneo Occidental) 10
Minería	✓ J. SIERRA, A. ARRIBAS y P. GUMIEL: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Tercera parte: Metalogenia) 23
	✗ C. J. FERNÁNDEZ: Los yacimientos stratabound de barita en la Formación Cándana o Herrería (Cámbrico Inferior), Asturias, NO de España 31
Aguas subterráneas	✓ J. CRUZ-SANJULIÁN y T. MORALES: Termometría geoquímica de aguas termales del País Vasco 50
Geoquímica	C. VALENZUELA y A. BERNALTE: Un método termogravimétrico rápido para análisis inmediato de carbones 58
Estudio de minerales y rocas	✓ M. LORENC y J. SAAVEDRA: Estudio geológico del Plutonismo ácido-básico y su entorno metamórfico en el área de Guijuelo-Bercimuelle (SE de Salamanca) 62
	✓ J. J. ELORZA, M. I. ARRIORTÚA y J. M. AMIGÓ: Índices de Cristalinidad en los sílex de carácter turbidítico de Barrika (NE de Bilbao) 74
Información	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. Andrés Manuel del Río y Fernández (1764-1849) 82
	✓ G. NÚÑEZ ROMERO-BALMAS: La minería Alpujarreña en la primera mitad del siglo XIX. Capítulos 1 y 2 90
	Noticias y Notas Bibliográficas 105

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

El Instituto Geológico y Minero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.

Los derechos de propiedad de los trabajos publicados en esta obra fueron cedidos por los autores al Instituto Geológico y Minero de España.
Queda hecho el depósito que marca la Ley.

EXPLICACION DE LA PORTADA

Microfotografía de megacuarczo en rosetas reemplazando a yeso (Brea de Tajo).

Foto: M.^a Angeles Bustillo

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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

Fracturación y fotointerpretación en el sector de Albuñol-La Rábita (Granada) (Conjunto Alpujárride. Cordilleras Béticas)

13 JUN. 1985

Por C. SANZ DE GALDEANO (*), F. FERNANDEZ-RUBIO (**) y S. FERNANDEZ-LORCA (**)

RESUMEN

Se comparan los resultados de la fotointerpretación con los datos tomados sobre el terreno, y se muestra la validez de aquella si se consideran tanto las fracturas seguras o muy probables como los tramos de cauces controlados por las fracturas. A su vez, la forma de los afloramientos puede influir en la fotointerpretación. Todos los datos han sido tratados con ordenador.

Tres son los sistemas principales de fracturas, de los que destacan los de dirección NO-SE y NNE-SSO, todos presentes tanto en materiales carbonatados de la unidad Alpujárride inferior como en las metapelitas superiores, lo que permite considerar esta fracturación como un fenómeno tardío. Esta fracturación tiene relevancia, también, en los estudios hidrogeológicos.

Palabras claves: fracturación, fotointerpretación, diaclasas.

ABSTRACT

The photointerpretation of this area is compared with the field data. This shows the worthy of the photointerpretation if we consider the fractures that are certain or very probable and the parts of the drainage patterns controlled by the fractures. At the same time the form of the outcrops may have influx in the photointerpretation. All the data have been treated by computer.

Three are the principal systems of fractures (NW-SE, NNE-SSW and E-W in this order of importance). All are present in the limestones of the lower Alpujarride unit as in the metapelitas of the upper unit. This permit to consider the fracturation as a late phenomenon. This fracturation has also interest in hydrogeologic studies.

Key words: Fracturation, photointerpretation, joints.

1. INTRODUCCION

El área a la que se refiere este estudio de fracturación corresponde, aproximadamente, a la mitad meridional de la ventana tectónica de Albuñol y a la prolongación hacia el sur, en la cuenca vertiente de la Rambla de Albuñol, hasta La Rábita, donde se alcanza la costa (fig. 1).

(*) Dpto. de Geología. Fac. de Ciencias. Univ. Granada. Proyecto del «Borde Mediterráneo Español» de la C.A.I.C. y T.

(**) Cátedra de Hidrogeología. Esc. Téc. Sup. de Ing. de Minas. Univ. Politécnica. Madrid.

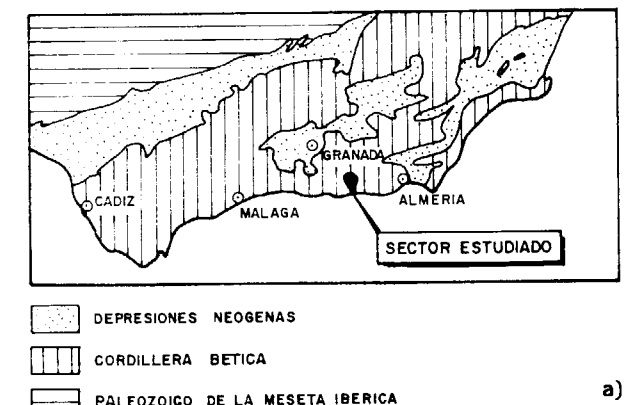
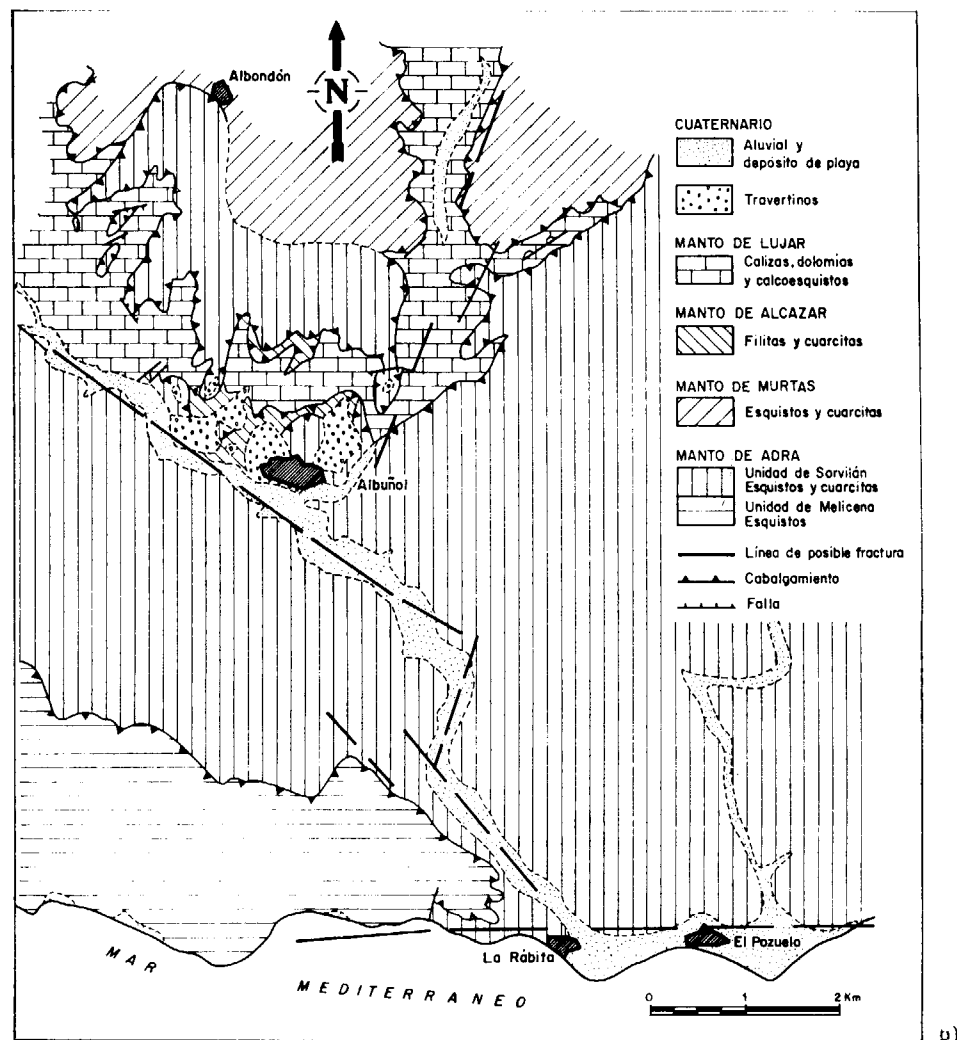


Figura 1.—a) Esquema de la situación del área estudiada. b) Esquema geológico del área estudiada. (Tomado de ALDAYA, 1981, y ALDAYA et al. (en prensa), salvo la posición de las posibles fracturas).

En este sector aparecen tres mantos alpujarridos superpuestos (ALDAYA, 1981 y ALDAYA et al., en prensa). Los materiales inferiores, correspondientes al Manto de Lújar, están integrados por calizas, dolomías y calcoesquistos (los llamaremos en general carbonatos); alcanzan, al menos, varios cientos de metros de potencia, y su base no se observa. Sobre ellos existen filitas, del Manto de Alcázar, que conservan poco espesor, al encontrarse laminadas por el Manto de Adra, que se le superpone. Próximo se sitúa el Manto de Murtas que, según ALDAYA (1981), estaría totalmente laminado en el sector tratado. Los materiales del Manto de Adra, aquí representados por las unidades de Sorvilán y Melicena, siempre según ALDAYA (op. cit.), están formados por esquistos y por cuarcitas y esquistos cuarcíticos. En conjunto, a estos materiales de los Mantos de Alcázar y Adra, los llamaremos metapelitas (figura 1b).

El objetivo de este trabajo es el estudiar la fracturación del sector, tanto en los carbonatos como en las metapelitas, comparar sus direcciones y deducir la génesis de la misma. Además de compulsar la idoneidad de los estudios fotogeológicos previos, y compararlos con los realizados sobre el terreno. Por último, comparar esta fracturación con la existente en otros sectores próximos y en las Cordilleras Béticas, en general.

El tratamiento por ordenador de los datos ha



sido realizado por uno de los firmantes (S. F. L.), con diseño de un programa para un Apple II Europlus, con salida gráfica en plotter Watanabe.

2. LA FRACTURACION

La fracturación se ha estudiado sobre foto aérea a escala aproximada 1:18.000, en visión estereoscópica, y sobre el terreno, para su comparación. Aquella se hizo previamente a la del terreno, a fin de evitar, en lo posible, toda influencia en la interpretación, si se conocían ya los datos del campo.

El estudio fotogeológico ha sido realizado por dos de los firmantes (R. F. R. fotointérprete: F-1 y C. S. G., F-2). De esta forma hemos tratado

de comparar la subjetividad del observador tal como hizo RAZACK (1978). Las dos interpretaciones han diferenciado las fracturas localizadas en metapelitas y en carbonatos.

En su estudio fotogeológico F-2, tras conocer los resultados de F-1, distinguió las fracturas que se observaban seguras o muy probables y, por otra parte, algunos rasgos rectilíneos, casi exclusivamente tramos de cauces, claramente orientados, de los que podía pensarse que correspondieran a fracturas o que tuvieran un control por fracturas. De todos estos datos, digitalizados, se ha hecho también tratamiento por ordenador para obtener diagramas (S. F. L.).

En el estudio sobre el terreno se ha estudiado un total de doce estaciones, repartidas entre las metapelitas y los carbonatos. Corresponden, normalmente, no a puntos, sino a sectores situados en el entorno próximo a los puntos. Después se han unido, en el análisis, algunos de estos puntos, dada su proximidad. El muestreo no es homogé-

neo, ya que hay amplias áreas en las que el terreno, por dedicarse al cultivo, no muestra buenos afloramientos.

Las fracturas, en general, corresponden a diaclasas prácticamente verticales, muy limpias y netas, localmente con mineralizaciones de siderita y óxidos de hierro. En general se presentan en dos lotes, con numerosas fracturas en cada lote. En otros casos son fallas, de escasa importancia, pero también las hay importantes, como se señala más adelante. En general, las medidas se han hecho sobre juegos de diaclasas.

2. DISCUSION DE LOS DIAGRAMAS OBTENIDOS

En la figura 2 se muestran los resultados globales, correspondientes a las medidas de campo y a las obtenidas por los fotointérpretes 1 y 2, y en las figuras 3, 5 y 6 se presentan los diagramas parciales, realizados a partir de medidas de campo

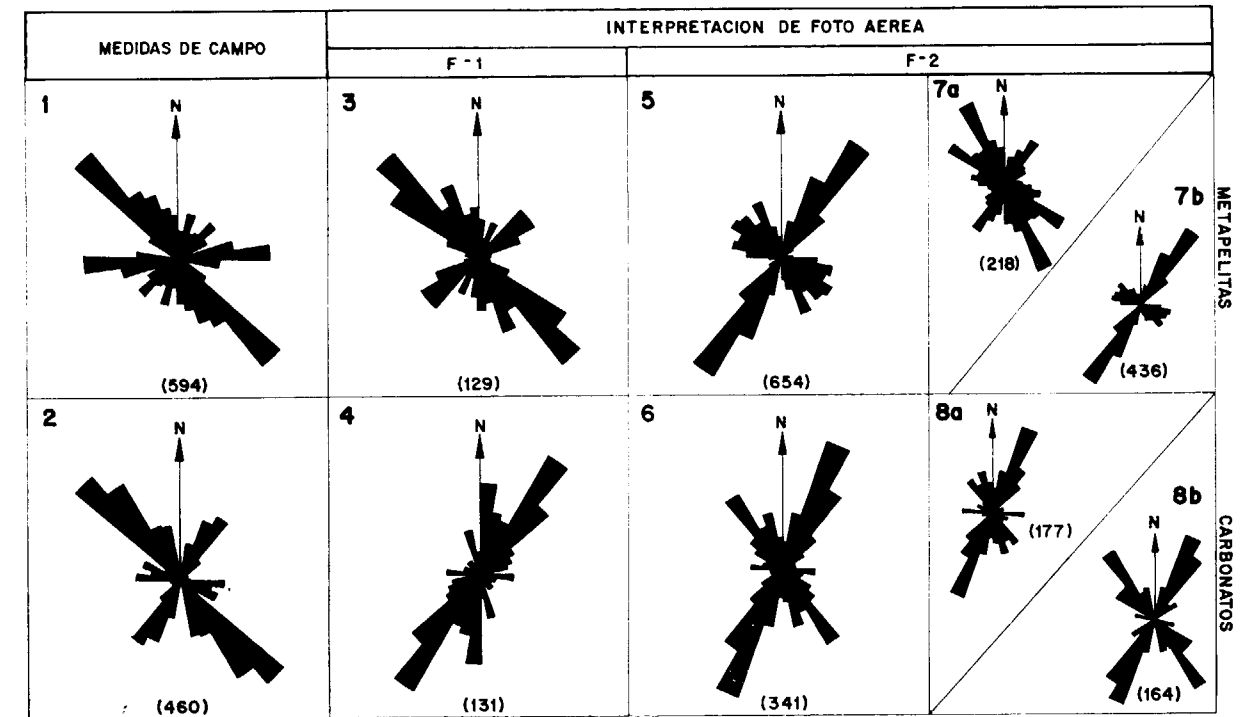


Figura 2.—Diagramas de resultados totales. 1 y 2: Medidas de campo. 1: en metapelitas. 2: en carbonatos. 3 a 8: resultados de fotointerpretación. 3 y 4: datos de F-1. 3: en metapelitas. 4: en carbonatos. 5 a 8: datos de F-2. 5: Medidas totales en metapelitas. 6: en carbonatos. 7a: medidas en metapelitas de fracturas seguras o muy probables. 7b: id. en tramos de cauces controlados por fracturas. 8a: medidas en carbonatos seguras o muy probables. 8b: id. en tramos de cauces controlados por fracturas. En cada caso se indica el número de medidas

o de fotointerpretación, bien sea de fracturas seguras o casi seguras, bien sea de cauces de ríos controlados por fracturas.

2.1.1. Diagramas obtenidos sobre el terreno

Los diagramas totales se presentan en la figura 2 (diagramas 1 y 2). En ellos se observa, tanto en las metapelitas como en los carbonatos, un máximo muy neto, de dirección NO-SE. Existe otro máximo de dirección próxima a E-O, menos marcado en los carbonatos y, por último, en éstos se observa otro máximo según la dirección NNE-SSE, poco marcado en las metapelitas.

En la figura 3 se muestran los diagramas parciales de campo. Se observa que el máximo, según la dirección NO-SE, algo rotado según los puntos, aparece en todos los sectores, tanto en carbonatos como en metapelitas.

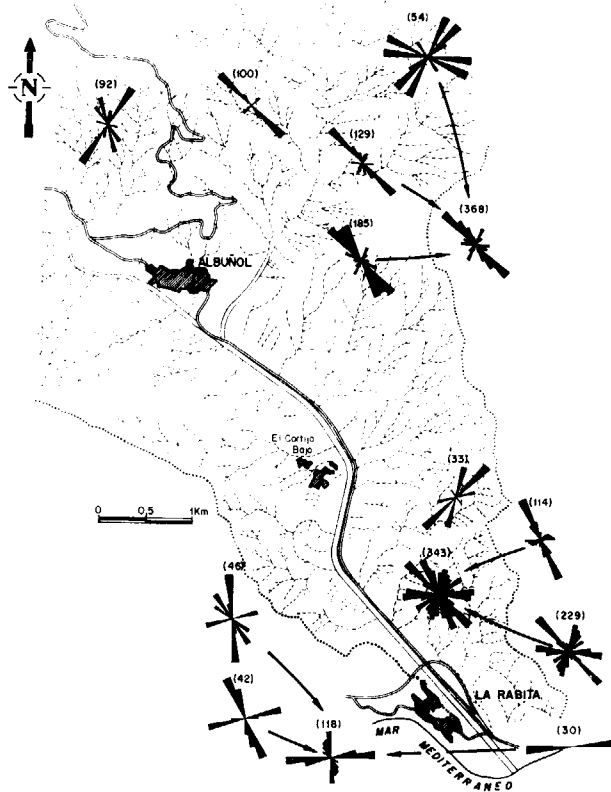


Figura 3.—Diagramas por sectores de las medidas de campo. Las flechas indican que para confeccionar el diagrama apuntado se han sumado los datos de los diagramas de donde éstas parten. Los diagramas ocupan aproximadamente el lugar central del sector de medidas. En algunos casos, sobre todo en el que se han hecho sumas de varios diagramas estos sectores son amplios.

Las direcciones próximas a la E-O, si bien presentes en todos los sectores, se concentran preferentemente en el Sur, casi en la misma costa, donde incluso existen fracturas no verticales, de apariencia normal, buzantes al Sur, muy homogéneas. Son las únicas de estas características representadas (aparecen en la proximidad de La Rábita): las restantes son esencialmente verticales.

La dirección NE-SO aparece más neta en los carbonatos que en las metapelitas. Pero en éstas, y también en los carbonatos, se muestra en algunos puntos como juegos conjugados con las NO-SE. En las metapelitas esto sucede preferentemente en el punto 3 y en el 6, aunque en éste sólo se han obtenido 19 medidas por las condiciones del afloramiento.

Así pues, tanto en las metapelitas como en los carbonatos, se observan sobre el terreno los mismos sistemas de fracturas, si bien en los diagramas totales se marcan los máximos E-O y NE-SO con distinta importancia.

2.1.2. Diagramas obtenidos a partir de fotointerpretación

Los resultados obtenidos por F-1 se expresan en los diagramas 3 y 4 de la figura 2. En las metapelitas se distingue bien el máximo según la dirección NO-SE y otro máximo menor de dirección ENE-OSO, mientras que en los carbonatos está claramente diferenciado el máximo según la dirección NE-SO. Se han tomado tan sólo las fracturas seguras o muy probables. El resultado, tan diferente entre las metapelitas y los carbonatos, hizo pensar que se trataba de juegos genéticamente diferentes y quizá previos a la estructuración en mantos.

Aquellos resultados determinaron que el fotointérprete F-2 hiciera una doble diferenciación en su estudio fotogeológico. Los resultados se reflejan en los diagramas 5 a 8 de la figura 2 y en los diagramas de las figuras 5 y 6. Los diagramas 7a y 8a corresponden a las fracturas dadas como seguras o casi seguras, en metapelitas y carbonatos respectivamente. Con ellas se obtienen los mismos resultados que el fotointérprete F-1.

Los diagramas 7b y 8b muestran los resultados de considerar los tramos rectos de cauces como posibles fracturas. En las metapelitas se destaca



Figura 4.—Esquema de parte de las fracturas localizadas por fotointerpretación y de los tramos de ríos controlados por fracturas. En línea gruesa se señalan las fracturas consideradas seguras o muy probables. En fina los tramos de ríos presuntamente controlados por fracturas.

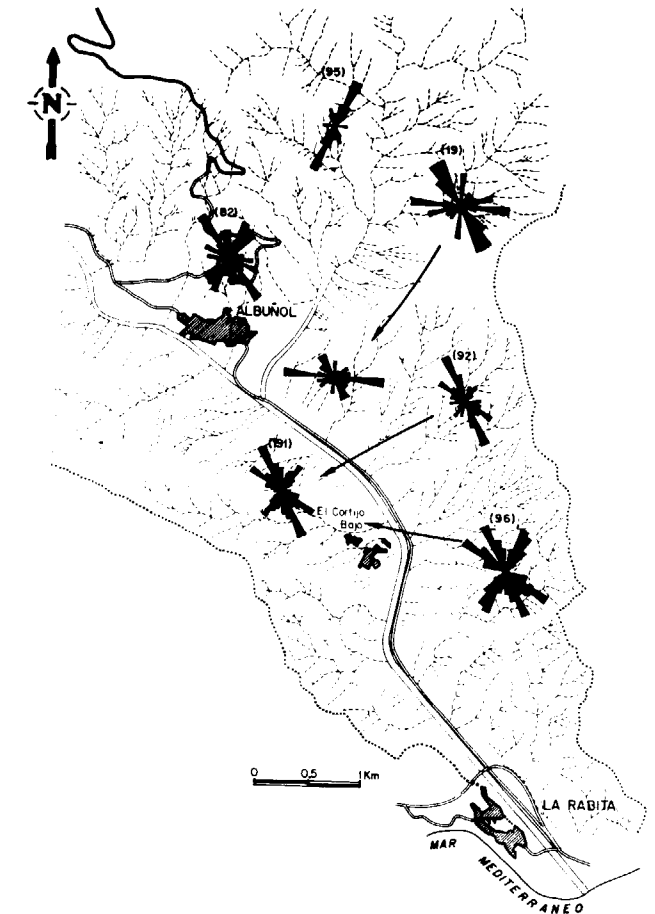


Figura 5.—Diagramas por sectores de las fracturas seguras o muy probables según los datos de F-2.

más el máximo de dirección NE-SO, y en los carbonatos aparece también el de dirección NO-SE. La suma de los diagramas 7a y 7b nos da el diagrama 5 y la del 8a y 8b nos da el 6. En ambos aparecen las dos direcciones que se acaban de reseñar y en los carbonatos se marca también la próxima a E-O. Las figuras 5 y 6 muestran los resultados, por sectores, y se observa una coincidencia, bastante notable, de direcciones obtenidas a partir de fracturas seguras y muy probables y a partir de la red hidrográfica controlada por fracturas.

2.1.3. Comparación de resultados

En los carbonatos los resultados son muy ho-

mogéneos. Así se observa si se comparan los datos de campo con los de F-2. Con F-1 hay más diferencia. Así, en el diagrama 4 no se marca el máximo de dirección NO-SE como ya se señaló y en parte sucede en el diagrama 8a. La explicación puede venir dada por el hecho de que el mayor número de fracturas en los carbonatos, se ha medido al NE de Albuñol, en la rambla encajada en calizo-dolomías, cuya dirección es aproximadamente NNE-SSO y en la foto permite que se marquen mejor las de esta dirección que las transversales. Sobre el terreno sucede lo contrario: las fracturas que se observan en foto, según la dirección del barranco, son menos numerosas que las transversales, aunque la mayoría de éstas no dan rasgos suficientes para ser definidas en las fotos. Cuando se considera también la red hidro-

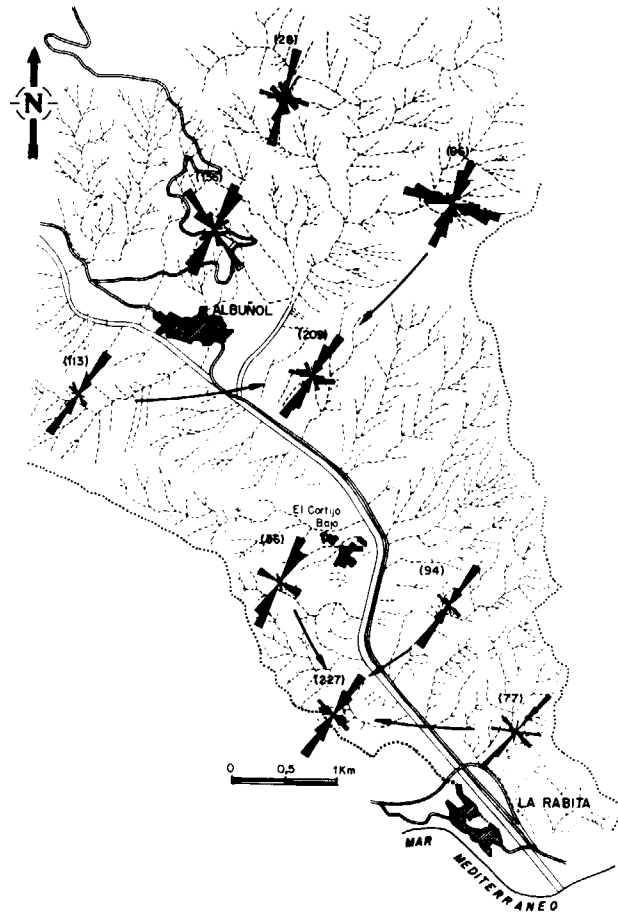


Figura 6.—Diagramas por sectores de los tramos de ríos controlados por fracturas según los datos de F-2.

gráfica controlada, se compensa la falta de adecuación que se produce según la forma de los afloramientos.

En las metapelitas el «muestreo» realizado sobre las fotos aéreas está mejor distribuido que sobre el terreno. Hay amplios sectores en los que los cultivos no permiten gran número de medidas y de algunos de ellos no se han obtenido. Se han concentrado las medidas en los puntos donde se observó eran más abundantes, en especial allí donde hay enriquecimiento en cuarzitas, que permiten mejores medidas por la mayor dureza de la roca. De todas formas, y en todos los casos, destaca el máximo según la dirección NO-SE y peor el máximo NE-SO en el total de campo, si bien en algunos diagramas parciales ya se ha señalado su clara existencia.

Globalmente hay que indicar la igualdad de direcciones obtenidas a partir de datos de campo y foto aérea, salvo los casos ya comentados y también hay que insistir en la coincidencia de las direcciones controladas en metapelitas y en carbonatos.

2.2. LA DIRECCION DE LAS GRANDES FRACTURAS DE LA REGION

En el conjunto de las Cordilleras Béticas son tres las direcciones de fracturación predominantes, si se consideran de forma simplificada (SANZ DE GALDEANO, 1983). Igual sucede para sectores próximos (como el valle de Lecrín-Orgiva) (SANZ DE GALDEANO et al., en prensa). Estas mismas son las direcciones presentes en el área estudiada. Así, la ventana tectónica de Albuñol está limitada, en su borde SO, por una neta línea de dirección N 125°, prácticamente del juego NO-SE. Esta línea es aprovechada por el río para instalar su curso. Este río, aguas abajo, modifica su dirección tres veces más, antes de llegar al mar: toma las direcciones NNO-SSE, NNE-SSO y NO-SE, con curvas de poco radio y largos tramos rectos. A su vez el barranco del Este de Albuñol toma dirección general NNE-SSO.

En las proximidades a la línea de costa las fracturas E-O son más abundantes. Deben corresponder a fracturas satélites a la posiblemente existente que configura la costa, de dirección casi E-O. Parte de sus movimientos últimos parecen de tipo normal, con hundimiento del bloque meridional. Asociadas a ésta serían las existentes en la propia Rabita, de iguales dirección y buzamiento.

Otros rasgos importantes no se observan en el sector. Con los señalados parece que se puede afirmar la coincidencia general de las direcciones de las grandes y de las pequeñas fracturas.

3. CONCLUSIONES

1. Las direcciones de fracturación obtenidas en las metapelitas y en los carbonatos son equivalentes. Esto supone una génesis similar y nos ofrece datos sobre el momento de su creación: posteriormente al empilamiento de los mantos alpujarrides. O sea, estos juegos de fracturas, en general verticales, en la mayoría de los casos sim-

ples diaclasas, constituyen un fenómeno tardío. A juzgar por los datos de SANZ DE GALDEANO (1983) y SANZ DE GALDEANO et al. (en prensa), se han producido esencialmente a partir del Mioceno Medio y, muchas de ellas, se han movido en el mismo Cuaternario.

2. Dada la gran densidad media de estos juegos de fracturas, constituyen un fenómeno penetrativo de la roca, al menos a media escala, lo que tiene interés en los estudios hidrogeológicos.

3. El hecho de encontrar diaclasas verticales de dirección NO-SE, conjugadas con otras NNE-SSO, permite deducir una dirección de compresión máxima, próxima a la dirección N-S, algo girada al O. La dirección E-O, a su vez, se ha encontrado conjugada con otras NNO-SSE o NO-SE, por lo que puede pensarse en otra dirección de compresión aproximada N 120° E. De ser cierto esto supondría que no todas las fracturas NO-SE y NNO-SSE que existen son singénicas, y muchas de las que son fallas han podido moverse de forma diferente.

4. La red hidrográfica se encuentra, en gran medida, controlada por la fracturación. Este hecho se observa bien sobre foto aérea y sobre el terreno, y aunque en muchos casos sobre los cauces no se vea la línea de fractura neta, sí se observa su paralelismo con otras fracturas próximas. Por ello, en este caso al menos, es importante considerarla en el estudio de fotointerpretación, pues completa los resultados obtenidos si se consideran tan sólo las fracturas seguras o muy probables. Ya se señaló que la forma y dirección de los afloramientos, con respecto a un sistema de fracturas, puede potenciar que sean observables mayor o menor número de dichas fracturas.

5. Para casos como el presente, en que la roturación del terreno no permite un cómodo muestreo, según una malla bien distribuida (con mayor

dedicación sí se habría conseguido mejor muestreo, pero no habría compensado posiblemente el tiempo), la fotointerpretación en general ayuda al estudio sobre el terreno. La consideración de los tramos rectos de los cauces (fig. 4) permite destacar algunas direcciones que quedaban menos patentes. Los muestreos, en algunos puntos concretos sobre el terreno, en los que estas direcciones se observan bien y donde, a la vez, se ve bien su relación con la red hidrográfica, avalan este hecho.

6. En todos los casos los diagramas se han realizado para intervalos de 5, 10 y 15 grados. De ellos, en general, las agrupaciones mejores se daban en los de intervalos de 10 grados, que son los que incluimos en las representaciones. Hay que señalar que, a veces, el que aparezca más o menos nítido un máximo está muy condicionado por el intervalo elegido. El de 10 grados nos parece el de menos distorsión.

BIBLIOGRAFIA

- ALDAYA, F.: *Mapa geológico nacional a escala 1:50.000, Hoja núm. 1056 (Albuñol)*. Plan MAGNA. IGME (1981).
- ALDAYA, F.; BAENA PÉREZ, J., y EWERT, K.: *Mapa geológico nacional a escala 1:50.000, Hoja núm. 1057 (Adra)*. Plan MAGNA. IGME (en prensa).
- RAZACK, M.: *Contribution a l'étude de la structure des aquifères en roches fissurées. Numerisation et analyse quantitative de la fracturation relevée sur clichés aériens*. Tesis. Univ. S. T. Languedoc. Montpellier, 124 pp. (1978).
- SANZ DE GALDEANO, C.: *Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas*. Est. Geol., 39, 156-165 (1983).
- SANZ DE GALDEANO, C.; ESTÉVEZ, A.; LÓPEZ GARRIDO, A. C., y RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J.: *La fracturación tardía al SW de Sierra Nevada (Terminación occidental del corredor de las Alpujarras. Cordilleras Béticas)*. Estudios Geológicos (en prensa).

Recibido: Mayo 1984.

El vulcanismo alcalino del Triásico Superior de Mallorca (Mediterráneo Occidental)

Por M. NAVIDAD (*) y M. ALVARO (**)

RESUMEN

El Triásico Superior de Mallorca presenta un tramo rojo vulcano-sedimentario inferior y un tramo carbonatado superior.

En ambos existen coladas volcánicas constituidas por basaltos olivínicos espilitizados de afinidad alcalina. Este magmatismo alcalino caracteriza una etapa de «rifting» intracontinental, y es relacionable con las manifestaciones volcánicas del Triás Superior de los Alpes occidentales, la Provenza y Corbières (Sur de Francia).

ABSTRACT

In Majorca (Western Mediterranean), the Upper Triassic has two lithological units. The lower one is a volcanosedimentary red sequence, and the upper one is a shallow-water carbonate sequence. Both have several volcanic flows. The main volcanic rocks are alkaline olivine basalts, often transformed to spilitites. This alkaline magmatism is probably in relationship with an intracontinental rifting zone from western Alps to Betic Ranges, during Upper Triassic times.

RESUME

Le Trias Supérieur de Majorque (Méditerranée occidentale comprend une série rouge inférieure vulcano-sédimentaire et une série supérieure carbonatée. Dans toutes les deux il y a des coulées volcaniques qui sont constituées par des basaltes à olivine spilitisés à affinité alcaline. Ce magmatisme alcalin caractérise un moment de «rifting» intracontinental qui peut être en relation avec les manifestations volcaniques du Trias Supérieur des Alpes occidentales, la Provence et les Corbières (Sud de la France).

CONTEXTO REGIONAL

Los sedimentos triásicos son los más antiguos que afloran en la isla de Mallorca, siendo numerosos los autores que los han reconocido y descrito anteriormente: FALLOT (1922), DARDER (1932), COLOM (1975), MATAILLET y PECHOUX (1975), entre otros.

De manera esquemática el Triásico de Mallorca presenta cuatro unidades litoestratigráficas:

1. «Facies Buntsandstein»

Es un conjunto detrítico constituido por areniscas y limolitas rojas, de más de 500 metros de

(*) Departamento de Petrología, Universidad Complutense de Madrid.

(**) Compañía General de Sondeos, S. A.

potencia. No ha sido datado, y se atribuye al Triásico Inferior.

2. «Facies Muschelkalk»

Se trata de un conjunto formado por dos barras dolomíticas con un nivel rojo intermedio, de 150 a 200 m. de espesor. Hay hallazgos puntuales de fauna marina (lamelibranquios, cefalópodos) que aunque precisan ser revisados permiten atribuir a esta unidad una edad Triásico Medio.

3. «Facies Keuper»

Esta unidad consiste en un conjunto vulcano-clástico y evaporítico constituido por limolitas, margas y areniscas rojas, carniolas, yesos y rocas volcánicas. La importancia de la participación volcánica es variable de unas localidades a otras. No

hay criterios paleontológicos para su datación y su espesor es variable y de difícil estimación, aunque superior a los 150 metros.

4. «Infralías»

Es otro conjunto carbonatado constituido por dolomías, brechas, margas y limolitas, con intercalaciones ocasionales de rocas volcánicas en la Sierra Norte. Su espesor supera los 100 metros en la Sierra Norte y es mayor en la Sierra de Levante. Con frecuencia ha sido confundido con la «facies Muschelkalk» por su similitud litológica, o atribuido al Lías Inferior por su posición sobre la «facies Keuper». En la Sierra Norte de Mallorca BOUTET et al. (1982) han determinado una asociación palinológica que indica una edad Noriense.

Las dos unidades litoestratigráficas inferiores afloran exclusivamente, y de una manera reducida, en la Sierra Norte (fig. 1, en cuadro). Las dos unidades superiores afloran en toda la isla.

La «facies Keuper» es más potente y presenta mayor volumen de rocas volcánicas en el dominio estructural de la Sierra Norte. La unidad comúnmente denominada en la literatura «Infralías» o «Suprakeuper» corresponde a la Formación Felanitx (ALVARO et al., 1984), y presenta intercalaciones volcánicas ocasionales en la Sierra Norte, mientras que en el dominio de la Sierra de Levante aumenta su potencia y carece de rocas volcánicas.

Son escasas las referencias de índole petrológica sobre las rocas ígneas triásicas de Mallorca, pues, aunque su abundancia las hace destacar, las condiciones de afloramiento (masas caóticas embaladas, terrenos muy tectonizados con meteorización muy importante) dificultan su estudio. FALLOT (1922) recogió muestras que fueron estudiadas por LAPPARENT, y concluyó que se trataba de rocas básicas emplazadas mediante erupciones submarinas durante el Triás Medio y Superior, comparables a las espilitas triásicas de los Alpes franceses. MATAILLET y PECHOUX (1975), al estudiar la extremidad SO de la Sierra Norte, diferencian dentro las rocas eruptivas englobadas en el Triás un conjunto de rocas sanas, constituido por coladas y rocas subvolcánicas con composición de basaltos alcalinos (petrografía de M. ROSSY y un análisis de elementos mayores), cuya edad no se atreven a establecer, y otro conjunto de rocas transformadas cuya composición no es posible averiguar y atribuyen al Triásico.

DEL OLMO et al. (1981) y ALVARO et al. (1983) describen por vez primera la serie triásica de Cala Tuent desde el punto de vista petrográfico y sedimentológico (Petrografía de M. AGUILAR).

EL TRIASICO SUPERIOR DE LA SIERRA NORTE

El Triás Superior aflora ampliamente a lo largo de toda la Sierra Norte de Mallorca, generalmente en la base de las unidades alóctonas, cabalgamientos y núcleos de los anticlinales, ya que la «facies Keuper» juega el papel de nivel de despegue regional. Para su estudio se ha seleccionado la sección de Cala Tuent (X: 1.152.000, Y: 602.250, Hoja 38-25), donde se han preservado 250 metros de sedimentos de la «facies Keuper» y la formación Felanitx poco afectados por la tectónica y con buenas exposiciones. La serie estratigráfica de Cala Tuent (fig. 1) presenta dos tramos litológicos:

1. *Tramo rojo inferior*, de unos 130 metros de espesor visible, equivalente a la «facies Keuper», y en el que predominan los materiales de procedencia volcánica. Está constituido por varias coladas masivas de basaltos vacuolares, limolitas y argilitas rojas, areniscas vulcanosedimentarias (cineritas y tufitas basálticas más o menos reelaboradas), carniolas y dolomías, yesoarenitas y costras calcáreas (suelos calcimorfos).
2. *Tramo carbonatado superior*, equivalente a la formación Felanitx o «dolomías tableadas del Infralías», del que se han medido unos 120 metros. Consiste en una alternancia de dolomías, calizas dolomíticas y brechas de colapso con intercalaciones de yesoarenitas, margas, lutitas rojas y verdes y dos niveles de basaltos a techo. Corresponden a secuencias «shallowing upwards».

El tramo rojo inferior es azoico y corresponde a sedimentos depositados en un ambiente continental en relación con un centro de emisión volcánico que aporta coladas y materiales de proyección subaérea. Las intercalaciones evaporíticas, que regionalmente pueden ser muy importantes (potentes masas de yesos) y la evolución vertical de la serie indican la posible relación con un am-

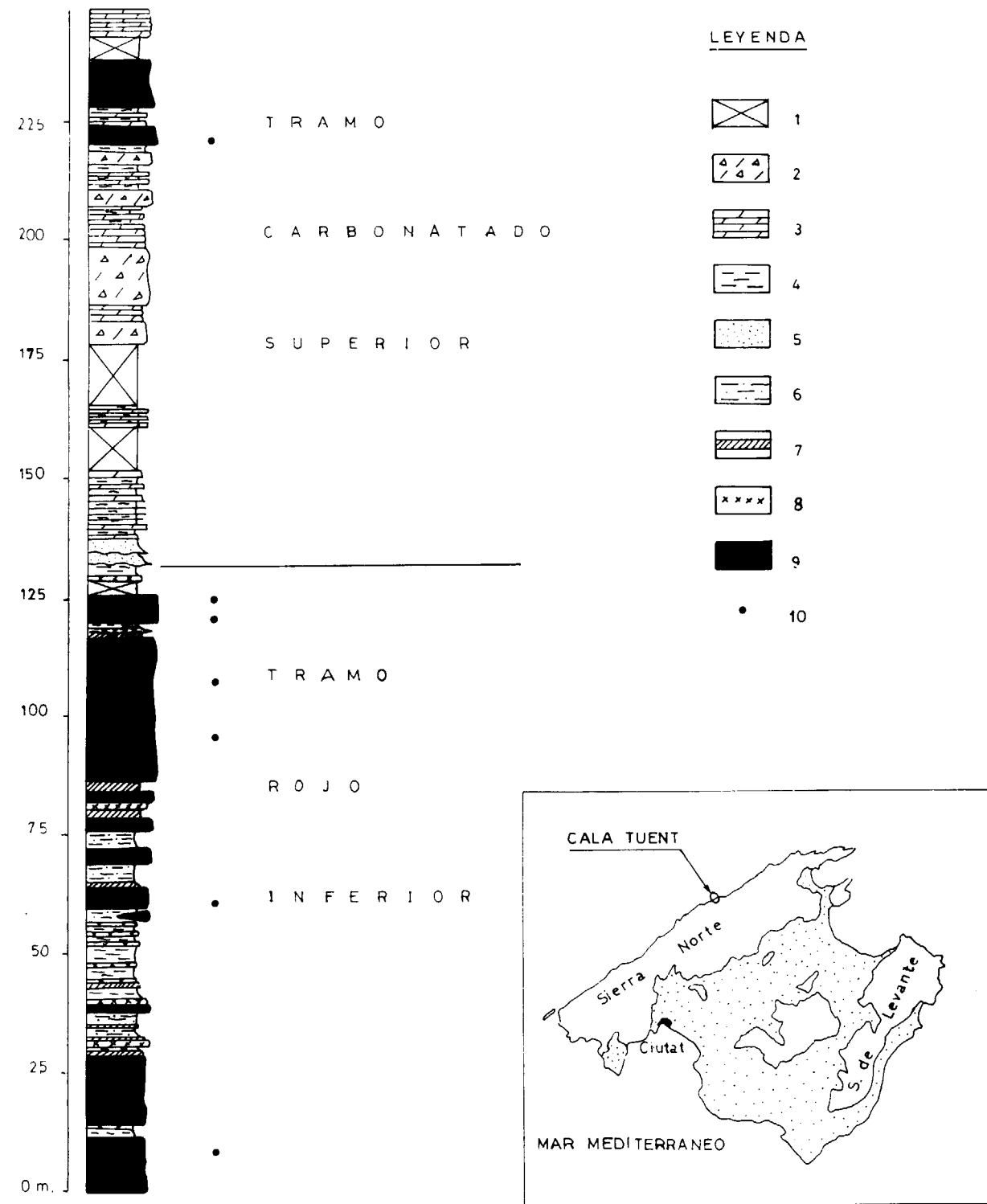


Figura 1.—Sección estratigráfica del Triásico Superior de Cala Tuent, Mallorca. La situación de Cala Tuent se muestra en el encuadre.

Leyenda: 1. Tramo cubierto. 2. Brechas de colapso. 3. Dolomías laminadas y granudas. 4. Arcillas y margas. 5. Areniscas yesíferas. 6. Limolitas arenosas. 7. Suelos calcimorfos. 8. Areniscas vulcanosedimentarias. 9. Coladas basálticas. 10. Muestras para análisis químicos.

biente costero de tipo «sebkha». Los niveles de suelos calcimorfos evidencian períodos de exposición subaérea prolongados. El tramo carbonatado superior corresponde a sedimentos inter y supramareales de una llanura de mareas con un ambiente árido. El emplazamiento de las rocas volcánicas se realiza en condiciones marinas. Generalmente este tramo es azoico, aunque en la zona de Valldemosa, donde no presenta intercalaciones volcánicas, se ha datado mediante pólenes como Noriense (BOUTET et al., 1982).

LOS MATERIALES VOLCANICOS

CONDICIONES DE AFLORAMIENTO

En el *Tramo rojo inferior* es notable la importancia que alcanzan las coladas basálticas, que representan el 60 por 100 del espesor medido en la sección. Los basaltos son de color negro, gris oscuro o rojizo, con abundantes vacuolas. Se disponen en coladas de 3 a 30 metros de espesor, en las que se diferencian de manera irregular basaltos masivos, tobas basálticas, brechas y piroclastos. La separación entre coladas amalgamadas puede estar marcada por zonas afaníticas de enfriamiento y niveles ferruginosos de alteración. Ocasionalmente contienen xenolitos de areniscas de la facies Buntsandstein. Es frecuente la presencia de suelos y nódulos ferralíticos y calcimorfos a techo de las coladas.

En el *Tramo carbonatado superior* la primera colada consiste en basaltos vacuolares verdes y grises, muy alterados. La colada superior son basaltos masivos de grano fino, marrón verdoso. Sus espesores son de 4 y 10 metros respectivamente.

CARACTERES PETROGRAFICOS

El *Tramo rojo inferior*, que constituye la base visible de la serie estudiada, está formado por varias coladas sucesivas (al menos diez) de basaltos picríticos (Pl-Olv) con abundante material piroclástico (tobas aglomeráticas y cineritas) intercalado entre ellas.

El centro de las coladas está formado por basaltos de grano grueso con textura dolerítica típica. Son picritas en las que no se ha observado

clinopiroxeno como fenocristal. La base de las coladas la forman basaltos de grano fino espilitizados en mayor o menor grado, y en ellos desaparece el clinopiroxeno de la matriz.

Hacia el techo de la serie de Cala Tuent y dentro del *Tramo carbonatado superior* existen otras dos coladas de basaltos en las cuales aparece clinopiroxeno como fenocristal junto a la plagioclasa y el olivino.

1. Basaltos picríticos del Tramo rojo inferior

Texturalmente son tipos porfídicos con matriz diabásica intersectal que se hacen más vacuolares hacia el extremo de la colada. Composicionalmente están formados por Pl+Olv+óxidos metálicos, apareciendo el apatito como accesorio.

La plagioclasa es el componente mayoritario de estas rocas. Aparece en grandes cristales tabulares y aciculares formando el entramado de la roca en cuyos huecos cristaliza el olivino u otras fases de carácter deutérico tardío (albita, zeolitas, prenhita, carbonatos). Presentan maclas polisintéticas con ley de Ab, se encuentran reemplazadas por albita y por algo de feldespato potásico. Su composición (tabla III, análisis 1 y 2) es Ab_{80-93} .

El olivino aparece como fenocristal, bien formando glomerofenocristales de tipo idiomórfico entre las plagioclasas, o bien como cristales esqueléticos, corroídos o en punta de flecha. Están iddingsitizados en sus bordes y completamente sustituidos por un agregado fibroso de clorita exfoliada (tabla V, análisis 1, 2 y 3). En los tipos vacuolares no aparece esta sustitución estando el olivino oxidado y reemplazado, al igual que el vidrio y otros pseudomorfos, por óxidos metálicos. Estos, presentan composición de ilmenitas ($Fe^{+3}Ti$) ($Fe^{+2}M_n$) O_3 (tabla IV, análisis 1 y 2), son abundantes y aparecen diseminados por toda la roca; en general son intersticiales y parecen primarios, pero también aparecen como secundarios pseudomorfizando o ferromagnesianos.

Tanto las vacuolas como las cavidades intersectales aparecen en estos basaltos rellenos por fases deutéricas representantes de una importante actividad hidrotermal. Clorita y albita, junto a zeolitas, prenhitas y abundantes carbonatos reemplazan con frecuencia al vidrio cristalizado en dichas cavidades vacuolares. Análisis procedentes de algunas de estas vacuolas (tabla V, núms. 1 a 4) caracte-

rizan a estas fases como cloritas oxidadas (HEY, 1954): $(\text{Si Al})_8 (\text{Al Fe Mn Mg Ca Na})_{12} \text{O}_{28}$, en cuya estructura existe un reemplazamiento de Mg por Al y Mn en posición dioctaédrica ($Y < 12$, DEER et al., 1966) o también como glauconitas (tabla V, núm. 5): $(\text{Si Al})_8 (\text{Fe Mg Al})_{3,5} (\text{K})_{1,5} \text{O}_{20}$, lo que indica que el agua ha jugado un papel importante en la alteración de estos basaltos.

Acumulados. Aparecen de manera ocasional. Están formados exclusivamente por plagioclasa con textura intersecal; las cavidades intersticiales aparecen rellenas por vidrio sustituido casi totalmente por zeolitas.

2. Basaltos con Oliv-Clpx-Pi del Tramo carbonatado superior

Texturalmente corresponden a tipos holocristalinos de grano medio de carácter diabásico y subofítico. En su asociación mineral aparece ya el clinopiroxeno como fenocristal junto al olivino y a la plagioclasa que constituye el entramado principal de la roca; apatito y esfena son abundantes como minerales accesorios.

A diferencia de los basaltos anteriormente descritos, estas rocas se encuentran menos transformadas, aunque también están afectadas por procesos de albitización y cloritización secundarios. Esta alteración se traduce en una albitización de la plagioclasa, que presenta una composición de An_{44-57} (tabla III, análisis 3, 4, 5 y 6). Aparece en microlitos orientados constituyendo la matriz fluidal de la roca y rodeando a los fenocristales de olivino y de clinopiroxeno. Este último está constituido por augita rica en calcio (fig. 2) cuya com-

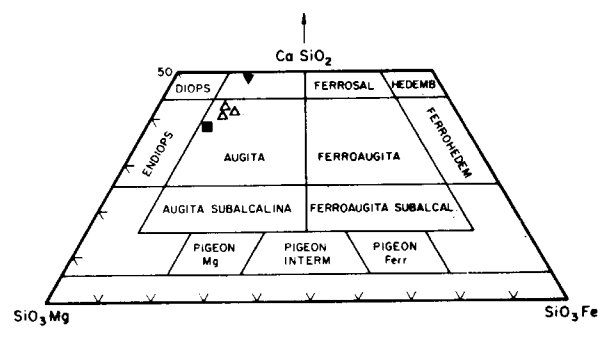


Figura 2.—Diagrama de Hess, H. H. (1949).

posición media corresponde a $\text{Ca}_{40} \text{Mg}_{44} \text{Fe}_{15}$ (tabla II, análisis 1, 2, 3). Se asocia al olivino con disposición en corona, jamás lo incluye, siendo incluido por la plagioclasa; forma pequeños cristales subidiomorfos a veces zonados y maclados. Están relativamente frescos, por lo que su composición será considerada como criterio petrogenético.

Como minerales opacos se encuentra ilmenita primaria $(\text{Fe}^{+3} \text{Ti}) (\text{Fe}^{+2} \text{Mn}) \text{O}_3$ (tabla IV, análisis 3, 4 y 5). Aparece intersticialmente entre las plagioclasas, es abundante y a veces de aspecto esquelético.

En estos basaltos, tanto las vacuolas como las cavidades intersticiales están rellenas por vidrio, que aparece con frecuencia sustituido por clorita y albita; los carbonatos son, sin embargo, muy escasos.

3. Espilitas

Corresponden a los niveles de grano fino, que aparecen en ambos tramos de la serie situados preferentemente en la base de las diferentes coladas.

Texturalmente son basaltos holocristalinos de grano muy fino, algo porfídicos y con matriz fluidal de tipo pilotáxico. Su composición es la misma que la de los basaltos plagioclásico-olivínicos del tramo rojo inferior, pero a diferencia de ellos, presentan clinopiroxeno en su matriz, asociado a olivino, biotita y opacos.

La espilitización secundaria se manifiesta en estos basaltos de grano fino por albitización completa de los microlitos tabulares y aciculares de plagioclasa, cloritización e iddingsitización del olivino y alteración de los ferromagnesianos.

Dentro de estas rocas son abundantes las vacuolas. En ellas y en los intersticios que quedan entre las plagioclasas se encuentran esferulitos procedentes de la desvitrificación del vidrio reemplazados por clorita, zeolitas, albita, carbonatos y prehnita.

4. Productos piroclásticos

Están formados por tobas y cineritas de proyección aérea, que se depositan intercalados entre las diferentes coladas.

Son rocas porfídicas con matriz microcriptocristalina, totalmente sustituida por carbonatos. En ocasiones se reconocen pseudomorfos de olivino totalmente reemplazados por carbonatos y óxidos de hierro, así como laminación de flujo en la matriz cinerítica. Son frecuentes los fragmentos volcánicos en las tobas que aparecen empastados por carbonatos, destacando en ellos olivinos ferruginizados, microlitos de plagioclasa y restos de ferromagnesianos. Juntos a estos fragmentos se engloban clastos de cuarzo policristalinos, mica blanca y anfíbol verde de carácter alcalino incluido en albita, ambos rellenando vesículas.

a) Los basaltos que constituyen esta serie presentan un contenido elevado en Nb y la relación $Y/\text{Nb} \ll 1$. Estos contenidos, junto con la alta proporción de TiO_2 que ellos presentan, los caracterizan como rocas de tipo alcalino.

b) La proyección de estos basaltos en los diagramas de discriminación que utilizan estos autores (op. cit.), para caracterizar los diferentes tipos de series magmáticas se sitúa dentro del campo de las rocas alcalinas (figuras 3 y 4), si bien existe una marcada tendencia de diferenciación en los tramos superiores de la serie que se manifiesta

GEOQUIMICA

Con el fin de caracterizar este vulcanismo y de encuadrarlo dentro de un determinado ámbito geodinámico, se han realizado siete análisis químicos. De ellos, tan sólo en cuatro (tabla I, análisis 1, 3, 5 y 7) se ha obtenido su composición mayoritaria, debido a que la fuerte alteración secundaria (espilitización) que afecta a estas rocas impide considerar sus análisis como datos fiables para el fin perseguido; por ello, únicamente serán considerados como criterio orientativo del grado de espilitización que presentan los materiales volcánicos. Por el contrario, debido a la escasa movilidad que sufren durante los procesos de espilitización y transformación algunos elementos traza (WINCHESTER y FLOYD, 1976), su contenido en estos basaltos será utilizado para caracterizar el magma original y su ámbito geodinámico (tabla I, análisis 1 a 7).

Con la misma finalidad se han obtenido análisis micropuntuales de los clinopiroxenos de los basaltos de una colada situada en el Tramo superior carbonatado de la serie de Cala Tuent (tabla II, análisis 1, 2 y 3); el resto de los análisis puntuales realizados en otras fases minerales constituyentes van dirigidos a obtener una información lo más fidedigna posible de las transformaciones que han sufrido los basaltos.

1. Caracterización del magma original

1. En función de los elementos traza que se comportan como inmóviles durante los procesos de espilitización (WINCHESTER y FLOYD, 1976-77; FLOYD y WINCHESTER, 1975-78) se observa:

TABLA I
Análisis químicos de los basaltos

	1	3	5	7	2	4	6
SiO ₂ ...	42,95	39,00	42,70	49,00			
Al ₂ O ₃ ...	13,91	14,31	13,95	15,32			
Fe ₂ O ₃ ...	10,58	9,50	13,16	11,25			
FeO ...	0,98	4,15	0,99	1,51			
MnO ...	0,05	0,10	0,10	0,10			
MgO ...	11,08	14,10	8,66	4,83			
CaO ...	4,32	2,10	5,22	3,36			
Na ₂ O ...	4,07	2,64	4,23	3,88			
K ₂ O ...	0,26	1,35	0,99	3,47			
TiO ₂ ...	1,85	3,30	1,82	2,11			
P ₂ O ₅ ...	0,49	0,61	0,28	0,34			
CO ₂ ...	3,93	1,37	3,99	0,87			
H ₂ O ...	4,55	6,99	3,93	3,79			
Total ...	99,02	99,52	100,02	99,83			
Ba ...	911	380	277	674	175	184	140
Ce ...	47	68	40	46	59	57	38
Ga ...	13	12	22	16	14	16	17
La ...	37	47	21	30	61	38	13
Nb ...	68	111	53	66	86	64	76
Ni ...	292	142	187	140	259	346	222
Pb ...	13	21	15	19	11	21	10
Rb ...	4	13	7	59	12	21	16
Sr ...	122	201	378	460	171	149	166
Th ...	4	5	4	3	3	7	2
Y ...	34	37	26	25	36	30	33
Zr ...	112	201	155	224	201	127	166
K/Rb ...	539	125	170	49	—	—	—
Y/Nb ...	0,5	0,33	0,49	0,38	0,42	0,47	0,43

Análisis 1 a 6: Basaltos del Tramo Rojo Inferior.
Análisis 7: Basaltos del Tramo Carbonatado Superior.

TABLA II
Composición de los Clinopiroxenos

	1	2	3	Media	Tol.	Alc.
SiO ₂	49,68	50,25	50,42	50,12	51,62	46,66
Al ₂ O ₃	2,38	1,76	2,09	2,08	3,14	5,76
TiO ₂	1,05	1,10	1,33	1,16	0,72	3,21
FeO (*)	6,24	7,19	8,01	7,15	5,63	7,22
Fe ₂ O ₃	1,04	1,21	1,34	1,20	1,25	1,84
MnO	0,15	0,18	0,23	0,19	0,14	0,13
MgO	15,43	15,77	15,05	15,42	17,42	12,18
CaO	20,62	19,71	19,27	19,87	19,45	22,21
Na ₂ O	0,34	0,30	0,38	0,34	0,32	0,81
K ₂ O	0,05	—	0,02	0,02	0,01	0,10
TOTAL	97,68	98,25	99,02	—	99,70	100,12

Fórmula estructural en base a 6 oxígenos

Z:	1	2	3	Media	Tol.	Alc.
Si	1,897	1,912	1,960	1,906	1,894	1,752
Al	0,103	0,079	0,090	0,093	0,106	0,248
Y:						
Al	0,004	—	0,003	—	0,026	0,007
Ti	0,030	0,031	0,038	0,033	0,019	0,091
Fe ³⁺	0,030	0,035	0,038	0,034	0,035	0,052
X:						
Fe ²⁺ (*)	0,199	0,229	0,254	0,227	0,164	0,227
Mn	0,005	0,006	0,007	0,006	0,004	0,004
Mg	0,878	0,894	0,850	0,874	0,960	0,681
W:						
Ca	0,844	0,803	0,782	0,810	0,763	0,893
Na	0,025	0,022	0,028	0,025	0,022	0,059
K	0,002	—	0,001	0,001	—	0,005

Al ₂	5,15	3,97	4,5	4,65	5,3	12,4
Z	2,000	1,991	2,000	1,999	2,000	2,000
WXY	2,17	2,020	2,001	2,010	2,006	2,019
Wo	43,25	40,95	40,64	—	39,70	48,19
En	45,00	45,59	44,18	—	49,94	36,75
F _s	11,74	13,46	15,18	—	10,35	15,06

(*) Deducido del Fe₂ a partir de la relación Fe₂O₃=0,1666 y según CANTHORN and COLLERSON (1974).

Términos finales piroxénicos

	1	2	3
Ac	2,75	2,21	2,89
Jd	—	—	—
CTA	3,00	3,14	3,79
CFA	0,23	1,25	0,93
TCh	2,22	0,17	0,41
Wo	39,27	37,78	36,53
En	43,71	44,58	42,47
Fs	7,48	10,06	12,91
Mg sobr.	1,39	0,82	0,07

TABLA III
Composición de las Plagioclasas

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	66,08	66,06	53,42	55,74	53,29	53,96
Al ₂ O ₃	19,31	20,34	27,97	26,96	28,17	27,76
TiO ₂	0,29	0,09	0,18	0,11	0,17	0,13
Fe	0,53	0,32	0,67	0,88	0,96	0,79
MnO	0,08	0,03	0,03	0,04	0,03	—
MgO	0,59	0,42	—	0,02	0,10	0,26
CaO	0,12	0,16	11,71	9,47	11,39	10,05
Na ₂ O	11,10	9,30	4,57	6,13	4,88	5,52
K ₂ O	0,22	3,34	0,40	0,43	0,36	0,59
TOTAL	98,33	100,06	98,94	99,09	99,35	99,06

Fórmula estructural en base a 32 oxígenos

Si	11,30	11,71	9,80	10,18	9,76	9,88
Al	4,07	4,25	6,05	5,66	6,08	6,00
Fe	0,08	0,05	0,10	0,13	0,15	0,12
Mn	0,01	0,05	—	0,01	—	—
Mg	0,16	0,11	—	—	0,03	0,07
Ca	0,02	0,03	2,30	1,85	2,23	1,97
Na	3,84	3,20	1,63	2,17	1,73	1,96
K	0,05	0,76	0,01	0,10	0,08	0,14
Ti	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Ab	98,11	80,26	40,42	52,64	42,73	48,18
An	0,61	0,75	57,23	44,91	55,18	48,42
Or	1,28	18,99	2,34	2,45	2,09	3,40

Análisis 1, 2: Basaltos picríticos del tramo rojo inferior. Análisis 3, 4, 5, 6: Basaltos microgranudos del tramo carbonatado superior.

TABLA IV
Composición de Ilmenitas

	1	2	3	4	5
SiO ₂	0,02	0,04	0,08	—	—
Al ₂ O ₃	0,05	0,04	—	—	0,05
TiO ₂	48,45	48,30	52,41	51,63	52,29
FeO	40,39	40,12	44,07	43,03	43,87
Fe ₂ O ₃	6,95	7,97	3,63	4,76	3,16
MnO	3,13	3,31	2,98	3,36	3,14
MgO	0,02	—	0,02	—	0,01
CaO	0,05	0,08	0,15	0,10	0,10
Na ₂ O	—	—	0,07	—	—
K ₂ O	—	—	0,01	0,03	—
TOTAL	99,06	99,86	103,42	102,90	102,62

Fórmula estructural en base a 3 oxígenos

Si	0,001	0,001	0,02	—	—
Al	0,002	0,001	—	—	0,001
Fe ³⁺	0,134	0,152	0,067	0,088	0,059
Ti	0,941	0,922	0,963	0,955	0,969
Mg	0,001	—	0,001	—	—
Fe ²⁺	0,863	0,851	0,901	0,885	0,904
Mn	0,068	0,071	0,062	0,070	0,066
Ca	0,001	0,002	0,004	0,003	0,003

Análisis 1, 2: Basaltos picríticos del tramo rojo inferior. Análisis 3, 4, 5: Basaltos microgranudos del tramo carbonatado superior.

TABLA V
Composición de las micas secundarias

	1	2	3	4	5
SiO ₂	28,67	31,05	25,74	35,05	50,86
Al ₂ O ₃	14,11	15,06	12,75	14,54	21,50
Fe ₂ O ₃ (1)	4,23	2,25	5,83	0,16	1,01
FeO	15,34	8,12	21,01	5,04	3,63
MnO	0,09	0,15	0,15	0,14	—
MgO	22,85	26,79	20,15	29,52	8,89
CaO	0,28	0,29	0,34	0,28	0,21
Na ₂ O	0,05	—	0,03	0,03	—
K ₂ O	0,33	—	0,63	0,02	6,71
TiO ₂	0,43	0,17	0,74	—	0,07
TOTAL	86,41	83,93	87,37	84,79	92,87

Fórmula estructural en base a 28 O (sin OH) (2)

Si	5,935	6,269	5,534	6,784	6,288
Al	2,07	1,731	2,466	1,216	1,712
Al	1,37	1,855	0,767	2,103	1,423
Ti	0,067	0,026	0,120	—	0,007
Fe ³⁺	0,664	0,342	0,944	0,023	0,094
Fe ²⁺	2,656	1,371	3,777	0,816	0,375
Mn	0,016	0,026	0,027	0,023	—
Mg	7,049	8,061	6,456	8,515	1,638
Ca	0,062	0,063	0,078	0,058	0,028
Na	0,020	—	0,013	0,011	—
K	0,087	—	0,173	0,005	1,058

(1) Recalculados sobre Fe₂O₃/FeO=1,666.

(2) Fórmula estructural en base a 20 O (sin OH).

Análisis 1, 2, 3, 4: Cloritas (Mg Al Fe Mn Ti)₁₂ (Si Al)₈ O₂₈. Análisis 5: Glauconita (Al, Fe, Mg)_{3,5} (K)_{1,10} (Si Al)₈ O₂₀.

geoquímicamente por un aumento del SiO₂ respecto al índice Nb/Y (figura 4) y del K respecto al Rb (figura 5). En el primer caso dicha correlación constituye también un índice de la alcalinidad de la serie (PEARCE y CANN, 1973), y en el segundo (K/Rb) se observa que, a excepción de la roca 1 situada por debajo de la línea AC, el resto se proyecta en el dominio alcalino. Dicha excepción podría explicarse por el escaso contenido en potasio que presenta el tramo basal de la serie, originado posiblemente por la emigración de este elemento durante el proceso de espilitización.

2. En relación con la naturaleza del piroxeno contenido en estos basaltos se observa que:

a) Su composición (tabla II) comparada con los promedios dados por LE BAS (1962) para piroxenos típicos procedentes de magmas toleíticos (Tol) y alcalinos (Alc) es intermedia entre la de ambos tipos, correspondiendo a augitas próximas a salitas (figura 2), composición que es muy fre-

cuenta en piroxenos procedentes de rocas alcalinas. Su proyección en el diagrama que utiliza dicho autor se sitúa, sin embargo, fuera del campo defi-

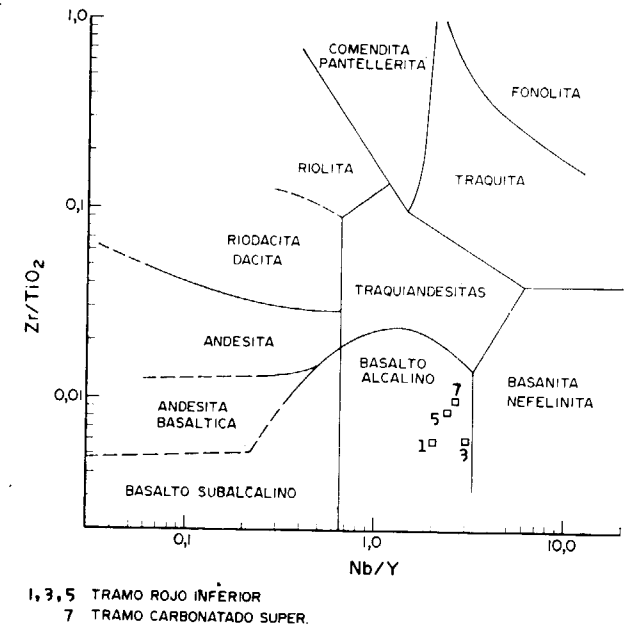


Figura 3.—Diagrama Zr/TiO₂ - Nb/Y (WINCHESTER y FLOYD, 1976).

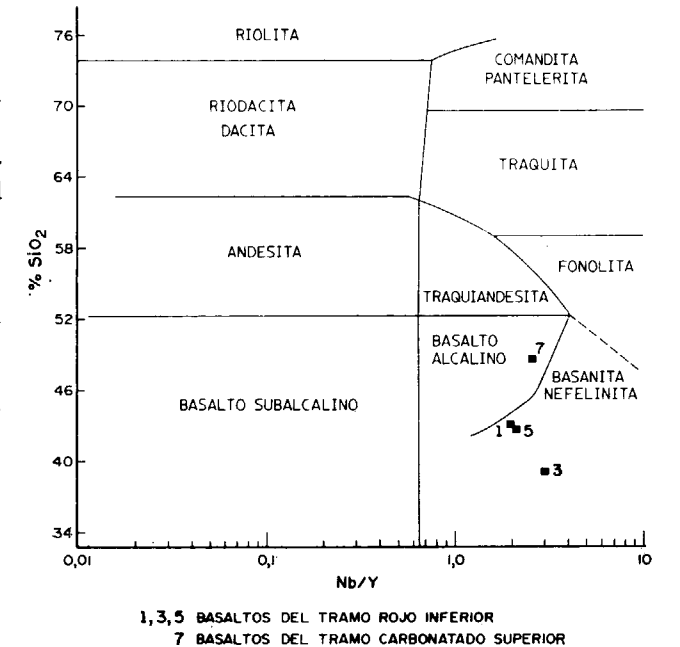


Figura 4.—Diagrama SiO₂ - Nb/Y (WINCHESTER y FLOYD, 1976).

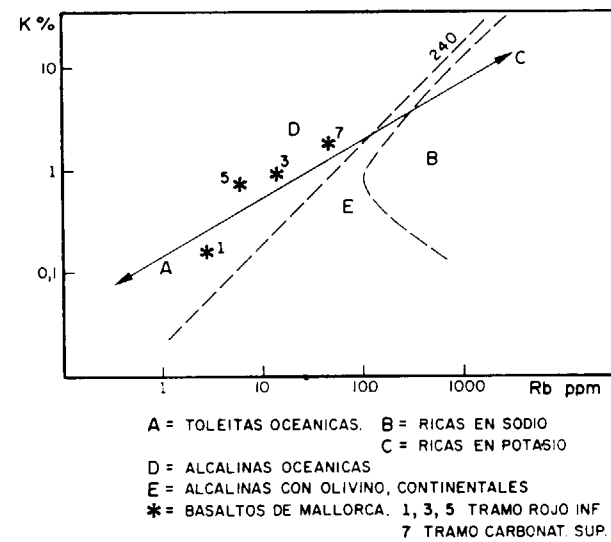


Figura 5.—Diagrama K - Rb (SCHROLL, 1968).

Por otra parte, el índice de coordinación Al_2 utilizado por LE BAS (1962) como un criterio composicional para averiguar la naturaleza de los piroxenos, es en estos piroxenos muy bajo, $Al_2 \approx 4.6$, como sucede en los piroxenos toleíticos. Sin embargo, se diferencia de éstos en que presentan un contenido de titanio mayor ($TiO_2 > 1$ por 100), y en que el sodio aparece en su molécula en forma de acmita (cuadro II, continuación) y nunca como jadeíta, que es lo frecuente en los piroxenos de procedencia toleítica (LE BAS, op. cit.).

A la vista de todos los datos anteriormente expuestos por lo que respecta a los elementos traza y aun con reservas en lo referente a la naturaleza de los piroxenos, parece que lo más lógico es interpretar estos *basaltos* como de *procedencia alcalina*.

2. Ambito Geodinámico

nido para las rocas alcalinas (figura 6), si bien hay que considerar que el promedio tipo que da dicho autor para piroxenos procedentes de magmas alcalinos tampoco se proyecta en el campo definido para rocas alcalinas normales (B), sino que se sitúa en el de las rocas peralcalinas.

1. A partir de la composición global de la roca y en función de los elementos que se comportan como inmóviles (Zr, Ti e Y), se observa que la proyección de estos basaltos en los diagramas de PEARCE y CANN (1973) y PEARCE y NORRY (1979) corresponde, en líneas generales, al dominio de intraplaca (figuras 7 y 8), observándose al

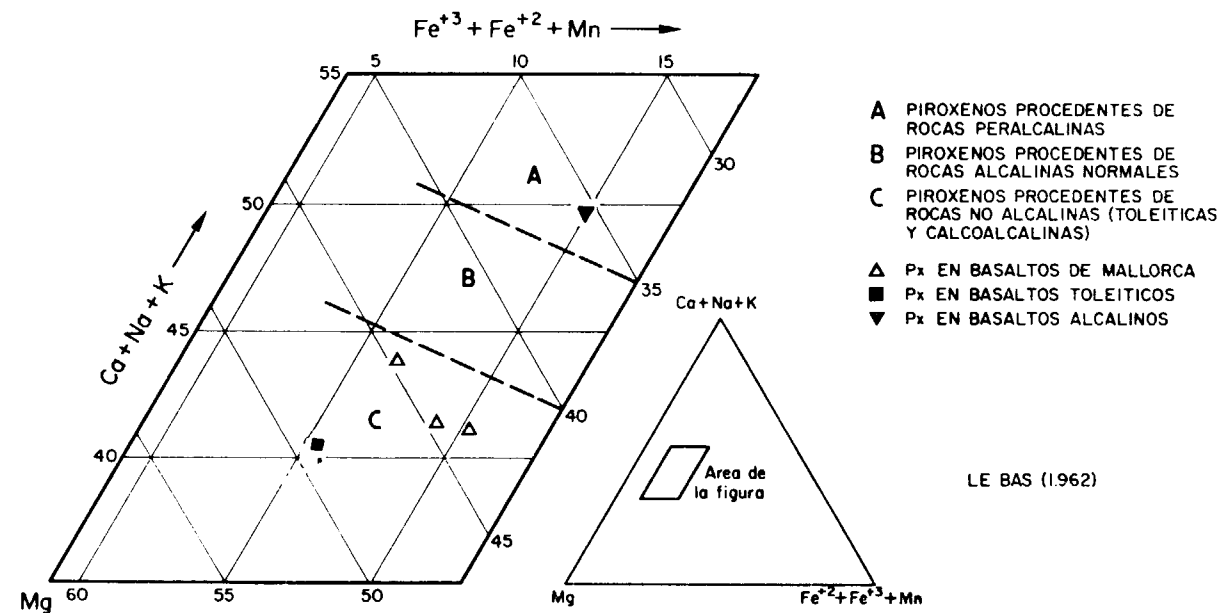


Figura 6.—Diagrama de LE BAS (1962).

mismo tiempo un enriquecimiento progresivo del Zr respecto al Ti, lo que es característico en este tipo de basaltos (op. cit.).

2. La composición de los piroxenos no puede considerarse como un factor decisivo en la determinación del ámbito geodinámico, ya que está en función de las diferentes variables (P_{H_2O} , PO_2 , etc.) que influyen directamente durante su cristalización (WATSON, 1976; CARMICHAEL et al., 1970; VERHOOGEN, 1962; BARBIERI et al., 1971). Sin embargo, NISBET y PEARCE (1977) señalan que las diferencias entre los piroxenos de intraplaca y los procedentes de otros ámbitos geodinámicos reside, al igual que en los magmas, en un contenido más elevado de Ti, Fe y Mn de los primeros con respecto al resto.

Considerando por otra parte que la proyección de los piroxenos estudiados en el diagrama que utilizan estos mismos autores para definir el ámbito geodinámico (figura 9) se sitúa en el dominio definido para los tipos de intraplaca (D) y muy próximo al de los piroxenos de procedencia alcalina (C), pensamos que en base a todos los datos anteriormente expuestos se pueden caracterizar estos basaltos como procedentes de un magma de naturaleza alcalina que habría sido generado en un ámbito de intraplaca.

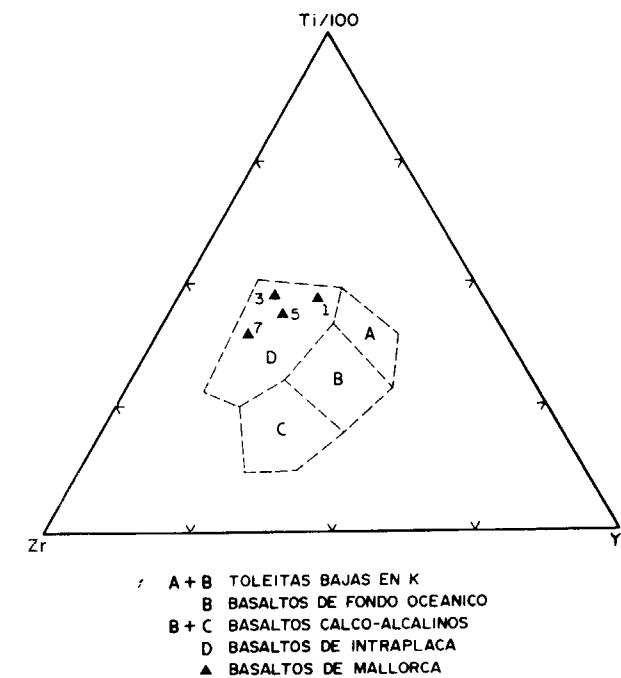


Figura 7.—Diagrama Ti/100 - Zr - Y.3 de PEARCE y CANN (1973).

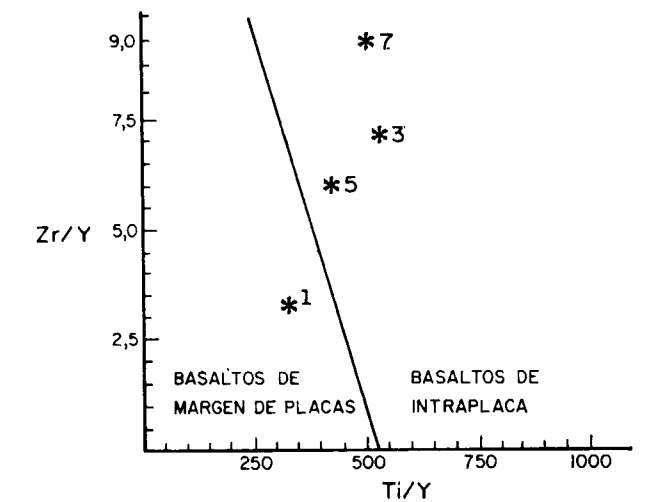


Figura 8.—Diagrama Zr/Y - Ti/Y de PEARCE y CANN (1973).

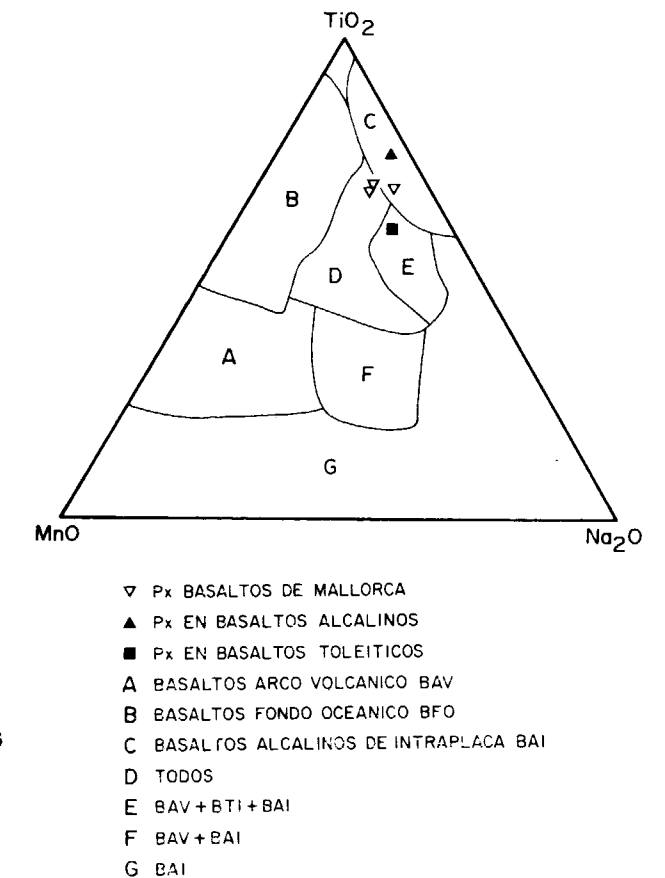


Figura 9.—Diagrama TiO_2 - MnO - Na_2O (NISBET y PEARCE, 1977).

3. Alteraciones secundarias

De los cuatro análisis que se presentan en la tabla I, tres corresponden a los basaltos del Tramo rojo inferior de la serie (análisis 1, 3 y 5) y uno (análisis 7) al Tramo carbonatado superior. Son asimismo representativos de los tipos de grano fino los números 3 y 7 y de las facies de grano grueso los números 1 y 5.

A partir del quimismo que presenta esta serie se deduce que ha sido afectada por dos procesos secundarios: Oxidación y Espilitización.

Oxidación

Geoquímicamente se pone de manifiesto por el elevado contenido de Fe_2O_3 frente a FeO que presentan estos basaltos. Petrográficamente es evidente por la presencia abundante de óxidos de hierro, procedentes de la alteración de ferromagnesianos y por la aparición de cloritas oxidadas reemplazando a olivinos o rellenando vacuolas y cavidades intersticiales. Esta alteración es más patente en el Tramo rojo inferior de la serie.

Espilitización

Es generalizada en toda la serie y se manifiesta con mayor intensidad en el Tramo rojo inferior, particularmente en sus facies de grano fino.

Su balance geoquímico se traduce en la pérdida de K_2O , CaO y SiO_2 con ganancia de Na_2O , MgO , CO_2 y H_2O . El Al_2O_3 no juega aquí un papel preponderante.

Petrográficamente es de destacar la fuerte albitización y cloritización sufrida por estas rocas, que se evidencia en primer lugar por la abundante presencia de albita secundaria en vacuolas, cavidades intersticiales, etc., y por el reemplazamiento total de los fenocristales de plagioclasa primaria (Ab_{80-98} , tabla III); y en segundo lugar por la pseudomorfosis del olivino por agregados de clorita, característicamente exfoliados.

Hidratación y carbonatación son, pues, las características principales de este proceso de espilitización, en el que se pone de manifiesto el importante papel que ha desempeñado una fase fluida tardía en las transformaciones secundarias. Fluidos deutéricos cargados de CO_2 , Na^+ y Mg^{++} serían los responsables, junto con las aguas marinas, no sólo de la albitización y cloritización sufrida

por estas rocas, sino también de la abundante aparición de carbonatos que están reemplazando vacuolas, fisuras y cavidades y diseminados por toda la roca.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las rocas ígneas del Triásico Superior de la Sierra Norte de Mallorca se caracterizan por ser rocas de composición basáltica predominantemente efusivas, más exactamente basaltos olivínicos de afinidad alcalina, que aparecen fuertemente espilitizadas, y que se emplazaron en el contexto de un régimen distensivo intracontinental.

Por su composición, carácter y modo de yacimiento presentan grandes analogías con las vulcanitas de la misma edad descritas en el extremo oriental de los Pirineos (Corbières), Provenza y Alpes occidentales (Delfinado y zona brianconesa) (VATIN-PERIGNON et al., 1972; BEBIEN y GAGNY, 1980; AZAMBRE y ROSSY, 1981), mientras que muestran sensibles diferencias (emplazamiento subvolcánico, carácter toleítico) con las rocas ígneas triásicas («ofitas») del norte (Pirineos) y centro de la Península Ibérica (LAGO y POCOVI, 1980, 1982, 1984a; AZAMBRE et al., 1981) y del sur de Francia (BEBIEN y GAGNY, 1980; VATIN-PERIGNON et al., 1972) (figura 10).

Las relaciones temporales entre ambos conjuntos de rocas ígneas no pueden establecerse por el momento, y aunque la existencia de rocas espilitizadas en los niveles de carbonatos del «Infralías» de la Cordillera Ibérica (LAGO y POCOVI, 1984b) podría indicar un solapamiento espacial de dos procesos encadenados temporalmente, el inicio de la sedimentación carbonatada no debe considerarse como una referencia temporal.

En este contexto es muy atractiva la posibilidad de diferenciar, dentro del marco general del magmatismo triásico, una provincia toleítica ligada al Atlántico Central (Norteamérica, Meseta Ibérica, Norte de África) y una provincia alcalina ligada al margen europeo del Tethys occidental (figura 10).

El magmatismo alcalino caracteriza la etapa de «rifting» intracontinental del Triásico Superior en el borde meridional de la placa europea, a lo largo de una banda que se extiende desde los Alpes occidentales hacia las Cordilleras Béticas próxima a la futura línea de apertura del océano

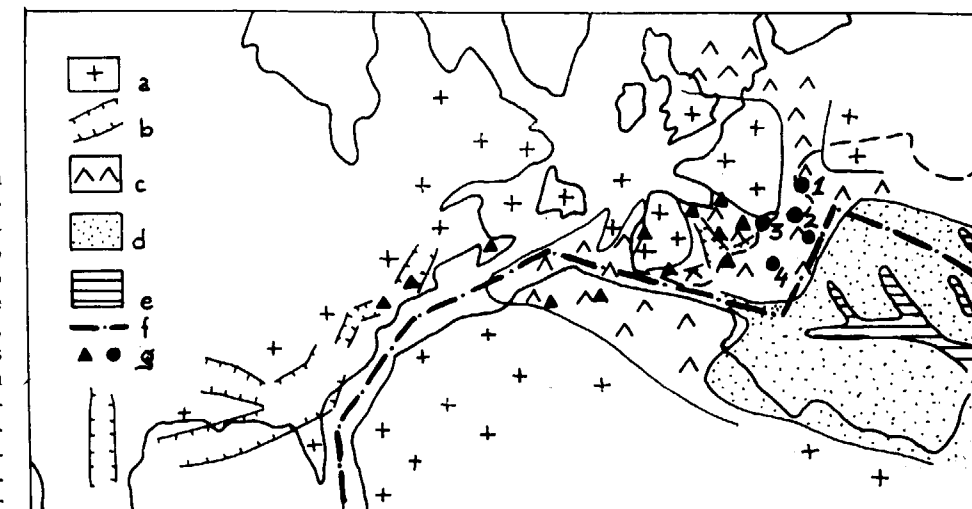


Figura 10.—Reconstrucción palinspática de la paleogeografía del Triásico Superior en el Mediterráneo occidental y el Atlántico central (modificado de BERNOULLI y LEMOINE, 1980). Símbolos: a. Áreas continentales con erosión o sedimentación continental local. b. Fosas con sedimentación clástica continental. c. Áreas ocasionalmente inundadas por el mar, incluyendo depósitos evaporíticos importantes. d. Cuencas muy subsidentes con depósitos potentes de carbonatos de plataforma. e. Cuencas principales con facies de aguas profundas. f. Posición de la línea de apertura del Tethys jurásico. g. Rocas volcánicas e intrusivas (diques y sills) de edad Triásico Medio-Superior. Los círculos corresponden al vulcanismo alcalino de los Alpes (Delfinado y zona brianconesa) (1), Provenza (2), Corbières (3) y Mallorca (4).

ligur-piamontés durante el Jurásico (ofiolitas), en contraste con el magmatismo toleítico que caracteriza la apertura del Atlántico Central. La actividad ígnea parece manifestarse bastante tiempo después (20 ó 30 m.a.) de iniciarse el proceso de «rifting» en el Triásico Inferior.

AGRADECIMIENTOS

Los datos de campo para la realización de este trabajo se han obtenido durante el levantamiento del Mapa Geológico a escala 1:50.000 (MAGNA) de Mallorca para el IGME, realizado por CGS, S. A. Agradecemos a ambas instituciones la autorización y las facilidades prestadas para su realización, en especial en las personas de A. Barnolas (IGME), P. del Olmo (CGS) y J. Ramírez del Pozo (CGS).

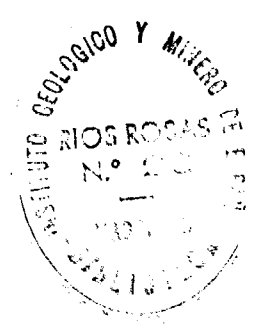
Los análisis mediante microsonda electrónica se han realizado en el Laboratorio de Geocronología asociado al CNRS de Clermont-Ferrand (Francia). Nuestro agradecimiento para el director de dicho centro, Y. Viallette, que nos ha permitido realizar dicho estudio, así como a la Dra. Soledad Fernández Santín, del Departamento de Petrología de la Universidad de Madrid, por su valiosa ayuda en la elaboración y discusión de los datos.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARO, M.; DEL OLMO, P.; RAMÍREZ, J., y NAVIDAD, M.: *Facies vulcanosedimentarias en el Trias Superior de la Sierra Norte de Mallorca*. Com. X Congr. Nac. Sedim. Menorca, pp. 6.27-2.28 (1983).
- ALVARO, M.; BARNOLAS, A.; DEL OLMO, P.; RAMÍREZ DEL POZO, J., y SIMO, A.: *Estratigrafía del Jurásico*. En Sedimentología del Jurásico de Mallorca. Libro Guía de la Excursión. editor A. Barnolas, 263 pp., Palma de Mallorca (1984).
- AZAMBRE, B., y ROSSY, M.: *Caractere alcalin du magmatisme triasique des Corbières orientales*. Bull. Soc. Geol. France (7), 23 (3), 253-262 (1981).
- AZAMBRE, B.; ROSSY, B., y ELLOY, R.: *Les dolérites triasiques (ophitas) des Pyrénées: données nouvelles fournies par les sondages pétroliers en Aquitaine*. Bull. Soc. Géol. France (7), 23 (3): 263-269 (1981).
- BARBIERI, F.; BIZOUARD, H., y VARET, J.: *Nature of the clinopyroxene and iron enrichment in alkalic transitional basaltic magmas*. Contr. Miner. and Petrol., 33: 93-107 (1971).
- BEBIEN, J., y GAGNY, C.: *Volcanites du Précambrien au Crétacé et leurs signification géostructurale*. En *Géologie de la France*, Mém. BRGM, núm. 107, pp. 99-135 (1980).
- BERNOULLI, D., y LEMOINE, M.: *Birth and early evolution of the Tethys: the overall situation*. En *Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys*. Mém. BRGM, número 115, pp. 169-179 (1980).
- BOURROUILH, R.: *Stratigraphie, sédimentologie et tectonique de l'île de Menorque et du l'île de Majorque (Baléa-*

- res). Thèse de doctorat en sciences. Trav. Lab. Médit. Ass. CNRS et Dpt. Geol. Struct. Univ. Paris VI (1973).
- BOUTET, C.; RANGHEARD, Y.; ROSENTHAL, P.; VISSCHER, H.; DURAND DELGAS, M.: *Découverte d'une microflore d'âge Norien dans la Sierra Norte de Majorque (Baléares, Espagne)*. C. R. Acad. Sc. Paris, 294: 1267-1270 (1982).
- CARMICHAEL, T.; NICHOLS, S., y SMITH, A. L.: *Silica activity in igneous rocks*. Am. Mineralogist, 55: 246-263 (1970).
- COLOM, G.: *Geología de Mallorca*. Dip. Prov. Baleares. Hist. Estud. Balearicos, CSIC, 2 vols., 522 pp. (1975).
- DARDER, B.: *Mapa geológico de las Sierras de Levante de la isla de Mallorca, escala 1:50.000*. Editado por la Excma. Dip. Prov. de Baleares (1932).
- DEER, W. A.; HOWIE, R., y ZUSSMAN, J.: *An introduction to the rock forming minerals*. Ed. Longman (1966).
- DEL OLMO, P.; ALVARO, M.; BATLLE, A., y RAMÍREZ DEL POZO, J.: *Mapa geológico de España a escala 1:50.000 (Magna)*. Hoja núm. 38-25 y 39-25, *La Calobra-Pollensa*. IGME (en prensa) (1981).
- FALLOT, P.: *Etude géologique de la Sierra de Majorque*. Thèse Paris et Liege, 480 pp. (1922).
- FLOYD, P. A., y WINCHESTER, J. A.: *Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements*. Earth and Planetary Sci. Letters., 27: 211-218 (1975).
- FLOYD, P. A., y WINCHESTER, J. A.: *Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements*. Chemical Geology, 21: 291-306 (1978).
- HEY, M. H.: *A new review of the chlorites*. Min Mag., 30: 277 (1954).
- LAGO, M., y POCOVI, A.: *Observaciones petrográficas y tectónicas sobre las ofitas del área de Aulet (Prepirineo meridional, provincia de Huesca)*. Acta Geol. Hisp., 15 (5): 141-151 (1980).
- LAGO, M., y POCOVI, A.: *Nota preliminar sobre la presencia de estructuras fluidales en las ofitas del área de Estopiñán (prov. de Huesca)*. Acta Geol. Hisp., 17 (4): 227-233 (1982).
- LAGO, M., y POCOVI, A.: *Aspectos geológicos y petrológicos de las doleritas triásicas (ofitas) de Cantabria*. Com. I Congr. Esp. Geología, tomo 2, pp. 147-160 (1984a).
- LAGO, M., y POCOVI, J.: *Las espilitas del área del Moncayo (Zaragoza-Soria): caracteres geológicos y petrológicos*. Com. I Congr. Esp. Geología, tomo 2, pp. 161-176 (1984b).
- LE BAS, M. J.: *The role of the aluminium igneous clinopyroxenes with relation to their parentage*. Am. Jour. Sc., 260: 267-288 (1962).
- MATAILLET, R., y PECHOUX, J.: *Etude géologique de l'extrémité occidentale de la Sierra Nord de Majorque (Baléares, Espagne)*. These Fac. Sciences et Techniques de l'Univ. de Franche-Comté, 161 pp. (1975).
- NISBET, R., y PEARCE, A. A.: *Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic setting*. Contrib. Miner. Petrol., 63: 161-173 (1977).
- PEARCE, S. A., y CANN, J. R.: *Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis*. Earth Planetary Sci. Letters, 19: 290-300 (1973).
- PEARCE, S. A., y NORRY, M. S.: *Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks*. Contr. Miner. Petrol. 69: 33-47 (1979).
- VATIN-PERIGNON, N.; JUTEAU, T., y LE FORT, P.: *Les filons du massif du Pelvoux (Alpes Occidentales françaises)*. Geol. Alpine, 48: 207-227 (1972).
- VERHOOGEN, J.: *Distribution of titanium between silicates and oxides in igneous rocks*. Am. Jour. Sci., 260: 211-220 (1962).
- WATSON, E. B.: *Two liquid partition coefficients: experimental data and geochemical implications*. Contrib. Miner. Petrol., 56: 119-134 (1976).
- WINCHESTER, J. A., y FLOYD, P. A.: *Geochemical magma type discrimination: Application to altered and metamorphosed basic igneous rocks*. Earth Planetary Sc. Letters, 28: 459-469 (1976).
- WINCHESTER, J. A., y FLOYD, P. A.: *Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements*. Chem. Geol., 20: 325-343 (1977).

Recibido: Diciembre 1984.



Geología, Mineralogía y Metalogénia del yacimiento de Aznalcóllar. Parte III. Metalogénia.

Por J. SIERRA (*), A. ARRIBAS (**) y P. GUMIEL (***)

R E S U M E N

En este trabajo se estudian algunas importantes estructuras sedimentarias del yacimiento de Aznalcóllar, principalmente las que están relacionadas con la formación de lóbulos de turbiditas piríticas. En base a estos datos y a los caracteres petrológicos, mineralógicos, estructurales y geoquímicos descritos en anteriores trabajos, se propone un modelo genético. De acuerdo con él, Aznalcóllar es un yacimiento estratiforme, exhalativo-sedimentario, polimetálico y proximal, aunque no directamente enraizado en un foco volcánico, del tipo Kuroko.

S U M M A R Y

Some important sedimentary structure of the Aznalcollar ore deposit are studied in this paper, namely those related with the development of pyrite turbidite lobes. Based on these data and on the petrological, mineralogical, structural and geochemical features described in previous papers, a genetic model is proposed. According to it, Aznalcollar is a stratiform, exhalative-sedimentary, pollymetallic and proximal ore deposit of the Kuroko type.

1. INTRODUCCION

Este artículo constituye la tercera y última parte de una serie de trabajos sobre el yacimiento de Aznalcóllar. En el primero (SIERRA, 1984a), se han descrito las características litoestratigráficas y estructurales del yacimiento. La paragénesis y sucesión mineral han quedado reflejadas en el segundo (SIERRA, 1984b). Finalmente, en este último trabajo se propone un modelo genético para explicar el origen de la mineralización de Aznalcóllar.

2. EL YACIMIENTO DE AZNALCOLLAR

El yacimiento de Aznalcóllar, una de las mineralizaciones estratiformes de sulfuros masivos más importantes de la Faja Pirítica Ibérica, está constituido por más de un 60 por 100 de sulfuros, prin-

cipalmente pirita, acompañada de cantidades variables de esfalerita, galena, calcopirita y sulfosales de Fe, Cu, Pb y Ag.

Aznalcóllar, al igual que otros yacimientos de esta clase existentes en el mundo (ANDERSON, 1969; SANGSTER, 1972; HUTCHINSON, 1973 y 1980), muestra como ellos una serie de características petro-tectónicas, mineralógicas y geoquímicas bien definidas.

Por otra parte, de los tres tipos principales de mineralización que caracterizan a los yacimientos de la Faja Pirítica —lentejones masivos, sulfuros bandeados y «stockworks»—, en Aznalcóllar sólo se encuentran los dos primeros, ya que el llamado allí «stockwork» (HOFSTETTER, 1980) corresponde, con toda probabilidad, a una removilización tectónica del cobre del Filón Silillos.

En síntesis, en el yacimiento de Aznalcóllar, y de Sur a Norte (figs. 1 y 2), aparece una potente formación de riolitas que constituye el llamado «Cerro de la Felsita». Sigue a continuación un tramo de pizarras carbonosas y tobas dacíticas vacuolares que sirve de base a la masa de pirita

(*) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad C. C. Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

(**) Dpto. de Geología. Universidad Salamanca.

(***) IGME.

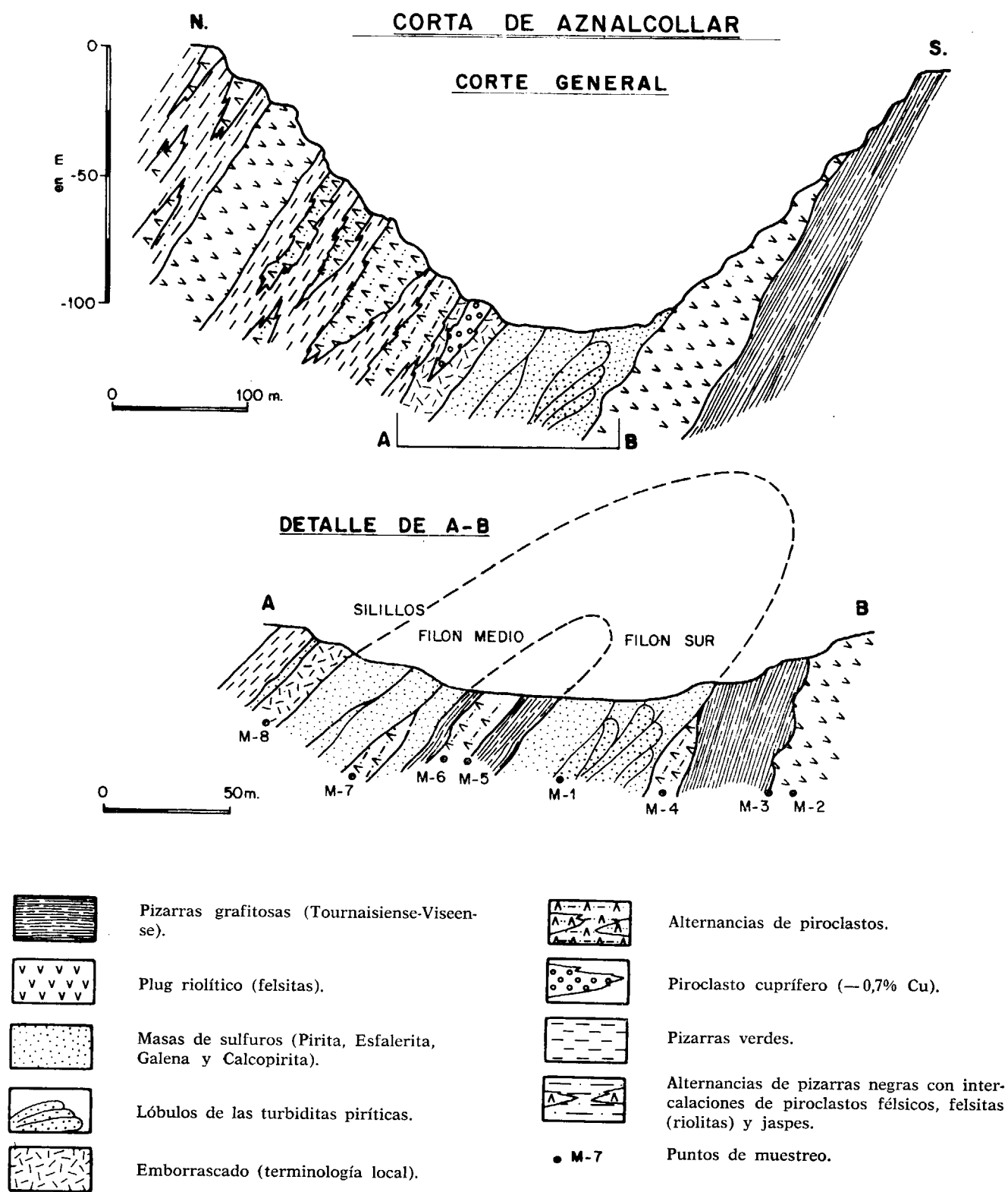


Figura 1.—Corte esquemático generalizado de Aznalcóllar.

masiva denominada «Filón Sur». A esta primera masa de pirita sigue una serie alternante de rocas piroclásticas, con diferente tamaño de grano y ocasionalmente con sulfuros diseminados, que constituye el muro de la segunda masa de pirita, la denominada «Filón Medio. A continuación, se encuentra otro tramo de materiales piroclásticos que separa a esta segunda masa del llamado «Filón Silillos». Por encima se encuentra una zona de transición mena-estéril, y finalmente una serie alternante de pizarras negras con intercalaciones de piroclastos félsicos, riolitas y jaspes (SIERRA, 1984a).

El Filón Sur muestra, en detalle, una estructura muy característica, constituida por los frentes de varios lóbulos turbidíticos de pirita superpuestos (fig. 3). Estos lóbulos están separados entre sí por intercalaciones de materiales lutíticos, ricos en materia carbonosa, que reflejan las condiciones euxínicas del medio de sedimentación (fig. 4). Además, los lóbulos presentan una serie de criterios de flanco, entre otros, granoselección (fig. 5), que vienen a confirmar la situación de los mismos en el flanco inverso de un anticlinal, vergente al sur, correspondiente a la primera fase de deformación hercínica (fig. 6). Este hecho, y el que dichos lóbulos constituyan la parte final, engrosada, de sucesivos deslizamientos de lodos piríticos, hace que, en el afloramiento, los lóbulos parezcan abrirse en abanico (fig. 7).

3. EL ORIGEN DEL YACIMIENTO

3.1. Generalidades

Durante la década de los 60, las teorías de reemplazamiento hidrotermal e inyección magmática con las que se trataba de explicar el origen de este tipo de yacimientos fueron abandonadas para dar paso a la volcano-sedimentaria, hoy la más aceptada. Según esta teoría, los yacimientos estratiformes de sulfuros están relacionados con las etapas finales, exhalativas, de ciertos procesos volcánicos submarinos, estudiados, entre otros autores, por ØFTHEDAL, 1958; AMSTUTZ, 1962; KINKEL, 1966; ANDERSON, 1969; HORIKOSHI, 1969; SCHERMERHORN, 1970, y HUTCHINSON, 1973.

ØFTHEDAL (1958) consideró que las exhalaciones estaban formadas únicamente por emanaciones ga-

Figura 2.—Vista del extremo oriental de la corta de Aznalcóllar en una sección transversal al núcleo del anticlinal volcado, vergente al sur, que contiene la mineralización. Aquí, de derecha a izquierda y entre rocas piroclásticas, se ven sucesivamente los lóbulos piríticos del Filón Sur, el Filón Medio y parte del Filón Silillos.

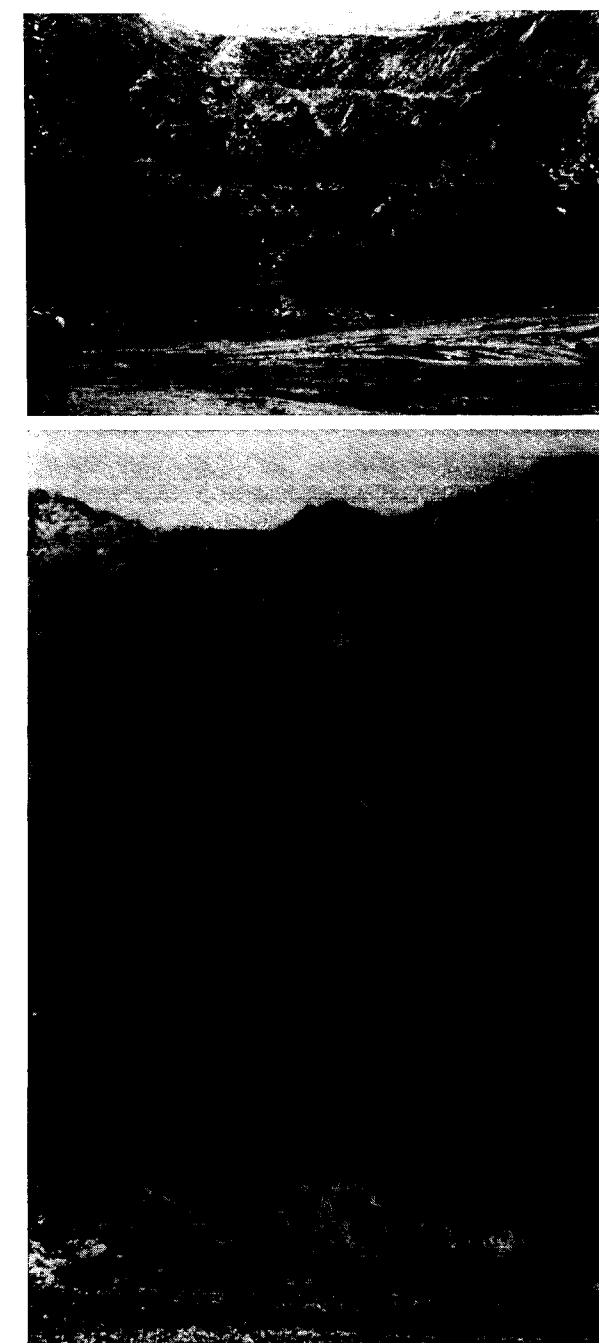


Figura 3.—Detalle de los lóbulos turbidíticos que constituyen el Filón Sur, situado en el flanco inverso del anticlinal de Aznalcóllar.

masiva denominada «Filón Sur». A esta primera masa de pirita sigue una serie alternante de rocas piroclásticas, con diferente tamaño de grano y ocasionalmente con sulfuros diseminados, que constituye el muro de la segunda masa de pirita, la denominada «Filón Medio. A continuación, se encuentra otro tramo de materiales piroclásticos que separa a esta segunda masa del llamado «Filón Silillos». Por encima se encuentra una zona de transición mena-estéril, y finalmente una serie alternante de pizarras negras con intercalaciones de piroclastos félsicos, riolitas y jaspes (SIERRA, 1984a).

El Filón Sur muestra, en detalle, una estructura muy característica, constituida por los frentes de varios lóbulos turbidíticos de pirita superpuestos (fig. 3). Estos lóbulos están separados entre sí por intercalaciones de materiales lutíticos, ricos en materia carbonosa, que reflejan las condiciones euxínicas del medio de sedimentación (fig. 4). Además, los lóbulos presentan una serie de criterios de flanco, entre otros, granoselección (fig. 5), que vienen a confirmar la situación de los mismos en el flanco inverso de un anticlinal, vergente al sur, correspondiente a la primera fase de deformación hercínica (fig. 6). Este hecho, y el que dichos lóbulos constituyan la parte final, engrosada, de sucesivos deslizamientos de lodos piríticos, hace que, en el afloramiento, los lóbulos parezcan abrirse en abanico (fig. 7).

3. EL ORIGEN DEL YACIMIENTO

3.1. Generalidades

Durante la década de los 60, las teorías de reemplazamiento hidrotermal e inyección magmática con las que se trataba de explicar el origen de este tipo de yacimientos fueron abandonadas para dar paso a la volcano-sedimentaria, hoy la más aceptada. Según esta teoría, los yacimientos estratiformes de sulfuros están relacionados con las etapas finales, exhalativas, de ciertos procesos volcánicos submarinos, estudiados, entre otros autores, por OFTHEDAL, 1958; AMSTUTZ, 1962; KINKEL, 1966; ANDERSON, 1969; HORIKOSHI, 1969; SCHERMERHORN, 1970, y HUTCHINSON, 1973.

OFTHEDAL (1958) consideró que las exhalaciones estaban formadas únicamente por emanaciones ga-

Figura 2.—Vista del extremo oriental de la corta de Aznalcóllar en una sección transversal al núcleo del anticlinal volcado, vergente al sur, que contiene la mineralización. Aquí, de derecha a izquierda y entre rocas piroclásticas, se ven sucesivamente los lóbulos piríticos del Filón Sur, el Filón Medio y parte del Filón Silillos.

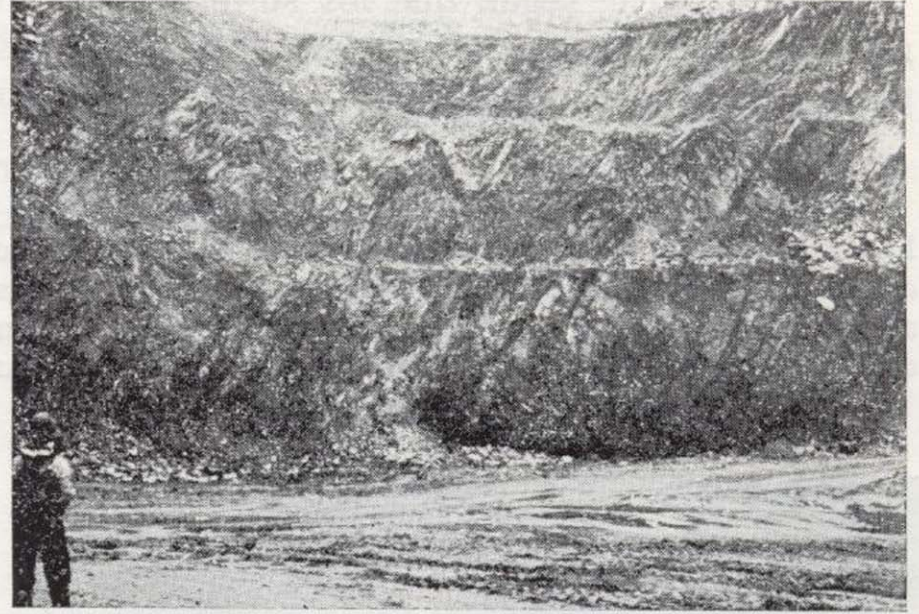


Figura 3.—Detalle de los lóbulos turbidíticos que constituyen el Filón Sur, situado en el flanco inverso del anticlinal de Aznalcóllar.

seosas. Posteriormente, ante la dificultad de explicar que una cantidad significativa de metales fuera transportada tan sólo por vapores volcánicos, se admitió que las exhalaciones podrían estar constituidas también por gases y líquidos.

Por otra parte, según que los sulfuros sean inmiscibles, y se concentren, o miscibles, y se dispersen, en el agua del mar (SATO, 1976), se pueden

Figura 4.—Detalle de la figura anterior en el que se aprecian, aparte de las finas intercalaciones de lutitas negras, acorde con el ambiente reductor que imperaba en la cuenca de sedimentación, el bandeado formado por los sulfuros de hierro, zinc y plomo.

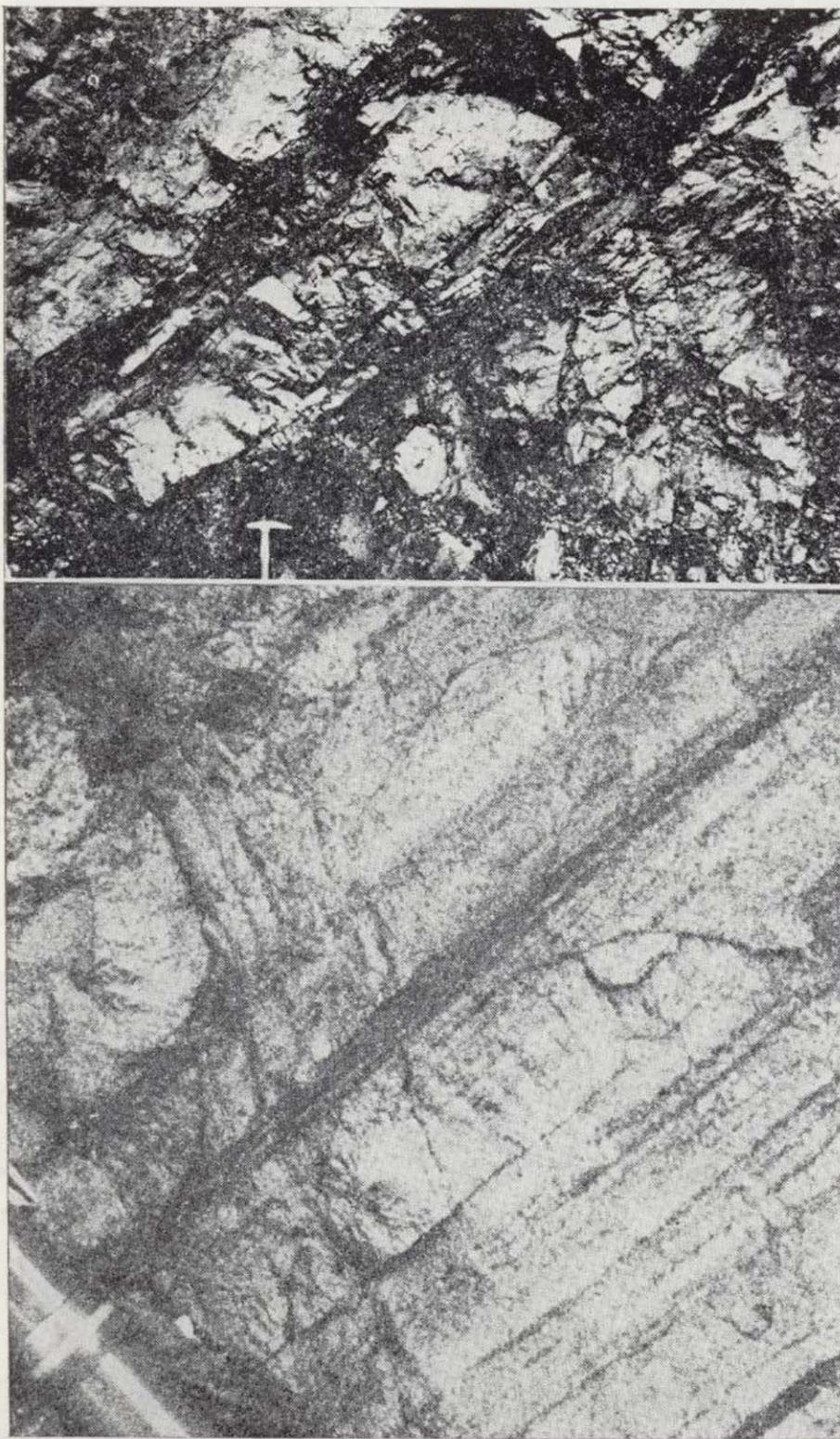


Figura 5.—Sedimentación graduada, en este caso invertida, de los lóbulos turbidíticos señalados por el martillo en la figura 4.

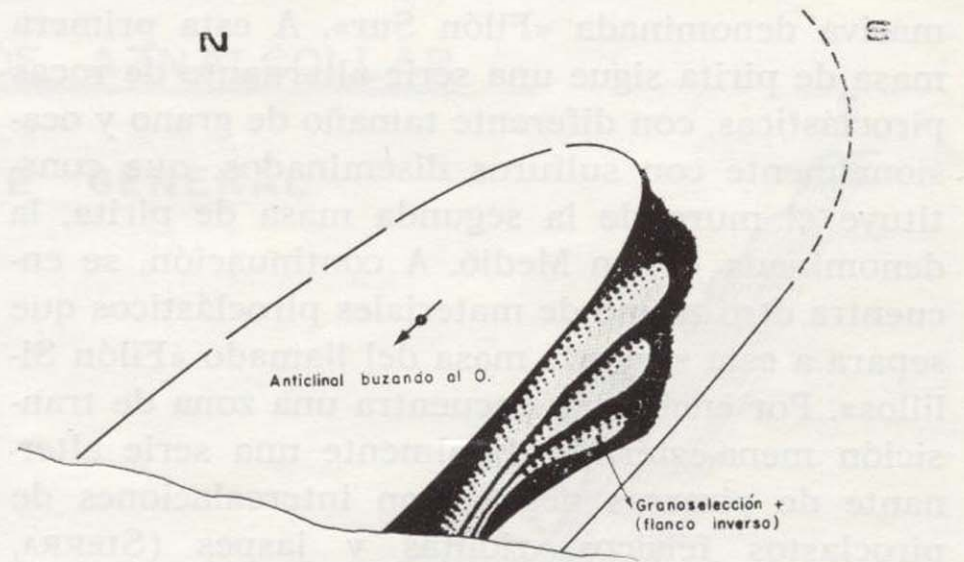


Figura 6.—Disposición de los lóbulos turbidíticos de pirita en el flanco inverso del anticlinal de Aznalcóllar.

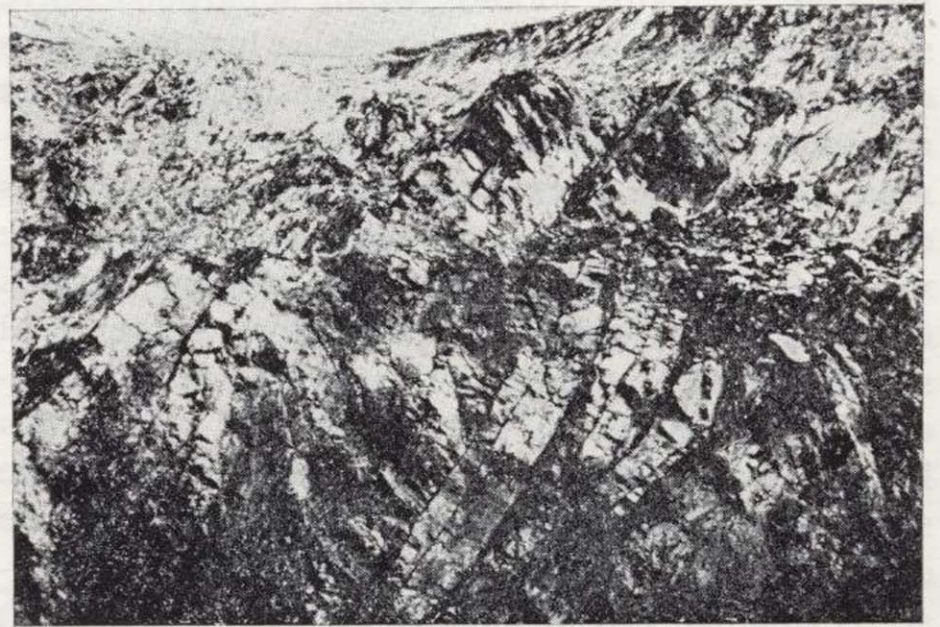


Figura 7.—Un aspecto de los tres lóbulos de pirita del Filón Sur, en el que se observa su disposición en abanico.

formar dos tipos diferentes de depósitos exhalativos. En el primer caso, los sulfuros se depositan en la proximidad de los orificios de salida; en el segundo, los iones enriquecen progresivamente el agua del mar hasta sobresaturarla, precipitando entonces y dando lugar a concentraciones más alejadas de los focos emisores.

Estos dos tipos de depósito han sido utilizados en el modelo empírico establecido por LARGE (1977) quien, siguiendo la nomenclatura de RIDLER (1973), denominó yacimientos proximales a los del primer tipo, y distales a los del segundo. Estos términos se refieren principalmente a la distancia relativa de las mineralizaciones con respecto a los orificios de salida, tal y como se reflejaba ya en los mo-

seosas. Posteriormente, ante la dificultad de explicar que una cantidad significativa de metales fuera transportada tan sólo por vapores volcánicos, se admitió que las exhalaciones podrían estar constituidas también por gases y líquidos.

Por otra parte, según que los sulfuros sean inmiscibles, y se concentren, o miscibles, y se dispersen, en el agua del mar (SATO, 1976), se pueden

Figura 4.—Detalle de la figura anterior en el que se aprecian, aparte de las finas intercalaciones de lutitas negras, acorde con el ambiente reductor que imperaba en la cuenca de sedimentación, el bandeado formado por los sulfuros de hierro, zinc y plomo.

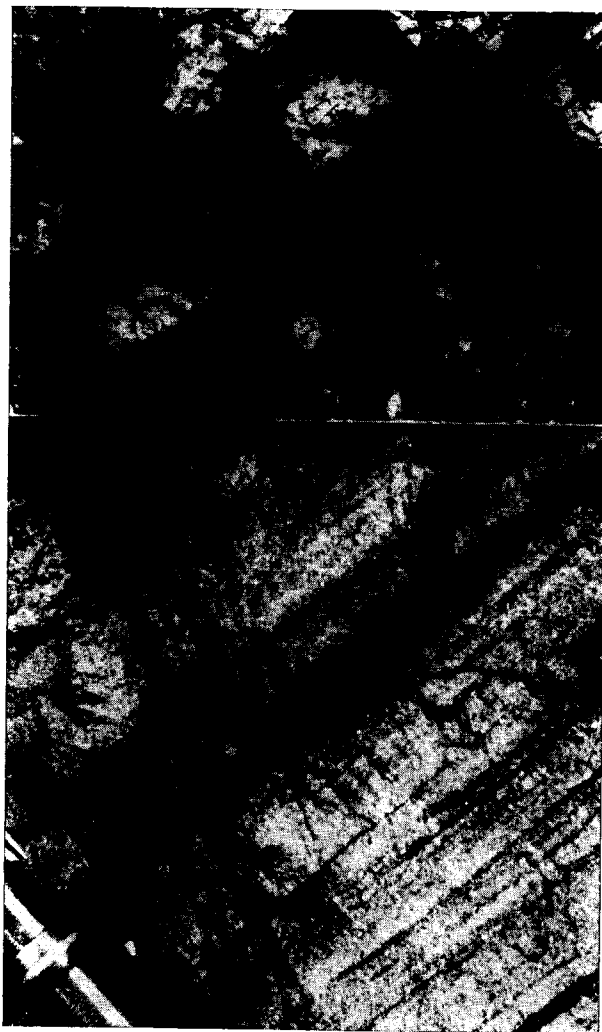


Figura 5.—Sedimentación graduada, en este caso invertida, de los lóbulos turbidíticos señalados por el martillo en la figura 4.

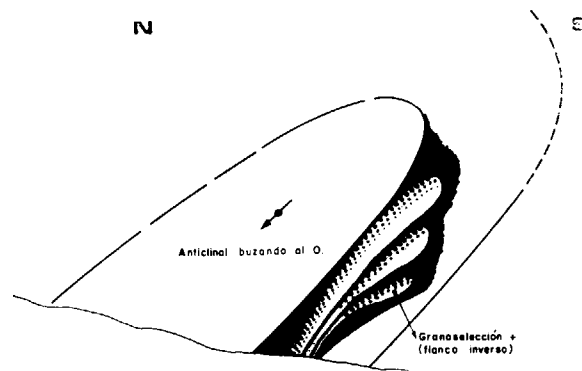


Figura 6.—Disposición de los lóbulos turbidíticos de pirita en el flanco inverso del anticlinal de Aznalcóllar.

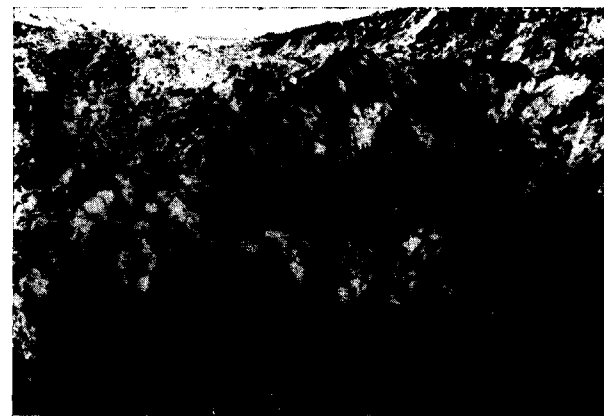


Figura 7.—Un aspecto de los tres lóbulos de pirita del Filón Sur, en el que se observa su disposición en abanico.

formar dos tipos diferentes de depósitos exhalativos. En el primer caso, los sulfuros se depositan en la proximidad de los orificios de salida; en el segundo, los iones enriquecen progresivamente el agua del mar hasta sobresaturarla, precipitando entonces y dando lugar a concentraciones más alejadas de los focos emisores.

Estos dos tipos de depósito han sido utilizados en el modelo empírico establecido por LARGE (1977) quien, siguiendo la nomenclatura de RIDLER (1973), denominó yacimientos proximales a los del primer tipo, y distales a los del segundo. Estos términos se refieren principalmente a la distancia relativa de las mineralizaciones con respecto a los orificios de salida, tal y como se reflejaba ya en los mo-

delos de BRETIZEL y FOGLIERINI (1971) y COLLEY (1976) (figs. 8 y 9).

Así, los yacimientos tipos I, II, III y IV, de COLLEY (fig. 9), formados, bien sea directamente o por remoción, en o en las proximidades de los conductos de salida, y que corresponden a los yacimientos situados en las zonas I y II de BRETIZEL y FOGLIERINI (fig. 8), serían yacimientos proximales, mientras que los del tipo V, del primer autor, y los de la zona III, de los segundos, serían distales.

En el caso de los yacimientos proximales, el modelo que mejor refleja las relaciones existentes entre las rocas volcánicas y los sulfuros con ellas asociados es el de tipo Kuroko (HORIKOSHI, 1969).

3.2. El modelo genético

La mineralización de sulfuros masivos de Aznalcóllar encaja en lavas y rocas piroclásticas de carácter principalmente félsico.

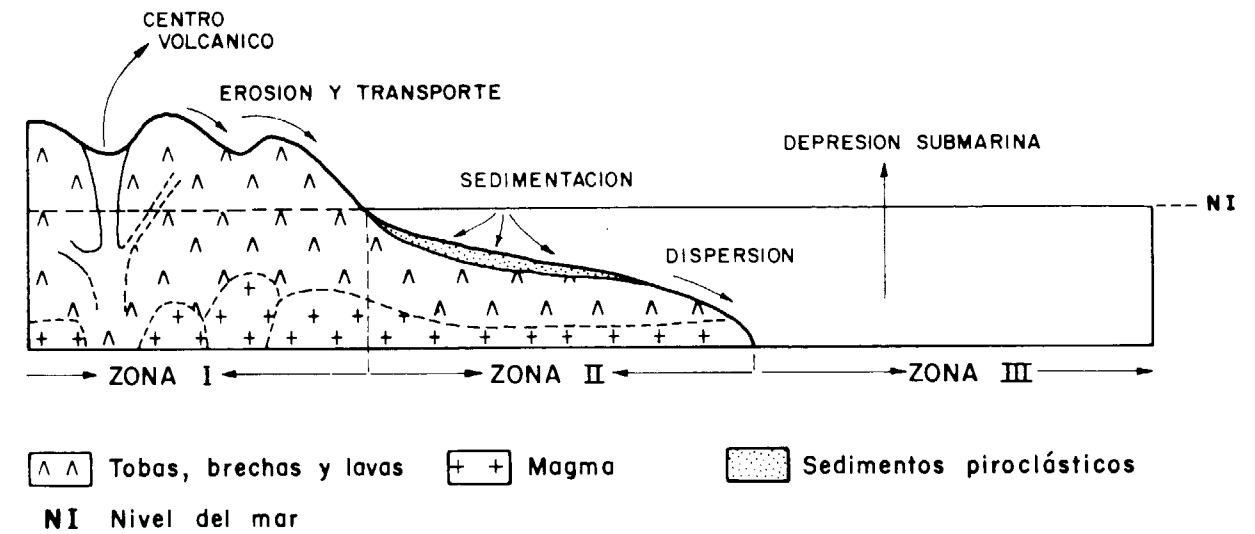


Figura 8.—Sedimentación de materiales volcánicos sobre un talud submarino (según BRETIZEL y FOGLIERINI, 1971).

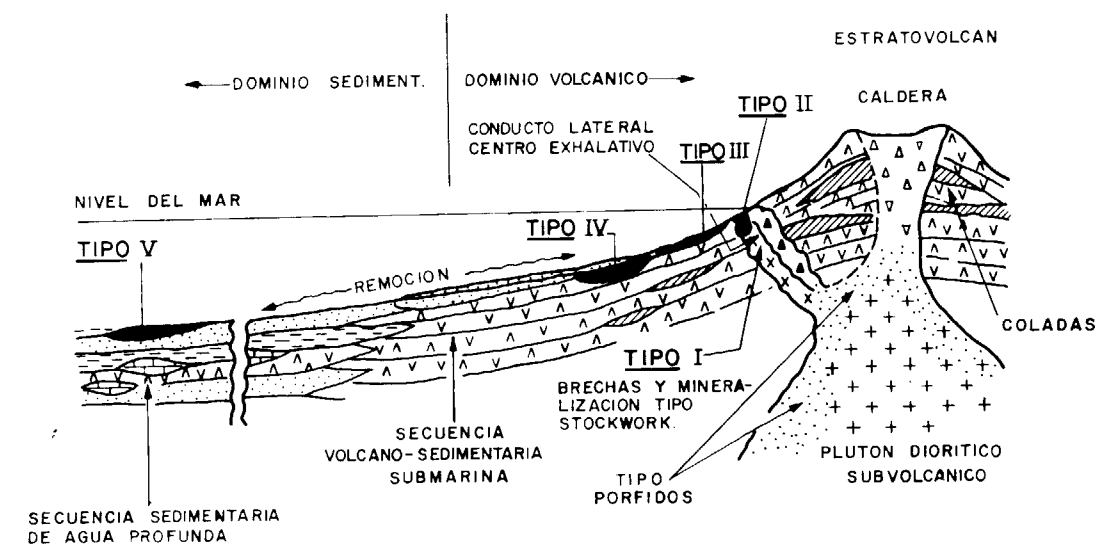


Figura 9.—Los cinco tipos de yacimiento del modelo Kuroko (según COLLEY, 1976).

El volcanismo de la zona es de tipo calcoalcalino, polifásico, originado sobre un borde de placa convergente que actuó entre el Devónico y el Carbonífero. Corresponde al de un arco-isla poco evolucionado, pero en un estadio más avanzado que el arco-isla toleítico (VEGAS y MUÑOZ, 1976).

En general, el volcanismo es de tipo fisural, con importantes cambios laterales de facies, en su mayor parte submarino y con algunos episodios aéreos, representados éstos por tobas dacíticas vacuolares de carácter posiblemente ignimbrítico (figura 10).

El aporte de los elementos metálicos que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar se produjo fundamentalmente al final del primer episodio volcánico, ácido, de los que tuvieron lugar en la Faja Pirítica durante el Tournasiense-Viseense Medio. Este volcanismo dio lugar no sólo a las lavas y rocas piroclásticas, sino también a una importante actividad exhalativa submarina, la cual aportó al agua del mar los metales y el SH_2 , y constituyó una importante fuente de calor. Esta habría dado lugar a una circulación convectiva de fluidos alrededor de los focos térmicos y, consecuentemente, a la lixiviación de ciertos elementos, metálicos y no metálicos, de las lavas y tobas, independientemente de los otros metales que pudieron ser aportados directamente por los fluidos magmáticos.

El transporte de los elementos metálicos se realizó posiblemente en forma de haluros, en solu-



Figura 10.—Sec. trans. NC×25.

Toba dacítica vacuolar, fuertemente sericitizada. Las amígdalas tienen un borde de plagioclasa sericitizada y están rellenas de cuarzo y sericita.

ciones salinas débilmente ácidas y a elevada temperatura. Estas soluciones mineralizadoras llegaron al fondo oceánico a través de fracturas, donde reaccionaron con el SH^- de la propia solución y/o el procedente de la reducción bacteriana del sulfato marino. Ello dio lugar a la precipitación de sulfuros coloidales de hierro y de metales básicos que se depositaron, en forma de lodos, en o cerca de los orificios y conductos de salida.

En el modelo genético que se propone aquí para el yacimiento de Aznalcóllar se contempla la formación de las masas de pirita a partir de uno o varios centros emisores submarinos situados en una plataforma continental (fig. 11, I). Posteriormente, una vez formadas aquellas masas, y como consecuencia de la inestabilidad gravitacional causada por el desplazamiento de las fracturas existentes en la zona de paso de la plataforma externa al talud (fig. 11, II), se producirían corrientes de turbidez y deslizamientos submarinos que habrían dado lugar a la formación de los lóbulos turbidíticos de pirita, separados éstos por las lutitas negras propias del ambiente euxínico en que dichos lóbulos se formaron (fig. 11, III).

Además, en el caso de Aznalcóllar, y de forma análoga a lo que ocurre en Kuroko con la riolita de Motoyama, durante los primeros estadios del volcanismo habría tenido lugar el emplazamiento del domo lávico riolítico, la llamada felsita, representante del magmatismo ácido que probablemente dio origen a estas mineralizaciones.

Por otra parte, dado el carácter proximal, aunque no enraizado en un foco volcánico, del yacimiento de Aznalcóllar, el llamado «stockwork» (HOFSTETTER, 1980) corresponde, en realidad, a una removilización del cobre del Filón Silillos como consecuencia de los procesos metamórficos y tectónicos que afectaron a la mineralización. Prueba de ello son: la ausencia de las alteraciones zonadas que caracterizan a este tipo de estructuras mineralizadas, ya que la silicificación, cloritización y sericitización afectaron por igual a todas las rocas del yacimiento; la escasa entidad de los filoncillos de cuarzo mineralizados, pues su desarrollo es muy reducido cuando se compara con el que presentan los verdaderos «stockwork» en los yacimientos de esta clase; y, finalmente, la situación de dicha estructura a techo del Filón Silillos, es decir, en el flanco normal del anticlinal de Aznalcóllar, por lo que el allí llamado

El volcanismo de la zona es de tipo calcoalcalino, polifásico, originado sobre un borde de placa convergente que actuó entre el Devónico y el Carbonífero. Corresponde al de un arco-isla poco evolucionado, pero en un estadio más avanzado que el arco-isla toleítico (VEGAS y MUÑOZ, 1976).

En general, el volcanismo es de tipo fisural, con importantes cambios laterales de facies, en su mayor parte submarino y con algunos episodios aéreos, representados éstos por tobas dacíticas vacuolares de carácter posiblemente ignimbrítico (figura 10).

El aporte de los elementos metálicos que constituyen el yacimiento de Aznalcóllar se produjo fundamentalmente al final del primer episodio volcánico, ácido, de los que tuvieron lugar en la Faja Pirítica durante el Tournasiense-Viseense Medio. Este volcanismo dio lugar no sólo a las lavas y rocas piroclásticas, sino también a una importante actividad exhalativa submarina, la cual aportó al agua del mar los metales y el SH_2 , y constituyó una importante fuente de calor. Esta habría dado lugar a una circulación convectiva de fluidos alrededor de los focos térmicos y, consecuentemente, a la lixiviación de ciertos elementos, metálicos y no metálicos, de las lavas y tobas, independientemente de los otros metales que pudieron ser aportados directamente por los fluidos magmáticos.

El transporte de los elementos metálicos se realizó posiblemente en forma de haluros, en solu-

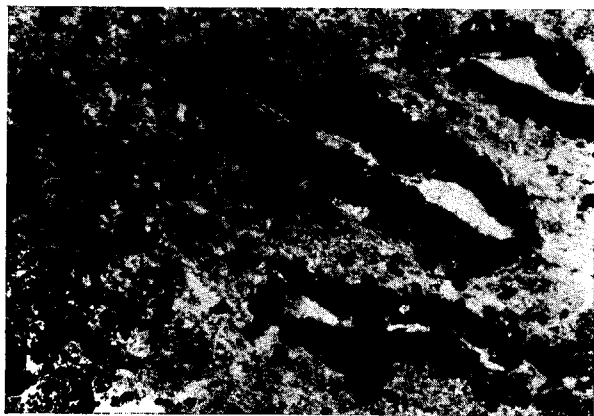


Figura 10.—Sec. trans. NC×25.

Toba dacítica vacuolar, fuertemente sericitizada. Las amígdalas tienen un borde de plagioclasa sericitizada y están rellenas de cuarzo y sericita.

ciones salinas débilmente ácidas y a elevada temperatura. Estas soluciones mineralizadoras llegaron al fondo oceánico a través de fracturas, donde reaccionaron con el SH^- de la propia solución y/o el procedente de la reducción bacteriana del sulfato marino. Ello dio lugar a la precipitación de sulfuros coloidales de hierro y de metales básicos que se depositaron, en forma de lodos, en o cerca de los orificios y conductos de salida.

En el modelo genético que se propone aquí para el yacimiento de Aznalcóllar se contempla la formación de las masas de pirita a partir de uno o varios centros emisores submarinos situados en una plataforma continental (fig. 11, I). Posteriormente, una vez formadas aquellas masas, y como consecuencia de la inestabilidad gravitacional causada por el desplazamiento de las fracturas existentes en la zona de paso de la plataforma externa al talud (fig. 11, II), se producirían corrientes de turbidez y deslizamientos submarinos que habrían dado lugar a la formación de los lóbulos turbidíticos de pirita, separados éstos por las lutitas negras propias del ambiente euxínico en que dichos lóbulos se formaron (fig. 11, III).

Además, en el caso de Aznalcóllar, y de forma análoga a lo que ocurre en Kuroko con la riolita de Motoyama, durante los primeros estadios del volcanismo habría tenido lugar el emplazamiento del domo lávico riolítico, la llamada felsita, representante del magmatismo ácido que probablemente dio origen a estas mineralizaciones.

Por otra parte, dado el carácter proximal, aunque no enraizado en un foco volcánico, del yacimiento de Aznalcóllar, el llamado «stockwork» (HOFSTETTER, 1980) corresponde, en realidad, a una removilización del cobre del Filón Silillos como consecuencia de los procesos metamórficos y tectónicos que afectaron a la mineralización. Prueba de ello son: la ausencia de las alteraciones zonadas que caracterizan a este tipo de estructuras mineralizadas, ya que la silicificación, cloritización y sericitización afectaron por igual a todas las rocas del yacimiento; la escasa entidad de los filoncillos de cuarzo mineralizados, pues su desarrollo es muy reducido cuando se compara con el que presentan los verdaderos «stockwork» en los yacimientos de esta clase; y, finalmente, la situación de dicha estructura a techo del Filón Silillos, es decir, en el flanco normal del anticlinal de Aznalcóllar, por lo que el allí llamado

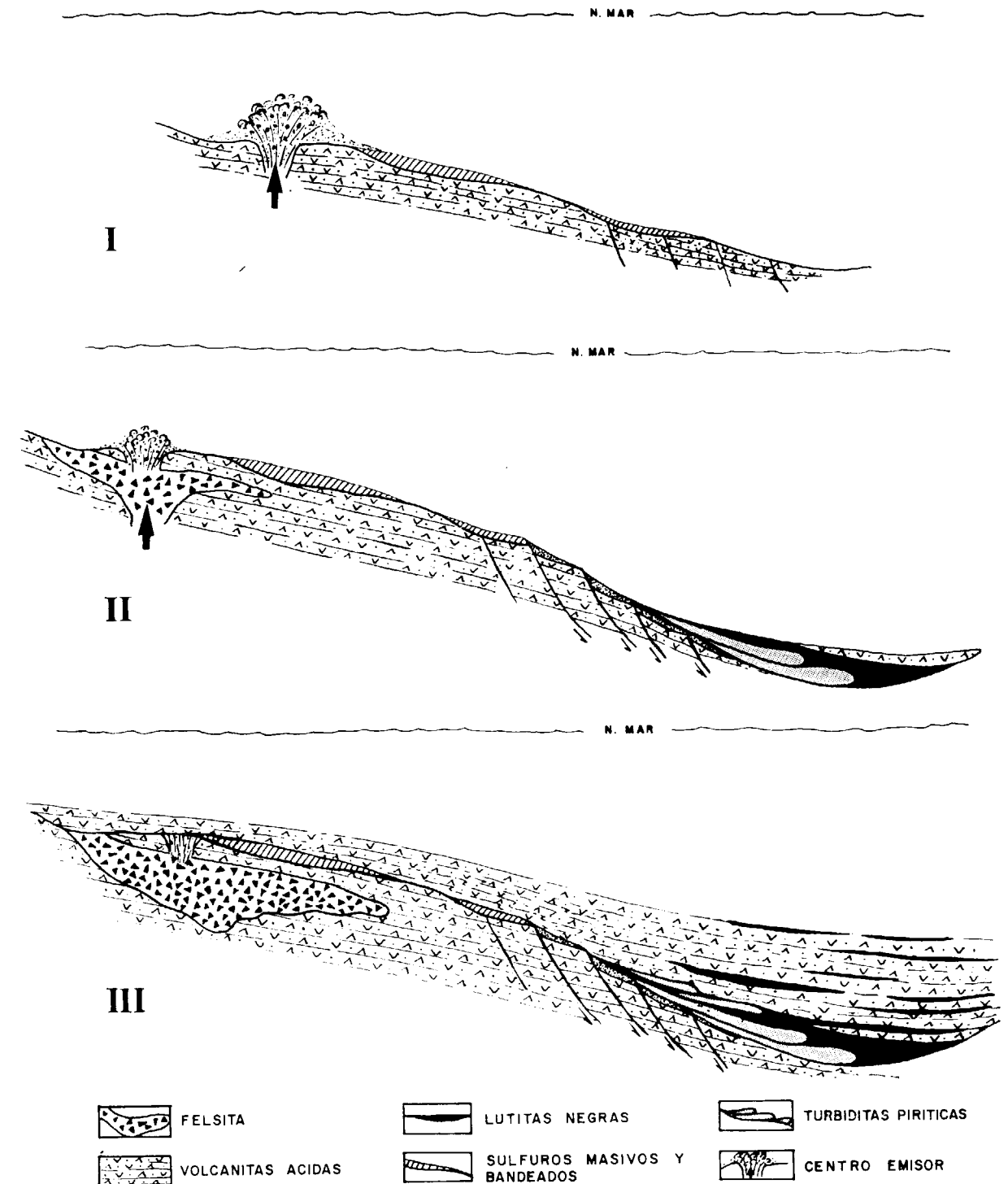


Figura 11.—Modelo genético del yacimiento de Aznalcóllar.

«stockwork» no puede ser la vía de acceso de una mineralización exhalativa.

En resumen, los datos expuestos permiten equiparar el yacimiento de Aznalcóllar con las mineralizaciones de la zona A de BRETIZEL y FOGLIERINI (1971), y con los tipos III y IV de COLLEY (1976). Se trata, pues, de un yacimiento estratiforme, volcano-sedimentario, polimetálico de génesis semejante a la de los yacimientos de Kuroko, en el Japón.

BIBLIOGRAFIA

- AMSTUTZ, G. C.: *L'Origine des gîtes minéraux concordants dans les roches sédimentaires*. Chroniques de mines et de la Recherche minière núm. 308. 30 année, pp. 116-125 (1962).
- ANDERSON, CH. A.: *Massive sulfide deposits and volcanism*. Econ. Geology, vol. 64, núm. 2, pp. 129-146 (1969).
- BRETIZEL, P., et FOGLIERINI, F.: *Les gîtes sulfurés concordants dans l'environnement volcanique et volcano sédimentaire*. Mineral Deposita (Berl.), C. G., pp. 65-76 (1971).
- COLLEY, H.: *Classification and exploration guide for Kuroko-type deposits based on occurrences in Fiji*. Trans. Instn. Min. Metall (Sect B: Appl. earth sci.), 85, B. 190-9 (1976).
- HOFSTETTER, J. P.: *L'amas sulfure a Cu-Pb-Zn D'Aznalcollar (Sevilla), España. Geologie, Paleogeographie et metallogenie de l'extrémité Sud-Orientale de la ceinture sud-Iberique*. Thesis 3 ciclo Universidad Pierre Marie Curie, Paris (1980).
- HORIKOSHI, E.: *Volcanic Activity related to the formation of the Kuroko-type deposits in the Kosaka District, Japan*. Mineral Deposita (Berl.), 4, pp. 321-345 (1969).
- HUTCHINSON, R. W.: *Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance*. Econ. Geology, vol. 68, núm. 8, pp. 1223-1246 (1973).
- HUTCHINSON, R. W.; FIFE, W. S., y KERRICH, R.: *Deep fluid penetration and ore deposition*. Min. Science. Engineering, 1, 2, 3, pp. 107-120 (1980).
- KINKEL, A. R.: *Massive pyritic deposits related to volcanism; and methods of emplacement*. Econ. Geology, vol. 61, núm. 4, pp. 673-694, Lancaster (1966).
- LARGE, R. R.: *Chemical evolution and zonation of massive sulfide deposits in volcanic Terrain*. Econ. Geology, vol. 72, pp. 549-572, Lancaster (1977).
- OFTEDALS, C.: *A theory of exhalative-sedimentary ores*. Geol. Foren. Stockholm Forh., 80, pp. 1-19, Stockholm (1958).
- RIDLER, R. H.: *Exhalite concept a new local tool for exploration*. The Northern Miner (1973).
- SANGSTER, D. F., y SCOTT, S. D.: *Precambrian, Strata-bound. Massive Cu-Zn-Pb sulfide ores of Nort America*. Woolf, vol. 6, cap. 5, pp. 129-222 (1976).
- SATO, T.: *Kuroko deposits: their geology, geochemistry and Origin*. Volcanic processes in ore genesis. Inst. Min. Metall. and Geol. Soc. London, 153-161 (1976).
- SCHERMERHORN, L. J. G.: *The Deposition of volcanics and pyritite in the Iberian Pirite Belt*. Mineral. Deposita (Berl.), 5, 273-279 (1970).
- SIERRA, J.: *Geología, Mineralogía y Metalogenia del Yacimiento de Aznalcóllar. I parte*. Litoestratigrafía y Tectónica. Bol. Inst. Geol. y Min. España. Tomo XCV, 440-455 (1984).
- SIERRA, J.: *Geología, Mineralogía y Metalogenia del Yacimiento de Aznalcóllar. II parte*. Paragénesis y Sucesión mineral. Bol. Inst. Geol. y Min. España. Tomo XCV, 553-568 (1984).
- VEGAS, R., y MUÑOZ, M.: *El Contacto entre las zonas sur-portuguesas y Ossa-Morena en el SW de España. Una nueva interpretación*. Comunicações dos servicos geológicos de Portugal, tomo LX, Lisboa (1976).
- WATANABE, T.: *Volcanism and Ore Genesis*. Edit. Tatsuo Tatsumi (1970).

Los yacimientos stratabound de barita en la Formación Cándana o Herrería (Cámbrico Inferior), Asturias, NO de España.

Por C. J. FERNANDEZ (*)

RESUMEN

Los yacimientos stratabound de barita en una secuencia pelítico-arenosa del Cámbrico Inferior, Formación Herrería, poseen una morfología en filón-capas, a grosso modo concordantes con la dirección e inclinación de las rocas de caja, y bien definidos en las series litológico-mineras. El estudio de elementos traza, U y Th, los encuadra como continentales y no marinos sedimentarios.

Se discuten los modelos metalogénicos para interpretar la génesis mineral de las mineralizaciones no relacionadas directa y evidentemente con procesos magmáticos-hidrotermales, ni vulcanogénicos, ni sinsedimentarios, sino asociadas a series sedimentarias de carácter detrítico, en ambientes de bajo grado de metamorfismo y con la actividad tectónica.

En base a los criterios geológico-regionales, a las relaciones de contacto roca encajante-cuerpos minerales, al estudio geoquímico de las mineralizaciones, estos yacimientos se pueden definir como tectogénicos-metamorfogénicos.

ABSTRACT

The stratabound barite deposits in the pelitic-sandy sequence of the Lower Cambrian, Herreria Formation, show a morphology in bedded-vein, roughly conformably with the direction and dip of the host rocks, and well defined in the lithologic series. The study of the trace elements, U and Th, characterize them as continental.

The metallogenic models to interpret the mineral genesis of the mineralizations no directly and clearly related with processes either magmatic-hydrothermal, or vulcanogenic, or sinsedimentary but associated to sedimentary series of detrital character, in facies of low metamorphic degree and with tectonic activity, are discussed.

It is possible to define these deposits as tectogenic-metamorphogenic according to regional geologic criteria, the contact relationship between host rock-ore bodies, and the geochemical study of the mineralizations.

INTRODUCCION Y MARCO GEOLOGICO

Los yacimientos de S. Martín de Luiña, Muñalén y Tebongo-Portiella se localizan en la parte occidental de Asturias, y en el extremo más oriental de la Zona Asturoccidental-Leonesa, la cual está separada de la Zona Cantábrica por el accidente de La Espina (fig. 1), dentro de la Cordillera Cantábrica.

El conjunto de materiales del área comprende el Precámbrico, denominado Precámbrico del Narcea, constituido por una sucesión de pizarras y areniscas en cuya parte inferior a inferior-media

lleva intercalaciones de porfiroides derivados del metamorfismo de tobas ácidas y de ciertos niveles de rocas dacíticas o riodacíticas (fig. 1). La parte media y superior de la serie, está formada por una alternancia de areniscas y pizarras sin material volcánico, constituyendo una secuencia turbidítica.

En discordancia angular sobre el Precámbrico, se dispone una potente serie detrítica, Formación Cándana o Herrería, de edad Cámbrico Inferior, en la cual aparecen restringidas las mineralizaciones. Está constituida en la base por un nivel de microconglomerados de carácter local, luego una alternancia de areniscas, frecuentemente feldespáticas, y pizarras, un nivel de dolomías (15-30 m.) hacia la parte inferior-media, mal aflorante y dis-

(*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Geología. Universidad de Oviedo.

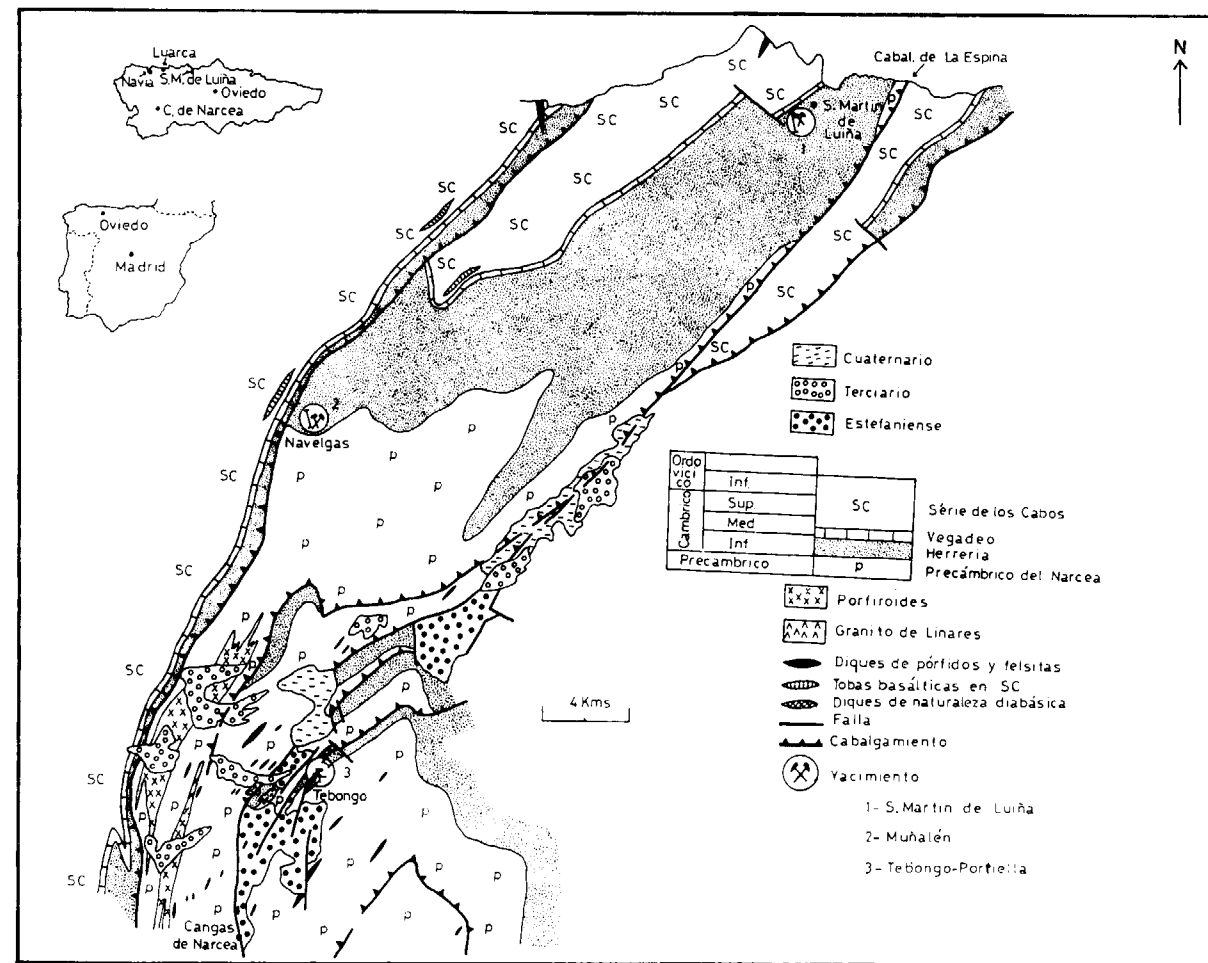


Figura 1.—Esquema geológico.

continuo, y el resto areniscas feldespáticas y pizarras. A continuación viene un conjunto carbonatado, Caliza de Vegadeo, parte alta del Cámbrico Inferior y parte baja del Cámbrico Medio, constituido por calizas y dolomías recristalizadas y marmorizadas, debido a los efectos del metamorfismo regional. Sobre este tramo carbonatado aparece otra vez una serie detrítica marina, constituida por areniscas, pizarras y cuarcitas, Serie de los Cabos, de edad Cámbrico Medio-Superior y Ordovícico Inferior, que para este sector presenta intercalaciones locales de rocas volcánicas básicas en su parte basal (fig. 1). Durante la sedimentación de la Serie de los Cabos tiene lugar una subsidencia fuerte de la cuenca en todo el Dominio del Navia-Alto Sil, dando lugar a facies más profundas que las de las formaciones anteriores.

Debido a que existe una discordancia angular entre el Precámbrico y la F. Herrería (Cámbrico Inferior), se evidencia un primer episodio de deformación propio precámbrico, aunque en él no existe ni metamorfismo ni esquistosidad característicos. Fue el segundo episodio, la deformación ocurrida durante la orogénesis hercínica (intra-Westfaliense) la que ha imprimido el carácter tectónico que se observa. Los materiales estefanienses y terciarios no están involucrados en la deformación hercínica, siendo claramente postectónicos.

Esta deformación hercínica consta de tres fases (MARCOS, 1973; MARCOS y ARBOLEYA, 1976; JULIVERT et al., 1977 a; JULIVERT et al., 1977 b; MARCOS y PULGAR, 1980; MARCOS et al., 1980). La primera dio lugar a pliegues acompañados de una esquistosidad de flujo. Esta esquistosidad se la observa

muy tendida y buzando al Oeste, lo cual es el resultado de la verticalización sufrida debido a la tercera fase de deformación. La segunda fase dio lugar a cabalgamientos de grandes dimensiones (figura 1), los cuales llevan asociados ocasionalmente estructuras menores (pliegues y esquistosidad), pero localizadas prácticamente en torno a la superficie de cabalgamiento. La tercera fase originó un replegamiento general de las estructuras anteriores, donde los pliegues llevan asociados una esquistosidad de crenulación y a veces de fractura, aunque no uniforme en su distribución. Además se produce, como señalamos anteriormente, una verticalización de la esquistosidad o en general, lineaciones y formas de anisotropía, de la primera fase debido a los efectos de la tercera.

Existe en el área un metamorfismo de bajo grado que no supera la facies de los esquistos verdes, bien definido y manifiesto al Oeste del cabalgamiento de La Espina. Las paragénesis más frecuentes en materiales pelíticos son cuarzo-albita-moscovita-clorita y cuarzo-albita-moscovita-clorita-biotita.

Las relaciones temporales entre la tectónica y el metamorfismo vienen definidas por la cristalización de clorita y en menor proporción de moscovita preectónicas respecto a la esquistosidad de la primera fase de deformación. Sin embargo, la cristalización más importante de clorita y moscovita se efectúa sintectónicamente con la formación de la esquistosidad de la primera fase para seguir su formación hasta y durante la esquistosidad de la tercera fase de deformación. Estas relaciones son patentes en las rocas de caja de los tres campos mineros, aunque en relación con la fase de mineralización aparece otra recristalización local principalmente de moscovita, de mayor tamaño e idiomorfismo que la moscovita de la paragénesis metamórfica y restringida en el campo o límite mineralización-roca encajante, que luego veremos más detalladamente.

La biotita comienza a cristalizar durante la tercera fase de deformación, pero mayoritariamente presenta un hábito postectónico y relacionada posiblemente con pulsaciones térmicas tardías en zonas localizadas. Las rocas ígneas del área corresponden a los tipos siguientes en los que las hemos agrupado:

— *Rocas volcánicas precámbricas.* Petrográfica-

mente son neises porfiroides o simplemente porfiroides de carácter interestratificado con los materiales sedimentarios precámbricos y representantes de un vulcanismo contemporáneo. Proceden del metamorfismo de tobas ácidas y de algunos niveles de dacitas o riocitas.

— *Rocas volcánicas cámbricas.* Son tobas basálticas interestratificadas exclusivamente en la Serie de los Cabos, y representantes de un vulcanismo básico a intermedio contemporáneo.

— *Granito de Linares.* Es un pequeño plutón intrusivo postectónico, y encuadrado dentro del plutonismo que forma parte de los granitos calcoalcalinos postectónicos.

— *Diques de naturaleza diabásica.* Aparecen en la parte norte del área y son muy probablemente posthercínicos.

— *Diques de pórfidos y felsitas.* Afectan mayoritariamente al Precámbrico, muy ocasionalmente a la Formación Herrería y también al Estefaniense, coquizando en ocasiones capas de carbón. Aparecen al sur del área. Son postectónicos y representantes de una actividad subvolcánica y volcánica subsecuente a la deformación hercínica y post-estefaniense.

Las rocas ígneas no parecen guardar una conexión ni espacial ni temporal evidente y real con las mineralizaciones. Así, por un lado, las rocas volcánicas contemporáneas con la sedimentación aparecen en el Precámbrico, Precámbrico del Narcea. En el Cámbrico Medio existe también un vulcanismo contemporáneo con el depósito de la Serie de los Cabos, pero nunca durante el Cámbrico Inferior, o sea contemporáneo con el depósito de la Formación Herrería, por lo que no se puede relacionar las mineralizaciones de barita con la actividad volcánica, es decir, definir las como yacimientos exhalativo-sedimentarios. Por otro lado, tanto el granito de Linares, los diques básicos, como el conjunto de diques de pórfidos y felsitas son de edad posthercínica. Esto estaría en contraposición con una génesis mineral relacionada con la actividad tectónico-metamórfica, que como se demostrará parece ser el principal factor en el emplazamiento de las mineralizaciones.

ESTUDIO DE LOS YACIMIENTOS

Yacimiento S. Martín de Luiña

Los materiales encajantes.—Este yacimiento, denominado mina «Avelina», se sitúa en la parte alta de la Formación Herrería, en materiales netamente detríticos, pudiendo diferenciarse dos grupos litológico-mineralizados dentro del campo minero (fig. 2). El grupo 1 comprende la serie de materiales que engloban el cuerpo mineral principal explotado en galería, donde se establecen seis términos:

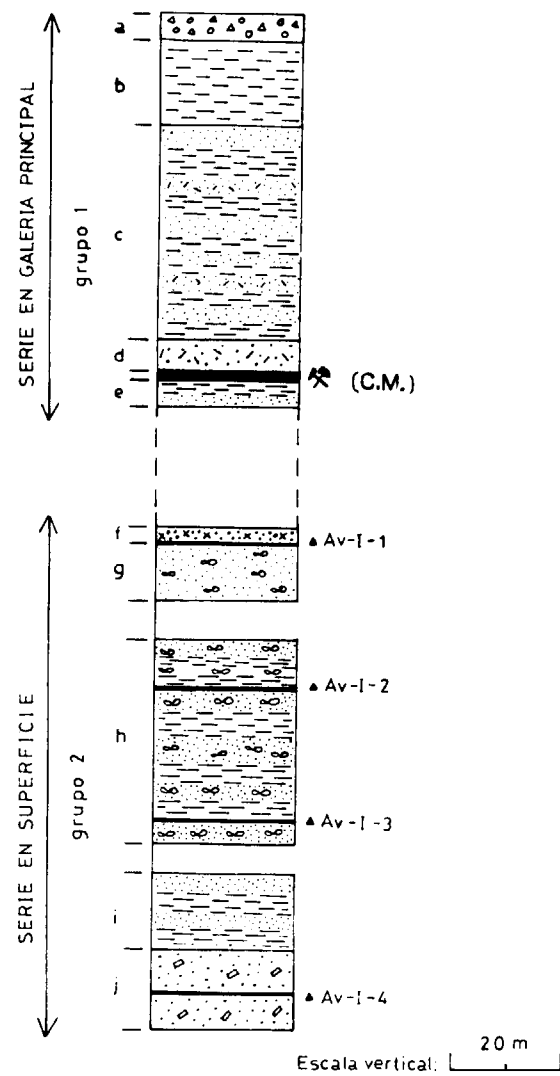


Figura 2.—Serie en el campo minero del yacimiento San Martín de Luiña.

- A) TRAMO DE COLUVIONES DE POTENCIA 5 M., Y DONDE SE ABRIÓ LA GALERÍA PRINCIPAL.
- B) PAQUETE DE PIZARRAS MARRONES HOMOGÉNEAS Y POTENCIA 15 M.
- C) SERIE ALTERNANTE DE PIZARRAS EN OCASIONES ARENOSAS Y ARENISCAS, DE TONOS MARRONES Y A VECES ROJIZOS, DE POTENCIA 37 M.
- D) NIVEL DE ARENISCA DE COLOR ROJO Y MARRÓN ROJIZO, COMPETENTE Y DURA, FRECUENTEMENTE FRACTURADA. EN CONTACTO NETO, APARECE EL CUERPO MINERAL (C.M.), DE POTENCIA 1,5-2 M. EN PROMEDIO, PERO CON ESTRECHAMIENTOS SENSIBLES Y VARIABLES ESPORÁDICOS.
- E) TRAMO DE PIZARRAS Y ARENISCAS ALTERNANTES MARRONES, CON POTENCIA RECONOCIDA 4,5 M.

Además del cuerpo mineral principal, aparecen en el campo minero unos indicios superficiales, más al SSE de la mineralización principal y representados en el grupo 2 de la serie minera. Este grupo 2 comprende los niveles:

- F) NIVEL DE ARENISCAS DE GRANO GRUESO FELDESPÁTICAS, MARRONES CLARAS A BLANCO GRISACEAS, DE POTENCIA RECONOCIDA 2,7 M., EN CUYA BASE SE LOCALIZA EL PEQUEÑO FILÓN-CAPA AV-I-1 DE 30 CMS. DE POTENCIA.
- G) TRAMO DE ARENISCAS MARRONES DE GRANO FINO, OCASIONALMENTE CON TONOS ROSADOS Y POTENCIA 10 M.
- H) TRAMO DE ARENISCAS MARRONES, TAMBIÉN CON TONOS ROSADOS ESPORÁDICOS, Y CON INTERCALACIONES DE PIZARRAS MARRONES MÁS OSCURAS, POTENCIA RECONOCIDA 36,5 M. EN ESTE NIVEL SE SITUAN LOS FILONES-CAPA AV-I-2 Y AV-I-3 DE POTENCIAS RESPECTIVAS 40 Y 10 CMS.
- I) NIVEL DE ARENISCAS ALTERNANDO CON PIZARRAS MARRONES, Y POTENCIA RECONOCIDA 13,3 M.
- J) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPÁTICAS, DE GRANO GRUESO, ROSADAS, DE POTENCIA RECONOCIDA 13,6 M., DONDE APARECE EL FILÓN-CAPA AV-I-4, DE 30 CMS. DE ESPESOR.

La columna litológico-minera levantada (fig. 2) a través de la concesión va en una dirección NNO-SSE y de techo a muro, respectivamente. El conjunto de materiales del campo minero presentan una dirección general promedio OSO-ENE a SO-NE con inclinaciones de 45-65° al NNO y NO.

Análisis composicional y textural.—La composición mineral del yacimiento está constituida por dos variedades morfológicas de barita. La primera, formada por barita blanca masiva, es la más abundante en el conjunto de la masa mineralizada tanto en el filón-capa principal como en los indicios. La segunda variedad se caracteriza por tener una textura brechiforme, en la que los elementos bréchicos son de barita blanca masiva cementados por delgadas franjas o películas de una fase mineral de color negro, que se identificó por difracción de rayos X como todorokita (tabla I).

TABLA I

Interpretación del diagrama de rayos X del material cementando las brechas del yacimiento San Martín de Luiña

Valores medidos		Ficha 5-448		Ficha 18-1411	
d (Å)	I/I ₀	d	hkl	d	hkl
9.67	26			9.65	100
4.80	23			4.82	200
4.48	24	4.44	200	4.48	120
4.365	29	4.34	011	Todorokita	
3.918	43	3.90	111		
3.795	13	3.77	201		
3.595	50	3.576	002		
3.46	100	3.442	210		
3.335	75	3.317	102		
3.115	89	3.101	211		
2.847	50	2.834	112		
2.738	62	2.734	301		
2.488	19	2.481	212		
2.333	19	2.322	220		
2.290	11	2.303	103		
2.214	31	2.209	221		
2.125	90	2.120	113		
2.112	92	2.104	312		

Barita

Esta variedad, denominada en la terminología minera local como «barita negra», se presentaba distribuida irregularmente en zonas dispersas del cuerpo mineral principal en las labores mineras subterráneas, así como en el pequeño filón-capa Av-I-3. Su origen se debe muy probablemente a fracturación posterior sobre partes de la masa mineral, a la vez que la todorokita que cementa las brechas se deposita a partir de aguas superficiales de infiltración cargadas con manganeso, ya que se conocen concentraciones primarias de mineral de manganeso dentro de la Formación Herrería relativamente próximas al yacimiento y a

cotas topográficas más altas. De hecho, también aparecían zonas parciales de las paredes de lías y transversales recubiertos por todo

El estudio petrográfico de la mena nos da paragénesis constituida por barita, pirita y cuarzo como minerales primarios; goethita y todorokita como minerales secundarios.

La barita posee textura granuda, en agregados cristalinos granulares, formas anhedrales y cristales más o menos equidimensionales. Tiene el aspecto clásico de un agregado policristalino, con límites de grano netos y bien definidos.

La pirita, muy escasa y a escala generalmente microscópica, menos del 1 por 100, se presenta según pequeños cristales desde xenomórficos a idiomórficos diseminados en la barita.

En cuanto al cuarzo, se distinguen dos variedades paragenéticas. Un primer tipo, Q-I, en asociación mineral con la barita y contemporáneo con ella en la paragénesis, según cristales de tamaño medio, anhedrales y con contactos netos con ella. Un segundo tipo, Q-II, dispuesto a modo de cristales pequeños y franjas entre los límites de grano de los agregados granulares de barita, con ensanchamientos esporádicos y en ocasiones reemplazándola (foto 1). Sería claramente posterior en la paragénesis respecto a la barita, pirita y Q-I. Su proporción, Q-I y Q-II, es del orden del 1,8 por 100.

Como minerales secundarios de la mineraliza-

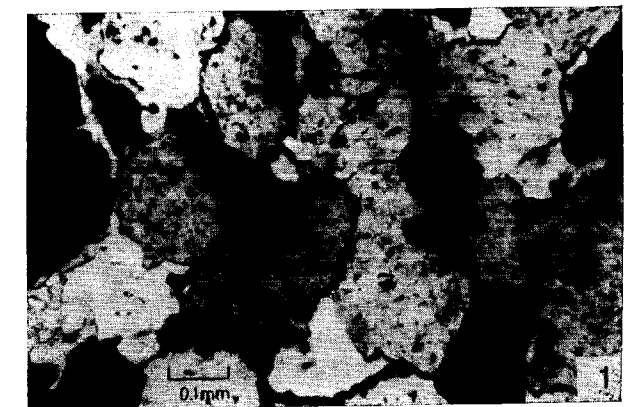


Foto 1.—Aspecto de la barita de la mineralización, con textura granular, y cuarzo entre los límites de grano, posterior en la paragénesis. Yacimiento S. Martín de Luiña. Luz transmitida. N. C.



Análisis composicional y textural.—La composición mineral del yacimiento está constituida por dos variedades morfológicas de barita. La primera, formada por barita blanca masiva, es la más abundante en el conjunto de la masa mineralizada tanto en el filón-capa principal como en los indicios. La segunda variedad se caracteriza por tener una textura brechiforme, en la que los elementos bréchicos son de barita blanca masiva cementados por delgadas franjas o películas de una fase mineral de color negro, que se identificó por difracción de rayos X como todorokita (tabla I).

cotas topográficas más altas. De hecho, también aparecían zonas parciales de las paredes de las galerías y transversales recubiertos por todorokita.

El estudio petrográfico de la mena nos da la paragénesis constituida por barita, pirita y cuarzo como minerales primarios; goethita y todorokita como minerales secundarios.

La barita posee textura granuda, en agregados cristalinos granulares, formas anhedrales y cristales más o menos equidimensionales. Tiene el aspecto clásico de un agregado policristalino, con límites de grano netos y bien definidos.

La pirita, muy escasa y a escala generalmente microscópica, menos del 1 por 100, se presenta según pequeños cristales desde xenomórficos a idiomórficos diseminados en la barita.

En cuanto al cuarzo, se distinguen dos variedades paragenéticas. Un primer tipo, Q-I, en asociación mineral con la barita y contemporáneo con ella en la paragénesis, según cristales de tamaño medio, anhedrales y con contactos netos con ella. Un segundo tipo, Q-II, dispuesto a modo de cristales pequeños y franjas entre los límites de grano de los agregados granulares de barita, con ensanchamientos esporádicos y en ocasiones reemplazándola (foto 1). Sería claramente posterior en la paragénesis respecto a la barita, pirita y Q-I. Su proporción, Q-I y Q-II, es del orden del 1,8 por 100.

Como minerales secundarios de la mineraliza-

TABLA I

Interpretación del diagrama de rayos X del material cementando las brechas del yacimiento San Martín de Luiña

Valores medidos		Ficha 5-448		Ficha 18-1411	
d (Å)	I/I ₀	d	hkl	d	hkl
9.67	26			9.65	100
4.80	23			4.82	200
4.48	24	4.44	200	4.48	120
4.365	29	4.34	011	Todorokita	
3.918	43	3.90	111		
3.795	13	3.77	201		
3.595	50	3.576	002		
3.46	100	3.442	210		
3.335	75	3.317	102		
3.115	89	3.101	211		
2.847	50	2.834	112		
2.738	62	2.734	301		
2.488	19	2.481	212		
2.333	19	2.322	220		
2.290	11	2.303	103		
2.214	31	2.209	221		
2.125	90	2.120	113		
2.112	92	2.104	312		

Barita

Esta variedad, denominada en la terminología minera local como «barita negra», se presentaba distribuida irregularmente en zonas dispersas del cuerpo mineral principal en las labores mineras subterráneas, así como en el pequeño filón-capa Av-I-3. Su origen se debe muy probablemente a fracturación posterior sobre partes de la masa mineral, a la vez que la todorokita que cementa las brechas se deposita a partir de aguas superficiales de infiltración cargadas con manganeso, ya que se conocen concentraciones primarias de mineral de manganeso dentro de la Formación Herrería relativamente próximas al yacimiento y a

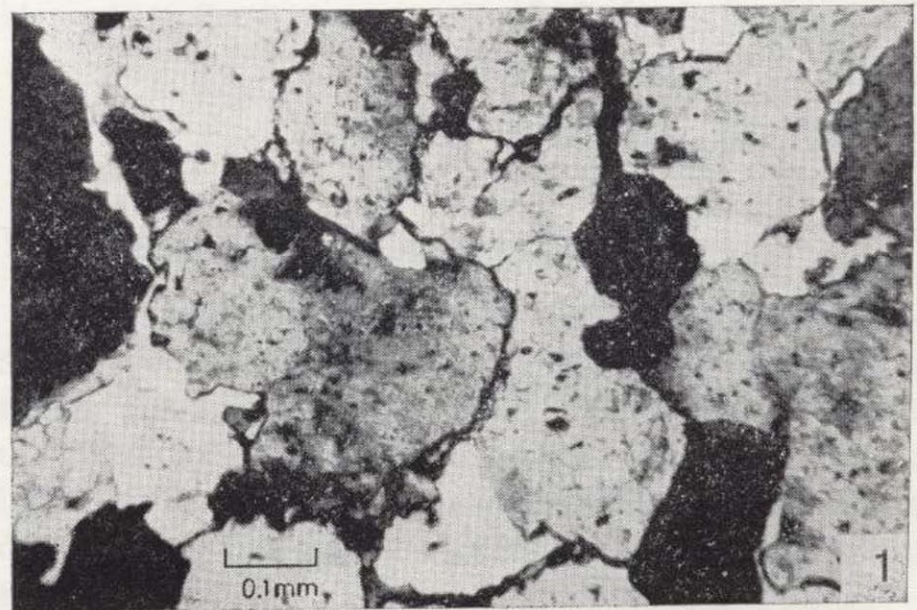


Foto 1.—Aspecto de la barita de la mineralización, con textura granular, y cuarzo entre los límites de grano, posterior en la paragénesis. Yacimiento S. Martín de Luiña. Luz transmitida. N. C.

ción está la todorokita, la cual cementaba la barita bréctica. A escala microscópica se dispone según finos cristales aciculares alrededor de los elementos brechiformes de barita, con un color blanco a ligeramente grisáceo, reflectividad media y anisotropía fuerte. La goethita, mineral secundario, se presenta como pequeñas disseminaciones y películas en la barita, en el contacto barita-cuarzo y en el límite barita-material encajante. Posee en ocasiones textura colorme.

Yacimiento de Muñalén

Los materiales encajantes.—El estudio de los materiales del campo minero se ha basado en el establecimiento de la columna litológico-mineralizada, realizada según la dirección SSE-NNO, en la parte inferior de la Formación Herrería, donde aparece la mineralización (fig. 3). Esta posee una

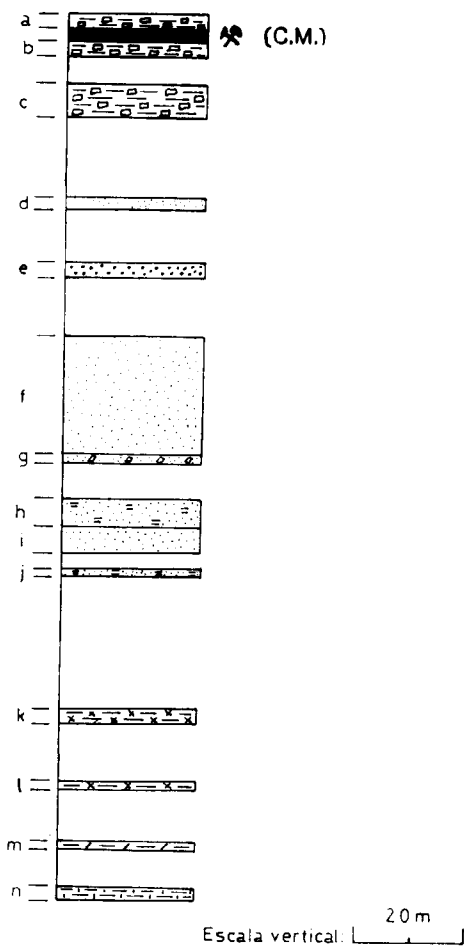


Figura 3.—Serie del yacimiento de Muñalén.

morfología en filón-capa, con una dirección de 124° -N e inclinado 40° al NNE, y actualmente en explotación intermitente a cielo abierto.

La sucesión de materiales del campo minero es la siguiente:

- A) NIVEL DE PIZARRAS AMARILLAS CLARAS, CON ESQUISTOSIDAD EVIDENTE PERO NO MUY PENETRATIVA. POTENCIA OBSERVADA, 2,5 M.
- C.M.) CUERPO MINERAL. POTENCIA, 1-2 M., ALCANZANDO EN PROFUNDIDAD EN BASE A LAS LABORES MINERAS ACTUALES LOS 3 M. DIRECCION, 124° -N E INCLINADO 40° AL NNE.
- B) NIVEL DE PIZARRAS AMARILLAS CLARAS CON ZONAS ESPORADICAS DE COLOR ROSADO. ESQUISTOSIDAD NO MUY PENETRATIVA. POTENCIA, 2,5 M.
- C) TRAMO DE PIZARRAS AMARILLAS CLARAS CON ESQUISTOSIDAD NO MUY PENETRATIVA E INTERCALACIONES DE DELGADOS NIVELES DE PIZARRAS MARRONES (5 CMS.). POTENCIA OBSERVADA, 6 M.
- D) TRAMO DE ARENISCAS BLANCAS AMARILLENAS CON ZONAS ROSADAS. POTENCIA OBSERVADA, 1,8 M.
- E) CUARCITA BLANCA, DURA Y COMPACTA. POTENCIA OBSERVADA, 2,5 M.
- F) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS BLANCAS AMARILLENAS. POTENCIA OBSERVADA, 21 M.
- G) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS ROSADAS, MASIVAS Y COMPACTAS. POTENCIA OBSERVADA, 1,5 M.
- H) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS AMARILLAS CLARAS CON DISEMINACIONES ROJAS DE OXIDOS DE Fe. POTENCIA OBSERVADA, 5 M.
- I) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS AMARILLAS CLARAS. POTENCIA RECONOCIDA, 4,5 M.
- J) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS AMARILLENAS CON PUNTOS ROJOS DE OXIDOS DE Fe A MODO DE DISEMINACIONES. POTENCIA RECONOCIDA, 0,5 M.
- K) TRAMO DE PIZARRAS GRISES CON FINOS BANDEADOS DE TONOS ROJOS DEBIDOS A CONCENTRACIONES DE OXIDOS DE Fe. POTENCIA RECONOCIDA, 2 M.

- L) TRAMO DE PIZARRAS GRISES CON PUNTOS ROJOS DISEMINADOS DE OXIDOS DE Fe. POTENCIA RECONOCIDA, 0,8 M.
- M) NIVEL DE PIZARRAS GRISES. POTENCIA RECONOCIDA, 0,6 M.
- N) TRAMO DE PIZARRAS GRISES AMARILLENAS. POTENCIA RECONOCIDA, 1,5 M.

Análisis composicional y textural.—La barita, objeto de las últimas explotaciones, se presenta en agregados tabulares con desarrollo de la exfoliación (001) y en menor proporción masiva, aunque sin ningún patrón de regularidad entre ambas dentro del conjunto del cuerpo mineral. El análisis microscópico confirma para la primera variedad una textura listada o tabicada debido al desarrollo manifiesto de la exfoliación (001), en la que los agregados listados toman ocasionalmente una disposición flabeliforme en su terminación (foto 2). La segunda variedad presenta una textura granular, según agregados cristalinos anhedral.

La pirita, solamente identificada en el estudio microscópico, aparece también como componente primario de la mineralización a modo de pequeños cristales xenomórficos disseminados en la barita. Su proporción, muy escasa, es inferior al 1 por 100.

El cinabrio se presenta tanto cristalizado como pulverulento. El cristalizado, sólo identificado en microscopía de reflexión, está a modo de cristales xenomórficos disseminado en la barita en proporción pequeña, aunque algo superior a la de la pirita (foto 3). El cinabrio pulverulento o terroso, más abundante y visible macroscópicamente, se dispone en oquedades, grietas y planos de exfoliación en la barita. Procedería de la desintegración y removilización del cristalizado y por tanto mineral secundario.

El cuarzo es otro constituyente primario de la mineralización asociado a la barita y presentándose como cristales hipidiomórficos y xenomórficos de tamaños medios a pequeños (foto 2). Aparece disseminado en la barita, según contactos netos, siendo su proporción ligeramente superior a la del cinabrio cristalizado y pirita, un 2 por 100.

La goethita es un mineral secundario a modo de masas redondeadas, a veces con textura colorme o bien según finas franjas, que cruzan a la barita principalmente por los planos de exfoliación (001).

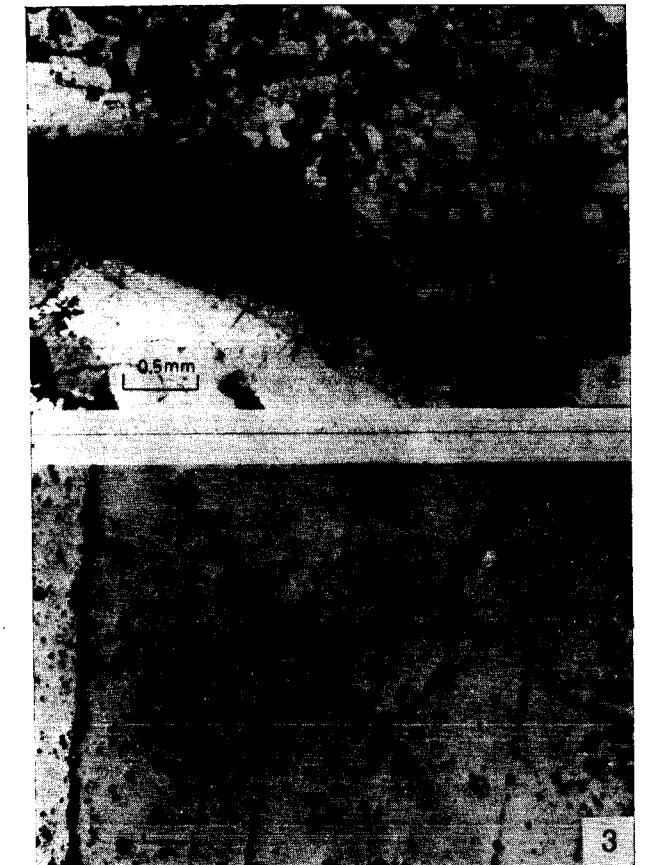


Foto 2.—Cristales de barita con textura tabicada, desarrollo bueno de la exfoliación (001), con una disposición flabeliforme hacia su terminación, junto con barita con textura granular y cuarzo. Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

Foto 3.—Barita en la que se aprecia en parte la exfoliación (001) y diminutos cristales de cinabrio cristalizado, color blanco y reflectividad alta. Yacimiento de Muñalén. Luz reflejada.

Yacimiento de Tebongo-Portiella

Los materiales encajantes.—El yacimiento presenta labores de explotación en galería realizadas tanto en Tebongo como en Portiella, siguiendo un filón-capa dispuesto en materiales de la parte inferior de la Formación Herrería. Los materiales del área tienen una dirección promedio SO-NE y buzamientos de $70-90^{\circ}$ al NO.

En las labores de Tebongo la serie litológico-mineralizada del campo minero es la siguiente:

- A) NIVEL DE ARENISCAS ROSADAS DE GRANO GRUE-

- L) TRAMO DE PIZARRAS GRISES CON PUNTOS ROJOS DISEMINADOS DE OXIDOS DE Fe. POTENCIA RECONOCIDA, 0,8 M.
- M) NIVEL DE PIZARRAS GRISES. POTENCIA RECONOCIDA, 0,6 M.
- N) TRAMO DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS. POTENCIA RECONOCIDA, 1,5 M.

Análisis composicional y textural.—La barita, objeto de las últimas explotaciones, se presenta en agregados tabulares con desarrollo de la exfoliación (001) y en menor proporción masiva, aunque sin ningún patrón de regularidad entre ambas dentro del conjunto del cuerpo mineral. El análisis microscópico confirma para la primera variedad una textura listada o tabicada debido al desarrollo manifiesto de la exfoliación (001), en la que los agregados listados toman ocasionalmente una disposición flabeliforme en su terminación (foto 2). La segunda variedad presenta una textura granular, según agregados cristalinos anhedrales.

La pirita, solamente identificada en el estudio microscópico, aparece también como componente primario de la mineralización a modo de pequeños cristales xenomórficos diseminados en la barita. Su proporción, muy escasa, es inferior al 1 por 100.

El cinabrio se presenta tanto cristalizado como pulverulento. El cristalizado, sólo identificado en microscopía de reflexión, está a modo de cristales xenomórficos diseminado en la barita en proporción pequeña, aunque algo superior a la de la pirita (foto 3). El cinabrio pulverulento o terroso, más abundante y visible macroscópicamente, se dispone en oquedades, grietas y planos de exfoliación en la barita. Procedería de la desintegración y removilización del cristalizado y por tanto mineral secundario.

El cuarzo es otro constituyente primario de la mineralización asociado a la barita y presentándose como cristales hipidiomórficos y xenomórficos de tamaños medios a pequeños (foto 2). Aparece diseminado en la barita, según contactos netos, siendo su proporción ligeramente superior a la del cinabrio cristalizado y pirita, un 2 por 100.

La goethita es un mineral secundario a modo de masas redondeadas, a veces con textura coliforme o bien según finas franjas, que cruzan a la barita principalmente por los planos de exfoliación (001).

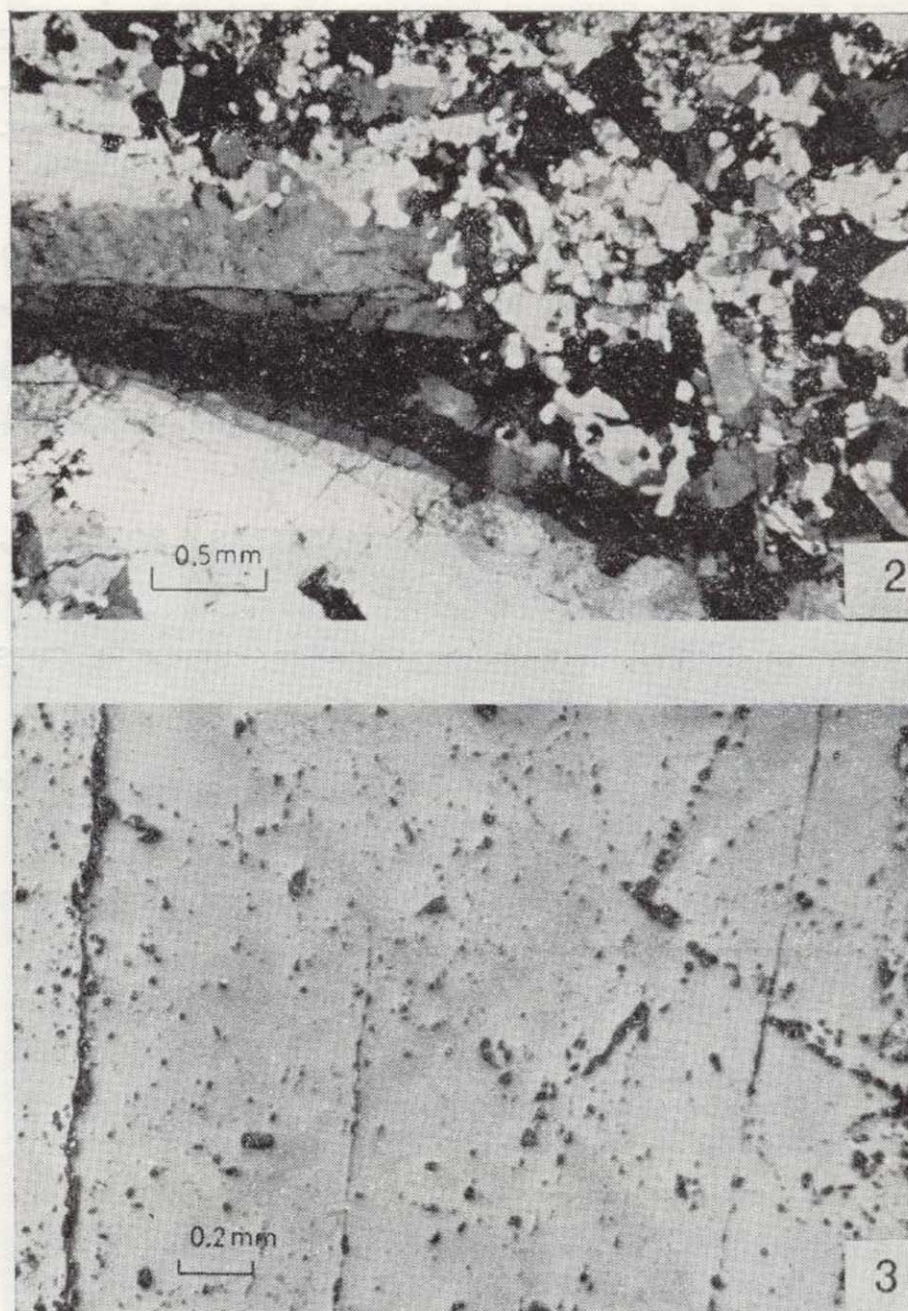


Foto 2.—Cristales de barita con textura tabicada, desarrollo bueno de la exfoliación (001), con una disposición flabeliforme hacia su terminación, junto con barita con textura granular y cuarzo. Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

Foto 3.—Barita en la que se aprecia en parte la exfoliación (001) y diminutos cristales de cinabrio cristalizado, color blanco y reflectividad alta. Yacimiento de Muñalén. Luz reflejada.

Yacimiento de Tebongo-Portiella

Los materiales encajantes.—El yacimiento presenta labores de explotación en galería realizadas tanto en Tebongo como en Portiella, siguiendo un filón-capa dispuesto en materiales de la parte inferior de la Formación Herrería. Los materiales del área tienen una dirección promedio SO-NE y buzamientos de 70-90° al NO.

En las labores de Tebongo la serie litológico-mineralizada del campo minero es la siguiente:

- A) NIVEL DE ARENISCAS ROSADAS DE GRANO GRUE-

- SO. POTENCIA RECONOCIDA, 3 M. APARECEN ATRAVESADAS POR PEQUEÑOS FILONES DE CUARZO BLANCO MASIVO SEGUN DIRECCIONES DIVERSAS.
- B) NIVEL DE PIZARRAS BEIGE, EN SU CONJUNTO HOMOGENEAS. POTENCIA RECONOCIDA, 20 M.
- C) TRAMO DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS CON LAMINACIONES OSCURAS (0,5 A 1 CM). POTENCIA, 1,5 M.
- D) TRAMO DE PIZARRAS AMARILLAS. POTENCIA, 3,5 M.
- E) TRAMO DE JASPEROIDE, COLOR VERDE A GRIS VERDOSO. POTENCIA, 0,4 M.
- C.M.) CUERPO MINERAL. POTENCIA, 2-3 M. DIRECCION, 48°-N Y VERTICALIZADO.
- F) TRAMO DE JASPEROIDE, COLOR VERDE A GRIS VERDOSO. POTENCIA, 0,3 M.
- G) NIVEL DE PIZARRAS AMARILLAS. POTENCIA RECONOCIDA, 2 M.
- H) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS. POTENCIA RECONOCIDA, 1,5 M.
- I) NIVEL DE PIZARRAS AMARILLAS. POTENCIA RECONOCIDA, 4,2 M.
- J) TRAMO DE PIZARRAS GRISES. POTENCIA, 3 M.
- K) TRAMO DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS, CON UNA VETA DE CUARZO (3 CM.) CONCORDANTE CON ELLAS. POTENCIA, 2,3 M.
- L) TRAMO DE PIZARRAS GRISES. POTENCIA, 2 M.
- M) TRAMO DE PIZARRAS AMARILLAS. A 2 M. DE LA BASE, UNA VETA DE CUARZO MASIVO (38 CM.) CONCORDANTE. POTENCIA, 3,5 M.
- N) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS. POTENCIA, 3 M. CONTACTO DISCORDANTE EN LA BASE CON MATERIALES PRECAMBRICOS.

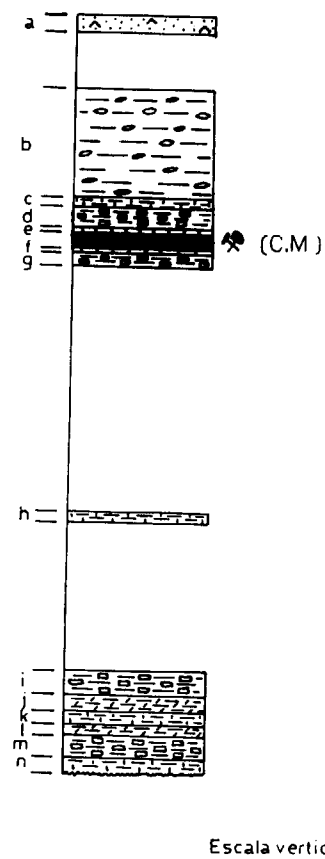


Figura 4.—Serie litológico-mineralizada de Tebongo en el yacimiento Tebongo-Portiella.

El cuerpo mineral tiene una dirección de 48° N y verticalizado, siendo visibles tanto al techo como al muro de la mineralización zonas silicificadas verde-grisáceas de jasperoide. El análisis microscópico de los «tramos de jasperoide» muestra una composición de cuarzo, en agregados cristalinos muy pequeños y finos, con bordes interpenetrados, así como diminutas laminillas de sericita diseminada. Dentro de esta masa afanítica de cuarzo jasperoide se producen individualizaciones de cuarzo de mayor tamaño cristalino. Además, aparecen relictos de pizarra limosa y limosa-arenosa encajante en fase de reemplazamiento por el cuarzo jasperoide (fotos 4 y 5), lo que indica la existencia de una fase de silicificación anterior a la fase de mineralización propiamente dicha.

En Portiella también existen labores de explotación de barita consistentes en una galería de dirección 224° N (foto 6) que sigue la mineralización. El cuerpo mineral encaja en pizarras amarillas, como se desprende de la serie litológico-mineralizada expuesta a continuación (fig. 5), donde la sucesión de materiales cámbricos está formada de techo a muro por:

- A) TRAMO DE PIZARRAS AMARILLAS BIEN ESTRATIFICADAS (302/72). POTENCIA RECONOCIDA, 3 M.
- C.M.) CUERPO MINERAL. POTENCIA, 2-2,5 M. DIRECCION, 224°-N E INCLINADO 70-75° AL NW.
- B) TRAMO DE PIZARRAS AMARILLAS. POTENCIA, 2,5 M.

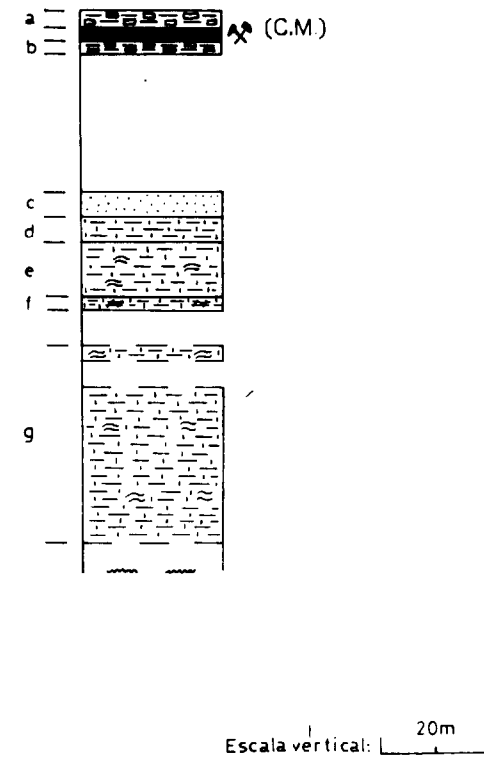


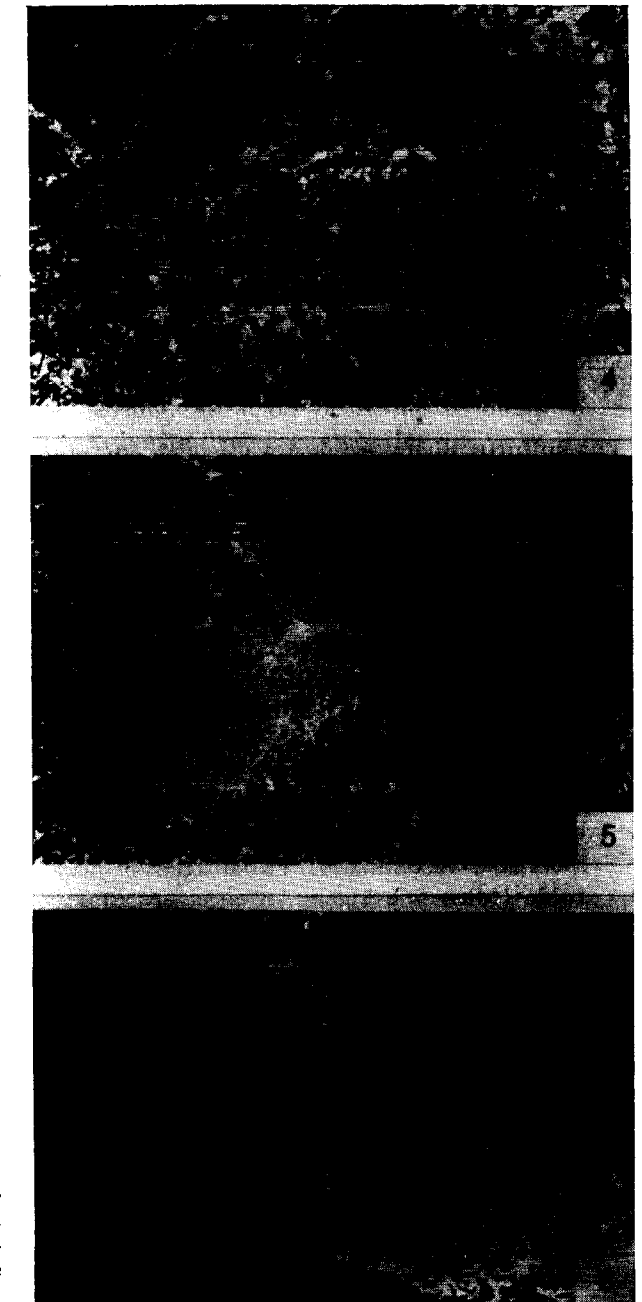
Figura 5.—Serie litológico-mineralizada de Portiella en el yacimiento Tebongo-Portiella.

- C) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS AMARILLAS. POTENCIA RECONOCIDA, 4 M.
- D) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS. POTENCIA, 4,5 M.
- E) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS, CON LAMINACIONES OSCURAS ESPORADICAS. POTENCIA, 10 M.
- F) TRAMO DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS, CON ESTRATIFICACIONES CRUZADAS. POTENCIA RECONOCIDA, 2 M.
- G) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENTAS, FORMANDO UN CONJUNTO EN DONDE SE INDIVIDUALIZAN OCASIONALMENTE TRAMOS CON LAMINACIONES OSCURAS. POTENCIA RECONOCIDA ENTRE 35 A 45 M.

Foto 6.—Aspecto de las labores del lado de Portiella, donde en la parte izquierda aparece una vagoneta empleada para sacar el mineral. La entrada de la galería está parcialmente tapada. Serie litológico-mineralizada (fig. 5) de las labores mineras de Portiella.

Foto 4.—Relictos de material primario de la roca encajante, pizarra limosa (parte superior), en una masa de cuarzo jasperoide y pirita (zonas negras). Tramos de jasperoide de la columna litológico-mineralizada (fig. 4). Yacimiento de Tebongo-Portiella. Luz transmitida. N. C.

Foto 5.—Microfotografía en la que se evidencia el proceso de silicificación de las pizarras limosas encajantes por cuarzo jasperoide, y donde aun quedan relictos de material encajante. Las zonas negras son pirita impregnando la masa de cuarzo jasperoide. Tramos de jasperoide en la columna de la figura 4. Yacimiento de Tebongo-Portiella. Luz transmitida. N. C.



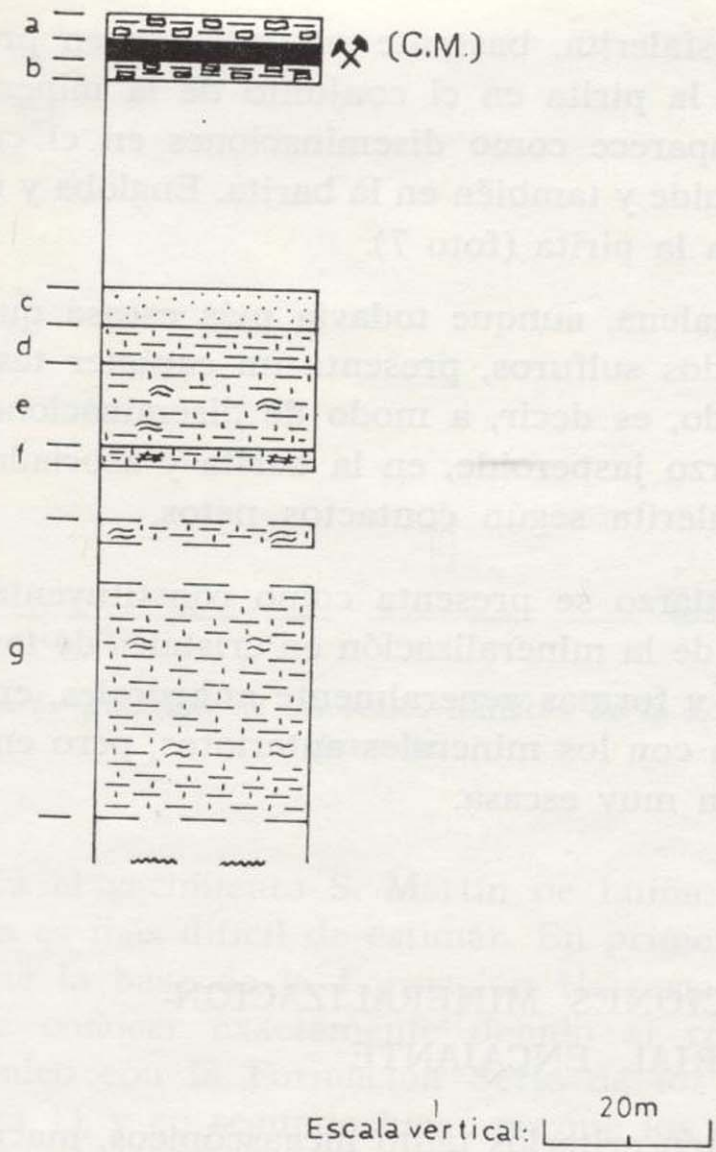


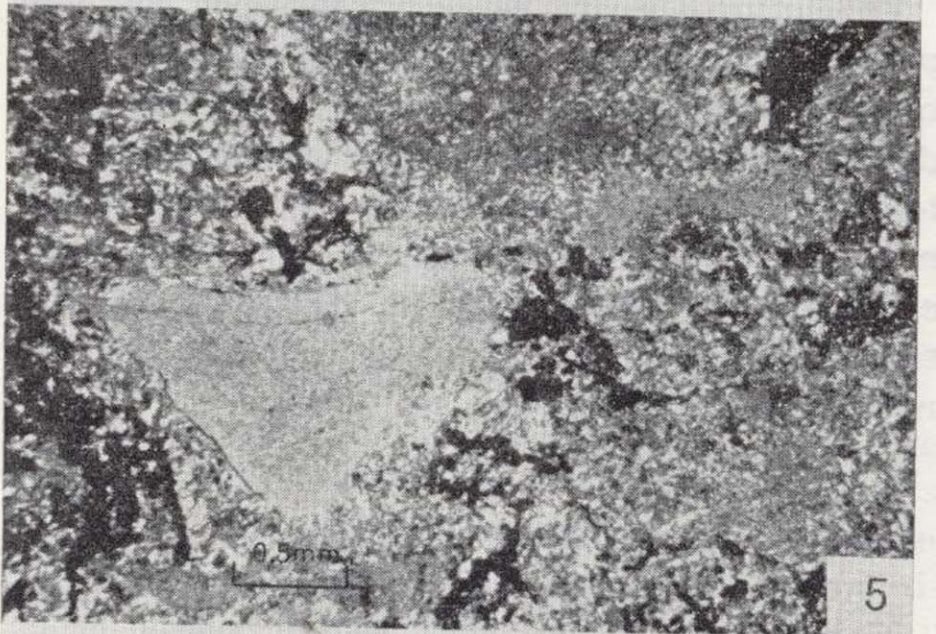
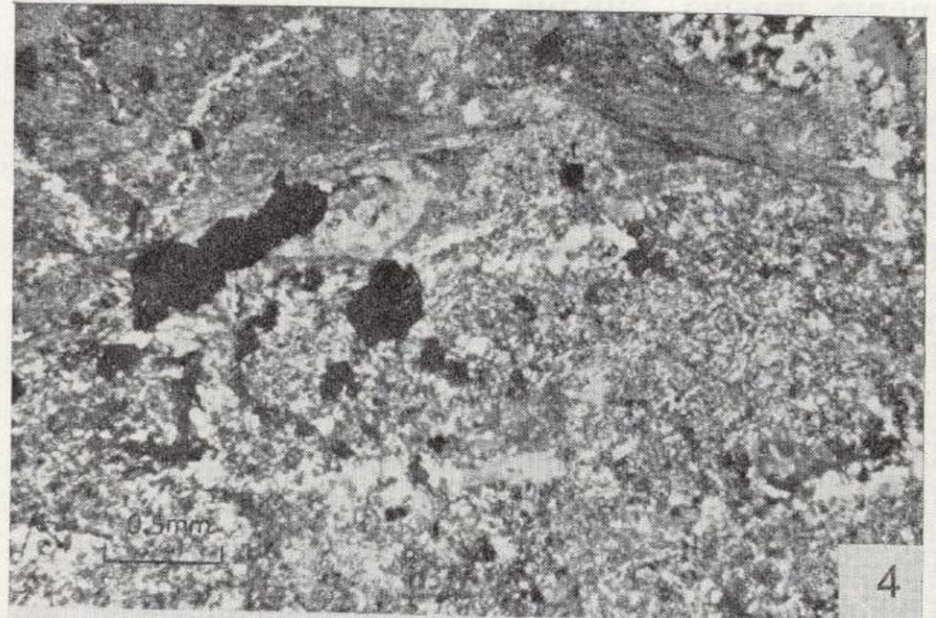
Figura 5.—Serie litológico-mineralizada de Portiella en el yacimiento Tebongo-Portiella.

- C) NIVEL DE ARENISCAS FELDESPATICAS AMARILLAS. POTENCIA RECONOCIDA, 4 M.
- D) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENAS. POTENCIA, 4,5 M.
- E) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENAS, CON LAMINACIONES OSCURAS ESPORADICAS. POTENCIA, 10 M.
- F) TRAMO DE PIZARRAS GRISES AMARILLENAS, CON ESTRATIFICACIONES CRUZADAS. POTENCIA RECONOCIDA, 2 M.
- G) NIVEL DE PIZARRAS GRISES AMARILLENAS, FORMANDO UN CONJUNTO EN DONDE SE INDIVIDUALIZAN OCASIONALMENTE TRAMOS CON LAMINACIONES OSCURAS. POTENCIA RECONOCIDA ENTRE 35 A 45 M.

Foto 6.—Aspecto de las labores del lado de Portiella, donde en la parte izquierda aparece una vagoneta empleada para sacar el mineral. La entrada de la galería está parcialmente tapada. Serie litológico-mineralizada (fig. 5) de las labores mineras de Portiella.

Foto 4.—Relictos de material primario de la roca encajante, pizarra limosa (parte superior), en una masa de cuarzo jasperoide y pirita (zonas negras). Tramos de jasperoide de la columna litológico-mineralizada (fig. 4). Yacimiento de Tebongo-Portiella. Luz transmitida. N. C.

Foto 5.—Microfotografía en la que se evidencia el proceso de silicificación de las pizarras limosas encajantes por cuarzo jasperoide, y donde aun quedan relictos de material encajante. Las zonas negras son pirita impregnando la masa de cuarzo jasperoide. Tramos de jasperoide en la columna de la figura 4. Yacimiento de Tebongo-Portiella. Luz transmitida. N. C.



La morfología de la mineralización en Portiella es concordante con las rocas de caja, por tanto en filón-capa, y ligeramente menos verticalizada que en las labores de Tebongo. Las explotaciones fueron realizadas por BARITAS INDUSTRIALES, SOCIEDAD ANONIMA, para aprovechamiento de la barita.

Análisis textural y composicional.—La composición mineral del yacimiento es más variada que la de los otros dos. La barita es blanca, generalmente masiva, aunque esporádicamente se individualizan agregados tabulares. Se distingue, pues, una barita con textura granular según cristales anhedrales de tamaño variable que en ocasiones desarrolla agregados listados definidos por la exfoliación principal (001), adoptando la textura tabicada. La zona de contacto barita-jasperoide es irregular, con contactos sinuosos y penetrativos, debido por un lado al ligero reemplazamiento de la barita sobre el cuarzo jasperoide y por otro lado a la textura de impregnación definida según pequeñas diseminaciones e impregnaciones de barita dentro de la masa de cuarzo jasperoide.

Los sulfuros pirita, esfalerita y galena son componentes minoritarios de la mineralización, aunque la pirita supera en proporción a los otros dos. Su período de cristalización antecede en parte a la barita en la paragénesis. Las relaciones minerales de la pirita definen tres asociaciones, que evidencian además un período temprano de cristalización dentro del esquema o cuadro paragenético. Así, se tiene:

- Asociación pirita-cuarzo jasperoide.—La pirita se presenta como cristales de tamaño pequeño a grande, desde xenomórficos a idiomórficos, diseminados en el cuarzo jasperoide (fotos 4 y 5).
- Asociación pirita-esfalerita.—La pirita se dispone según cristales xenomórficos, hipidiomórficos e idiomórficos diseminados en la esfalerita y siendo reemplazados por ésta (foto 7).
- Asociación pirita-barita.—Aquí la pirita, también en cristales desde xenomórficos a idiomórficos y tamaños medios a grandes, se encuentra como diseminaciones en la masa principal de barita.

La esfalerita, bastante subordinada en proporción a la pirita en el conjunto de la mineralización, aparece como diseminaciones en el cuarzo jasperoide y también en la barita. Engloba y reemplaza a la pirita (foto 7).

La galena, aunque todavía más escasa que los otros dos sulfuros, presenta un carácter textural parecido, es decir, a modo de diseminaciones en el cuarzo jasperoide, en la barita y asociada con la esfalerita según contactos netos.

El cuarzo se presenta como constituyente primario de la mineralización en cristales de tamaño medio y formas generalmente anhedrales, en asociación con los minerales anteriores, pero en proporción muy escasa.

RELACIONES MINERALIZACION-MATERIAL ENCAJANTE

Existen criterios tanto megascópicos, macroscópicos como microscópicos, que permiten profundizar sobre las relaciones espaciales y particularmente las temporales de las mineralizaciones en estudio con las rocas de caja. Estos criterios ayudan a clarificar el carácter epigenético o singenético de las mineralizaciones.

Las columnas litológico-mineralizadas establecidas para cada campo minero evidencian la naturaleza detrítica de los materiales encajantes dentro de una secuencia pelítico-arenosa del Cámbrico Inferior, la Formación Herrería. Pero delimitando desde un punto de vista espacial la posición de los yacimientos en dicha secuencia detrítica (figura 6), se observa que no existe una línea de correlación determinada que permita caracterizarlos a un punto localizado en el espacio ni a un nivel litológico constante y característico.

Así, tomando como base el límite Precámbrico-Cámbrico, la distancia a la que se encuentra cada uno de ellos es la siguiente:

Para el yacimiento Tebongo-Portiella la posición espacial es de 95-100 m.

Para el yacimiento de Muñalén es de unos 300 metros.

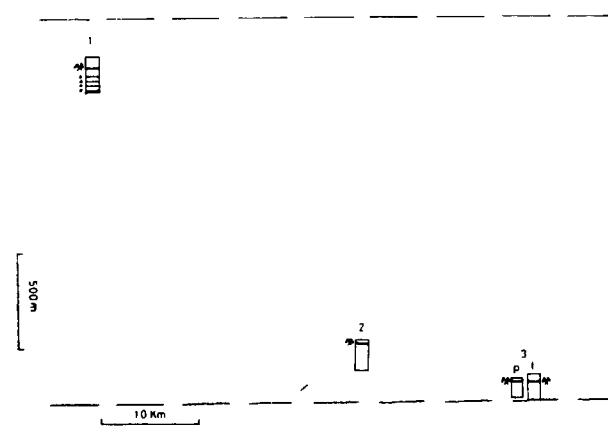


Figura 6.—Posición de las series mineras de la Formación Herrería.

Para el yacimiento S. Martín de Luiña la distancia es más difícil de estimar. En primer lugar porque la base de la Formación Herrería no se puede conocer exactamente debido al contacto mecánico con la Formación Serie de los Cabos (figura 1), y en segundo lugar porque los efectos del plegamiento impiden conocer la potencia real de la misma. MARCOS y ARBOLEYA (1976) señalan que en este sector la formación supera los 2.000 metros. Este yacimiento se sitúa claramente hacia la parte superior de la misma, y su distancia desde la base, teniendo en cuenta los factores expresados antes, se puede estimar entre los 1.500-1.700 m., aproximadamente.

Las relaciones temporales mineralización-material encajante se definen básicamente mediante criterios microscópicos. En primer lugar, existe una deformación de los constituyentes de las rocas de caja de naturaleza detrítica debida a efectos tectónico-metamórficos, evidenciada por la orientación de ciertos constituyentes minerales de las mismas, particularmente del material arcilloso y de la matriz sericitica, caso de los yacimientos de S. Martín de Luiña y Muñalén, e incluso una orientación de los granos de cuarzo, cuarzo amigdaloides, y del material arcilloso, caso del yacimiento Tebongo-Portiella. En segundo lugar, un análisis mineralógico y textural basado en la disposición y morfología de los minerales tipo sericita y moscovita en la zona o franja de contacto de la mineralización-roca encajante, pone de manifiesto la posterioridad en el tiempo del período o fase de mineralización respecto al material de caja, como ocurre en los yacimientos de S. Mar-

tín de Luiña y de Muñalén. Mientras que para el yacimiento de Tebongo-Portiella, es la silicificación con la formación de jasperoides la que define el carácter epigenético.

Los minerales diagnóstico de las relaciones de contacto, sericita y moscovita se presentan como cristales listados, alargados, bien desarrollados y con tendencia al idiomorfismo bajo dos modalidades a nivel microscópico: una, como franjas constituidas por agrupaciones de ellos justo en el contacto barita-material encajante, particularmente evidente en el yacimiento de Muñalén (fotos 8 y 9); la otra modalidad, como cristales aislados y según direcciones diversas incluidos en los agregados de barita, frecuentemente en vías de reemplazamiento (fotos 10, 11 y 12).

La interpretación paragenética para este tipo de sericita y moscovita de mayor tamaño, desarrollo e idiomorfismo que la propia constituyente de las rocas encajantes, es que proceda de una recristalización de la sericita y/o moscovita «primaria» ligada a la fase de mineralización. Recristalización que lógicamente es algo anterior a la etapa de mineralización propiamente dicha, puesto que la barita llega a englobarlas y a veces a reemplazarlas.

La alteración sufrida por las rocas encajantes, pizarras limoso-arenosas amarillas del yacimiento Tebongo-Portiella, definida por los tramos de jasperoide y particularmente evidenciada en el corte Tebongo debido a las mejores condiciones de afloramiento y acceso a las labores mineras, se establece con criterios microscópicos como una silicificación previa, aunque relacionada con la fase de mineralización. La composición mineral de los jasperoides es cuarzo de tamaño muy pequeño con bordes bastante interpenetrados y textura afanítica en donde quedan relictos de pizarra (fotos 4 y 5), indicativos de un proceso de silicificación con fenómenos de reemplazamiento.

El hecho de que dicha silicificación sea previa, aunque relacionada con la fase o etapa de mineralización, se denota en muestras de mano donde dentro de la masa de barita quedan englobadas, y a modo de relictos, delgadas franjas de material gris verdoso, jasperoide, y porque el análisis microscópico muestra cómo la barita presenta bordes sinuosos y penetrantes con el cuarzo jasperoide indicativos de la posterioridad de dicha fase mineral respecto al cuarzo propio de la sili-

cificación, así como impregnaciones en el mismo tanto de barita, esfalerita, galena y pirita.

ESTUDIO GEOQUIMICO DE LA BARITA DE LOS YACIMIENTOS

El análisis geoquímico de las baritas de los yacimientos en estudio se ha basado en las concentraciones de uranio (U) y torio (Th) como factor determinante en distinguir entre baritas marinas y baritas de tipo continental.

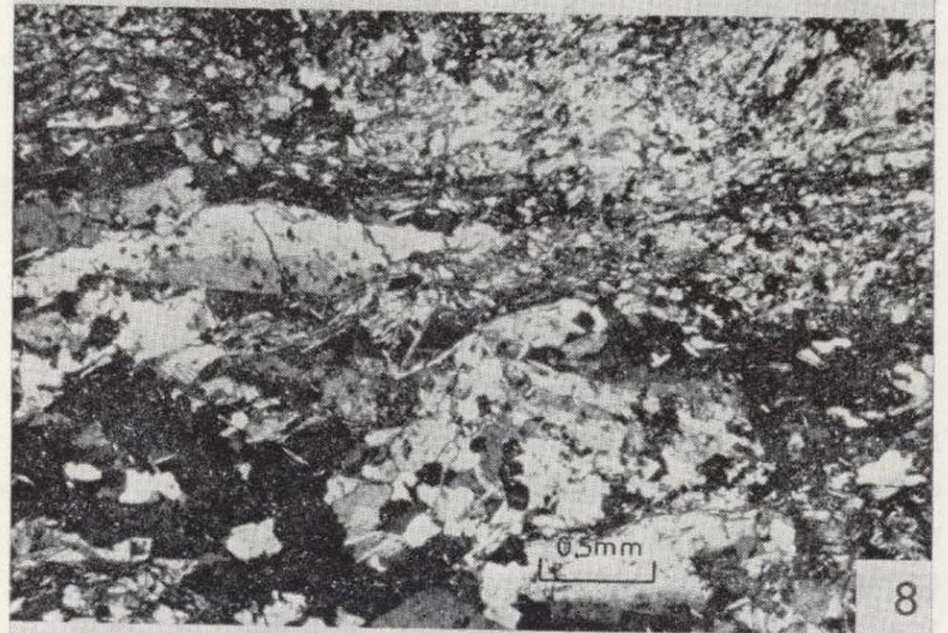
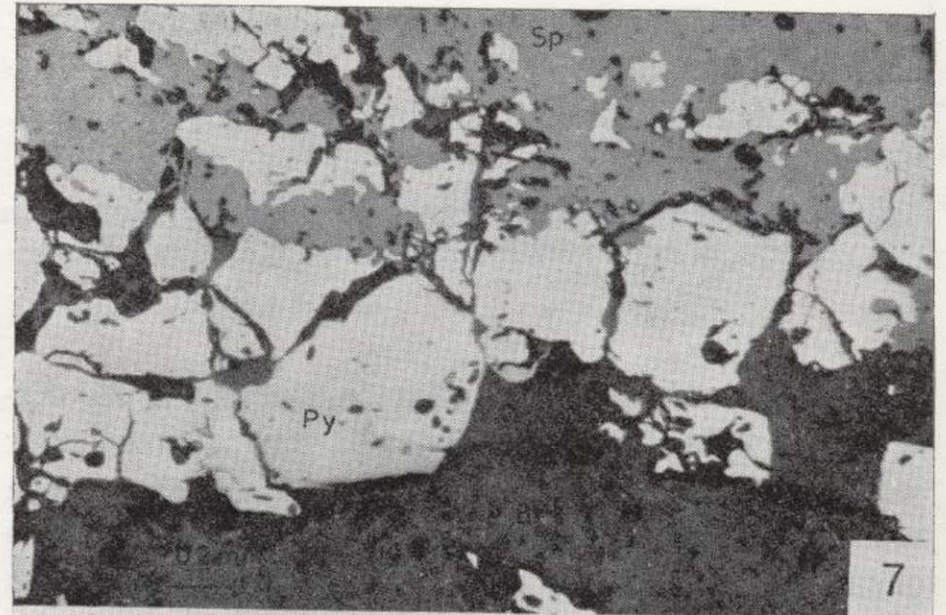
La barita marina, formada por precipitación en los sedimentos de los fondos oceánicos, es un receptor potencial de cantidades considerables de torio, es decir, decenas de ppm (CHURCH y BERNAT, 1972), aunque las concentraciones de uranio que se incorporen al sedimento estén dentro del rango normal. Esto es debido en parte a que no existe una alta fraccionación entre el Ba y el Th en la deposición de la barita marina. Así, tomando una concentración de Ba en el agua del mar de $20 \mu\text{g}/1$ y una concentración de Th en el agua del mar de $5 \times 10^{-4} \mu\text{g}/1$ (GOLDBERG et al., 1969), la relación Th/Ba en dicho medio marino es de 25×10^{-6} . Esta relación es semejante a la encontrada en las baritas marinas, que promedian un valor de 60×10^{-6} (GOLDBERG et al., 1969).

Foto 7.—Asociación mineral pirita-esfalerita, en la cual la pirita (Py) está reemplazada parcialmente por la esfalerita (Sp). La paragénesis incluye además cuarzo (Q) y barita (Bt), con colores grises oscuros y reflectividades bastante más bajas. Yacimiento de Tebongo-Portiella. Labores de Tebongo. Luz reflejada.

Foto 8.—Contacto entre la roca encajante, pizarra limosa, en la parte superior de la foto, con la barita de la mineralización. En el contacto se denota una franja a veces ramificándose de agrupaciones de cristales listados de moscovita, así como cristales dispersos de la misma dentro de la barita, la cual presenta una textura predominantemente listada. Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

Foto 9.—Barita en contacto con pizarra limosa encajante (parte superior izquierda de la foto). La barita aparece con textura tabicada y con terminación flabeliforme de los cristales listados, así como con textura granular, hacia la parte izquierda. Se denota cómo la moscovita se dispone según franjas finas de cristales listados entre la barita y la pizarra limosa. Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

Datos cuantitativos más específicos los ofrecen GOLDBERG et al. (1969), donde las baritas marinas analizadas tienen concentraciones altas en Th, entre 33-35 ppm, mientras que las proporciones de uranio están en un orden de magnitud menor, o sea, 2,5-2,7 ppm. Por otro lado, las baritas continentales y las baritas de la plataforma continental contienen unas 100 veces menos Th, y el con-



tenido de U es prácticamente no detectable, es decir, inferior a 0,2 ppm.

También, CHURCH y BERNAT (1972) y CHURCH (1979) encuentran que los contenidos de U y Th para las baritas autigénicas de los fondos oceánicos son relativamente altos. Así, el U está entre 0,2-5,0 ppm y comparable al rango promedio de los sedimentos marinos, que está entre 1-2 ppm, mientras que el Th presenta concentraciones bastante mayores, con un promedio de 30 ppm, aunque las tendencias más significativas estén en un espectro más dilatado, es decir, 2-100 ppm.

La aplicación práctica de este criterio geoquímico al estudio de yacimientos minerales de barita se ofrece en el trabajo de MILLS et al. (1971) y FERNÁNDEZ (in litt.). Los primeros analizaron 16 muestras de 13 depósitos de barita de Stevens County, Washington. Ocho de ellas proceden de yacimientos filonianos y las otras ocho de yacimientos estratiformes. Las baritas filonianas contienen todas ellas menos de 2,0 ppm de U, a no ser el yacimiento Deer Park \neq 1, que dio 3,1 ppm. Las baritas estratiformes contienen más de 2,0 ppm de U, e incluso dos yacimientos (O'Toole y Flagstaff Mt.) presentan unas proporciones de 9,6 y 17,1 ppm, respectivamente. En cuanto al Th, tanto las filonianas como las estratiformes contienen menos de 1.0 ppm, excepto el yacimiento estratiforme O'Toole Mt., que dio 5,0 ppm.

Teniendo en cuenta que la geoquímica de U y Th en la barita ayuda no sólo en la caracterización de los yacimientos, sino también en la metalogénia de los mismos, se han realizado en este trabajo análisis cuantitativos para estos dos ele-

mentos en muestras de las tres mineralizaciones (tabla II).

Es evidente que, a pesar del límite inferior de detección, la barita de los tres yacimientos cae en el rango de continental y no marina, es decir, corresponde a barita filoniana hidrotermal en contraposición a la barita sedimentaria marina.

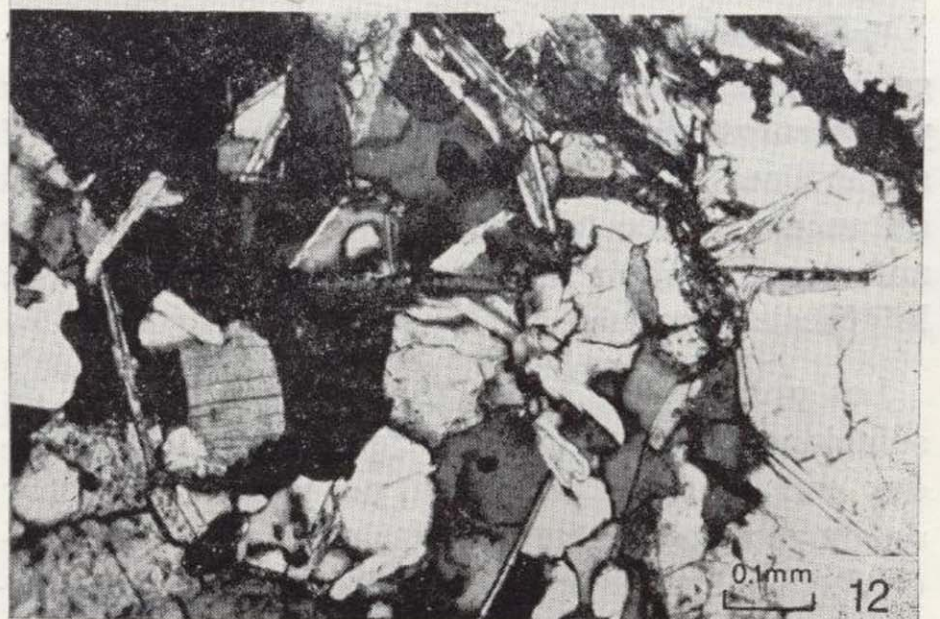
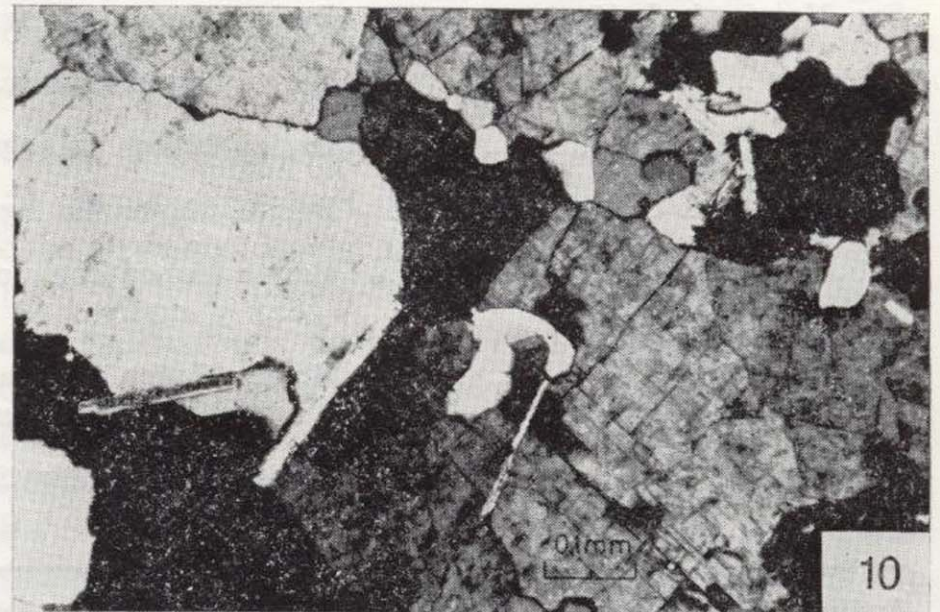


Foto 10.—Barita con textura granular, en la que se observan los dos sistemas de exfoliación, y asociada con cuarzo. Aparecen además cristales listados y aislados de moscovita en ligera fase de reemplazamiento por la barita y cuarzo.

Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

Foto 11.—Agrupaciones de cristales listados con tendencia idiomórfica de moscovita, englobados por la asociación barita-cuarzo, este último más subordinado en proporción. Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

Foto 12.—Cristales de moscovita con tendencia idiomórfica y morfología listada, englobados y algunos parcialmente reemplazados por barita, y también por cuarzo a veces hipidiomórfico o subhedral. Yacimiento de Muñalén. Luz transmitida. N. C.

TABLA II

Resultados de los análisis geoquímicos realizados para muestras de barita de los yacimientos

Yacimiento	Muestra	Referencia	U (ppm)	Th (ppm)
San Martín de Luiña	Barita blanca masiva.	Av-Fc-1-2	<1,0	<3,0
San Martín de Luiña	Barita brechiforme. Elementos brechiformes de barita masiva cementados por todorokita.	Av-Fc-1-3	<1,0	<3,0
San Martín de Luiña	Barita blanca masiva.	Av-m	<1,0	<3,0
Muñalén	Barita blanca masiva.	M-Fc-i	<1,0	<3,0
Muñalén	Barita blanca en agregados tabulares.	M-Fc-m	<1,0	<3,0
Muñalén	Barita blanca en agregados tabulares.	M-Fc-S	<1,0	<3,0
Tebongo-Portiella	Barita blanca con un tono ligeramente grisáceo y masiva.	T-P-1	<1,0	<3,0
Tebongo-Portiella	Barita blanca masiva con diferenciaciones en agregados tabulares.	T-P-2	<1,0	<3,0
Tebongo-Portiella	Barita blanca atravesada por finas películas de hematites.	T-P-p1	<1,0	<3,0

Análisis realizado por ENUSA. Geólogo: J. MONTES. Jefe de laboratorio: J. HERRERO PAYO.

CARACTERISTICAS METALOGENETICAS

Para explicar las características metalogenéticas de estas mineralizaciones asociadas a una secuencia pelítica-arenosa de edad Cámbrico Inferior, Formación Herrería o Cándana, y por tanto «stratabound», se deben de tener en cuenta factores sedimentológicos característicos de tal formación, factores de evolución de la cuenca sedimentaria, factores tectónicos, puesto que los yacimientos se disponen en un área afectada por la orogénesis hercínica, y factores de control regional, ya que se encuentran en la parte más oriental de la Zona Asturoccidental-Leonesa.

Una valoración y crítica de los modelos metalogénicos aplicables a la interpretación de estos yacimientos parece adecuada aquí, puesto que así se perfilan las líneas de mejor evidencia que conducen a esclarecer, tanto en base a los estudios anteriores como a los estudios de comparación, la génesis mineral.

Los procesos de formación mineral a partir de soluciones hidrotermales directamente relacionadas con la actividad ígnea no parecen explicar de un modo evidente la metalogenia de estos yacimientos. En primer lugar, porque existe una irre-

gularidad manifiesta en la distribución de las rocas ígneas más próximas a los yacimientos (figura 1). En segundo lugar, por la naturaleza diferente en composición de las propias rocas ígneas, lo que sugiere etapas diferentes de magmatismo, y por consiguiente su relación con yacimientos de mineralogía semejante parece problemática. En tercer lugar, la pequeña magnitud de estas intrusiones, su carácter esporádico y la ausencia de un zonado reconocido respecto a ellas. Y en cuarto lugar, la edad postectónica considerada por varios autores (MARCOS y ARBOLEYA, 1976; JULIVERT et al., 1977a, entre otros) para estas intrusiones.

Un modelo vulcanogénico o exhalativo-sedimentario en algunos casos explica muy bien la relación de la mineralización a series sedimentarias determinadas, como es el caso de los yacimientos de barita en el Precámbrico de Barberton Mountain Land, Africa del Sur (HEINRICHS y REIMER, 1977), o los yacimientos vulcanogénicos estratiformes de Meggen y Rammelsberg en el Devónico Medio (KREBS, 1981; HANNAK, 1981). Sin embargo, para los yacimientos estudiados aquí es inválida. Esto se corrobora tanto por los datos geológicos de carácter regional como por las co-

lumnas de cada campo minero, en donde no existe material volcánico no sólo en asociación directa con las mineralizaciones sino también en el conjunto de la Formación Herrería.

Teniendo en cuenta el carácter stratabound y asimismo la morfología de las mineralizaciones a grosso modo concordantes tanto en dirección como inclinación con los materiales encajantes, el modelo sedimentario pudiera parecer adecuado para explicar dichos yacimientos. Para ello vamos a analizar dos puntos:

A.—Características sedimentológicas de la Formación Herrería.

Los datos sobre la sedimentología de la Formación Herrería tienen un carácter general, si bien la mayoría de ellos concuerdan en señalar un medio marino somero. Así, OELE (1964), en su estudio sobre dicha formación practicado cerca de la localidad de Boñar, León, indica que el medio es nerítico somero cercano a la costa e influenciado por corrientes fluviales. VAN DEN BOSCH (1969), en los cortes de Barrios de Luna, Salce y Río de Sosas, todos en León, señala que la Herrería tiene características sedimentológicas de un medio fluvial y posiblemente deltaico con algunas intercalaciones marinas. MARCOS y ARBOLEYA (1976) señalan que la evolución paleogeográfica desde el Cámbrico Inferior hasta el Arenig se caracteriza por una secuencia de sedimentos terrígenos de aguas someras con la excepción de un episodio carbonatado en la parte más alta del Cámbrico Inferior, Caliza de Vegadeo, en la que predominan areniscas feldespáticas, pizarras y cuarcitas (Formación Herrería y Serie de los Cabos). JULIVERT et al. (1977a) citan que la Arenisca de la Herrería representa un sedimento de aguas poco profundas. JULIVERT et al. (1977b) señalan que durante el Cámbrico y el Ordovícico la sedimentación fue de escasa profundidad.

Quizá el trabajo más profundo es el de CRIMES et al. (1977), en el que se ofrecen tres columnas estratigráficas de la Herrería. Una entre Cudillero y Concha de Artedo, relativamente próxima al yacimiento S. Martín de Luiña. Se da un medio marino somero con facies subtidal e intertidal. Las otras dos columnas o series se localizan en León, una entre Barrios de Luna e Irede con facies intertidal y subtidal, y la otra en Boñar-Cofiñal, donde el medio es intertidal y subtidal, aun-

que en la parte más inferior presenta canales mareales influenciados fluvialmente.

B. Relaciones de incongruencia entre el medio sedimentario de la Formación Herrería y la formación sedimentaria de barita.

Las relaciones de incongruencia se definen comparando la proporción de Ba en las aguas marinas y la formación de barita sedimentaria a partir de ellas con las características del medio de la Herrería.

Así, los datos geoquímicos sobre el contenido de Ba en las aguas del mar concuerdan en la escasa proporción de este elemento en las mismas. REVELLE y EMERY (1951), en su estudio sobre las concentraciones de barita en los fondos oceánicos del Pacífico, lado de California, dan un contenido de 0,03 a 0,008 mg/l de Ba. Señalan que no se llega a sobrepasar el producto de solubilidad del Ba SO₄ para la precipitación de barita, por lo que sugieren soluciones hidrotermales ascendentes con Ba que reaccionando con el agua marina intersticial de los sedimentos del fondo dan lugar a la formación de concreciones de barita.

Sin embargo, CHOW y GOLDBERG (1960) registran valores de 10 µg/l de Ba en aguas superficiales de dos estaciones del Pacífico y valores de 63 µg/l en aguas profundas, a 4.392 m. CHURCH y WOLGEMUTH (1972), en el Pacífico Este, ofrecen concentraciones de Ba de 21,6 a 22,6 µg/l en aguas del fondo con profundidades de 4.177 a 4.561 m., mientras que para las aguas de poro, concentraciones de Ba entre 40,8 a 51,3 µg/l, con un valor medio de 46 ± 6 µg/l a profundidades entre 4.161 y 4.561 m. Se observa, pues, un aumento aproximadamente doble del contenido de Ba en las aguas de poro que en las aguas de fondo.

Según estos autores, si se compara este valor medio con el valor calculado teóricamente para las aguas del fondo oceánico (49 µg/Kg), dentro del error, este valor refleja el agua marina saturada en BaSO₄, por lo que la formación de barita marina puede ocurrir autigénicamente dentro de los sedimentos a partir del agua de poro. El Ba procedería de la liberación, enterramiento y oxidación de partículas de materia orgánica rica en este ejemplo (CHURCH y WOLGEMUTH, 1972).

Teniendo en cuenta las características sedimentológicas de la Formación Herrería, que definen

un medio marino somero con influencias fluviales de carácter local, no se puede aplicar el modelo sedimentario para los yacimientos de barita estudiados, puesto que la formación de barita sedimentaria precisa en base a los datos geoquímicos señalados un medio marino profundo de fondos oceánicos donde se produzca saturación de BaSO_4 en las aguas de poro y su posterior precipitación. Además, la caracterización geoquímica de los tres yacimientos, en base a las proporciones de U y Th, descarta el tipo marino sedimentario.

Considerando las características geológicas, morfológicas y geoquímicas de las mineralizaciones, y una vez revisados y criticados los modelos metalogénicos anteriores, el único que puede explicar la génesis es el de la removilización sintectónica.

Desde el punto de vista geológico-regional, los yacimientos stratabound en la Formación Herrería se disponen en el sector o parte más oriental de la Zona Asturoccidental-Leonesa, caracterizada por un metamorfismo regional de bajo grado, tipo epizonal, perteneciente a la facies de las pizarras o esquistos verdes, así como una esquistosidad que para las zonas más orientales llega a tener un carácter no generalizado. Las relaciones entre el metamorfismo y las fases de deformación tectónica ya se vieron anteriormente. Los procesos tectónico-metamórficos se desarrollaron durante la orogénesis herciniana. Además, como también se señaló, las rocas de caja de las mineralizaciones presentan orientación de sus constituyentes minerales, formas de anisotropía, particularmente del material arcilloso, debidas a efectos tectónico-metamórficos.

Entre los autores que han considerado el papel del metamorfismo en la formación de yacimientos minerales se destaca SANGSTER (1971), el cual señala que el metamorfismo no es un proceso puramente destructivo como consideran ciertos autores, sino que esta destrucción es más bien de naturaleza física que química, y acentúa que el metamorfismo juega un papel positivo en la génesis mineral. Incluso, los procesos metamórficos pueden producir de hecho nuevos cuerpos minerales donde no existían antes del metamorfismo; por ejemplo, en la Zona Cantábrica, donde no llega el metamorfismo, no existen mineralizaciones stratabound de barita en la Formación Herrería. STANTON (1972), en relación con los ya-

cimientos metamórficos considera la morfología de los mismos como diseminaciones, concentraciones lentejonares y «rellenos a lo largo de planos de estratificación», caso de los yacimientos aquí estudiados con morfología en filón-capa y concordantes a grosso modo con las rocas de caja. También señala que el metamorfismo de bajo grado es el más importante en la génesis mineral, ya que el metamorfismo superior a la facies esquistos o pizarras verdes no es importante en inducir concentraciones minerales.

SMIRNOV (1976) define los yacimientos metamórficos como los originados durante el metamorfismo por reagrupamiento del material mineral de las rocas metamorfoseadas. Destaca que el agua es el solvente de los elementos que son lixiviados y redepositados, así como de los compuestos químicos y de los procesos involucrados en las reacciones que forman luego los yacimientos metamorfogénicos. Este agua puede ser agua de poro de rocas no metamorfoseadas, agua combinada de los minerales hidratados, agua procedente de zonas de alto metamorfismo penetrando en zonas de más bajo metamorfismo, y agua juvenil de origen magmático. SOBOLEV et al. (1980) señalan que aquellas concentraciones minerales formadas directamente durante el metamorfismo regional, se denominan yacimientos de la clase sinmetamórfica u ortometamórfica, y están controladas por dos factores principales: uno, la especialización geoquímica de las series litológicas originales, y el otro por la intensidad y dirección de flujo de fluidos que dependen de los procesos tectónicos intraformacionales durante las épocas sincrónicas con el metamorfismo.

Entonces, si las soluciones acuosas mineralizantes no proceden de un foco magmático intrusivo evidente, ni de emanaciones volcánicas submarinas, ni de aguas directamente marinas, tendrán su origen, por tanto, en las aguas tipo connatas, formacionales o intersticiales y en las aguas o fluidos acuosos metamórficos. Este tipo de fluidos poseen unas características químicas importantes en metalogénia (FERNÁNDEZ, 1982).

FYFE et al. (1978) señalan que las aguas salinas atrapadas por absorción sobre la superficie de los minerales arcillosos y en menor proporción los arenosos son generalmente fluidos con Cl^- como anión dominante, y cantidades menores y variables de HCO_3^- y SO_4^{2-} , aunque a veces llegan a ser localmente dominantes. El catión Na^+ es

superior al Ca^{2+} , siendo este último más abundante que en el agua oceánica. Datos cuantitativos sobre fluidos de sondeos profundos y de aguas de campos petrolíferos en rocas detríticas considerados como connatos, los ofrecen WHITE et al. (1963), donde el Cl^- es el anión dominante con HCO_3^- y SO_4^{2-} subordinados, mientras que los cationes Na^+ y Ca^{2+} son dominantes y el Mg^{2+} está en menor proporción.

Considerando la naturaleza detrítica de la Formación Herrería, su medio sedimentario principalmente marino somero, se pueden establecer líneas de correlación según lo dicho anteriormente y su situación en el geosinclinal hercínico (figura 7).

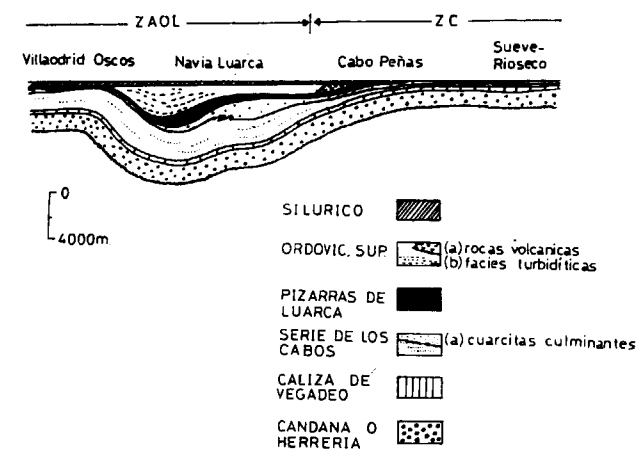


Figura 7.—Esquema representativo de la cuenca de sedimentación al final del depósito del Paleozoico Inferior (adaptado de JULIVERT, MARCOS y TRUYOLS, 1972, y modificado en este trabajo).

Es precisamente analizando la evolución paleogeográfica de la cuenca de sedimentación durante el Paleozoico Inferior, cuando se puede observar la correlación entre los fluidos acuosos potencialmente mineralizantes con las mineralizaciones ligadas a la secuencia pelítico-arenosa de la Herrería. Debido al incremento de la subsidencia durante el depósito de la Serie de los Cabos para el dominio del Navia-Alto Sil, es en la Formación Herrería que forma las partes más profundas de la cuenca de sedimentación, donde se acumulan los fluidos más salinos. La salinidad de las aguas connatas tiende a aumentar con la profundidad, y la secuencia desde aguas más someras a más profundas es: aguas con predominio de HCO_3^-

(SO_4) → aguas Na-Cl → aguas Na-Ca-Cl, sin que necesariamente existan depósitos de evaporitas, y debido sobre todo al efecto de filtración de membrana (HANOR, 1979).

Teniendo en cuenta que las soluciones salinas del tipo Na-Ca-Cl son solventes efectivos de metales de base y de Ba, los cuales son transportados principalmente como complejos de cloruro, incluso en presencia de iones sulfuro en solución (WHITE, 1968; WHITE, 1974; BARNES, 1979), se deduce que la Formación Herrería llegaría a constituir un reservorio potencial de fluidos salinos en su momento capaces de transportar elementos metálicos. Debido esto a que ocupa la parte más profunda de la cuenca de sedimentación paleozoica, y por consiguiente donde se acumulan los fluidos acuosos connatos y metamórficos más salinos.

Para explicar el hecho de que las mineralizaciones tengan una composición mineral dominante de barita, y en mucha menor proporción Pb, Zn y Hg, hay que ver la propia naturaleza litológica de la secuencia sedimentaria a la que están ligadas.

Puesto que el Ba y el Pb pueden sustituir al K tanto en las estructuras de los feldespatos como en las micas (HANOR, 1979), la destrucción bien diagenética o bien posteriormente durante los episodios tectónico-metamórficos de estas fases minerales, provee un origen potencial de estos elementos en las aguas connatas o formacionales y metamórficas. También el Ba como elemento, es preferentemente absorbido sobre minerales arcillosos, y según HANOR y CHAN (1977, en HANOR, 1979), el Ba es cuantitativamente absorbido por intercambio catiónico durante la introducción fluvial de arcillas en el medio marino. Además, el Ba puede entrar como sustitución interlamilar en arcillas y como sustitución en el interior de las redes cristalinas de silicatos potásicos. Así mismo, LEACH (1980), sugiere que el Ba puede proceder del lixiviado de los feldespatos alcalinos.

Teniendo, pues, presente tanto a partir de los datos geológicos regionales como de las columnas litológicas levantadas en este trabajo, la abundancia de areniscas feldespáticas y también pizarras como elementos litológicos dominantes de la Formación Herrería, así como las características sedimentológicas definidas por un medio marino con influencias fluviales, hace que exista una evi-

dente correlación entre la constitución mineral mayoritaria de Ba de los yacimientos con la propia naturaleza de la secuencia sedimentaria. Es decir, que la correlación entre mineralizaciones de Ba-secuencia pelítico-arenosa feldespática se define también en base a la especialización geoquímica de las series litológicas originales.

En cuanto al transporte mineral, los datos teóricos y experimentales proveen dos vías o mecanismos posibles:

a) La solubilidad de la barita en soluciones Na-Cl, es decir, en el sistema $BaSO_4-NaCl-H_2O$ es mucho mayor que la solubilidad en el agua, o sea, en el sistema $BaSO_4-H_2O$, y donde dicha solubilidad aumenta con el incremento de presión y temperatura (BLOUNT, 1977). Esto está de acuerdo con los datos de UCHAMEISHVILI et al., 1966 (en PUCHELT, 1972 y en BLOUNT, 1977), en los que la solubilidad de la barita en soluciones con NaCl aumenta además con la presencia de $MgCl_2$ y $CaCl_2$. El Ba podría ir como el complejo $BaCl^-$ (GIORDANO y BARNES, 1981).

b) El otro mecanismo principalmente sostenido por HANOR (1966), es el transporte mineral del Ba como complejos de sulfato, es decir, en soluciones acuosas con SO_4 .

Dado que las mineralizaciones son epigenéticas como se vio anteriormente, tienen una morfología en filón-capa y las características geoquímicas (U y Th) las encuadran en el tipo continental, es decir, filonianas hidrotermales, y además están en unos materiales litológicos característicos afectados por la orogénesis hercínica, se considera que los fluidos salinos connatos, cuyas características ya se expusieron, fueron activados mediante procesos tectónico-metamórficos además del agua propiamente metamórfica. Removilizarían el Ba y en mucha menor proporción Pb, Zn y Hg de los materiales encajantes, particularmente de las areniscas feldespáticas y pizarras.

Las rocas, experimentando reacciones metamórficas, presentan esquistosidad, en ocasiones de fractura, o formas similares de anisotropía (FYFE et al., 1978). Como hemos visto, los materiales encajantes exhiben alineación del material arcilloso y formas amigdaloides del cuarzo, en este caso concordantes con la dirección general de las rocas de caja, por lo que los fluidos tendrán una más fácil migración a lo largo de estos planos. Migrarán así hacia zonas de menor presión y tem-

peratura, formando yacimientos que por ser concordantes con la dirección e inclinación de las rocas encajantes tendrán una morfología en filón-capa.

Las disminuciones de temperatura y presión rebajará notablemente la solubilidad de la barita tanto vaya como complejos de sulfato como de cloruro en los fluidos mineralizantes (BLOUNT, 1977). Al ascender éstos a zonas más superficiales según estos planos de anisotropía, o sea, planos de estratificación coincidentes ocasionalmente con planos de esquistosidad y coincidentes con la alineación de constituyentes minerales, ocurrirá la deposición mineral y la subsiguiente formación de los yacimientos.

La edad más probable de la etapa de mineralización debe relacionarse asociada con la tercera fase de deformación hercínica.

Los yacimientos se pueden considerar, pues, como originados, dentro de un espectro amplio, por procesos tectónico-metamórficos y encuadrarse como sinmetamórficos u ortometamórficos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a don Javier Montes, Geólogo de ENUSA, y a don Javier Herrero Payo, Jefe de Laboratorio, también de la citada Empresa, por la facilidad mostrada en la realización de los análisis.

BIBLIOGRAFIA

- BARNES, H. L.: *Solubilities of ore minerals*, cap. 8, pp. 404-460. En BARNES, H. L. (Editor): *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2.ª edición. Ed.: John Wiley & Sons (1979).
- BLOUNT, C. W.: *Barite solubilities and thermodynamic quantities up to 300° C and 1400 bars*. American Mineralogist, 62, pp. 942-957 (1977).
- CHOW, T. J., y GOLDBERG, E. D.: *On the marine geochemistry of barium*. Geochim. Cosmochim. Acta, 20, pp. 192-199 (1960).
- CHURCH, T. M.: *Marine barite*, cap. 7, pp. 175-209. En BURNS, R. G. (Editor): *Marine minerals*. Reviews in Mineralogy, vol. 6. Ed.: Mineralogical Society of America (1979).
- CHURCH, T. M., y BERNAT, M.: *Thorium and uranium in marine barite*. Earth and Planetary Science Letters, 14, pp. 139-144 (1972).
- CHURCH, T. M., y WOLGEMUTH, K.: *Marine barite saturation*. Earth and Planetary Science Letters, 15, pp. 35-44 (1972).
- CRIMES, T. P.; LEGG, I.; MARCOS, A., y ARBOLEYA, M. L.: *Late Precambrian-Lower Cambrian trace fossils from Spain?* En CRIMES, T. P., y HARPER, J. C. (Editores): *Trace fossils 2*. Journ. Spec. Issue, 9, pp. 91-138, Liverpool (1977).
- FERNÁNDEZ, C. J.: *Mineralogía y metalogénia de los indicios y yacimientos de barita en el zócalo Precámbrico-Paleozoico de Asturias*. Tesis Doctoral (no publicada), 2 t., 647 pp., Universidad de Oviedo (1982).
- FERNÁNDEZ, C. J.: *Las mineralizaciones filonianas de barita del área minera de Priero (Salas), Asturias. Su control mediante la interferencia de dos tipos de metalotectos, uno estructural o tectónico y otro físico-litológico*. (In litt.)
- FYFE, W. S.; PRICE, N. J., y THOMPSON, A. B.: *Fluids in the Earth's Crust*. Developments in Geochemistry, 1, 383 pp. Ed.: Elsevier (1978).
- GIORDANO, T. M., y BARNES, H. L.: *Lead transport in Mississippi Valley-type ore solutions*. Econ. Geol., 76, pp. 2200-2211 (1981).
- GOLDBERG, E. D.; SOMAYAJULU, B. L. K.; GALLOWAY, J.; KAPLAN, I. R., y FAURE, G.: *Differences between barites of marine and continental origins*. Geochim. Cosmochim. Acta, 33, pp. 287-289 (1969).
- HANNAK, W. W.: *Genesis of the Rammelsberg ore deposits near Goslar/Upper Harz, Federal Republic of Germany*, cap. 10, pp. 551-642. En WOLF, K. H. (Editor): *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, vol. 9 (Regional studies and specific deposits). Ed.: Elsevier (1981).
- HANOR, J. S.: *The origin of barite*. Tesis (no publicada), 257 pp., Universidad de Harvard (1966).
- HANOR, J. S.: *The sedimentary genesis of hydrothermal fluids*, cap. 4, pp. 137-172. En BARNES, H. L. (Editor): *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2.ª edición. Ed.: John Wiley & Sons (1979).
- HEINRICH, T. K., y REIMER, T. O.: *A sedimentary barite deposits from the Archean Fig Tree Group of the Barberton Mountain Land (South Africa)*. Econ. Geol., 72, pp. 1426-1440 (1977).
- JULIVERT, M.; MARCOS, A., y PULGAR, J. A.: *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Hoja núm. 51 (Belmonte de Miranda)*. Inst. Geol. Min. España, Madrid (1977 a).
- JULIVERT, M.; MARCOS, A., y PULGAR, J. A.: *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Hoja núm. 27 (Tineo)*. Inst. Geol. Min. España, Madrid (1977 b).
- KREBS, W.: *The geology of the Meggen ore deposits*, cap. 9, pp. 509-549. En WOLF, K. H. (Editor): *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, vol. 9 (Regional studies and specific deposits). Ed.: Elsevier (1981).
- LEACH, D. L.: *Nature of mineralizing fluids in the barite deposits of Central Southeast Missouri*. Econ. Geol., 75, pp. 1168-1180 (1980).
- MARCOS, A.: *Las series del Paleozoico Inferior y la estructura hercínica del Occidente de Asturias (NW de España)*. Trabajos de Geología, núm. 6, 113 pp., Oviedo (1973).
- MARCOS, A., y ARBOLEYA, M. L.: *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Hoja núm. 12 (Busto)*. Inst. Geol. Min. España, Madrid (1976).
- MARCOS, A., y PULGAR, J. A.: *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Hoja núm. 26 (Boal)*. Inst. Geol. Min. España, Madrid (1980).
- MARCOS, A.; MARTÍNEZ, F. J.; JULIVERT, M., y PULGAR, J. A.: *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, Hoja núm. 50 (Cangas del Narcea)*. Inst. Geol. Min. España, Madrid (1980).
- MILLS, J. W.; CARLSON, C. L.; FEWKES, R. H.; HANDLEN, L. W.; JAYPRAKASHI, G. P.; JOHNS, M. A.; MORGANTI, J. M.; NEITZER, T. W.; REAM, R. L.; SANDFORD, S. S., y TODD, S. G.: *Bedded barite deposits of Stevens County, Washington*. Econ. Geol., 66, pp. 1157-1163 (1971).
- OELE, E.: *Sedimentological aspects of four Lower-Paleozoic formations in the northern part of the province of Leon (Spain)*. Leidse Geologische Mededelingen, XXX, pp. 1-99 (1974).
- PUCHELT, H.: *Barium*. En WEDEPOHL, K. H. (Editor): *Handbook of Geochemistry*, cap. 56. Ed.: Springer Verlag (1972).
- SANGTER, D. F.: *Metamorphism as an ore-forming process*. Econ. Geol., 66, pp. 499-500 (1971).
- SMIRNOV, V. I.: *Geology of mineral deposits*, 520 pp. Ed.: Mir (1976).
- SOBOLEV, V. S.; DOBRETSON, N. L.; GLEBOVITSKI, V. A.; KEPEZHINSKAS, K. B.; KHLESTOV, V. V.; SOKOLOV, Y. M., y TURCHENKO, S. I.: *Petrologic and physico-chemical aspects of metamorphogenic ore mineralization*. Geological Survey of Finland Bulletin, 307, pp. 84-97 (1980).
- STANTON, R. L.: *Ore petrology*, 713 pp. Ed.: McGraw-Hill Book Company (1972).
- VAN DEN BOSCH, W. J.: *Geology of the Luna-Sil region, Cantabrian Mountains (NW Spain)*. Leidse Geologische Mededelingen, XLIV, pp. 137-225 (1969).
- WHITE, D. E.: *Environments of generation of some-metal ore deposits*. Econ. Geol., 63, pp. 301-335 (1968).
- WHITE, D. E.: *Diverse origins of hydrothermal ore fluids*. Econ. Geol., 69, pp. 954-973 (1974).
- WHITE, D. E.; HEM, J. D., y WARING, G. A.: *Data of Geochemistry*, cap. F: *Chemical composition of subsurface waters*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 440-F, F1-F67 (1963).

Recibido: Mayo 1984.

Termometría geoquímica de aguas termales del País Vasco

Por J. CRUZ-SANJULIAN (*) y T. MORALES (*)

RESUMEN

A partir de los datos hidroquímicos de los veinte puntos de aguas termales inventariados hasta el momento en la Comunidad Autónoma Vasca, se ha estimado la temperatura de base mediante varios geotermómetros cuantitativos (SiO₂, Na-K, Na-K-Ca y Na-Li). Solamente el método de FOURNIER y TRUESDELL, basado en el contenido de SiO₂, parece conducir a resultados fiables: la temperatura de base más alta así calculada es de 81° C; los restantes métodos suministran algunos valores aberrantes, cuya discusión se presenta en el texto.

RESUME

A partir des données hydrochimiques des vingt points d'eaux thermales identifiés jusqu'à présent dans le Pays Basque, on a évalué la température de base en utilisant plusieurs géothermomètres quantitatifs (SiO₂, Na-K, Na-K-Ca et Na-Li). Seule la méthode de FOURNIER et TRUESDELL, basée sur la teneur en SiO₂, semble conduire à des résultats vraisemblables; la température de base la plus haute ainsi calculée est de 81° C; les autres méthodes fournissent quelques valeurs aberrantes dont la discussion est présentée dans le texte.

1. INTRODUCCION

No es necesario insistir en el interés de la Energía Hidrogeotérmica y, en consecuencia, el de las manifestaciones superficiales termales.

En esta línea se ha abordado en este Departamento de Geomorfología y Geotectónica (1) el estudio de las aguas termales del País Vasco. En lo referente a los análisis químicos de las muestras se ha contado con la colaboración del Departamento de Química de la E.S.I.I. de Bilbao (2).

En una primera fase se procedió a realizar un inventario a partir de la Bibliografía existente al respecto (MADOZ, 1847; ECHEGARAY, 1921; VERA,

(*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias (Lejona). Universidad del País Vasco.
(1) El trabajo desarrollado por Tomás Morales Juberías, bajo la dirección de uno de los autores (J. C. S.), ha sido financiado por una Beca del Ministerio de Industria y Energía. A dicho Organismo hacemos patente nuestro agradecimiento.

(2) Los análisis han sido realizados por M. J. Villagrà, bajo la dirección del Prof. Dr. F. Romero. A ambos agradecemos su colaboración.

1921; MÚGICA, 1921, etc.), en su mayoría bastante antigua. Como complemento de ello se dirigió una encuesta a todos los municipios de la Comunidad Autónoma Vasca así como a los Balnearios de explotación actual o pretérita.

A la vista de la información recopilada, se realizaron los pertinentes itinerarios que condujeron a la relación provisional de puntos termales incluidos en esta nota. Conviene precisar que la temperatura media de los manantiales de la región suele oscilar de 11 a 15° C, siendo los valores más comunes los comprendidos entre 13 y 14° C. En atención a que el criterio termométrico en superficie no se presta a una utilización rígida (CRUZ-SANJULIÁN, 1976), en todos los casos se han considerado termales aquellos manantiales cuya temperatura superase los 18° C; se ha incluido, no obstante, el manantial Bolen II (núm. 18) por estar íntimamente relacionado con el manantial Bolen I (núm. 17), claramente termal.

Todos los manantiales inventariados (así como algunos otros no incluidos en el presente trabajo) fueron muestreados al tiempo que se realizó un

estudio del área de la surgencia para establecer, en la medida de lo posible, el condicionamiento hidrogeológico de la misma.

En el Laboratorio ya mencionado, las muestras fueron sometidas al oportuno análisis para determinar los constituyentes principales, sílice y otros constituyentes (Li, B, F⁻, NH₃, NO₃⁻, NO₂⁻, Fe, Mn, Cr(IV), Cr(total), Al, Cu, Ag, Zn, Pb, Co, Ni, Cd, O₂, CO₂, y S⁼).

No obstante, habida cuenta que en esta nota sólo nos referiremos a la estimación de la temperatura de base, únicamente se facilitan los datos analíticos utilizados con dicho objetivo. La sílice se determinó por espectrofotometría visible con molibdato amónico; Sodio, Potasio y Litio por fotometría de llama, y el Calcio por espectrofotometría de absorción atómica.

2. CARACTERISTICAS DE LOS MANANTIALES INVENTARIADOS

En la tabla 1 se refleja un resumen de los datos de diverso tipo más significativos de cada manantial.

Se advierte que las temperaturas en superficie no superan en ningún caso los 31,5° C, de modo que las más frecuentes son las comprendidas entre 18 y 23° C.

Los caudales de las surgencias son igualmente bajos: el máximo alcanza los 27 l/seg., aunque predominan netamente los caudales muy por debajo de ese valor.

El pH está comprendido en todos los casos entre 7.0 y 8.1.

En cuanto a las conductividades, se pueden distinguir tres grupos de manantiales. El primero —que resulta ser el más numeroso— presenta conductividades comprendidas entre 350 y 550 µ mhos/cm., que denotan bajos contenidos salinos; en un segundo grupo podrían incluirse aquellos manantiales con conductividades medias (entre 850 y 1500 µ mhos/cm.); tan sólo tres de los manantiales inventariados presentan altas conductividades: 3800, 4112 y 9630 µ mhos/cm., reflejo de unos altos contenidos salinos.

Es digno de subrayar que, aparentemente, no existe una relación unívoca entre las variables citadas; de hecho, los tres manantiales de tempera-

TABLA I
Resumen de las características físico-químicas de los puntos de agua inventariados

Nombre del manantial Fecha de muestreo	Temp. surgencia (°C)	Caudal (l/seg.)	pH	Cond. a 20° C µmho/cm.	SiO ₂ p.p.m.	Na p.p.m.	K p.p.m.	Ca p.p.m.	Li p.p.m.
Baños de Molinar (piscina) (5-12-83).	30,5	3	7,6	1.270	18	230	3,3	51	0,24
Baños de Molinar (c. de inhalación) (5-12-83)	27	—	7,7	1.150	17	200	3,0	60	0,21
Gibelondo (25-1-84)	18,5	—	7,1	3.852	19	15	1,7	270	0,021
Baños de Larrauri (25-1-84)	18,5	6,5	7,5	888	26	100	1,7	74	0,012
Gasagas (25-1-84)	18	2	7,5	883	18	17	1,2	170	0,012
Fuente de Sta. Agueda (11-4-84)	27	9	7,7	460	11	34	1,4	56	0,029
Urepel (11-4-84)	21	2,5	7,8	548	10	42	1,3	68	0,019
Urberuaga de Alzola (14-3-84)	30	2,5	8,0	445	13	43	1,1	42	0,046
San Ignacio (14-3-84)	31,5	1	7,5	9.630	31	2.000	25	530	0,39
Natividad de Ntra. Señora (14-3-84)	25	0,75	7,7	4.112	16	760	11	220	0,16
Barrantxe (14-3-84)	22,5	5	7,8	1.493	10	5,0	0,9	260	0,035
Arria (11-4-84)	18	2,5	7,5	1.077	8,3	6,0	1,5	180	0,014
Makortxo (14-3-84)	19,5	10	7,5	1.450	9,5	4,9	0,8	260	0,035
Olazabal (11-4-84)	18	27	7,8	1.371	8,5	5,2	0,8	240	0,018
Troi (11-4-84)	20	25	8,0	364	8,9	7,4	0,7	63	0,008
Prado del Puente (10-4-84)	21,5	3,5	7,9	470	7,6	12	0,9	—	0,010
Bolen I (10-4-84)	18,5	6	8,1	420	6,5	8,2	0,8	59	0,007
Bolen II (10-4-84)	16	1	8,0	411	6,3	7,0	0,7	66	0,005
Sobron (10-4-84)	19,5	2,5	7,7	500	8,7	8,5	1,5	64	0,006
Soportilla (10-4-84)	21	3	7,7	440	6,0	3,9	0,5	61	<0,005

tura igual o superior a 30°C presentan conductividades muy diferenciadas; otro tanto podría decirse de los caudales, aunque es un hecho que los manantiales de más alta temperatura no se encuentran precisamente entre los más caudalosos.

3. ESTIMACION DE LA TEMPERATURA DE BASE

Para la estimación de la temperatura de base se han utilizado los geotermómetros cuantitativos a los que en distintos ámbitos geológicos se les ha concedido mayor validez.

Concretamente, se han utilizado los métodos de FOURNIER y TRUESDELL (1970) y SIEVER (1962), basados en el contenido en sílice; los métodos de ELLIS (1970) y FOURNIER y TRUESDELL (1973), que utilizan la relación Na/K; el método de FOURNIER y TRUESDELL (1973), que realiza la estimación a partir de los contenidos en Na, K y Ca, y el geotermómetro de FOUILLAC y MICHARD (1979), que contempla la relación Na/Li.

El hecho de que tales métodos son bien conocidos nos permite omitir una descripción detallada de los mismos. Remitimos al lector interesado a

otros trabajos sobre el particular: ALBERT (1979), CRUZ-SANJULIAN y GRANDA (1979), MICHARD (1979), etcétera.

El cálculo de la temperatura se ha hecho en microordenador utilizando para ellos las fórmulas correspondientes a cada uno de los equilibrios mencionados. Los resultados se reflejan en la tabla 2. También se han obtenido de forma automática las gráficas propias de cada método, que se recogen en las figuras 1 a 4.

De todos los geotermómetros mencionados, el de FOURNIER y TRUESDELL (1970) es el más utilizado y el que, al parecer, conduce a resultados más fiables (cf. CRUZ-SANJULIAN y GRANDA, 1979). En todos los manantiales analizados, el contenido en sílice se encuentra en el intervalo en el que coinciden las dos gráficas correspondientes al equilibrio contenido en sílice-temperatura para enfriamiento tanto por conducción como por vaporización. De hecho, en la figura 1 únicamente se recoge este tramo de la gráfica. Las temperaturas de base obtenidas oscilan entre 24 y 81°C. Las más frecuentes son las comprendidas entre 30 y 40°C, de modo que sólo en unos pocos casos se supera claramente este límite: 60°C en Carranza y Gasagas,

TABLA II

Temperaturas de base, en grados Celsius, obtenidas en base a los geotermómetros utilizados

Nombre del manantial Fecha de muestre	SiO ₂		Na-K	Na-K-Ca	Na-Li	
	FOURNIER y TRUESDELL (1970)	SIEVER (1962)	ELLIS (1970)	FOURNIER y TRUESDELL (1973)	FOUILLAC y MICHARD (1979)	
Baños de Molinar (piscina) (5-12-83)	60	44	44	32	53	79
Baños de Molinar (c. de inhalación) (5-12-83)	58	41	46	35	46	79
Gibelondo (25-1-84)	62	46	201	199	-8	95
Baños de Larrauri (25-1-84)	74	58	53	41	23	-9
Gasagas (25-1-84)	60	44	153	147	-8	59
Fuente de Sta. Agueda (11-4-84)	43	26	108	99	14	68
Urepel (11-4-84)	40	22	88	79	12	39
Urberuaga de Alzola (14-3-84)	48	32	76	66	15	80
San Ignacio (14-3-84)	81	66	37	25	90	7
Natividad de Ntra. Señora (14-3-84)	56	39	44	33	72	10
Barrantxe (14-3-84)	40	22	261	265	-25	223
Arria (11-4-84)	34	16	313	324	-11	128
Makortxo (14-3-84)	38	21	247	249	-27	225
Olazabal (11-4-84)	34	17	239	240	-26	158
Troi (11-4-84)	36	19	182	178	-11	81
Prado del Puente (10-4-84)	31	14	158	153	-	67
Bolen I (10-4-84)	26	9	185	181	-7	68
Bolen II (10-4-84)	25	8	188	184	-12	60
Sobron (10-4-84)	35	18	258	261	4	59
Soportilla (10-4-84)	24	6	216	215	-20	<90

62°C en Gibelondo, 74°C en Larrauri y 81°C en San Ignacio.

a obtenerse temperaturas de base inferiores a las de surgencia (Bolen, Soportilla, etc.).

El método de SIEVER (1962) conduce a resultados parecidos, aunque en todos los casos inferiores (figura 1). Hay que señalar que en algunos manantiales los resultados son inaceptables, pues llegan

Los métodos basados en la relación Na-K (ELLIS, 1970; y FOURNIER y TRUESDELL, 1973) conducen a estimaciones muy similares (tabla 2). Los valores que resultan son en unos pocos casos próximos

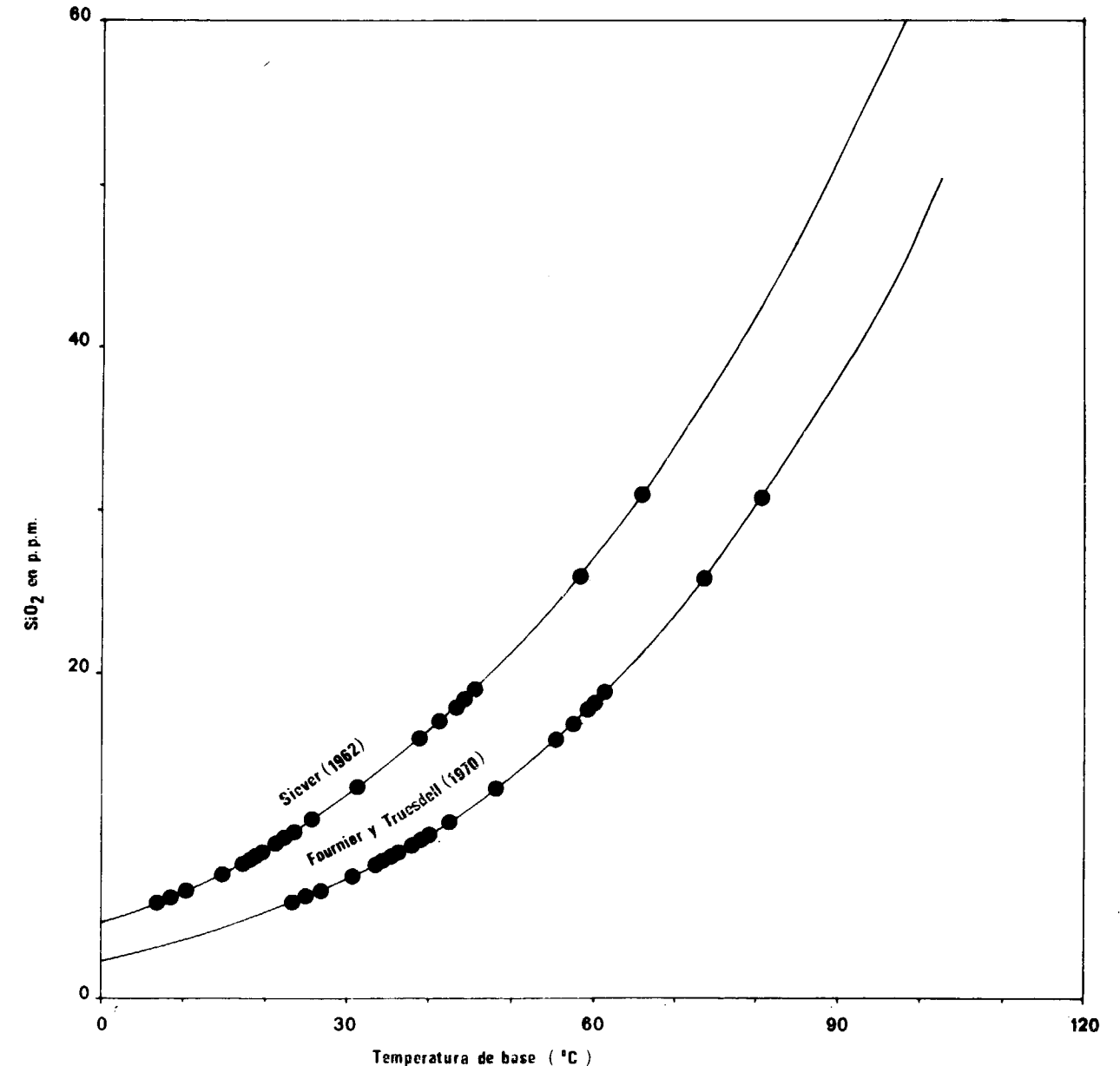


Figura 1.—Temperatura de base en función del contenido en SiO₂ (en p.p.m.) según las ecuaciones de SIEVER (1962) y FOURNIER y TRUESDELL (1970). Los puntos representan los manantiales estudiados.

a los obtenidos a partir del contenido de sílice, pero lo más frecuente es que se obtengan temperaturas de base excesivamente altas. A este respecto, cabe advertir que la aplicabilidad del método es limitada, de modo que se llega a resultados aberrantes en muy distintas situaciones geológicas: en particular si parte de la circulación se realiza en relación con permutitas, si existe mez-

cla con aguas superficiales, lo que es particularmente verosímil en muchos de los puntos inventariados, o si las aguas tienen contenidos altos en calcio, como ocurre en muchos de estos manantiales del País Vasco que circulan y surgen en rocas carbonatadas (véase CRUZ-SANJULIÁN y GRANDA, 1979).

Precisamente esta última limitación, relativa a

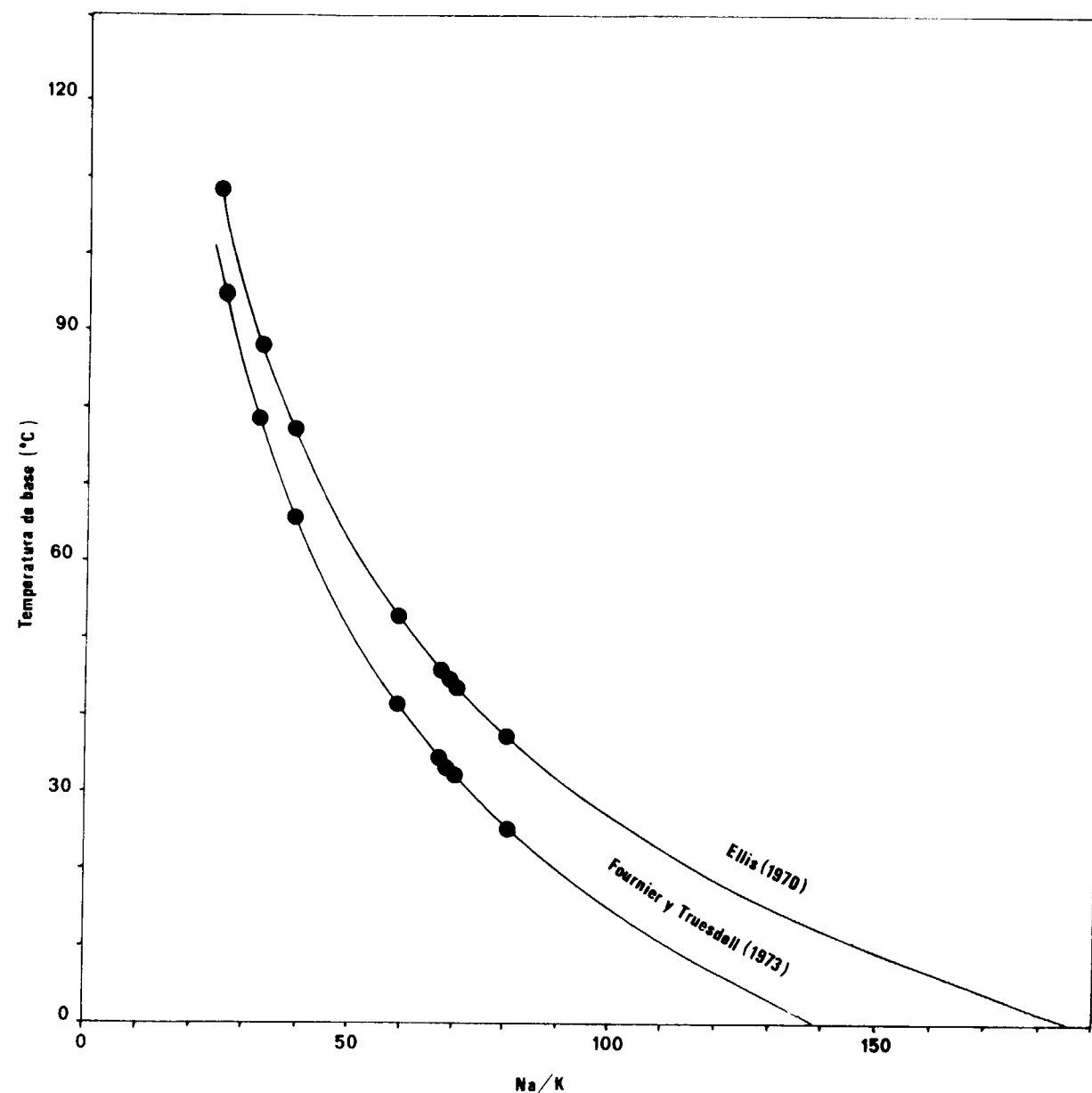


Figura 2.—Temperatura de base versus relación Na/K (ambos en p.p.m.), según las ecuaciones de ELLIS (1970) y FOURNIER y TRUESDELL (1973). Los puntos representan los manantiales estudiados.

los altos contenidos en Calcio, movió a FOURNIER y TRUESDELL (1973) a proponer un nuevo método en el que se tuviera también en cuenta dicho constituyente. Sin embargo (tabla 2), se observa que la corrección introducida no es tampoco satisfactoria, al menos en la mayoría de estos manantiales, pues se obtienen igualmente valores abe-

rrantes, en este caso por defecto (temperaturas de base incluso por debajo de 0° C). Ello se debe a que el método es particularmente adecuado para rocas silicatadas, que no son desde luego —salvo, verosímilmente, en el caso de Larrauri— las que constituyen el material acuífero de los manantiales del País Vasco estudiados en este trabajo.

Por último, se ha utilizado el geotermómetro propuesto por FOUILLAC y MICHARD (1979) basado en la relación Na/Li. Los valores obtenidos por este método son, en su gran mayoría, superiores a los estimados con el geotermómetro de FOURNIER y TRUESDELL (1970), incluso en algunos casos sensiblemente elevados (Barrantxe, Arria, Markortxo, Olazabal); no obstante, en algunos casos los resultados son también anormalmente bajos (Larrauri, La Natividad, S. Ignacio).

Hay que hacer constar que los propios autores (FOUILLAC y MICHARD, op. cit.) resaltan el carácter puramente empírico de este geotermómetro, sin que exista una explicación teórica de su funcionamiento; al mismo tiempo, MICHARD (1979) señala que las estimaciones realizadas en base a la realización Na/Li deben ser consideradas sólo orientativas y que generalmente conducen a resultados inferiores a los obtenidos a partir del contenido en Sílice.

4. CONCLUSIONES

Se recogen en este artículo los datos necesarios para la estimación de la temperatura de base de veinte de los manantiales inventariados hasta el momento en la Comunidad Autónoma Vasca.

En todos ellos las temperaturas de surgencia son moderadas: en ningún caso se superan los 31,5° C, de modo que las más frecuentes son las comprendidas entre 18 y 23° C. Los caudales son también, en general, bajos. En cuanto a los contenidos salinos, también son moderados, con conductividades inferiores a 1.500 μ mhos/cm., si se exceptúan tres manantiales en los que se supera holgadamente dicho límite, con un máximo de 9.630 μ mhos/cm.

La estimación de las temperaturas de base conduce a considerar los manantiales inventariados como manifestaciones de sistemas limitados de baja entalpía: el valor más alto obtenido por los métodos de la Sílice, aparentemente los más fia-

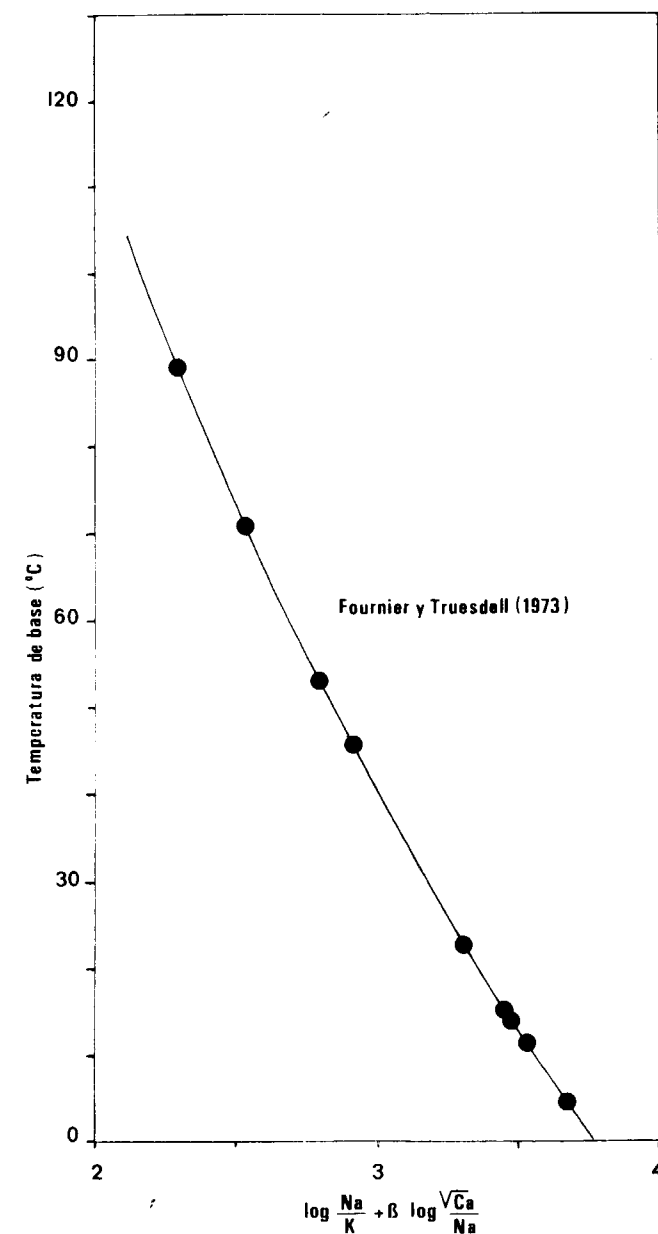


Figura 3.—Geotermómetro Na-K-Ca (en moles/litro) según las ecuaciones de FOURNIER y TRUESDELL (1973). Los puntos representan los manantiales estudiados.

bles, es de 81° C. Los métodos basados en los contenidos en otros constituyentes arrojan resultados muy dispares, menos fiables e incluso aberrantes, por lo que su validez resulta en nuestro caso muy dudosa.

Aún teniendo en cuenta las moderadas temperaturas de base estimadas, las investigaciones, que siguen actualmente en curso, no descartan el interés de un eventual aprovechamiento energético de tales recursos.

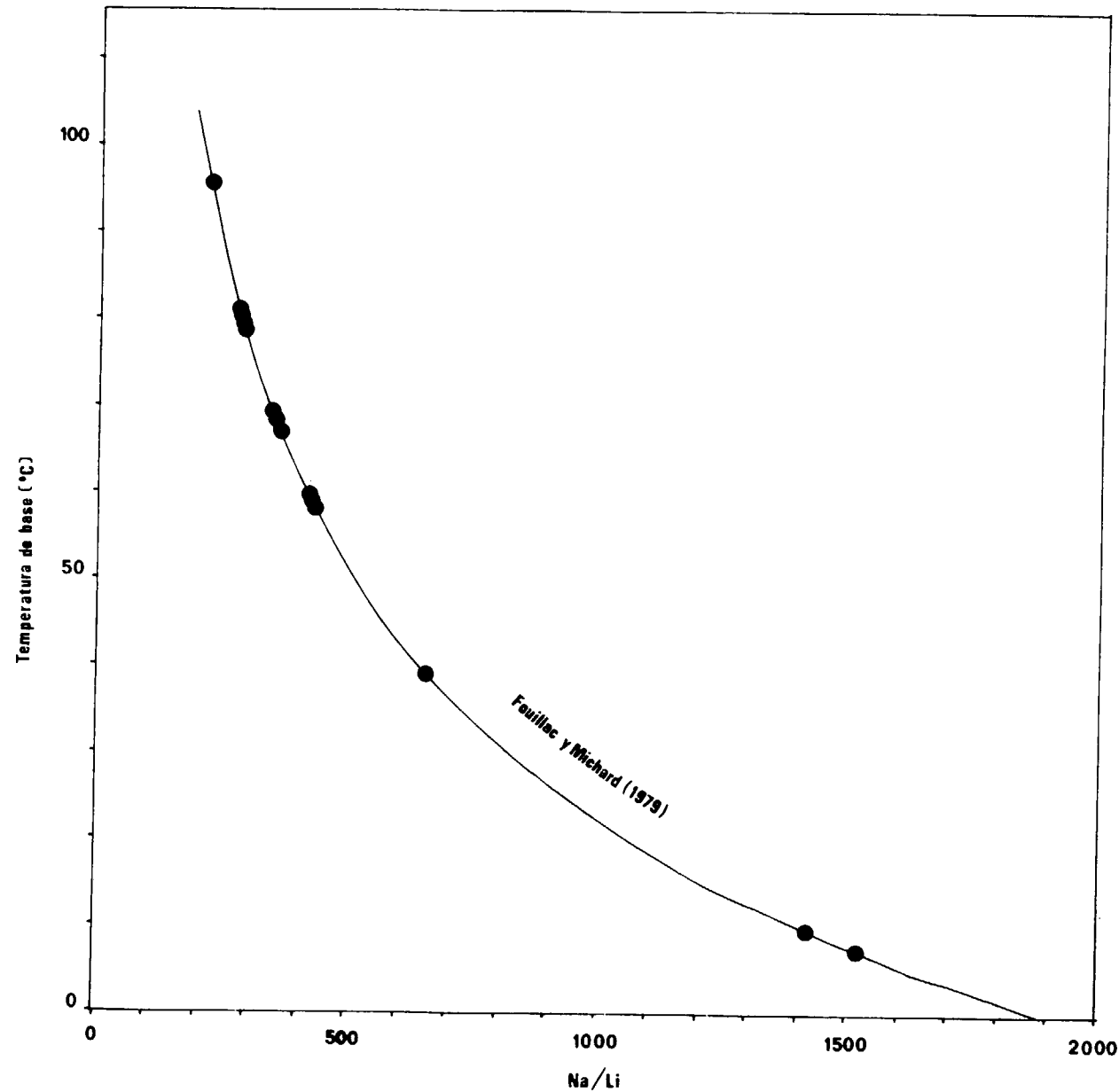


Figura 4.—Temperatura de base en función de la relación Na/Li (ambos en moles/litro) según las ecuaciones de FOUILLAC y MICHARD (1979). Los puntos representan los manantiales estudiados.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERT, J. F.: *Métodos geoquímicos aplicados a prospección geotérmica*. II Simposio Nacional de Hidrogeología, Pamplona, 22-26 de octubre, tomo V, pp. 495-510 (1979).
- CRUZ-SANJULIÁN, J.: *Sobre la temperatura límite del termalismo*. *Tecniterrae*, núm. 12, pp. 1-10 (1976).
- CRUZ-SANJULIÁN, J., y GRANDA, J. M.: *Temperaturas de base de las aguas termales de la provincia de Granada*. II Simposio Nacional de Hidrogeología, Pamplona, 22-26 de octubre, tomo V, pp. 547-568 (1979).
- ECHEGARAY, C.: *Provincia de Vizcaya*. In CARRERAS CANDI, F. (Director): *Geografía general del País Vasco-Navarro*. Ed. Alberto Martín, Barcelona (1921).
- ELLIS, A. J.: *Quantitative interpretation of chemical characteristics of hydrothermal systems*. *Geothermics Special Issue*, 2, pp. 516-528 (1970).
- FOUILLAC, C., y MICHARD, G.: *Un géothermomètre empirique: Le rapport Na/Li des eaux*. *C. R. Acad. Sci. Fr.* (1979).
- FOURNIER, R. O., and TRUESDELL, A. H.: *Chemical indicators of subsurface temperature applied to hot springs waters of Yellowstone National Park (Wyoming, USA)*. *Geothermics, Special Issue*, 2, pp. 529-535 (1970).
- FOURNIER, R. O., and TRUESDELL, A. H.: *An empirical Na-K-*
- Ca geothermometer for natural waters*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, V, 37, pp. 1255-1275 (1973).
- FOURNIER, R. O.; WHITE, D. E., and TRUESDELL, A. H.: *Geochemical indicators of subsurface temperature*. *Jour. Research U.S. Geol. Survey*, vol. 2, núm. 3, pp. 259-263 (1974).
- MADOZ, P.: *Diccionario Geográfico-Estadístico Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Ed. Madoz, P., y Sagasti, L., Madrid (1846-1850).
- MICHARD, G.: *Géothermomètres chimiques*. *Bulletin du B.R.G.M.*, section III, núm. 2, pp. 183-189 (1979).
- MÚGICA, S.: *Provincia de Guipúzcoa*. In Carreras Candi, F. (Director). *Geografía general del País Vasco-Navarro*. Ed. Alberto Martín, Barcelona (1921).
- SIEVER, R.: *Silica solubility 0-200° C and the diagenesis of siliceous sediments*. *The Journal of Geology*, vol. 70, número 2, pp. 127-150 (1962).
- VERA, V.: *Provincia de Alava*. In Carreras Candi, F. (Director). *Geografía General del País Vasco-Navarro*. Ed. Alberto Martín, Barcelona (1921).
- WHITE, D. E.: *Geochemistry applied to the discovery, evaluation, and exploitation of geothermal energy resources*. UN. Symp. Development and utilization of geothermal resources, Pisa, 1970, sect. V, 43 pp. (1970).

Recibido: Octubre 1984.

Un método termogravimétrico rápido para análisis inmediato de carbones

Por C. VALENZUELA (*) y A. BERNALTE (*)

RESUMEN

Se describe un método termogravimétrico sencillo y rápido para la determinación de humedad, materia volátil, carbono fijo y cenizas en carbones, utilizando la misma muestra para todas las determinaciones. Los resultados se comparan con los obtenidos por aplicación de las normas U.N.E., con los que son compatibles.

ABSTRACT

A simple and rapid thermogravimetric method is described for the determination of moisture, volatile matter, fixed carbon and ash in coals and cokes, using the same sample in all the determinations. Results have been compared with those obtained by following the U.N.E. norms, being consistent with them.

INTRODUCCION

Los carbones son fases complejas constituidas, en esencia, por una parte carbonosa de origen orgánico y otra mineral (1), (2). La fracción carbonosa de origen orgánico no posee una composición definida, por lo que no puede asignarse a la misma una fórmula estequiométrica, ni menos aún una estructura molecular, en el sentido que habitualmente se da a ésta. La fracción inorgánica, asimismo, es de composición variable, constituida fundamentalmente por especies minerales, una parte de las cuales es «materia mineral inherente» (3) procedente de la materia vegetal primaria, y otra procede de fuentes externas, habiéndose incorporado a lo largo del tiempo, y muy relacionada, por tanto, con la localización del yacimiento. Esta fracción mineral es la responsable de la formación de cenizas en el proceso de combustión y, como es sabido, el contenido en cenizas condiciona en buena parte la categoría de un carbón.

Dentro de los métodos clásicos de análisis de carbón es el denominado «análisis aproximado o

inmediato» el que se utiliza en forma más generalizada para describir al carbón. El análisis aproximado o inmediato consiste en la determinación de humedad, materia volátil, carbono fijo y cenizas.

El método más común para la determinación de humedad es el secado de la muestra en estufa a temperatura próxima a la de ebullición del agua (generalmente se utiliza la temperatura de 110°C).

La materia volátil es la fracción del carbón que se pierde en forma de gas y está constituida, fundamentalmente, por gases combustibles, tales como metano, y no combustibles. Inicialmente es una medida arbitraria que depende de las condiciones de calentamiento. Habitualmente su determinación se lleva a cabo en crisol cerrado en el que no se ha evacuado el aire, con los consiguientes errores que ello puede introducir.

Las cenizas están constituidas por el residuo no combustible cuando el carbón se ha quemado completamente.

El carbono fijo lo constituye el residuo sólido combustible (carbón) una vez que se ha evacuado la materia volátil, determinándose por diferencia, una vez determinadas las magnitudes anteriores.

(*) Departamento de Química Inorgánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Badajoz.

Los resultados dependen de los métodos experimentales utilizados, por lo que en este tipo de análisis se utilizan métodos estándar. Concretamente en España se utilizan las normas U. N. E. del Instituto de Racionalización del Trabajo (4).

En el presente trabajo se describe un método sencillo, semejante a otros descritos en la bibliografía (5), que permite la determinación del análisis aproximado de un carbón utilizando la misma muestra para todas las determinaciones, en un tiempo inferior a treinta minutos y cuyos resultados son compatibles con los requerimientos de precisión exigidos por las normas U. N. E.

MATERIALES Y METODO

Como material para análisis se han utilizado dos muestras de carbón mineral natural [una hulla (H) y una antracita (A)], otras dos muestras preparadas por desmineralización de las anteriores mediante tratamiento ácido con ClH y, posteriormente, FH (a las que denominaremos H-f y A-f), otras dos preparadas por tratamiento térmico a 1.000°C, en atmósfera de nitrógeno, de la hulla y antracita originales (a las que denominaremos H-c y A-c) y otras dos muestras de carbón vegetal (denominadas CV-1 y CV-2). De cada una de las muestras se ha utilizado la fracción comprendida entre los tamices de luz de malla 0,2 y 0,1 mm.

El análisis inmediato de cada una de estas muestras se ha llevado a cabo siguiendo el procedimiento indicado por las normas U. N. E., repitiéndose cinco veces para cada una de las muestras.

Por otra parte, esas mismas muestras han sido analizadas, también por quintuplicado, mediante el método que se propone. Para la realización de estos análisis se ha utilizado un equipo Mettler TA-3000, compuesto de una termobalanza Mettler TG-50 y un procesador Mettler TC-10 que permite controlar las condiciones de calentamiento del horno de la termobalanza, así como el almacenamiento de los datos de pesada. Se ha operado en las siguientes condiciones:

Temperatura inicial=30°C
Velocidad de calentamiento=80°C/min.
Temperatura final=950°C

desde el inicio del proceso hasta transcurridos siete minutos de tratamiento isotérmico a 950°C está pasando nitrógeno (calidad N-48) a un flujo de 200 ml/min. Transcurridos estos siete minutos, la atmósfera de nitrógeno se cambia automáticamente por otra de oxígeno (calidad N-48, flujo=200 ml/min.), prolongando el tratamiento a 950°C hasta estabilización del peso final, lo cual es indicativo de que toda la materia combustible ha sido quemada.

Registradas las correspondientes curvas de T. G., así como la curva D. T. G. en régimen dinámico de temperatura, la pérdida de peso desde que se inicia el proceso hasta el final del primer efecto se asigna a la humedad de la muestra. La pérdida de peso desde el final de este primer efecto hasta 950°C y los siete minutos de tratamiento isotérmico a dicha temperatura (en atmósfera de nitrógeno) se asigna al contenido en materia volátil. La pérdida de peso desde la introducción de oxígeno hasta la estabilización final de peso se asigna a contenido en carbono fijo y, evidentemente, el residuo final a contenido en cenizas.

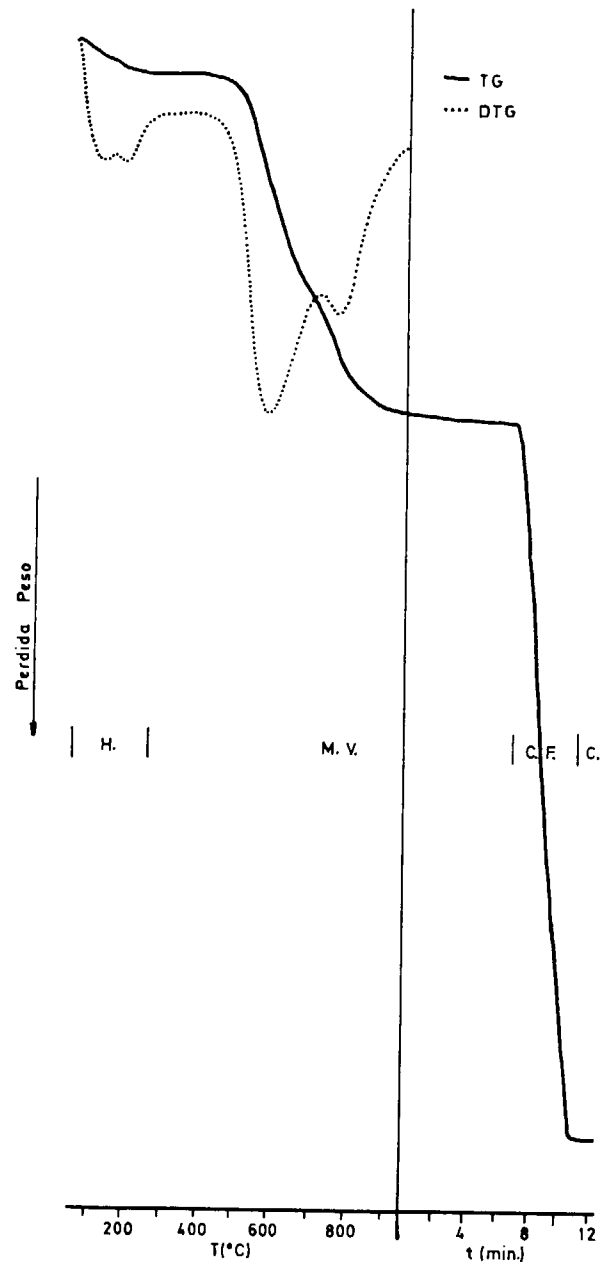
RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se muestra, a título de ejemplo, uno de los termogramas obtenidos para una de las muestras de carbón vegetal. En el mismo se han indicado cada uno de los distintos tramos utilizados para el cálculo de los parámetros de análisis inmediato.

En las tablas I, II y III se indican los valores obtenidos para el contenido en humedad, volátiles y cenizas, respectivamente, mediante el método termogravimétrico. Se indican también los valores medios de las cinco determinaciones, así como los de la desviación estándar.

En la tabla IV se expresan las diferencias permitidas por las normas U. N. E. en la determinación de los parámetros antes citados. Teniendo en cuenta que los resultados que se indican en las tablas I, II y III han sido obtenidos en el mismo laboratorio, al comparar éstos con la tabla IV puede deducirse que son compatibles con los requerimientos de precisión que fijan las normas U. N. E.

Por último, en las tablas V, VI, VII y VIII se comparan los resultados obtenidos para cada una



de las determinaciones (carbono fijo en ambos casos por diferencia, si bien el método termogravimétrico permite su medida directa) mediante el método termogravimétrico con los obtenidos por aplicación de las normas U. N. E. En dichas tablas se expresan también los errores absolutos porcentuales cometidos al utilizar el método termogravimétrico, considerando como valores verdaderos a los obtenidos por aplicación de las normas U. N. E.

TABLA I
Humedad (% peso)

Muestra	Determinación número					Media	Desviac. stand.
	I	II	III	IV	V		
H	2,60	2,58	2,47	2,33	2,57	2,51	0,11
H-f	8,10	8,59	8,21	8,48	8,42	8,36	0,20
H-c	4,00	4,32	4,12	4,30	3,96	4,14	0,17
A	1,73	1,51	1,60	1,75	1,81	1,68	0,12
A-f	4,28	4,36	4,51	4,60	4,50	4,45	0,13
A-c	2,68	2,33	2,58	2,42	2,49	2,50	0,14
CV-1	1,78	2,11	2,00	1,90	1,91	1,94	0,12
CV-2	19,03	20,00	19,40	19,77	18,60	19,36	0,56

TABLA II
Materia volátil (% peso)

Muestra	Determinación número					Media	Desviac. stand.
	I	II	III	IV	V		
H	18,20	18,52	18,93	19,12	19,03	18,76	0,39
H-f	26,83	26,28	26,86	26,41	26,37	26,55	0,27
H-c	2,07	1,82	2,13	1,97	2,26	2,05	0,17
A	8,67	8,98	9,15	8,81	9,04	8,93	0,19
A-f	14,64	14,67	14,30	14,26	14,08	14,39	0,26
A-c	3,00	3,13	2,91	3,21	3,05	3,06	0,12
CV-1	26,22	26,08	25,49	26,73	26,28	26,16	0,45
CV-2	15,83	15,52	15,48	15,30	15,87	15,60	0,24

TABLA III
Cenizas (% peso)

Muestra	Determinación número					Media	Desviac. stand.
	I	II	III	IV	V		
H	49,47	49,73	49,85	49,98	49,97	49,80	0,21
H-f	13,02	13,28	13,13	13,31	13,11	13,17	0,12
H-c	56,07	55,12	54,63	54,90	55,33	55,21	0,55
A	43,78	43,64	43,59	43,01	43,58	43,52	0,30
A-f	9,82	9,96	9,87	10,16	10,14	9,99	0,15
A-c	49,70	50,63	51,00	49,83	50,09	50,25	0,55
CV-1	4,90	4,82	4,57	4,63	4,68	4,72	0,14
CV-2	12,77	12,53	12,73	12,68	12,50	12,57	0,16

TABLA IV
Diferencias permisibles en los resultados (normas U.N.E.)

	Diferencias permisibles en los resultados (normas U.N.E.)	
	Mismo laboratorio	Diferentes laboratorios
HUMEDAD		
Menos del 5%	0,2	0,4
Más del 5%	4% del resultado	8% del resultado
MATERIA VOLATIL		
Menos del 10%	0,3	0,5
Más del 10%	3% del resultado	5% del resultado
CENIZAS		
Menos del 10%	0,2	0,3
Más del 10%	2% del resultado	3% del resultado

TABLA V
Comparación de los resultados obtenidos para HUMEDAD, mediante el método TG y normas U.N.E.

Muestra	U.N.E.	TG	Error (%)
H	2,67	2,51	5,99
H-f	8,07	8,36	3,59
H-c	4,20	4,14	1,43
A	1,75	1,68	4,00
A-f	4,23	4,45	5,20
A-c	2,36	2,50	5,93
CV-1	1,99	1,94	2,51
CV-2	19,67	19,36	1,58

TABLA VI
Comparación de los resultados obtenidos para MATERIA VOLATIL, mediante el método TG y normas U.N.E.

Muestra	U.N.E.	TG	Error (%)
H	18,95	18,76	1,00
H-f	26,53	26,55	0,08
H-c	2,26	2,05	9,29
A	9,12	8,93	2,08
A-f	14,64	14,39	1,71
A-c	3,29	3,06	6,99
CV-1	26,08	26,16	0,31
CV-2	15,33	15,60	1,76

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la C. A. I. C. Y. T. la subvención de este trabajo dentro del marco del proyecto número 0794/82/A.

BIBLIOGRAFIA

- BATEMAN, A. H. (1): *Yacimientos minerales de rendimiento económico*. Ed. Omega (1974).
- JENKINS, R. G., y WALKER, P. L., Jr. (3): *Analysis of*

TABLA VII
Comparación de los resultados obtenidos para CENIZAS mediante el método TG y normas U.N.E.

Muestra	U.N.E.	TG	Error (%)
H	49,09	49,80	1,45
H-f	13,26	13,17	0,68
H-c	54,19	55,21	1,88
A	43,04	43,52	1,12
A-f	9,75	9,99	2,46
A-c	50,20	50,25	0,10
CV-1	4,93	4,72	4,26
CV-2	12,09	12,57	3,97

TABLA VIII
Comparación de los resultados obtenidos para CARBONO FIJO mediante el método TG y normas U.N.E.

Muestra	U.N.E.	TG	Error (%)
H	29,29	28,93	1,23
H-f	52,14	51,92	0,42
H-c	39,35	38,60	1,91
A	46,09	45,87	0,48
A-f	71,38	71,17	0,29
A-c	44,15	44,19	0,09
CV-1	67,00	67,18	0,27
CV-2	52,91	52,47	0,83

Mineral Matter in Coal, in *Analytical Methods for Coal and Coal Products*, vol. 2, Academic Press (1978).

Norma U.N.E. 32001 (4): Para la determinación de humedad.

Norma U.N.E. 32004 (4): Para la determinación de cenizas.

Norma U.N.E. 32019 (4): Para la determinación de materias volátiles.

Perkin Elmer Corp.: *The Model TGS-2 Thermogravimetric System*. (5). Norwalk (1981).

VAN KREVELEN, D. W. (2): *Coal Science*. Elsevier. Amsterdam (1961).

Recibido: Diciembre 1984.

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Estudio geológico del Plutonismo ácido-básico y su entorno metamórfico en el área de Guijuelo-Bercimuelle (SE de Salamanca)

Por M. LORENC (*) y J. SAAVEDRA (**)

RESUMEN

En el área considerada se dan condiciones excepcionales de observación de rasgos morfológicos controlados por tectónica de fractura, relaciones mutuas entre plutonismo ácido y básico, factores incidentes en el mecanismo de emplazamiento, secuencias intrusivas y evolución del cuerpo magmático.

Hay tres intrusiones de rocas de origen ígneo, diferentes en edad: ortogneises (Bercimuelle), leucogranitos orientados y granodioritas (junto con términos más ácidos y más básicos) típicas del Sistema Central. El metamorfismo de contacto presenta un desarrollo significativamente desigual, menor en la zona occidental. Se han identificado también tres sistemas de fractura, ocasionalmente con diques básicos o masas de cuarzo asociados.

ABSTRACT

In this area, there are very good conditions for observe morphological fault-controlled features, links between acid and basic plutonism, traits of emplacement mechanism, intrusive sequence and evolution of the intrusive body.

There are three intrusions of rocks of igneous origin, different in age: orthogneiss of Bercimuelle (the older), oriented leucogranites and granodiorites (with more or less acid rocks) typical of the Central System (the younger). The contact metamorphism shows an uneven and significative development, lesser in the western zone. Three fault-system have been identified, occasionally with associated basic dykes or quartz.

INTRODUCCION

La zona situada entre Guijuelo y Bercimuelle presenta mineralizaciones e indicios de interés, tanto filonianos como asociados a determinados niveles de los materiales metamórficos, semejantes a los que existen en otros lugares de la provincia, ricos en Sn y W. La información geológica no es muy numerosa, con interpretaciones a veces muy distintas y sin que las conclusiones de algunos trabajos hayan discutido o tenido en cuenta publicaciones anteriores con diferentes enfoque o resultados. Por estas razones se ha efectuado un estudio general previo a la investigación metalogénica específica.

(*) Institute of Geological Sciences, ul. Podwale, 75, 50-449 Wroclaw, Polonia.

(**) U. E. I. Mineralogía y Geoquímica, CSIC, Apartado 257, Salamanca.

GEOLOGIA GENERAL

El área investigada, que se sitúa en el límite entre el SE de la provincia de Salamanca y el SO de la de Avila, contiene una zona de contacto entre granitoides hercínicos y rocas metamórficas, según una línea con las direcciones aproximadas E-O (en la parte occidental), SE-NO (en el centro) y NE-SO (en el lado oriental). La composición litológica es variada, tanto en el grupo de rocas ígneas como en el de metamórficas (BABIN, 1974; GARCÍA DE FIGUEROLA y FRANCO, 1975).

En el grupo de rocas ígneas, la más frecuente es una granodiorita (por lo general, de estructura porfiroide) que, en el ángulo SO del área, se pone en contacto con un granitoide biotítico de grano grueso más ácido (denominado, para simplificar, granito biotítico). En la parte N de la granodiorita aparecen un leucogranito orientado y rocas básicas diversas; el pri-

mero contiene varios xenolitos, algunos de gran tamaño, de materiales metamórficos, y en algunas partes del mismo la estructura direccional no se aprecia o se ve con dificultad, pudiendo llevar, en cualquier caso, cordierita y granate. En ciertos lugares, la cordierita y el granate abundan cuando la granodiorita se hace muy porfiroide, al igual que en los leucogranitos. Las rocas más básicas de la intrusión constan de tonalitas, dioritas, gabros y noritas, con una gran cantidad de términos de tipo mixto. En los granitoides más ácidos de la intrusión la presencia de autolitos más básicos y xenolitos de rocas metamórficas es muy frecuente. En las zonas central y occidental del área aparecen grandes xenolitos de esquistos y cuarcitas, más o menos metamorfizados por contacto, lejos del borde y con una peculiar orientación espacial.

En todo el cuerpo granítico es común la presencia de diques, en su mayoría de tipo aplítico, con algunos de cuarzo y de rocas básicas. Estos últimos están acompañados por grandes fracturas NE-SO y zonas de enrojecimiento y alcalinización de las granodioritas, cuyas intensidades cambian según la distancia al dique.

El segundo grupo de rocas en el área investigada es el de las metamórficas, que presentan un grado de metamorfismo regional bastante bajo. En su mayoría son esquistos micáceos y cuarcíticos, cuarcitas y cantidades menores de otras rocas (calcosilicatadas, etc.), ya descritas por GARCÍA DE FIGUEROLA y FRANCO (op. cit.). También aparecen diversos tipos de neises, unos de color claro y grano fino que, en ciertos lugares, pasan gradualmente a esquistos, y otros más oscuros y de grano más grueso, como el de Bercimuelle (GARCÍA DE FIGUEROLA y FRANCO, op. cit.; FRANCO et al., 1983), cuyos orígenes son muy diferentes.

El otro grupo de rocas metamórficas es el de las producidas por un metamorfismo de contacto. Es altamente significativo que la aureola metamórfica del extremo occidental sea mucho más estrecha que en el resto; las corneanas más típicas y desarrolladas aparecen a lo largo del borde granodiorítico entre las inmediaciones de Bercimuelle y Gallegos de Solmirón, rocas que GARCÍA DE FIGUEROLA y FRANCO (op. cit.) describen, sin embargo, como migmatitas, sin citar la presencia de hornfels.

La tectónica del área es compleja, habiéndose estudiado las fases de plegamiento (ALDAYA et al., 1973; BABIN, 1979; Díez-BALDA, 1981); en general,

los trabajos reseñados caracterizan tres fases principales, pero la geometría y la edad relativa de los pliegues es muy distinta según cada autor. La tectónica disyuntiva es muy variable y va desde tanto a pequeña escala como según la morfología regional. Las fallas más importantes son las de dirección NE-SO, que cortan tanto a las rocas ígneas como a las metamórficas. Más cortas y de menos importancia regional aparente son las de los sistemas ONO-ESE y N-S.

LITOLOGIA

El tipo y la edad de los materiales primitivos que forman las actuales rocas metamorfizadas regionalmente fueron correlacionados por Díez-BALDA et al., (1977), en un área muy próxima a la estudiada, con los equivalentes de los Montes de Toledo, idea fundamental mantenida por SAAVEDRA y PELLITERO (1979), que implica una inestabilidad en la cuenca de deposición en ese momento (Precámbrico); posteriormente, Díez-BALDA (1980) rechaza esta idea. Sin embargo, el examen de las características de los materiales de la zona estudiada (litología, mineralogía, medio de deposición, secuencias y rasgos geoquímicos) y su comparación con otras de la provincia de Salamanca, de los Montes de Toledo y valle de Alcudia (SAN JOSÉ et al., 1974; HERRANZ et al., 1977) y del N de Portugal (BERNARDO DE SOUSA, 1979a y b, 1981) no hacen sino resaltar su similitud a escala peninsular, con el hecho positivo para la finalidad última de estas investigaciones de que en muchas de las localidades pertenecientes a las zonas aludidas están citados indicios estratiformes en los elementos W y Sn.

A continuación se describen los cuatro grupos principales de rocas de la región (plutónicas, en diques y afectadas por los metamorfismos regional y de contacto), con alguna alusión esporádica al caso especial de granodioritas metasomatizadas. La litología se indica en la figura 1.

a) Rocas plutónicas

En general, puede afirmarse que son rocas hercínicas que ocupan la mayor parte del área investigada, clasificadas en los tipos ácidos y básicos.

En la zona SO de la intrusión aparece el término más rico en cuarzo, biotítico y de grano grueso o muy grueso (con cambios ocasionales), con muchos enclaves de diferente origen: xenolito

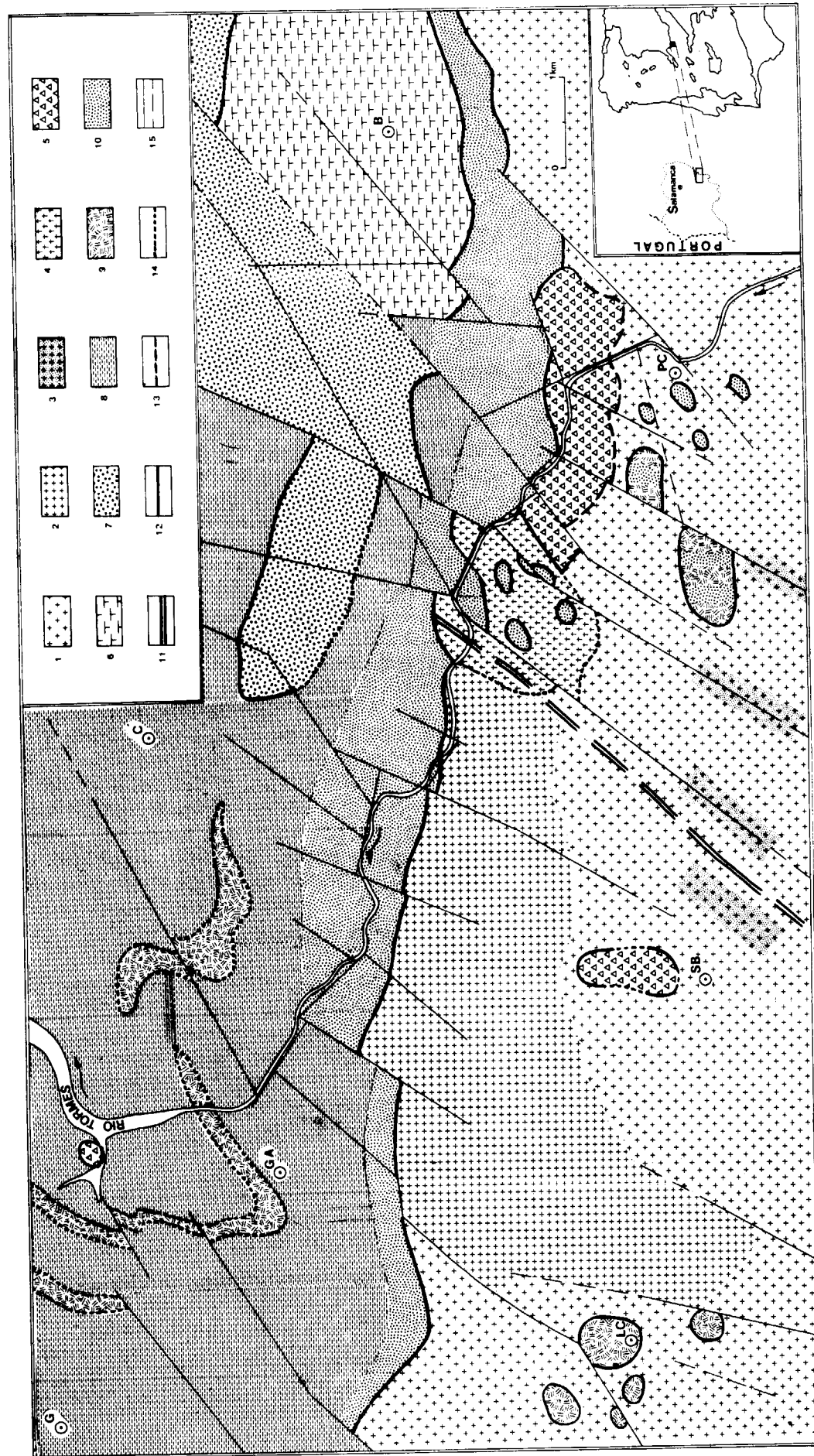


Figura 1.—Cartografía litológica del área estudiada: 1. Granodiorita regional.—2. Granito biotítico (s. l.).—3. Áreas de enrojecimiento y alcalinización de la granodiorita (límites difusos y aproximados).—4. Leucogranito.—5. Rocas básicas e intermedias.—6. Ortonéis de grano grueso (de Bercimuelle).—7. Neises (grano más fino) dominantes.—8. Esquistos indiferenciados (incluyendo rocas calcosilicatadas, etc.).—9. Dominio de cuarcitas y rocas cuarzo-feldes-

páticas.—10. Rocas afectadas por metamorfismo de contacto.—11. Dique básico.—12. Contactos netos.—13. Contactos graduales y/o difusos.—14. Contacto no visible o supuesto.—15. Fallas visibles (trazo continuo) y supuestas (trazo discontinuo).—9 y 10 (bandas paralelas). Presencia de ambos términos.—G, Guijuelo. GA, Guijo de Avila. LC, La Cabeza de Béjar. C, Cespedosa. SB, Santibáñez de Béjar. PC, Puente del Congosto. B, Bercimuelle. Las flechas indican el sentido de la corriente fluvial.

tos de corneanas y/o cuarcitas y autolitos, dioríticos. El contacto entre este tipo y el más común (granodiorítico) es de índole magmática en algunos lugares, figura 2, y difuso o a través de fallas en otros, figura 1.

La granodiorita es más oscura y con tantos o más autolitos o xenolitos de origen diferente. En ciertos sitios, el tamaño de grano puede reducirse o aumentarse, junto con el carácter porfídico. En el contacto con el tipo anterior son visibles estructuras fluidales, figura 2. A veces, en las proximidades de diques básicos, como al E de Santibáñez de Béjar, lo roca muestra un color rojo, paralelo a la pérdida de cuarzo, con rasgos por completo similares a los citados más al O (SAAVEDRA, 1978) o al E (SAAVEDRA y ARENILLAS, 1979).

Es notoria la presencia de grandes enclaves de material metamórfico dentro de estas rocas. Estos megaxenolitos son muy bien visibles, incluso en la morfología, por formar grandes y abruptas colinas. La medida de los planos de foliación en ellos muestra direcciones muy distintas, lo que unido al hecho de que pueden aparecer a notable distancia del contacto sugiere que son fragmentos del techo que cayeron y se aislaron en el magma granítico, como se revela más espectacularmente en las inmediaciones de La Cabeza de Béjar y El Puente del Congosto, figura 1.

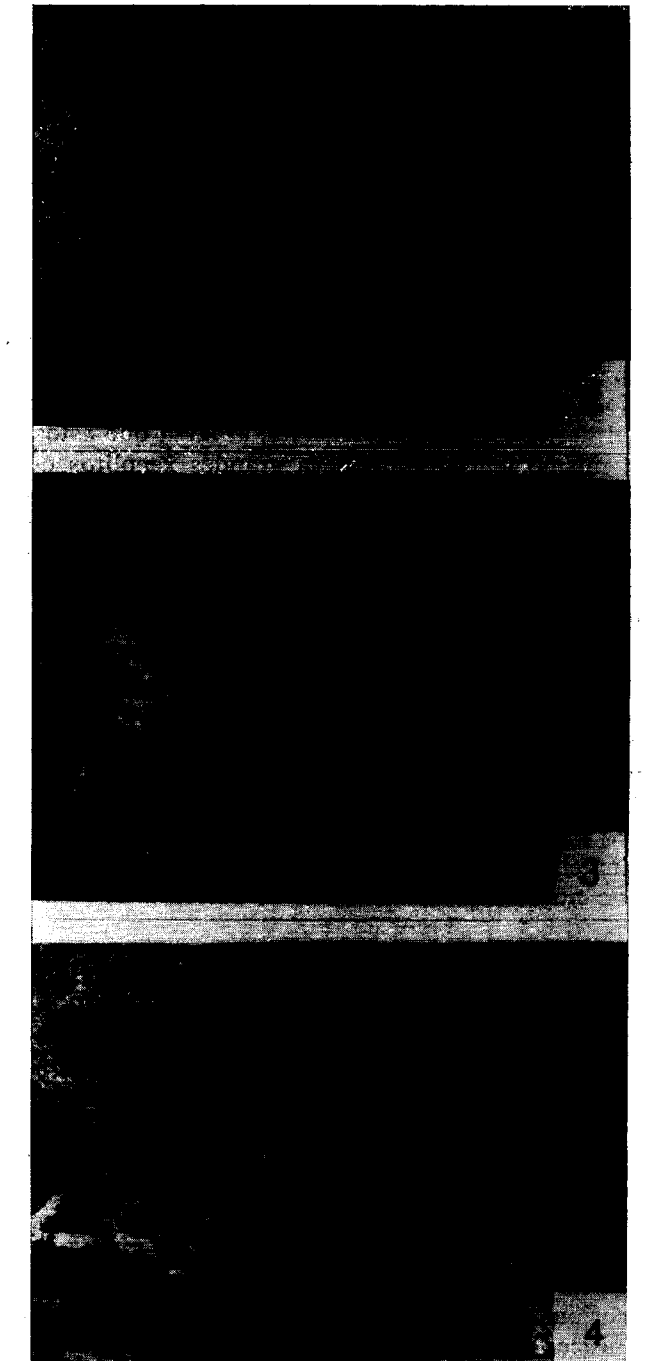
Las rocas básicas de las cercanías de Puente del Congosto aparecen como una sola intrusión tardi-postectónica, dentro de las granodioritas, de distintas composiciones, donde se observa bien cada proceso de mezcla de magmas, estructuras fluidales y presencia de autolitos de diferente composición, figuras 3 y 4 (SAAVEDRA, 1981). Además de tonalitas y dioritas, la mayor parte de la in-

trusión está compuesta de gabros y noritas. Un lugar excepcional para apreciar la dependencia entre los miembros más ácidos y básicos de la intrusión, con sus tránsitos, es al NO de dicho núcleo de población, sobre la margen izquierda del río Tormes.

Figura 2.—Contacto magmático entre la granodiorita regional y el granito biotítico de grano grueso. Afloramiento a 3 Km. al SE de La Cabeza de Béjar.

Figura 3.—Coexistencia de granito biotítico (izquierda del martillo), granodiorita, cuarzodiorita y autolitos más básicos dentro de una intrusión de tipo mixto. Obsérvese la mezcla de magmas de distinta composición. Valle del Tormes, al NO de El Puente del Congosto.

Figura 4. Autolito diorítico junto a xenolito (corneana) de la serie metamórfica encajante. Obsérvese la reducida distancia entre ambos, ocupada por el material granodiorítico de la roca plutónica regional en la que aparecen ambos. Misma localidad que en la figura 3.



tos de corneanas y/o cuarcitas y autolitos, dioríticos. El contacto entre este tipo y el más común (granodiorítico) es de índole magmática en algunos lugares, figura 2, y difuso o a través de fallas en otros, figura 1.

La granodiorita es más oscura y con tantos o más autolitos o xenolitos de origen diferente. En ciertos sitios, el tamaño de grano puede reducirse o aumentarse, junto con el carácter porfídico. En el contacto con el tipo anterior son visibles estructuras fluidales, figura 2. A veces, en las proximidades de diques básicos, como al E de Santibáñez de Béjar, la roca muestra un color rojo, paralelo a la pérdida de cuarzo, con rasgos por completo similares a los citados más al O (SAAVEDRA, 1978) o al E (SAAVEDRA y ARENILLAS, 1979).

Es notoria la presencia de grandes enclaves de material metamórfico dentro de estas rocas. Estos megaxenolitos son muy bien visibles, incluso en la morfología, por formar grandes y abruptas colinas. La medida de los planos de foliación en ellos muestra direcciones muy distintas, lo que unido al hecho de que pueden aparecer a notable distancia del contacto sugiere que son fragmentos del techo que cayeron y se aislaron en el magma granítico, como se revela más espectacularmente en las inmediaciones de La Cabeza de Béjar y El Puente del Congosto, figura 1.

Las rocas básicas de las cercanías de Puente del Congosto aparecen como una sola intrusión tardi-postectónica, dentro de las granodioritas, de distintas composiciones, donde se observa bien cada proceso de mezcla de magmas, estructuras fluidales y presencia de autolitos de diferente composición, figuras 3 y 4 (SAAVEDRA, 1981). Además de tonalitas y dioritas, la mayor parte de la in-

trusión está compuesta de gabros y noritas. Un lugar excepcional para apreciar la dependencia entre los miembros más ácidos y básicos de la intrusión, con sus tránsitos, es al NO de dicho núcleo de población, sobre la margen izquierda del río Tormes.



Figura 2.—Contacto magmático entre la granodiorita regional y el granito biotítico de grano grueso. Afloramiento a 3 Km. al SE de La Cabeza de Béjar.

Figura 3.—Coexistencia de granito biotítico (izquierda del martillo), granodiorita, cuarzodiorita y autolitos más básicos dentro de una intrusión de tipo mixto. Obsérvese la mezcla de magmas de distinta composición. Valle del Tormes, al NO de El Puente del Congosto.

Figura 4. Autolito diorítico junto a xenolito (corneana) de la serie metamórfica encajante. Obsérvese la reducida distancia entre ambos, ocupada por el material granodiorítico de la roca plutónica regional en la que aparecen ambos. Misma localidad que en la figura 3.

Hay en el área otros dos afloramientos de rocas básicas plutónicas, más reducidos y menos típicamente expuestos. Uno de ellos se sitúa al N de Santibáñez de Béjar, es esencialmente diorítico y está en el límite entre la granodiorita regional y término granítico biotítico. El segundo, ya citado por SAAVEDRA (1978), se encuentra en esquistos, en la orilla del río Tormes, al E de Guijuelo, y está formado por tres tipos de rocas gabroicas, observándose perfectamente la influencia térmica sobre el encajante.

Otro tipo de roca ígnea es el leucogranito orientado, rico en moscovita, sito al O de la intrusión básica de El Puente del Congosto, sobre el río Tormes, en contacto variable con los materiales metamórficos, aunque siempre neto, figura 5, mostrando claras estructuras direccionales, con cantidades importantes de nódulos cordieríticos y granatíferos en varios lugares, figura 6; algunas partes de este leucogranito con los dos minerales citados no presentan orientación, como la granodiorita y el granito biotítico (ambos, también con cordierita y granate a veces) y, al igual que éstos, el mismo leucogranito lleva grandes xenolitos de corneanas y cuarcitas (junto con otros más pequeños) con orientaciones caóticas e imposibles de correlacionar con la cubierta metamórfica (ver mapas generales). Aunque estos leucogranitos tengan ocasionalmente cierta semejanza con los neises graníticos, no deben asimilarse a ninguna roca metamórfica del encajante; desde luego, son más antiguos que la granodiorita y el granito biotítico, pero es también una roca ígnea típica en la que no hay deformación de feldespatos, mucho más joven que el ortoneis de Bercimuelle, por ejemplo. Los leucogranitos situados entre Cespedosa y Bercimuelle tienen una extensión reducida, por lo que no se han señalado en la cartografía.

b) Diques

Dentro de los granitoides (granodioritas, leucogranitos y granitos biotíticos) son muy comunes varios tipos de diques, especialmente los aplíticos, con grano fino blanco o rosado y de espesor oscilante entre el rango centimétrico y más de 1 mm.; cuando el leucogranito contiene cristales de cordierita y granate, también aparecen dichos minerales en los diques aplíticos. En el encajante metamórfico aparecen ocasionalmente pequeñas intrusiones y masas alargadas de granitoides leucocráticos no cartografiados a esta escala de trabajo.

Otro tipo de diques, menos frecuente, es el constituido por rocas básicas, asociados a las grandes fallas NE-SO. Son de color verde oscuro, de grano muy fino y con fenocristales feldespáticos blanco-rosados. Es importante el hecho de que el granito-granodiorita encajante de la roca básica, con frecuencia, presenta un color rojo, con disminución o desaparición del cuarzo, mientras que cuando el dique corta al leucogranito orientado, figura 7, ninguno de estos cambios son evidentes. Esta dependencia del fenómeno de alcalinización (sienitización) de la granodiorita regional y no de los granitoides de edad más antigua ya ha sido puesta de relieve y explicada tentativamente con anterioridad (SAAVEDRA y ARENILLAS, op. cit.).

c) Rocas afectadas por metamorfismo regional

Las rocas al N del batolito principal se sitúan por debajo de la isograda de la estauroлита, según BABIN (1974). Desde luego, el grado no es fuerte en la zona, y los materiales son, en esencia, intercalaciones de esquistos, cuarcitas y, en algunas zonas del NE, neises en capas finas; el contacto mutuo entre los esquistos y tales neises es, en algunos lugares, muy discordante, mientras que en otros aparecen como bandas paralelas, figura 8, siendo evidente la presencia de materiales con un cierto y claro aporte vulcano-sedimentario.

Los neises de las inmediaciones de Bercimuelle son rocas oscuras, de grano grueso, con planos de foliación no tan claros como en el caso anterior, constituyendo algún tipo de estructura cupuliforme (FRANCO et al., op. cit.), con una inclinación de dichos planos más abrupta en la zona externa que en la central. No pueden correlacionarse con las variedades antes descritas, y tampoco con los leucogranitos, ya que éstos no tienen la fuerte deformación de feldespatos, que es aquí bien visible; se trata de un ortoneis. Hacia el N, el ortoneis se corta por una gran falla, tras la que aparecen los neises arriba aludidos, según un límite muy bien visible morfológicamente, figura 1.

d) Rocas afectadas por el metamorfismo de contacto

Este grupo está constituido por los materiales sometidos al metamorfismo regional descrito que se han modificado por la influencia de la intrusión de granitoides. En la zona aparecen distintos tipos de corneanas que han sido sometidos a diferentes

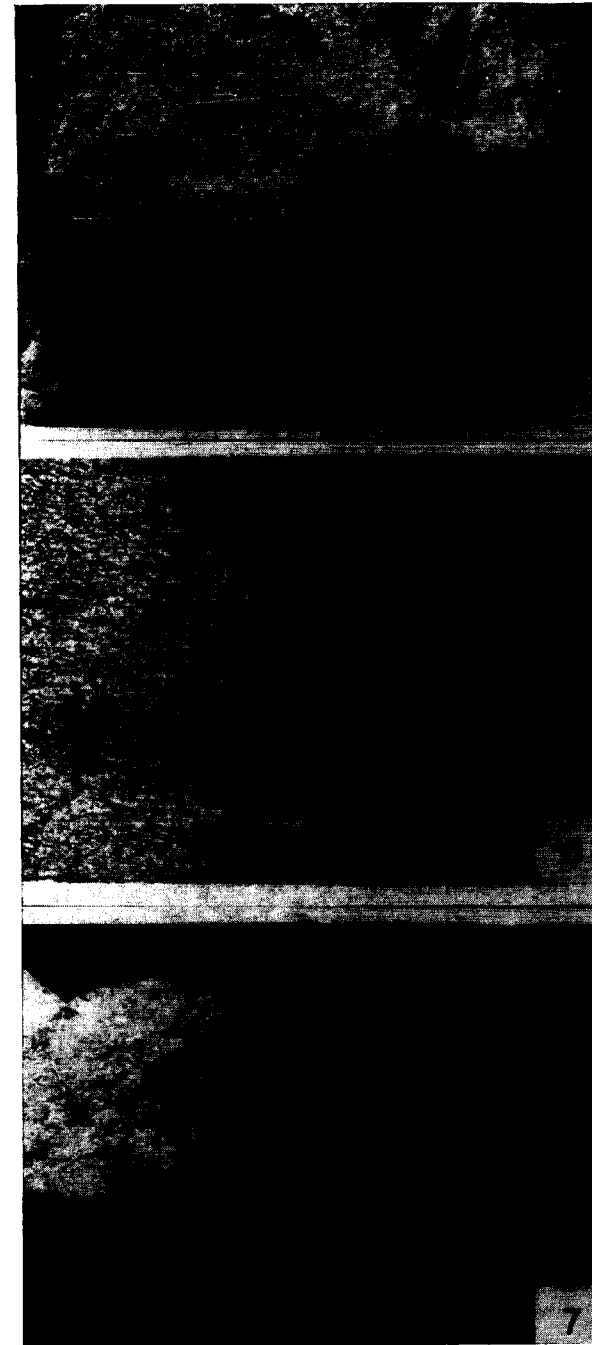


Figura 5.—Contacto entre el granito leucocrático orientado y las corneanas del encajante. Misma localidad que en la figura 3.

Figura 6.—Un aspecto del leucogranito de la figura 5, conteniendo nódulos constituidos por cristales de cordierita (C) y granate (G). Valle del Tormes, al SE de Cespedosa.

Figura 7.—Contacto neto y ausencia de alcalinización del encajante entre el leucogranito orientado y el dique básico NE-SO. Misma localidad que en la figura 6.

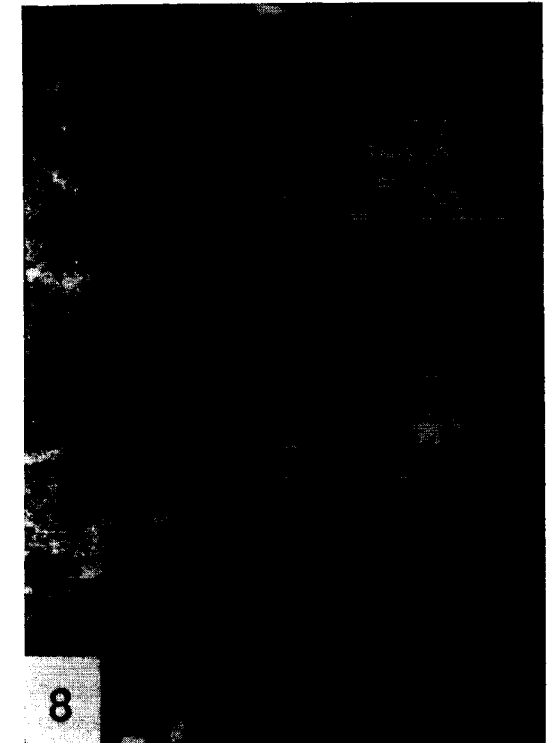


Figura 8.—Neises finamente bandeados (de color claro, parte superior de la foto), esquistos (color oscuro, sobre los que está el martillo y en el centro de la figura) y esquistos cuarzo-feldespáticos, que se encuentran incluidos, con un color más claro, en los esquistos. A 3 Km. al SE de Cespedosa.

grados de intensidad térmica, siempre en el límite N del plutón complejo, con potencia variable pero creciente hacia el E (coincidiendo también con una intensidad máxima, que ocasiona la aparición de sillimanita), en áreas en donde existen venas cuarzo-feldespáticas plegadas, que tal vez puedan sugerir macroscópicamente que se trate de migmatitas. Aceptarlo es imposible o muy difícil de explicar lógicamente, porque:

- 1) El grado de metamorfismo regional del entorno es bajo, como se señaló, inferior a la isograda que permita la aparición de feldespato potásico.
- 2) Estas rocas aparecen exactamente en el borde de los granitoides y el del encajante.
- 3) Más lejos de esta zona de contacto, estas rocas gradúan hacia esquistos normales con bajo metamorfismo regional.

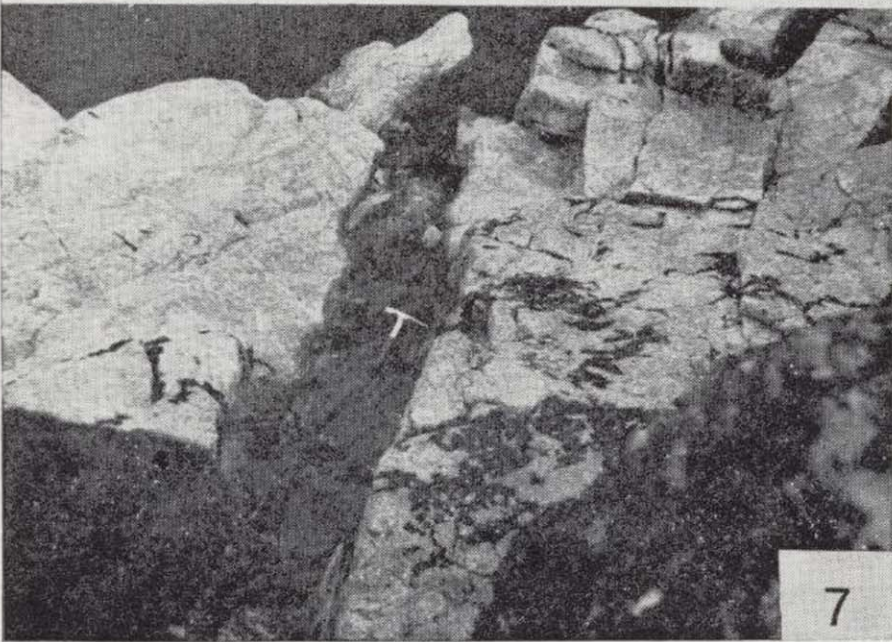
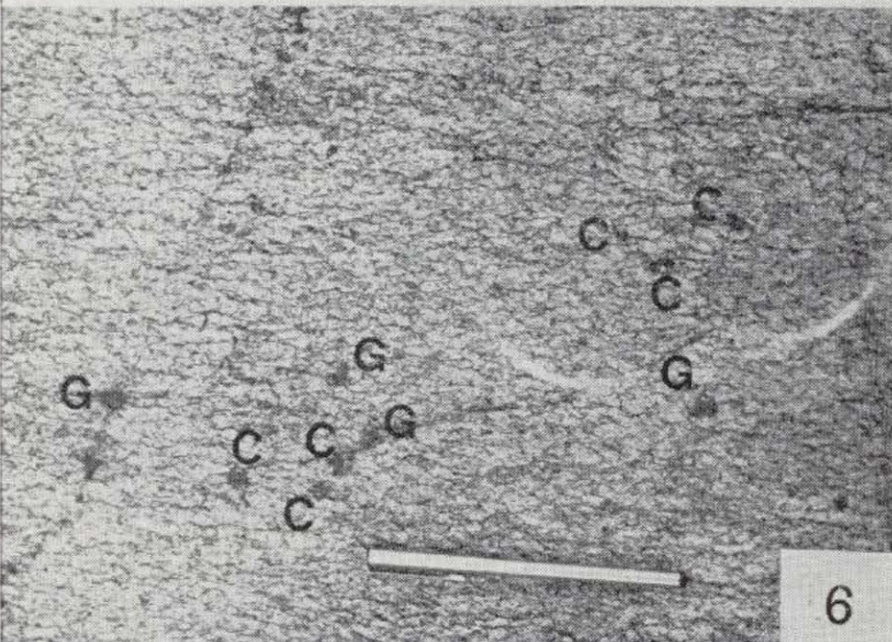
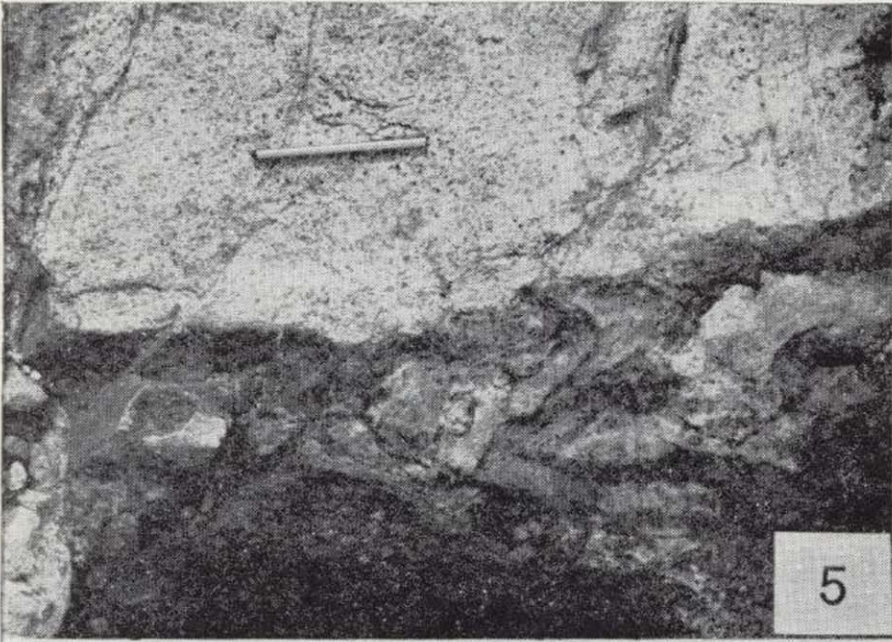


Figura 5.—Contacto entre el granito leucocrático orientado y las corneanas del encajante. Misma localidad que en la figura 3.

Figura 6.—Un aspecto del leucogranito de la figura 5, conteniendo nódulos constituidos por cristales de cordierita (C) y granate (G). Valle del Tormes, al SE de Cespedosa.

Figura 7.—Contacto neto y ausencia de alcalinización del encajante entre el leucogranito orientado y el dique básico NE-SO. Misma localidad que en la figura 6.



Figura 8.—Neises finamente bandeados (de color claro, parte superior de la foto), esquistos (color oscuro, sobre los que está el martillo y en el centro de la figura) y esquistos cuarzo-feldespáticos, que se encuentran incluidos, con un color más claro, en los esquistos. A 3 Km. al SE de Cespedosa.

grados de intensidad térmica, siempre en el límite N del plutón complejo, con potencia variable pero creciente hacia el E (coincidiendo también con una intensidad máxima, que ocasiona la aparición de sillimanita), en áreas en donde existen venas cuarzo-feldespáticas plegadas, que tal vez puedan sugerir macroscópicamente que se trate de migmatitas. Aceptarlo es imposible o muy difícil de explicar lógicamente, porque:

- 1) El grado de metamorfismo regional del entorno es bajo, como se señaló, inferior a la isograda que permita la aparición de feldespato potásico.
- 2) Estas rocas aparecen exactamente en el borde de los granitoides y el del encajante.
- 3) Más lejos de esta zona de contacto, estas rocas gradúan hacia esquistos normales con bajo metamorfismo regional.

Es decir, tales rocas al S de Bercimuelle y sus inmediaciones deben de correlacionarse con sus equivalentes al O de la zona, y no son migmatitas. Esta conclusión se confirma claramente por observaciones microscópicas y texturales. Solamente existen algunos enclaves (xenolitos), no cartografiados, en las masas plutónicas más básicas, que han cristalizado a mayor temperatura, en los que se ha producido alguna fusión incipiente, siempre situados a alguna distancia del encajante, escasos y de poca significación cuantitativa.

TECTONICA

En general, está bien desarrollada en la zona y permite comparaciones con áreas vecinas.

a) Fase de plegamiento

Como se indicó, la tectónica de plegamiento ha sido estudiada por varios autores, pero con resultados contradictorios. Para BABIN (1979), hay una primera fase de pliegues de plano axial horizontal, con una esquistosidad que se pliega posteriormente. La fase segunda da pliegues con dirección análoga a la primera y vergencia variable (planos axiales subhorizontales en niveles profundos y subverticales en los más someros), con masas de cuarzo y lineaciones de S_1 con S_0 y, sobre todo, S_2 . La tercera fase da pliegues NO-SE de plano axial vertical o buzando al N.

DÍEZ-BALDA (1981), sin discutir tales antecedentes ni citar este trabajo previo, indica que la primera fase da pliegues NO-SE a O-E de plano axial subvertical, mientras que en la segunda existe una esquistosidad de crenulación subhorizontal en los niveles menos metamórficos y pliegues incluso isoclinales en los más metamórficos. La tercera fase se manifiesta bajo la forma de pliegues de plano axial subvertical y dirección E-O.

Como puede verse, las diferencias de apreciación son considerables y de difícil comparación, sin que haya existido una crítica de argumentos en función de lo referido en la bibliografía. No es el propósito de este trabajo dilucidar el problema, y las figuras 9, 10, 11 y 12 tienen el objeto único de poner de relieve las deformaciones observadas por los autores en el área; de entre tres principales, la segunda fue la más intensa y forma plie-

gues de diferente simetría, con la presencia muy común de venas y formas lenticulares de cuarzo, como señala BABIN (1979), y las relaciones mutuas se aprecian bien en la margen izquierda del río Tormes, en las proximidades del puente en la carretera de Guijuelo a Cespedosa, lugar del que proceden las secuencias interpretadas en las figuras 9 a 12.

b) La tectónica de fracturas

Está muy bien desarrollada, clara y visible no sólo a nivel de afloramientos, sino a escala de morfología regional, figura 13. Las fallas mejor evidenciadas son las de dirección hercínica típica NE-SO, que son de varios kilómetros de largo y cortan tanto a granitoides como al encajante metamórfico, con un dip de $60-90^\circ$ y un movimiento que oscila en torno a los 25° N; con ellas se relacionan los diques básicos y las granodioritas alcalinizadas.

Un grupo de fallas más reciente es el de dirección ONO-ESE, especialmente manifiesto en el valle del río Tormes, cuyo efecto hace que cambie la dirección de las del anterior grupo y, además, ocasiona el notable efecto morfológico de que el cauce del río vire hacia el N; el movimiento es casi horizontal ($0-5^\circ$) y el dip es alto ($75-90^\circ$).

Finalmente, existen fallas N-S, no tan frecuentes como las anteriores, con un dip de $50-70^\circ$. Su movimiento oscila en torno a unos 60° N.

En resumen, considerando la morfología regional, se puede asegurar que, en este tramo, la mayoría del cauce de circulación del río Tormes aprovecha los sistemas de fractura citados, sobre todo los ONO-ESE. Las observaciones coinciden con las publicadas por BABIN (1978) en las inmediaciones de Santibáñez de Béjar.

Los hechos que se han indicado previamente sugieren un control geológico estricto ya desde la individualización de algunos materiales metamórficos, con ciertas direcciones paralelas a límites del Sistema Central (bordes de accidentes antiguos). El valle del río Tormes está muy encajado y la presencia común de huecos cilíndricos verticales indica que la erosión del fondo es aún muy fuerte (LORENC y SAAVEDRA, 1980; NEMEC et al., 1982). En la zona, el curso fluvial genérico es ONO-ESE, con tramos muy reducidos N-S. Además, en el S de El Puente del Congosto (granitoides) y N

de Guijo de Avila (rocas metamórficas), el río discurre, en la práctica, en sentido S-N y su valle es más ancho, coincidiendo con la falta de huecos cilíndricos subverticales; tanto el curso como la forma del valle en el tramo en la zona de contacto de las rocas plutónicas con el encajante metamórfico distan mucho de ser accidentales, ya que ambos tienen la dirección ONO-ESE. En general, ésta es la de la mayoría de las fallas locales, pero algunas más recientes N-S (más joven sólo el movimiento, porque su origen es mucho más antiguo, siendo paralelas al borde granodiorítico, jalonado con intrusiones más básicas, al N y S de Linares de Riofrío, SAAVEDRA, 1978). Esta zona, evidentemente más débil desde el punto de vista estructural, cambió el curso fluvial, que hasta este sitio era, por lo común, hacia el N, al O (en un sector de unos 11 km.). Desde luego, a escala amplia, esta distancia no es importante, pero el hecho es muy significativo si se considera que la misma situación se produce más al S, en el siguiente contacto con el encajante metamórfico (al E de El Barco de Avila), dirección muy frecuente en el ámbito del Sistema Central.

DISCUSION

A lo largo de los apartados anteriores se han puesto de relieve las opiniones recogidas en la bibliografía y sus frecuentes contradicciones según los autores, discutiéndose parte de los puntos conflictivos o rasgos manifestados no coincidentes con las observaciones de los autores de este trabajo. Pero algunos puntos merecen un tratamiento más específico.

Sobre los leucogranitos de El Puente del Congosto, BEA y MALDONADO (1981), además de una

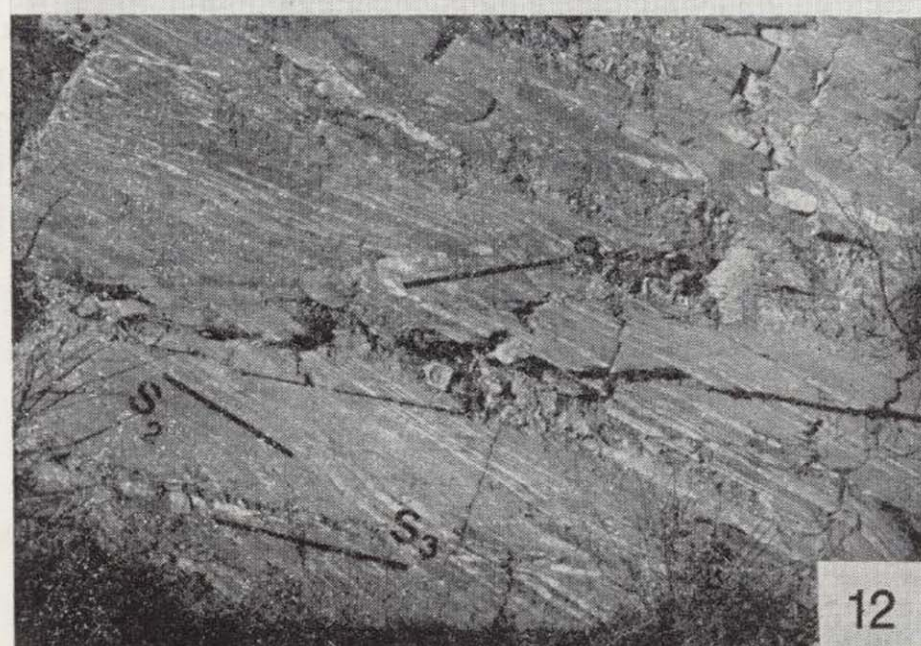
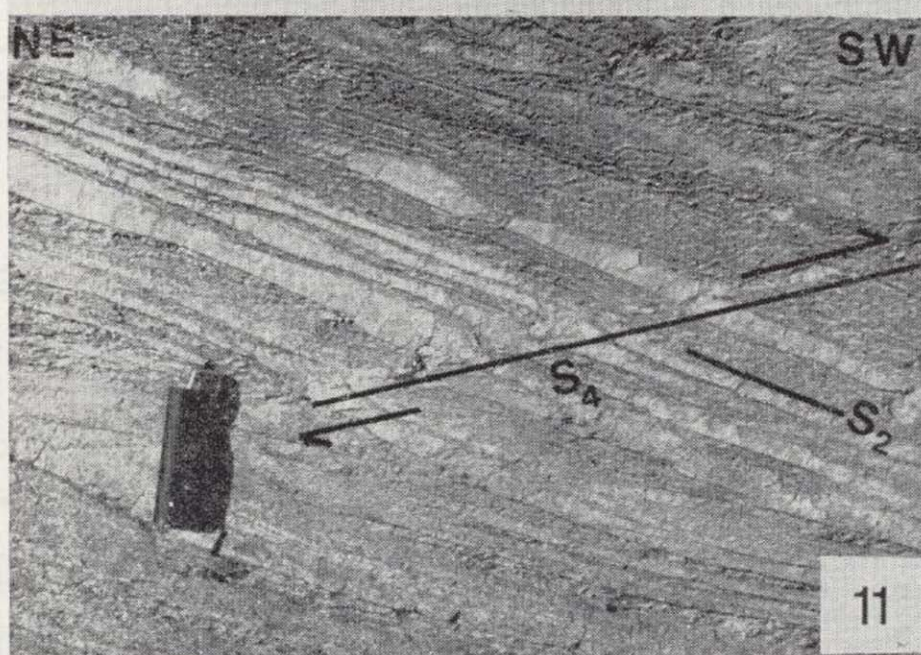
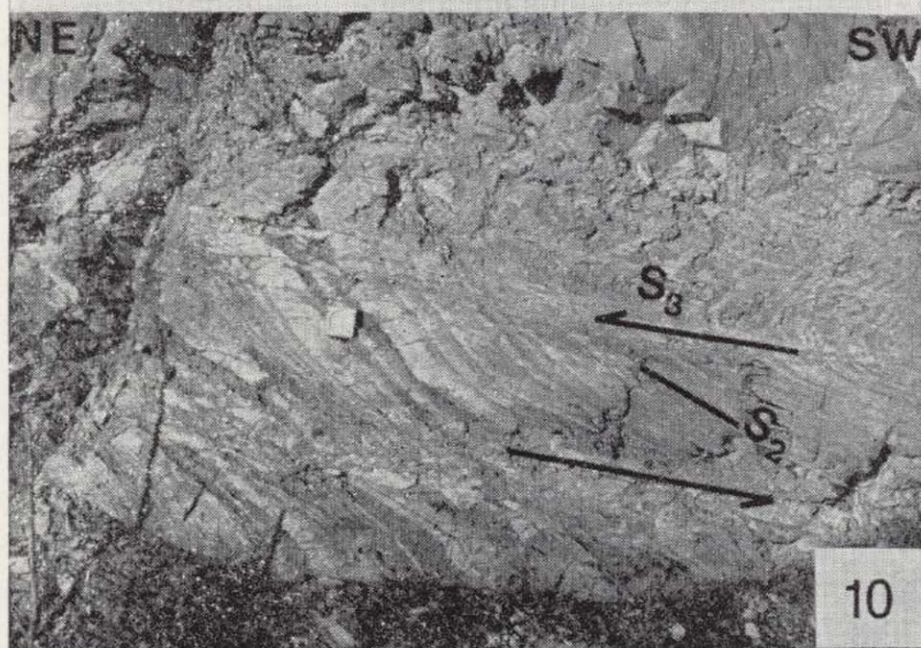
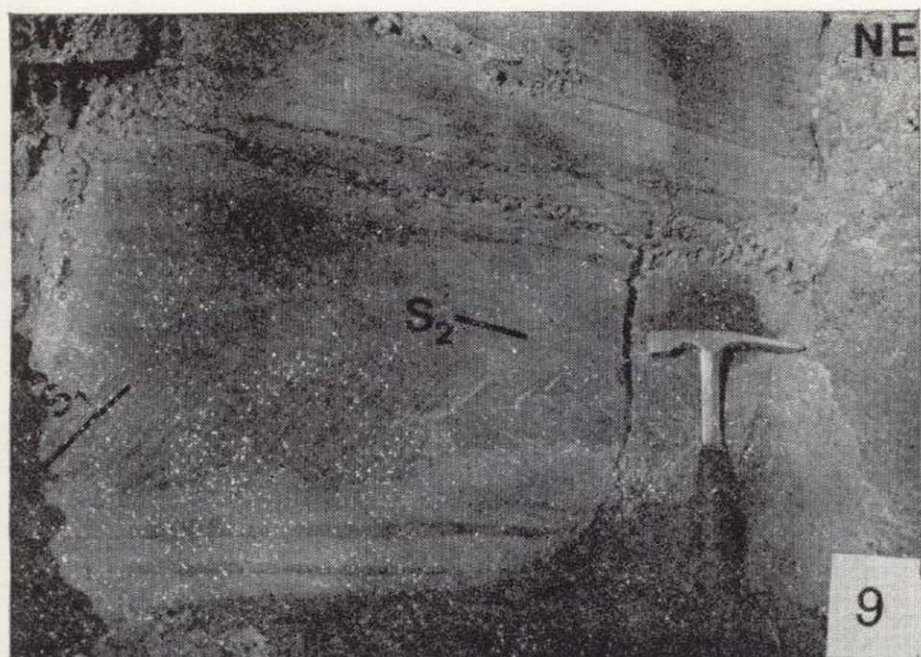


Figura 9.—Planos S_1 deformados por la foliación S_2 (parte convexa del pliegue a la izquierda del martillo). Dirección en la foto SO-NE. Corte en los esquistos cercanos al puente sobre el río Tormes, 4 Km. al E de Guijuelo.

Figura 10.—Planos de foliación S_2 cortados y deformados por planos de esquistosidad S_3 . Misma localidad que en la figura 9.

Figura 11.—Foliación S_2 , en planos, con corte y movimiento según un plano S_4 .

Figura 12.—Planos de foliación S_2 cortados por planos S_3 y S_4 . Misma localidad que en las figuras 9-11.



de Guijo de Avila (rocas metamórficas), el río discurre, en la práctica, en sentido S-N y su valle es más ancho, coincidiendo con la falta de huecos cilíndricos subverticales; tanto el curso como la forma del valle en el tramo en la zona de contacto de las rocas plutónicas con el encajante metamórfico distan mucho de ser accidentales, ya que ambos tienen la dirección ONO-ESE. En general, ésta es la de la mayoría de las fallas locales, pero algunas más recientes N-S (más joven sólo el movimiento, porque su origen es mucho más antiguo, siendo paralelas al borde granodiorítico, jalonado con intrusiones más básicas, al N y S de Linares de Riofrío, SAAVEDRA, 1978). Esta zona, evidentemente más débil desde el punto de vista estructural, cambió el curso fluvial, que hasta este sitio era, por lo común, hacia el N, al O (en un sector de unos 11 km.). Desde luego, a escala amplia, esta distancia no es importante, pero el hecho es muy significativo si se considera que la misma situación se produce más al S, en el siguiente contacto con el encajante metamórfico (al E de El Barco de Avila), dirección muy frecuente en el ámbito del Sistema Central.

DISCUSION

A lo largo de los apartados anteriores se han puesto de relieve las opiniones recogidas en la bibliografía y sus frecuentes contradicciones según los autores, discutiéndose parte de los puntos conflictivos o rasgos manifestados no coincidentes con las observaciones de los autores de este trabajo. Pero algunos puntos merecen un tratamiento más específico.

Sobre los leucogranitos de El Puente del Congosto, BEA y MALDONADO (1981), además de una

Figura 9.—Planos S_1 deformados por la foliación S_2 (parte convexa del pliegue a la izquierda del martillo). Dirección en la foto SO-NE. Corte en los esquistos cercanos al puente sobre el río Tormes, 4 Km. al E de Guijuelo.

Figura 10.—Planos de foliación S_2 cortados y deformados por planos de esquistosidad S_3 . Misma localidad que en la figura 9.

Figura 11.—Foliación S_2 , en planos, con corte y movimiento según un plano S_4 .

Figura 12.—Planos de foliación S_2 cortados por planos S_3 y S_4 . Misma localidad que en las figuras 9-11.

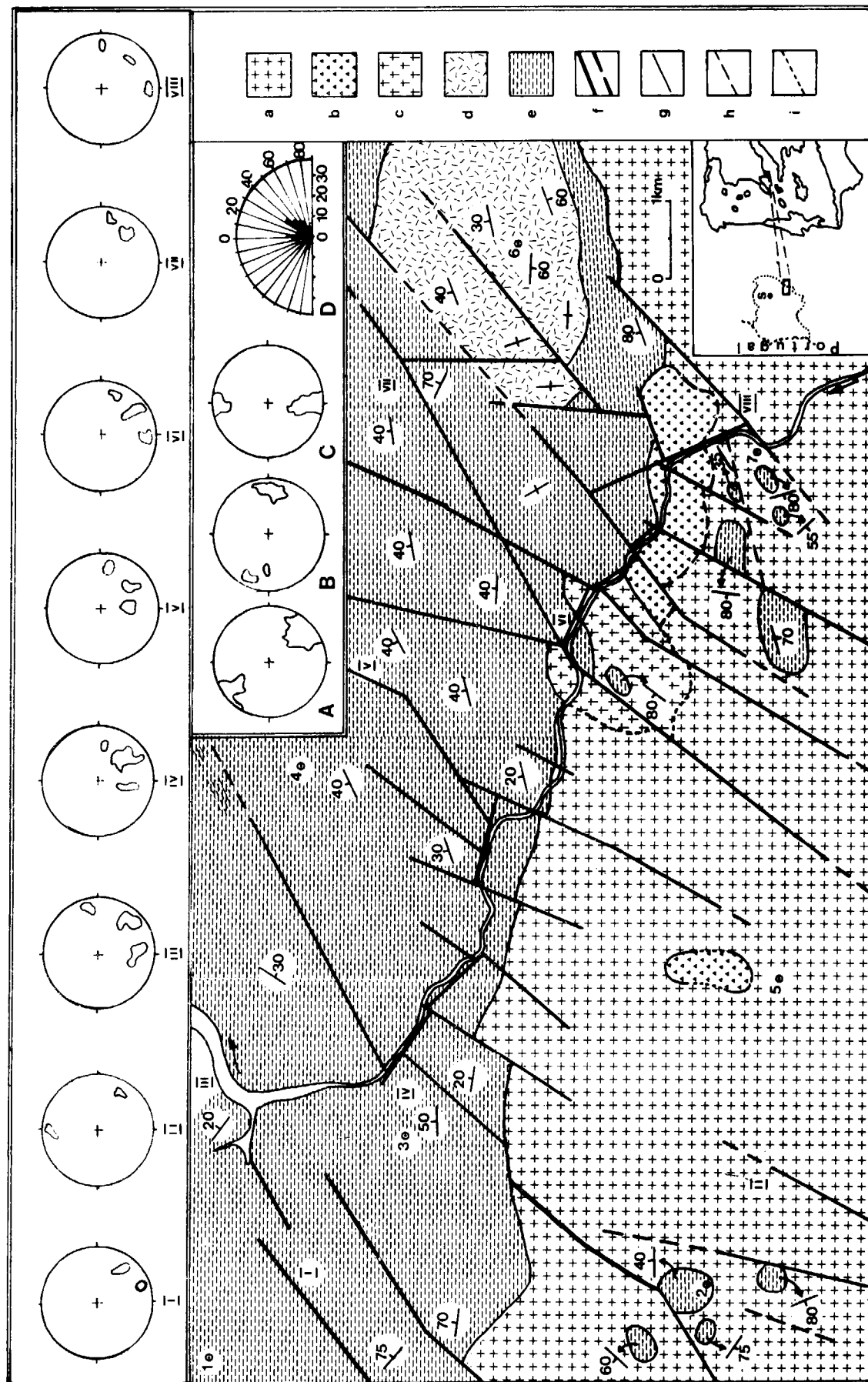


Figura 13.—Esquema estructural-geológico simplificado del área estudiada: a, Granitos y granodioritas. b, Rocas básicas e intermedias. c, Leucogranitos orientados. d, Ortoneis de Bercimuelle. e, Rocas metamórficas en general. f, Fallas observadas (línea continua) o supuestas (línea discontinua). g, Contacto neto. h, Contacto difuso o gradual. i, Contacto no visible. De I a VIII son los diagramas estructurales (orientación de fallas) obtenidos en los puntos

señalados por estos símbolos en el mapa. Los diagramas estructurales A, B, C y D se refieren al conjunto de medidas utilizadas para establecer la orientación de las fallas. Se han señalado la dirección y buzamiento (por el número indicado) en los puntos en que se efectuaron medidas. 1, Guijuelo. 2, La Cabeza de Béjar. 3, Guijo de Avila. 4, Cespedosa. 5, Santibáñez de Béjar. 6, Bercimuelle. 7, Puente de El Congosto. 8, Salamanca. Para las representaciones se han utilizado unas doscientas medidas.

serie de rasgos generales de éstas y otras rocas que consideran semejantes, dentro del Macizo Central español (como contactos raros con las granodioritas biotíticas inmediatas, siempre por intrusión o fallas, etc.), indican lo siguiente:

- Tales granitos contienen intercalaciones estratiformes de micacitas que no muestran ni la más mínima evidencia de metamorfismo de contacto.
- No hay ninguna evidencia de emplazamiento intrusivo.
- Petrográficamente, estas rocas deben ser consideradas como leptinitas.

Aparte de las observaciones aludidas con anterioridad, que no confirman tales puntos ni coinciden con los rasgos bien visibles en el terreno, hay que añadir:

- Dentro del leucogranito de El Puente del Congosto hay muchos xenolitos (y no intercalaciones como las aludidas) de típicas corneanas y no exclusivamente micacitas, con frecuentes venas hidrotermales de cuarzo. La rotación de tales xenolitos es perfectamente visible, figura 13. La forma no es de dos bandas en sentido idéntico a las formaciones metasedimentarias, sino muy diferente, como ya se indicaba en esquema en la nota preliminar de LORENC y SAAVEDRA (op. cit.).
- Los citados rasgos elementales de campo (contactos discordantes, figura 5, presencia de xenolitos que han sufrido movimiento rotativo, figura 13, manifestaciones hidrotermales, neto metamorfismo de contacto, etc.) son claros argumentos en favor del origen intrusivo.
- De acuerdo con la definición de leptinita como una roca de tipo granulítico (SPRY, 1969, p. ej.), es inaplicable esta denominación a los leucogranitos, tanto por su posición tectónica como por el grado metamórfico.

Por otra parte, hay datos complementarios en este sentido. Las analogías entre granitos leucocráticos con granates y cordierita y parte de los granitoides del cuerpo principal (no orientado), también con dichos minerales, es muy grande. En ningún caso se ha confirmado la afirmación (en BEA y MALDONADO, op. cit.) de que este granito, en Puente del Congosto, sea una formación estratiforme intercalada en el complejo esquisto-grau-

wácico; las formas cartográficas de la figura 1, junto con los datos estructurales de la figura 13, son suficientemente ilustrativos a este respecto.

En algunos lugares del área estudiada se han cartografiado zonas como pertenecientes a la denominada serie pegmatóide del Alamo (GARCÍA DE FIGUEROLA y FRANCO, op. cit.), alternancia de leucogranitos y cuerpos pegmatoides concordantes o para concordantes con micacitas y esquistos micáceos, extendida a numerosas zonas de la región, considerando que sus granitoides son anteriores a la primera fase de deformación hercínica (DEPARTAMENTO DE PETROLOGÍA, 1980, 1983). Esta importante afirmación sobre la frecuencia de granitoides pre-fase I hercínica y el carácter específico y frecuente de una formación de este tipo no se ha acompañado de demostraciones concluyentes (diagramas y medidas estructurales, etc.) ni se han dado datos de emplazamiento mínimamente justificativos. A tal aseveración hay que argumentar:

- En zonas consideradas como pertenecientes a esta Formación del Alamo, hay opiniones distintas, no discutidas, como ocurre, por ejemplo, en la parte occidental de la provincia de Avila, en donde uno de tales granitoides, el ortoneis de Gallegos de Sobrinos, fue considerado inicialmente como un granito precoz deformado por la segunda fase (y no por la primera) por CAPOTE (1973), pero estudios posteriores más detallados (CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS, 1975) condujeron a clasificarlo como una manifestación de vulcanismo ácido intercalada en la serie sedimentaria; el conjunto de todo ello se considera equivalente, por dichos autores, a los de otras zonas vecinas, tanto en Salamanca como al E de la localidad estudiada.
- Son muy numerosos los puntos en los que es perfectamente apreciable una discordancia de estos granitoides con el encajante, que los defensores de dicha suposición atribuyen a removilizaciones. Pero no explican ni discuten su mecanismo ni porqué se da en zonas de metamorfismo regional de grado muy variable o su posición, a veces vinculada al borde de batolitos próximos muy posteriores.
- El análisis estructural de DÍEZ-BALDA (1981) sugiere que muchos de estos granitoides sólo están deformados por la segunda fase.

Estas consideraciones llevan a los autores del presente trabajo a descartar caracteres específicos, no expresados en publicaciones previas, que justifiquen la individualización de la Formación del Alamo, puesto que aunque no se excluye la existencia de granitoides prehercínicos locales, la mayoría de los englobados dentro de dicho complejo debe de tener una edad hercínica, intruyendo en rocas del Paleozoico Inferior o más antiguas.

Las rocas básicas de la margen derecha del río Tormes, al N de El Puente del Congosto, presentan una fuerte variabilidad mineralógica, que para GARCÍA DE FIGUEROLA y FRANCO (op. cit.) es lógico que se deba a un proceso de asimilación de los heterogéneos materiales del encajante, sea de la serie intruida localmente o bien de los niveles del Paleozoico Inferior sitios más al O. No se excluye, ni mucho menos, la existencia de asimilación, pero que ésta sea la causa de la heterogeneidad de los términos básicos es difícil de sostener porque:

- a) Las fotos de éste y otros trabajos (SAAVEDRA, 1981) muestran claras evidencias de hibridación de los magmas granítico y básico (ambas denominaciones en sentido amplio), bien visibles en la margen izquierda del río Tormes, por lo que los contactos difusos y graduales entre ellos son muy frecuentes y se tiene una gama completa de gradaciones; son también comunes los enclaves de rocas más básicas (incluso gabros) en las granodioritas. Si a esto se añade el que puede haber habido diferenciaciones diversas de los magmas y sus híbridos, se explica con facilidad la dispersión aludida.
- b) El carácter intrusivo de plutones exclusivamente gabroicos, con desarrollo de aureola, en los esquistos de bajo grado es indudable, figura 1. Se encuentran también enclaves de corneanas, de antiguos esquistos o calcoesquistos, figura 4, separados de autolitos más básicos por granitoides relativamente ácidos, sin evidencia alguna de digestión de metasedimentos.
- c) Precisamente, los términos más básicos se encuentran, sobre todo, en la parte oriental de la zona; hacia el O, la otra zona sugerida como posible material para asimilación, en donde ya aparecen niveles del Paleozoico Inferior, la representación de los términos plutónicos básicos es, con notoriedad, menor, tanto cuali como cuantitativamente.

d) La asimilación completa de los materiales indicados por un magma de las características del que dio lugar a los granitoides de la zona, a este nivel cortical, es un proceso que implica temperaturas anormalmente elevadas, que debería dejar numerosos xenolitos en diferentes estados de digestión, intermedios entre la granodiorita regional, el encajante y los gabros, cosa que no se observa nunca. Es también incompatible con el hecho de que, junto a enclaves básicos, de textura ígnea muy clara, existan xenolitos de corneanas de todas dimensiones, figura 1, sin otros tránsitos.

Por tanto, la heterogeneidad mineralógica no se debe, con probabilidad, a la asimilación, sino que la hibridación y, seguramente, la diferenciación juegan un importante papel.

En las inmediaciones de Santibáñez de Béjar se sitúa un dique de lamprófilos sienitizados (DEPARTAMENTO DE PETROLOGÍA, 1983), representados exactamente igual que los citados por primera vez por SAAVEDRA y ARENILLAS (op. cit.) más al E. En realidad, dicho dique consta de rocas básicas y la sienitización, muy clara, es en la granodiorita encajante, no en el dique, que no presenta el aspecto típico de los fuertemente metasomatizados y alcalinizados por fluidos; la migración de estos fluidos, de origen profundo y vinculados al magma de los diques, que indican los autores señalados en numerosas zonas, es también muy notoria aquí.

CONCLUSIONES

- 1) En el área investigada, además de rocas metamórficas de origen sedimentario (esquistos, cuarcitas, etc.) o vulcano-sedimentario, hay cuatro tipos de rocas de origen ígneo, diferentes en edad:
 - a) Ortoneises (Bercimuelle)
 - b) Leucogranitos orientados
 - c) Granodioritas, granitos y rocas básicas
 - d) Rocas ácidas y básicas de diques más tardíos
- 2) La presencia de rocas básicas dentro de la granodiorita y los bien visibles contactos magmáticos mutuos, zonas de difusión y numerosos autolitos indican que ha tenido lugar un mecanismo complejo de procesos de diferenciación y mezcla de magma durante el movimiento de la intrusión hacia niveles más altos de la corteza.

- 3) Los grandes xenolitos existentes en la granodiorita (La Cabeza de Béjar, El Puente del Congosto, etc.) parecen ser fragmentos del techo de la intrusión que fue quebrantado, descendiendo los bloques por un mecanismo de caudron subsidence. Las medidas correspondientes indican que tales bloques han sido fuertemente fracturados durante la rotación en el magma granodiorítico.
- 4) La aureola de contacto con la granodiorita regional no es homogénea; en la parte oeste, el grado y la potencia son menores.
- 5) En la zona, el curso del río Tormes obedece a un control por fallas en el contacto granodiorítico, según las direcciones ONO-ESE, NE-SO y, prácticamente, N-S, de edades relativas diferentes.

BIBLIOGRAFIA

- ALDAYA, F.; ARRIBAS, A.; GONZÁLEZ-LODEIRO, F.; IGLESIAS, M.; MARTÍNEZ-CATALÁN, J. R., y MARTÍNEZ-GARCÍA, E.: *Presencia de una nueva fase de deformación probablemente hercínica en el Noroeste y Centro de la Península Ibérica*. Stv. Geol., 6, 28-48 (1973).
- BABIN, R. B.: *Materiales metamórficos y plutónicos presentes en la región de Piedrahita-Barco de Avila-Béjar*. Stv. Geol., 7, 41-61 (1974).
- BABIN, R. B.: *Caracteres generales de la tectónica tardihercínica de fracturación en la Sierra de Gredos (Región de Béjar-Piedrahita)*. Bol. Geol. Min., 89, 545-549 (1978).
- BABIN, R. B.: *Estudio estructural de los principales afloramientos cuarcíticos del área Guijuelo-Béjar-Piedrahita (Provincias de Salamanca-Avila)*. Est. Geol., 35, 213-218 (1979).
- BEA, F., y MALDONADO, C.: *El granitoide de nódulos del área Puente del Congosto-Barco de Avila-Candelario (España)*. Su geología, geoquímica y petrogénesis. Bol. Soc. Geol. Portugal, 22, 77-87 (1981).
- BERNARDO DE SOUSA, M.: *O complexo xisto-grauváquico do Douro: I. Características litoestratigráficas*. Mem. Not. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 88, 31-37 (1979 a).
- BERNARDO DE SOUSA, M.: *Complexo xisto-grauváquico do Douro: II. Os conglomerados de Trevões (S. João da pequeira, N Portugal) e seu significado estratigráfico*. Mem. Not. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 88, 39-44 (1979 b).
- BERNARDO DE SOUSA, M.: *Complexo xisto-grauváquico do Douro: A formação de Bateiras-fácies, ocorrência e significado litoestratigráfico*. Cuad. Geol. Ibér., 7, 645-651 (1981).
- CAPOTE, R.: *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del norte de la provincia de Avila*. Bol. Geol. Min., 84, 426-437 (1973).
- CAPOTE, R., y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Las series anteordovícicas del Sistema Central*. Bol. Geol. Min., 86, 581-596 (1975).
- DEPARTAMENTO DE PETROLOGÍA, Universidad de Salamanca: *Plutonism of Central Western Spain. A preliminary note*. Est. Geol., 36, 339-348 (1980).
- DEPARTAMENTO DE PETROLOGÍA, Universidad de Salamanca: *Síntesis geológica del basamento (zona del centro-oeste español)*. Universidad de Salamanca (1983).
- DÍEZ-BALDA, M. A.: *La sucesión estratigráfica del complejo esquistos-grauváquico al sur de Salamanca*. Est. Geol., 36, 131-138 (1980).
- DÍEZ-BALDA, M. A.: *La estructura hercínica entre Salamanca y Sequeros (zona centro ibérica). La superposición de fases y su influencia en la fábrica de las rocas*. Cuad. Geol. Ibér., 7, 519-534 (1981).
- DÍEZ-BALDA, M. A.; MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; GONZÁLEZ-LODEIRO, F., e IGLESIAS PONCE DE LEÓN, M.: *La deformación hercínica en los materiales paleozoicos y precámbricos al sur de Salamanca*. Stv. Geol., 12, 91-108 (1977).
- FRANCO, P.; CASTRO, A., y LÓPEZ-PLAZA, M.: *Guía de excursiones por el basamento de la Meseta Castellana*. VIII Reunión sobre la Geología del Oeste Peninsular, Salamanca (1983).
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C., y FRANCO, P.: *Las formaciones infraordovícicas y el borde de las granodioritas al este de Guijuelo (Salamanca)*. Est. Geol., 31, 487-500 (1975).
- HERRANZ, P.; SAN JOSÉ, M. A., y VILAS, L.: *Ensayo de correlación del Precámbrico entre los Montes de Toledo occidentales y el Valle del Matachel*. Est. Geol., 33, 327-342 (1977).
- LORENC, M. W., and SAAVEDRA, J.: *Remarks on the pothole erosion at the Tormes river (Salamanca Province, Spain)*. Acta Geol. Hisp., 15, 91-93 (1980).
- NEMEC, W.; LORENC, M. W., and SAAVEDRA, J.: *Potholed granite terrace in the Río Salor valley, western Spain: a Study of bedrock erosion by floods*. Tectonerrae, 50, 1-16 (1982).
- SAAVEDRA, J.: *Consideraciones sobre el área granítica comprendida entre Béjar y Linares de Riofrio (Salamanca)*. An. Cent. Edaf. Biol. Apl Salamanca, 4, 305-317 (1978).
- SAAVEDRA, J.: *Relaciones entre procesos evolutivos endógenos y paragénesis mineralógicas en yacimientos de Sn y W asociados a granitoides centro-ibéricos*. Cuad. Geol. Ibér., 7, 391-404 (1981).
- SAAVEDRA, J., y ARENILLAS, M.: *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. Temas Geol. Min., II, 539-563 (1979).
- SAAVEDRA, J., y PELLITERO, E.: *Concentraciones elementales en niveles premesozoicos de áreas de la provincia de Salamanca. Ensayo sobre la naturaleza de los procesos geológicos implicados en su génesis*. Temas Geol. Min. (IGME), II, 567-586 (1979).
- SAN JOSÉ, M. A. DE; PELÁEZ, J. R.; VILAS, L., y HERRANZ, P.: *Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo*. Bol. Geol. Min., 85, 21-31 (1974).
- SPRY, A.: *Metamorphic textures*. Pergamon Press, Oxford, 350 pp. (1969).

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Indices de Cristalinidad en los sílex de carácter turbidítico de Barrika (NE de Bilbao)

Por J. J. ELORZA (*), M. I. ARRIORTUA (**), J. M. AMIGO (***)

RESUMEN

Hemos realizado un estudio sobre los Indices de Cristalinidad (I. C.) de los sílex bandeados presentes en los materiales carbonatados de origen turbidítico (Cretácico Superior) expuestos en Barrika (NE de Bilbao). Estos sílex tienen un claro carácter biogénico (radiolarios y espículas de esponjas) con texturas fundamentalmente de microcuarzo y escasos esferulitos de «calcedonita» (length-fast chalcedony).

Se han determinado los (I. C.) de 20 muestras según los métodos propuestos por MURATA y NORMAN (1976) y GREGG et al. (1977). Y los parámetros y volumen de celda unidad de cada muestra por medio de un refinamiento por mínimos cuadrados de los datos aportados por difracción de rayos X.

La comparación de las variaciones encontradas en los (I. C.), utilizando los dos métodos referidos, con las variaciones del volumen de celda unidad, y con el porcentaje de impurezas establecidas a partir del volumen, no nos permite afirmar la existencia de una relación directa clara entre ellas. Creemos que esto se debe a que ante un mismo tipo de muestra no se da la suficiente variabilidad en las medidas de los volúmenes como para que los (I. C.) queden también afectados.

Sin embargo, al separar las muestras en tres grupos, según el aspecto externo que presentan, y proyectar los valores medios de cada uno de ellos, se puede apreciar el cumplimiento de ciertas tendencias.

Así, los (I. C.) determinados por el método de GREGG et al. (1977), disminuyen cuando aumenta el valor del volumen de la celda unidad y el porcentaje de impurezas, tendencia que está de acuerdo con los resultados obtenidos por otros autores. Por el contrario los (I. C.) determinados por el método de MURATA y NORMAN (1976), se disparan positivamente cuando aumenta el volumen de la celda unidad y el porcentaje de impurezas.

ABSTRACT

In this paper we study the Crystallinity Index (C. I.) of the bedded chert which is interlayered with carbonates materials of turbiditic origin (Upper Cretaceous) that appear in Barrika (NE. Bilbao). These cherts present biogenic features (radiolarian and sponge spicules) with basically microquartz textures; barely spherulitic chalcedonite (length-fast chalcedony).

Following the methods proposed by MURATA & NORMAN (1976) and GREGG et al. (1977) we have fixed the (C. I.) of 20 samples. The parameters and the cell unit volume have been fixed through refined by least-squares method from data obtained by X-Ray diffraction.

From the comparison of the (C. I.) variations, according the two methods followed to find them, with the variations of the cell unit volume, and with the impurities percentage, we don't find the existence of a clear direct relation. We suggest that it is due, to the fact that in the same type of sample the variation of volume measures is quite narrow.

However, when we organize the samples in three groups, according to their outside aspect, and project the average values of each group, certain tendencies are observed.

In this way, the (C. I.) determined by the method of GREGG et al. (1977), decrease when the cell unit volume and the impurities increase, as some others authors have also recorded. On the opposite, when the (C. I.) is determined under MURATA & NORMAN's methods (1976), it grows when the cell unit volume and the impurities increase.

INTRODUCCION

En el presente trabajo aportamos los primeros datos obtenidos respecto a los Indices de Cristalinidad (I. C.) y volumen de la celda unidad de

los sílex presentes en las facies turbidíticas calcáreo-margosas del Cretácico Superior (NE de Bilbao). Con estos datos hacemos un estudio comparativo sobre la variación que experimenta la cristalinidad del cuarzo frente a la variación de los valores de los parámetros de la celda unidad e impurezas obtenidos para cada una de las muestras estudiadas.

Partimos de unos hechos conocidos, como son el ambiente sedimentario de depósito, claramente turbidítico (RAT, 1959; ESPEJO MOLINA y PASTOR

GONZÁLEZ, 1975, etc.), y la fuente de la sílice considerada como biogénica. Se conservan parte de los caparazones de radiolarios y espículas de esponjas inicialmente opalinas que han pasado a «calcedonita», englobados en la masa compacta del sílex microcristalino.

Los sílex se disponen predominantemente en bandas continuas dentro de los lechos carbonatados turbidíticos de textura grainstone y han sido formados durante una etapa diagenética compleja (ELORZA in litt.) (fig. 1).



Figura 1

A) Conjunto de lechos pertenecientes a la facies turbidítica calcáreo-margosa, donde es visible el sílex, tanto en niveles continuos (a) como en niveles discontinuos (b), siempre dentro de la secuencia carbonatada incompleta turbidítica. Los niveles margosos de carácter autóctono han sufrido una erosión muy fuerte, quedando en la fotografía como espacios vacíos (c).



B) Detalle de la anterior; nótese cómo los niveles de sílex respetan las laminaciones sedimentarias existentes. También es notorio cómo quedan restos de roca carbonatada sin sustituir (d) en el interior de la masa compacta del sílex.

(*) Dpto. de Geología. Univ. del País Vasco. Bilbao.

(**) Dpto. Cristalografía y Mineralogía. Univ. País Vasco. Bilbao.

(***) Dpto. de Geología. Univ. de Valencia. Burjasot. Valencia.

los sílex presentes en las facies turbidíticas calcáreo-margosas del Cretácico Superior (NE de Bilbao). Con estos datos hacemos un estudio comparativo sobre la variación que experimenta la cristalinidad del cuarzo frente a la variación de los valores de los parámetros de la celda unidad e impurezas obtenidos para cada una de las muestras estudiadas.

Partimos de unos hechos conocidos, como son el ambiente sedimentario de depósito, claramente turbidítico (RAT, 1959; ESPEJO MOLINA y PASTOR

GONZÁLEZ, 1975, etc.), y la fuente de la sílice considerada como biogénica. Se conservan parte de los caparazones de radiolarios y espículas de esponjas inicialmente opalinas que han pasado a «calcedonita», englobados en la masa compacta del sílex microcristalino.

Los sílex se disponen predominantemente en bandas continuas dentro de los lechos carbonatados turbidíticos de textura grainstone y han sido formados durante una etapa diagenética compleja (ELORZA in litt.) (fig. 1).

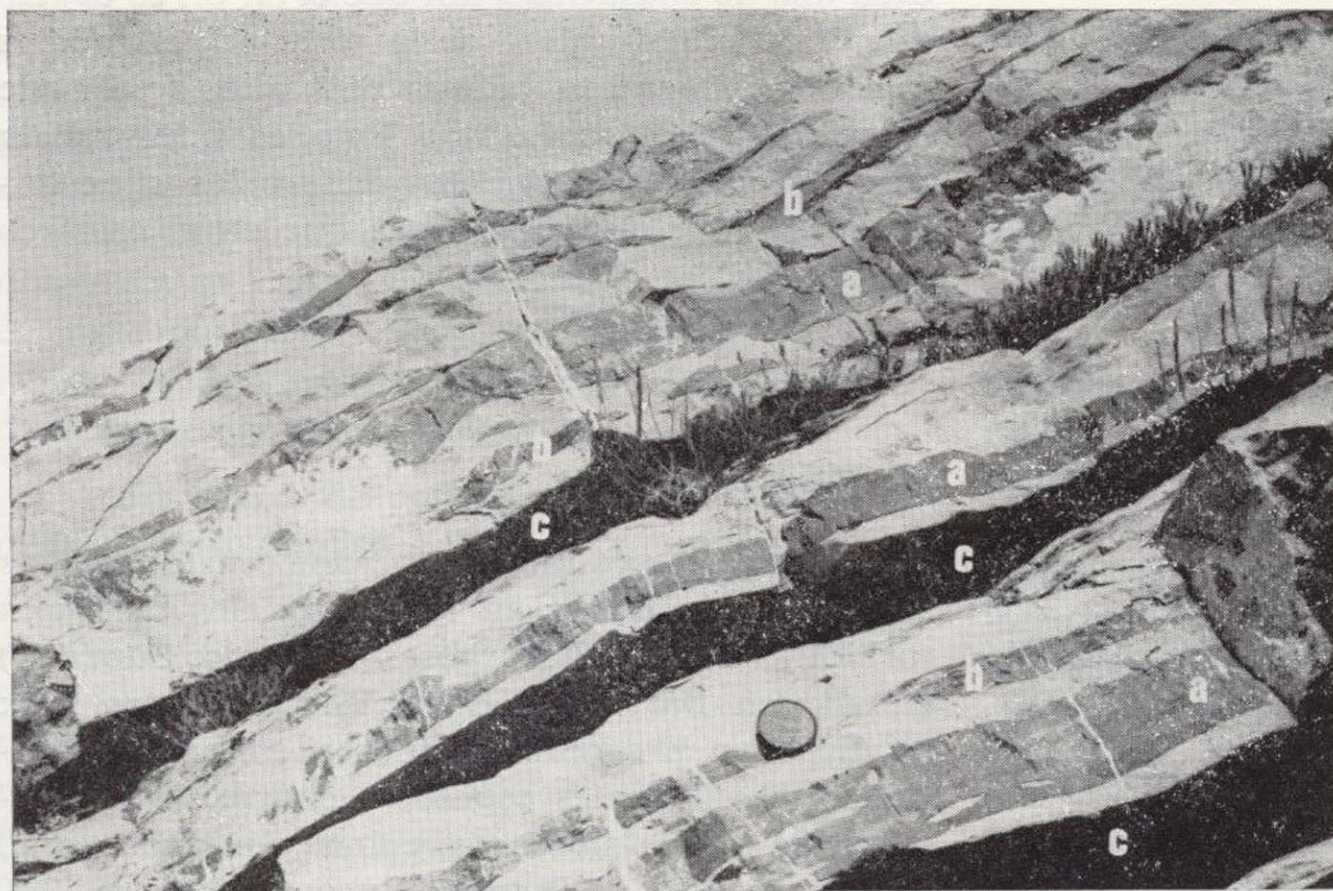
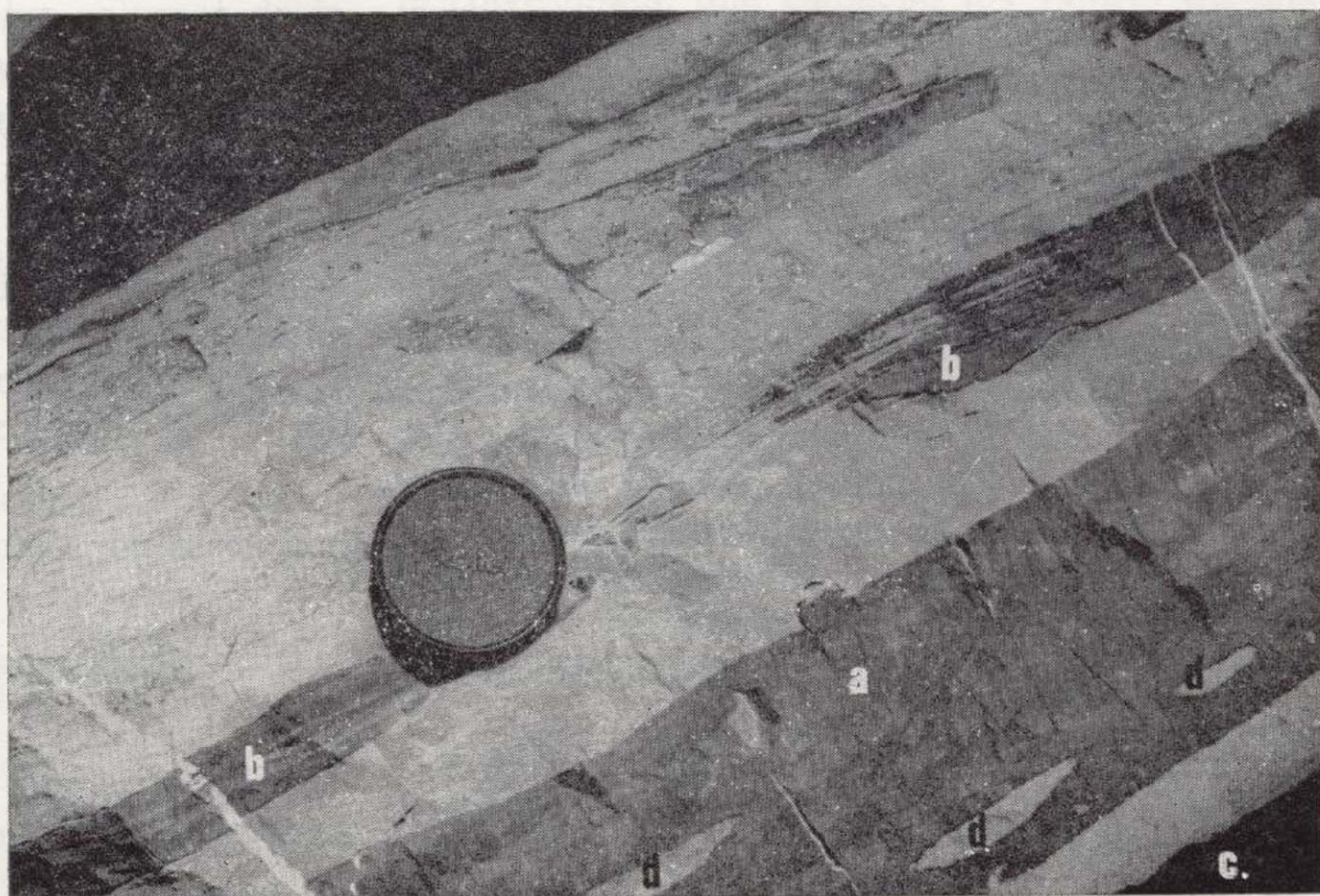


Figura 1

A) Conjunto de lechos pertenecientes a la facies turbidítica calcáreo-margosa, donde es visible el sílex, tanto en niveles continuos (a) como en niveles discontinuos (b), siempre dentro de la secuencia carbonatada incompleta turbidítica. Los niveles margosos de carácter autóctono han sufrido una erosión muy fuerte, quedando en la fotografía como espacios vacíos (c).



B) Detalle de la anterior; nótese cómo los niveles de sílex respetan las laminaciones sedimentarias existentes. También es notorio cómo quedan restos de roca carbonatada sin sustituir (d) en el interior de la masa compacta del sílex.

ANTECEDENTES

Existen, de antiguo, un número de investigadores relativamente importante que han trabajado con el objetivo de establecer caracteres texturales específicos que sean útiles para la fijación del origen de las rocas silíceas (MUNIER-CHALMAS, 1890; LACROIX, 1962; CAYEUX, 1929, 1931; MILLOT et al., 1959; MILLOT, 1960; MILLOT y FAUCK, 1971).

Más recientemente, FOLK y PITTMAN (1971), a partir de la existencia de un tipo específico de textura fibrosa, no usual, como es la «cuarcina» (*length-slow chalcedony*) al parecer exclusivamente asociada con evaporitas, edifican una hipótesis en razón del pH y la concentración de sílice de las soluciones. Por lo cual la «cuarcina» es considerada como un importante marcador genético en series evaporíticas silicificadas y removilizadas que no hubieran podido identificarse sin este testimonio.

Esta hipótesis es prontamente confirmada por autores como SIEDLECKA (1972), SCHREIBER (1974) y refutada por otros como JACKA (1974), HATFIELD (1975), etc. Posteriormente han sido numerosos los autores que hacen referencia a este tipo de textura, bien confirmando o expresando su no completo cumplimiento de la misma en sus trabajos (KASTNER, 1980; KEENE, 1983).

Por otra parte, MURATA y NORMAN (1976) establecen el Índice de Cristalinidad (*) (I. C. M.) para las diferentes variedades de cuarzo basándose en el grado de resolución de la reflexión d(212) a un $2\theta=67.74^\circ$, ya discutidos por HATHAWAY (1972). Estos autores deducen que el (I. C. M.) está fuertemente influenciado por el tamaño del cristal y también por la distorsión producida en la red debido a los efectos de tensión, de tal manera que desde valores máximos del (I. C. M.) de 8-10 para el cuarzo bien cristalizado pasan gradualmente a valores de 1-3 para cuarzo pobremente cristalizado.

GREGG et al. (1977) conjugando el (I. C. G.) y el volumen de la celda unidad, realizan un estudio con muestras actuales de diferentes especies de diatomeas cultivadas en su laboratorio, sometidas a condiciones variables de temperatura y tiempo, junto con ejemplares fósiles de diatomeas de

(*) Para simplificar se simbolizan los Índices de Cristalinidad de MURATA & NORMAN (1976) y de GREGG et al. (1977) por (I. C. M.) e (I. C. G.) respectivamente.

Monterrey (California, USA), cuarzo, sílex y xilópalo de colecciones de la Bowling Green State University. Todas ellas son comparadas con los valores de cuarzo standard dado por la International Union of Crystallography (1962, v. 3, p. 122). Deducen que el (I. C.) varía gradualmente desde el ópalo (0.001) a cuarzo (1.1) pasando por las diatomeas (0.012-0.11).

Ultimamente, BUSTILLO y LA IGLESIA (1979), siguiendo la metodología de GREGG et al. (1977), toman muestras de sílex de diferentes edades, texturas y rocas asociadas y establecen el (I. C.) de cada una de ellas. Observan que el (I. C.) es dependiente de la naturaleza de la roca; así, cuando es calcárea encuentran índices más altos (>2) que cuando es yesífera (<1.5). Esto es interpretado como que en un ambiente yesífero los sílex formados poseen más impurezas que en el calcáreo y éstas rebajan el índice.

METODOLOGIA

Las muestras estudiadas pertenecen todas ellas a los sílex incluidos en los materiales de facies turbidíticas calcáreo-margosas (Cretácico Superior) situado en Barrika (NE de Bilbao). Estos sílex se disponen predominantemente en bandas continuas de diferentes espesores dentro de los términos calcáreos alóctonos, principalmente b, c, d, de la secuencia de Bouma (BOUMA, 1962).

Respecto al estudio de cristalinidad realizado según los métodos de GREGG et al., (1977) y MURATA y NORMAN (1976) hemos seleccionado un número de 20 muestras, eliminando los carbonatos por un ataque con CIH al 10 por 100 en caliente) a cada una de las muestras molidas ($<60\mu$).

Siguiendo el primer método se mezclaron las muestras de sílex con fluorita en una relación de 3:1 y se homogenizaron en un vibrador FRITSH durante 20 minutos.

Los (I. C.) han sido calculados por la expresión propuesta por GREGG et al. (1977)

$$(I. C. G.) = \frac{AQ (101)/AF (220)}{\text{Peso Q/Peso F}}$$

Donde AQ (101) es el área correspondiente al pico del cuarzo a 3.34\AA ; AF (220) es el área del

pico de la fluorita a 1.93\AA . Para la medición de las áreas se ha utilizado el difractómetro Siemens modelo D 500 (Universidad de Valencia) y las condiciones experimentales fueron: Diafragmas de apertura 1° ; Diafragma del contador 0.15° ; Intervalos angulares considerados $25.25-27.05$; $27.55-29$; $46.05-47.5^\circ$ (2θ); Rango del desplazamiento paso a paso del contador 0.05° (2θ).

Los (I. C. M.) se obtienen a partir de la medida de intensidades del pico (212) a $2\theta=67.74^\circ$ según la fórmula:

$$I. C. M. = 10 \cdot a \cdot F/b$$

Donde a es la altura del pico; b es la altura del pico hasta la base y F corresponde a un factor de escala que para el difractómetro Philips PW 1476 (Universidad del País Vasco, Bilbao) a partir de una muestra patrón de cuarzo MERCK fue de 1.83 en lugar de 1.67 obtenido por MURATA y NORMAN (1976). El cociente a/b queda multiplicado por 10 para evitar los valores menores de 1.0.

Los diagramas de polvo se han realizado en el difractómetro Philips PW 1476, equipado con un goniómetro vertical modelo PW 1050/25, provisto de portamuestras y monocromador de grafito, montado en un generador PW 1140 con tubo anticátodo de cobre. Las condiciones de trabajo fueron: ventanas $1^\circ-1^\circ$; velocidad del papel 10 mm/minuto; velocidad del goniómetro 1° , $1/2^\circ$, $1/4^\circ(2\theta)$ /minuto. En los dos difractómetros la radiación utilizada ha sido $\text{Cu } K\alpha_1$, $\lambda=1.54051 \text{ \AA}$.

Los valores de los parámetros y volumen de la celda unidad han sido refinadas por mínimos cuadrados utilizando el programa LSUCRE (APPLEMAN y EVANS, 1973).

El cálculo de impurezas de los sílex, consideradas como intersticiales y admitiendo una densidad igual para cada especie, se puede obtener a partir de la expresión:

$$d = \frac{M}{N \cdot V}$$

Donde d =densidad.

M =peso molecular del cuarzo (60.084).

N =número de Avogadro.

V =volumen de la celda unidad.

Si la densidad resulta mínimamente afectada

por la existencia de las impurezas, se puede indicar que:

$$\frac{M \cdot Q_{\text{standar}}}{V \cdot Q_{\text{standar}}} = \frac{M \cdot Q_1}{V \cdot Q_1} = \frac{M \cdot Q_2}{V \cdot Q_2} = \text{constante}$$

Los valores obtenidos quedan sumariados en la tabla 1.

DISCUSION

Las texturas que presentan estos sílex corresponden a una matriz de microcuarzo de tamaño variable, con esferulitos calcedónicos (*length-fast chalcedony*). Los restos claramente visibles de radiolarios y espículas de esponjas son los que presentan texturas esferulíticas de calcedonita, que en ocasiones son parcialmente o completamente sustituidas por carbonato. Por todo esto, cabe esperar una cierta uniformidad en los resultados.

Los valores obtenidos para los (I. C.) según los métodos de MURATA y NORMAN (1976) y GREGG et al. (1977), así como los valores de los parámetros y volumen de la celda unidad, quedan reflejados en la tabla I.

Aparentemente no es posible establecer, con todos los puntos proyectados, una relación clara de cómo a un aumento del volumen de la celda le corresponde una caída en los valores de cristalinidad, tal como señalan BUSTILLO y LA IGLESIA (1979) a partir de los datos aportados por GREGG et al. (1977). Más bien parece que se mantienen los valores del (I. C. G.) cercanos entre sí, porque tampoco las variaciones de los volúmenes son lo suficientemente significativas como para afectarlos fuertemente, situación por otra parte lógica y que confirma la corrección en las determinaciones.

Pero si hacemos la distinción en tres grupos en función del aspecto externo que poseen las muestras y proyectamos los valores medios de cada uno de ellos es posible apreciar unas tendencias más claras.

El primer grupo está caracterizado por presentar las muestras tonos grises claros, propios de una mayor pureza del sílex. Los parámetros, vo-

TABLA I

Relación de las muestras estudiadas, separadas como grupos 1, 2 y 3, de mayor a menor pureza en sílex.

Muestra número	«a» Å	«c» Å	Volumen celda Å ³	(I. C. G.) GREGG et al.	(I. C. M.) MURATA-NORMAN	Impurezas %
LF-5	4.907 (1)	5.339 (1)	112.60(4)	1.03	1.66	0.29
LF-9	4.9176(7)	5.405 (1)	113.20(3)	1.01	3.29	0.82
LF-11	4.9163(8)	5.404 (1)	113.13(2)	0.95	2.61	0.62
LF-13	4.9107(7)	5.402 (1)	112.82(4)	0.93	1.83	0.76
LF-26	4.905 (2)	5.399 (3)	112.53(8)	0.92	2.24	0.23
LF-34	4.9129(0)	5.403 (2)	112.95(4)	1.57	1.75	0.60
LF-69	4.906 (2)	5.394 (3)	112.47(6)	1.55	2.63	0.18
B	4.911 (8)	5.403 (1)	112.88(3)	2.05	1.54	0.54
GRUPO 1	$\bar{X}=4.910$ (6)	$\bar{X}=5.401$ (4)	$\bar{X}=112.8$ (3)	$\bar{X}=1.2$ (4)	$\bar{X}=2.1$ (6)	$\bar{X}=0.5$ (2)
LF-14	4.915 (2)	5.404 (6)	113.0 (1)	0.77	3.55	0.64
LF-28	4.9137(6)	5.4005(9)	112.92(3)	1.45	2.43	0.57
LF-83	4.909 (5)	5.412 (2)	112.9 (3)	1.22	4.73	0.56
GRUPO 2	$\bar{X}=4.912$ (4)	$\bar{X}=5.42$ (4)	$\bar{X}=112.9$ (2)	$\bar{X}=1.1$ (3)	$\bar{X}=3$ (1)	$\bar{X}=0.59$ (4)
LF-7	4.904 (1)	5.421 (1)	112.9 (5)	0.52	5.81	0.56
LF-16	4.912 (1)	5.409 (2)	113.03(5)	0.91	5.29	0.67
LF-18	4.912 (3)	5.398 (4)	112.8 (1)	0.33	5.94	0.46
LF-24	4.909 (2)	5.409 (4)	112.94(8)	0.20	6.17	0.59
LF-29	4.914 (1)	5.403 (1)	113.02(5)	0.06	5.32	0.66
LF-36	4.913 (0)	5.419 (1)	113.2 (1)	0.37	5.40	0.82
LF-61	4.9170(7)	5.404 (2)	113.15(5)	0.62	4.53	0.78
LF-71	4.914 (3)	5.401 (8)	113.0 (2)	0.37	5.00	0.64
A'	4.918 (1)	5.403 (2)	113.22(6)	0.50	4.60	0.85
GRUPO 3	$\bar{X}=4.912$ (4)	$\bar{X}=5.407$ (8)	$\bar{X}=113.0$ (2)	$\bar{X}=0.5$ (3)	$\bar{X}=5.3$ (5)	$\bar{X}=0.6$ (1)
Cuarzo	4.9027*	5.3934*	112.27*	1.1 (2)*		

* Standard values for quartz from International Union of Crystallography (1963, V. 3, p. 112).

lúmenes (I. C.) e impurezas están próximos entre sí. Los valores medios son:

$$\begin{aligned} \bar{X}_a &= 4.910(6) \text{ Å} \\ \bar{X}_c &= 5.401(4) \text{ Å} \\ \bar{X}_v &= 112.8(3) \text{ Å}^3 \\ \bar{X}_{(I. C. G.)} &= 1.2(4) \\ \bar{X}_{(I. C. M.)} &= 2.1(6) \\ \bar{X}_{Imp.} &= 0.5(2)\% \end{aligned}$$

El segundo grupo muestra unos tonos grises oscuros, menos sueltos que el anterior, debido a un mayor contenido en impurezas. Los valores medios son:

$$\begin{aligned} \bar{X}_a &= 4.912(4) \text{ Å} \\ \bar{X}_c &= 5.42(4) \text{ Å} \\ \bar{X}_v &= 112.9(2) \text{ Å}^3 \\ \bar{X}_{(I. C. G.)} &= 1.1(3) \\ \bar{X}_{(I. C. M.)} &= 3(1) \\ \bar{X}_{Imp.} &= 0.59(4)\% \end{aligned}$$

El tercer grupo corresponde a muestras con un gran contenido en arcillas y otros compuestos insolubles con el CIH en caliente, que presentan unos tonos verdes, amarillentos, etc., y de aspecto apelmazado. Los valores medios son:

$$\begin{aligned} \bar{X}_a &= 4.912(4) \text{ Å} \\ \bar{X}_c &= 5.407(8) \text{ Å} \\ \bar{X}_v &= 113.0(2) \text{ Å}^3 \\ \bar{X}_{(I. C. G.)} &= 0.5(3) \\ \bar{X}_{(I. C. M.)} &= 5.3(5) \\ \bar{X}_{Imp.} &= 0.6(1)\% \end{aligned}$$

Con todos estos datos la relación entre el volumen de la celda unidad y los valores de los (I. C.)

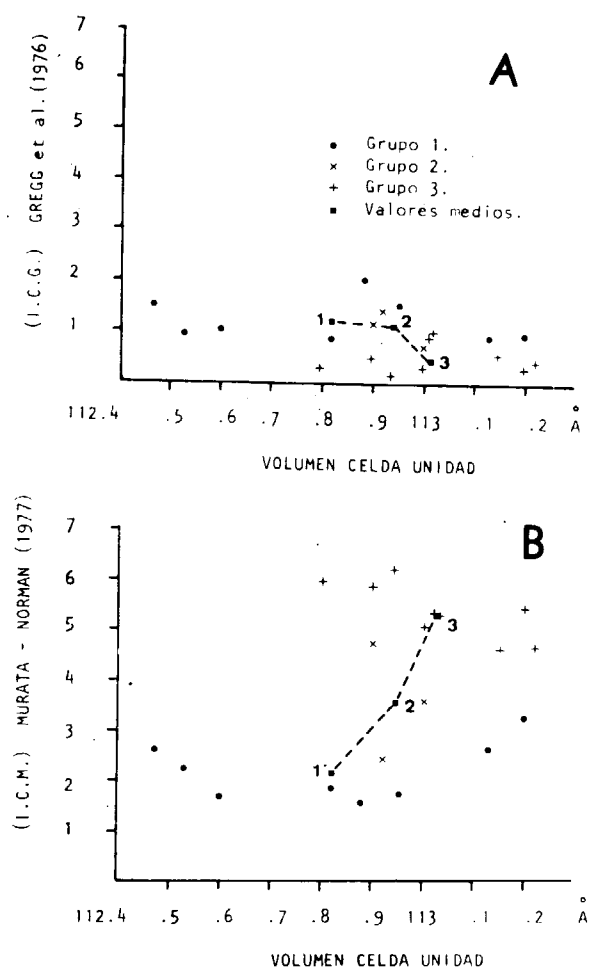


Figura 2A.—Diagrama de los (I. C. G.) frente al volumen de la celda unidad. Los valores medios de los (I. C. G.) para los grupos 1, 2 y 3 caen ligeramente ante el aumento del volumen de la celda unidad.

Figura 2B.—Diagrama de los (I. C. M.) frente al volumen de la celda unidad. Aquí sucede lo contrario que en la figura 2A.

establecidos por los métodos mencionados quedan reflejados en la figura 2a, b, donde vemos que se produce, aunque con variaciones pequeñas, una caída del (I. C. G.) ante un aumento del volumen de la celda (fig. 2a). Contrariamente sucede en la figura 2b, donde los (I. C. M.) se disparan positivamente, ante un aumento del volumen de la celda.

Esta última conducta se debe a que los valores de *b* [altura del pico (212) hasta la base] son mucho menores y al actuar como cociente en la expresión dada por estos autores

$$(I. C. M.) = 10 aF/b,$$

produce un aumento importante del índice. De tal manera que este método, aunque muy rápido, no es aconsejable, al menos, cuando exista un número importante de impurezas en la muestra atacada.

Los porcentajes de impurezas, obtenidos mediante los cálculos anteriores comentados, nos dan para los tres grupos establecidos valores crecientes, pero próximos entre sí. Estos valores están en conformidad con MAXWEL (1963) que basándose en datos químicos demuestra cómo las impurezas contenidas en los sílex no suelen llegar al 0,5 por 100. Esto se cumple claramente con los valores del primer grupo de muestras, desviándose en el segundo y tercer grupo.

Si relacionamos los (I. C.) frente a los porcentajes de impurezas, vemos cómo no es posible establecer aparentemente ninguna relación. Más bien se mantienen próximos los valores del (I. C. G.) porque tampoco las variaciones de los porcentajes de impurezas son importantes (figura 3a). Sin embargo, si representamos los valores medios de los mismos para los tres grupos, se aprecia una caída del (I. C. G.) frente a un aumento del porcentaje de impurezas. Tal situación está de acuerdo con BUSTILLO y LA IGLESIA (1979) y los datos experimentales de EISMA y VAN DER GAAS (1971).

En la figura 3b, tampoco es posible establecer una clara tendencia con todos los valores proyectados de (I. C. M.). Si representamos los valores medios de los tres grupos, sucede lo contrario que en el caso anterior, puesto que los (I. C. M.) se disparan positivamente justamente en las muestras con mayor contenido en impurezas.

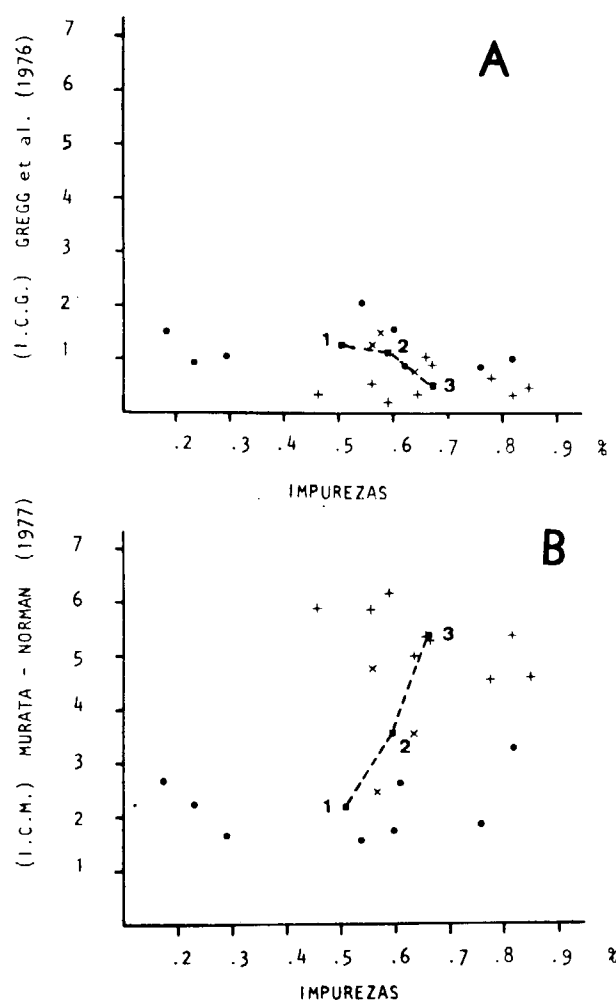


Figura 3A.—Diagrama de los (I. C. G.) frente a las impurezas del sílex. Los valores medios de los (I. C. G.) para los grupos 1, 2 y 3 caen ligeramente ante el aumento del porcentaje de impurezas.

Figura 3B.—Diagrama de los (I. C. M.) frente a las impurezas del sílex. También aquí sucede lo contrario que en la figura 3A.

En resumen, basándonos en los datos experimentales, representados en los diagramas anteriores, observamos que dadas las pequeñas variaciones existentes en los valores del volumen e impurezas, no existe un cambio sustancial de los (I. C. G.) como para poder registrarlo claramente. No obstante, agrupando los valores por características visibles de impurezas y proyectando los valores medios de éstos, apreciamos que se cumplen las tendencias que pudieran espe-

rarse y que están de acuerdo con las obtenidas por otros autores en áreas diferentes, siguiendo la metodología de GREGG et al. (1977).

CONCLUSIONES

Desde un punto de vista general, las variaciones que se producen en los (I. C.) frente a las variaciones del volumen de la celda unidad no son significativas y no permiten afirmar el cumplimiento de una relación directa clara. Lógicamente ante un mismo tipo de muestra, se mantienen los valores de los (I. C.) cercanos entre sí, y tampoco las variaciones de los volúmenes son suficientemente significativos.

Esto mismo se observa respecto a las impurezas determinadas a partir de los volúmenes de celda unidad comparados con los (I. C.).

Este hecho está en consonancia con la constancia en el tipo de textura estudiada en lámina delgada (microcuarzo de tamaño variable, y minoritariamente esferulitos calcedónicos (*length-fast chalcedony*)).

Agrupadas las muestras, según características visuales, en tres grupos y proyectando los valores medios de cada grupo, podemos apreciar algunas ligeras tendencias que están de acuerdo con los resultados de otros autores. De tal manera, que los valores de los (I. C. G.) caen cuando se aumenta el valor del volumen de la celda unidad y el porcentaje de impurezas.

A nuestro juicio, el método de MURATA y NORMAN (1976) no parece aconsejable para muestras con impurezas, pues se disparan los (I. C. M.) por encima de 5. Este método puede resultar muy rápido y válido en muestras más puras que las estudiadas aquí.

BIBLIOGRAFIA

- APPLEMAN, D. E., y EVANS, H. T.: N. T. I. S. Document n.º PB-216188 (1973).
- BOUMA, A. H.: *Sedimentology of some Flysch deposits*. Elsevier Publishing Co. New York, 169 pp. (1962).
- BUSTILLO, M. A., y LA IGLESIA, A.: *Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución*. «Bol. Geol. y Minero», vol. 90, pp. 86-93 (1979).

- CAYEUX, L.: *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses*. «Imprimerie Nationale», París, p. 696 (1929).
- CAYEUX, L.: *Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires*. «Mém. Carte Géol. France», 529 pp., pl. 56 (1931).
- EISMA, D., y VAN DER GAAS, S. J.: *Determination of opal in marine sediments by X-Ray Diffraction*. «Netherlands J. of Sea Research», vol. 5 (3), pp. 382-389 (1971).
- ESPEJO MOLINA, J. A., y PASTOR GONZÁLEZ, F.: *Memoria explicativa de la Hoja núm. 37, «Algorta»*. IGME. Mapa Geológico de España, Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria (1975).
- FOLK, R., y PITTMAN, S.: *Length-slow chalcedony: a new testament for vanished evaporites*. «Jour. of Sed. Petrology», vol. 41 (4), pp. 1045-1058 (1971).
- GREGG, J. M.; GOLDSTEIN, S. T., y WALTERS, L. J.: *Occurrence of strained quartz in the siliceous frustules of cultured freshwater diatoms*. «Jour. of Sed. Petrology», vol. 47 (4), pp. 1623-1629 (1977).
- HATFIELD, C. B.: *Discussion: Replacement of fossils by length-slow chalcedony and associated dolomitization*. By Alonso D. Jacka, «Jour. Sed. Petrology», v. 44, pp. 421-427. «J. Sediment. Petrol.», vol. 4 (45), pp. 951-952 (1975).
- HATHAWAY, J. C.: X-ray mineralogy studies-Leg 11, pt. 2, in Hollister C. D.; Ewing, J. I., and others, 1972, Initial Reports Deep Sea Drilling Project, v. 11, Washington, U.S. Govt. Printing Office, pp. 772-789 (1972).
- INTERNATIONAL UNION OF CRYSTALLOGRAPHY: *International tables for X-ray crystallography*. The Kynock Press, Birmingham. England, v. 3, 362 pp. (1962).
- JACKA, A. D.: *Replacement of fossils by length-slow chalcedony and associated dolomitization*. «Jour. Sed. Petrology», vol. 44, pp. 421-427 (1974).
- KASTNER, M.: *Length-slow chalcedony; the end of the new testament*. «Trans. Am. geophys. Un.», 61, 399 pp. (1980).
- KEENE, J. B.: *Chalcedonic quartz and occurrence of quartzine (length-slow chalcedony) in pelagic sediments*. «Sedimentology», vol. 30, pp. 449-454 (1983).
- LACROIX, A.: *Minéralogie de la France*. Paris. Ed. Albert Blanchard, 816 pp. (1962).
- MAXWELL, J. A.: *Geochemical study of some chert and related deposits*. «Geol. Survey of Canada, Bull.», número 104, 31 pp. (1963).
- MILLOT, G.: *Silice, sílex, silicificaciones et croissance des cristaux*. «Bull. Serv. Carte géol. Als-Lorr.», vol. 4 (13), pp. 129-146 (1960).
- MILLOT, G., y FAUCK, R.: *Sur l'origine de la silice des silicificaciones climatiques et des diatomites quaternaires du Sahara*. «C. R. Acad. Sci. (Paris)», vol. (D) 272, pp. 4-7 (1971).
- MILLOT, G.; RADIER, H.; MULLER-FEUGA, R.; DEFOSSEZ, M., y WEY, R.: *Sur la géochimie de la silice et les silicificaciones sahariennes*. «Bull. Ser. Carte géol. Als-Lorr.», vol. 12 (2), pp. 3-14 (1959).
- MUNIER-CHALMAS: *I. Sur les formations gypseuses du Bassin de Paris. II. Sur les dépôts siliceux qui ont remplacé le gypse*. «C. R. Acad. Sci. (Paris)», vol. 110, pp. 663-666 (1890).
- MURATA, K. J., y NORMAN, M. B.: *An index of crystallinity for quartz*. «Amer. J. of Science», vol. 276, pp. 1120-1130 (1976).
- RAT, P.: *Les Pays crétacés Basque-Cantabriques*. «Publ. de l'Université de Dijon», t. XVIII, p. 525 (1959).
- SCHREIBER, B. C.: *Vanished evaporites: revisited*. «Sedimentology», vol. 21, pp. 329-331 (1974).
- SIEDLECKA, A.: *Length-slow chalcedony and relicts of sulphates; evidence of evaporitic environments in the Upper Carboniferous and Permian beds of Bear Island, Svalbard*. «Jour. of Sed. Petrology», vol. 42, pp. 812-816 (1972).

Recibido: Agosto 1983.

INFORMACION

Mineros destacados del siglo XVIII

Andrés Manuel del Río y Fernández (1764-1849)

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA

En la parroquia de San Sebastián de Madrid, en un domingo otoñal, el Teniente Cura Pedro López Castañera bautizó (11 de noviembre de 1764) al niño Andrés Manuel del Río y Fernández, nacido la víspera en la calle del Ave María, hijo de Joseph, natural de Linas de Broto (Obispado de Huesca), y de María Antonia, de la Aldea de Biduedo (Obispado de Lugo). Le impusieron el primer nombre, según costumbre del barrio, por celebrarse en la fecha del nacimiento la festividad de San Andrés Avelino, y el de Manuel por devoción al barrio del «avapiés».

I. ESTUDIOS

Inicia los estudios de las primeras letras con sus padres. A los nueve años (1774) ingresa en el Real Colegio de San Isidro, donde cursa con destacado aprovechamiento latinidad y lengua griega, leyendo a los diez años, con toda perfección, los clásicos de ambas lenguas.

Cursa las enseñanzas de literatura y teología, graduándose de Bachiller a los 16 años por la Universidad Complutense.

Entre sus aficiones preferidas destaca la física experimental, y puesto en contacto con el físico José Solana lo toma como discípulo predilecto y lo presenta en las primeras disertaciones de física, celebradas en la mencionada Universidad (1781-1782). Destaca ante los sabios y grandes de España y le conceden el premio «Concursante más aprovechado». El Ministro de Indias Joseph María de Gálvez (1729-1786), al conocer la valía del joven y pensando en su utilidad en la minería de Indias, habla con el Director (1777-1785) de la Real Academia de Minas de Almadén, Enrique Gabriel Storr (17...-1802), y deciden sea nombrado por S. M. (R. O. Madrid 13 de junio de 1782) pensionado de la Academia de Almadén, como dice en la comunicación al «Sr. Gobernador de Almadén», Joseph Agustín Castaño, en correspondencia a su «sobresaliente instrucción, que ha adquirido en los estudios de Mathe-

máticas y de Física en San Isidro el Real de esta Corte» ... «y sus buenas prendas y superiores talentos, para imponerse luego en el Arte de Mineralogía y Geometría Subterránea, que se enseña en esas Reales Minas». Fue inscrito como alumno único de la promoción de 1782 y número 8 de su relación general (27 de junio de 1782). En la orden se dispone disfrute del mismo sueldo y honores que los demás jóvenes y se le asista y pague el que le corresponda desde el día que se presente en esa Villa.

El Ministro Gálvez desea celebrar una entrevista con el joven matemático pensando concertar su adscripción a nuestros virreinos y dispone (R. O. Aranjuez, 21 de junio de 1783) se le presente en compañía del ingeniero Juan Martín Hoppensack, futuro director (1783-1792) de Almadén. La R. O. les fue comunicada a los interesados (30 de junio de 1783) y después de la terminación por Hoppensack de los reconocimientos encomendados, se trasladaron ambos a Madrid. En la cordial entrevista deciden amplíe Del Río sus conocimientos de matemáticas en la corte y pensionarlo posteriormente en el extranjero con la idea de formar un verdadero maestro de minería y metalurgia. Tuvo en Madrid su primer período de estudios (4 de julio al 4 de noviembre de 1783), prolongado por otro cuatrimestre.

Pensionado en París (R. O. de abril de 1784), dispone el Ministro Gálvez (Madrid, R. O. 2 de julio de 1784) se le dé de baja en Almadén con fecha 30 de abril, después de ultimar la misión encomendada de preparar las bombas para el desagüe de la mina, y cese de percibir la asignación diaria de 12 Rs. de vellón. Inicia sus estudios en el Collège Royal de France con el químico y académico Jean D'Arcet (1725-1801), planteándole un tema concreto, la composición de los materiales de porcelana, por pretender en el Buen Retiro (1763-1808) establecer la fabricación de porcelanas duras para vajillas. Este eminente químico le aficiona también al análisis de los minerales, rama de

la investigación en la que destacaba en su época. El tiempo libre lo dedica al estudio de la Historia Natural y de la Medicina.

Pasa a Sajonia (1788) y se matricula como alumno oficial con el número 333 (1789) en la Bergakademie de Freiberg. En esta Real Academia de Minas fue alumno predilecto del geognosta Abraham Gottlob Werner (1749-1817), considerado como el fundador de la geología como ciencia, quien la dividía en dos ramas: geognosia o geología histórica y oryctognosia o mineralogía descriptiva, asimilando las teorías wernerianas. Continúa a Hungría, para imponerse de las técnicas de amalgamación en la Real Academia de Minas y Bosques de Schemnitz, donde

asistió como oyente y tuvo como maestros a J. F. Lempe, de geometría subterránea, y a Antón von Ruprecht, de química analítica y metalúrgica, quien había tenido una destacada actuación en la Academia de Minas de Selmacbánya con motivo del descubrimiento (1784) del teluro por el químico Franz Muller, Barón de Reichenstein (1740-1825). Durante este período inició una tendencia al aumento de sus gastos, llegando a considerar insuficientes los 300 pesos mensuales asignados como pensión. Tuvo como condiscípulos al joven Christian Leopold von Buch (1774-1853), eminente geólogo berlinés, promotor del mapa geológico de Alemania finalizado (1826) como anónimo y uno de los primeros de Europa y autor de un interesante estudio (1815-1816) sobre los volcanes canarios, y a Friederich

De Vm. Orden a D.º Andrés del Río, destinado en esta Villa en el estudio de la Mineralogía, y Geometría subterránea, para que venga en compañía del Ingeniero D.º Juan Martín Hoppensack, y se me presente luego. Días que a Vm. y a D.º Aranjuez, para el 21 de Junio del 1783. que con todo, se cumpla lo que se ha finalizado de los arcos del Ingeniero sus reconocimientos a D.º Juan Hoppensack, D.º Andrés del Río, y a el Director D.º Francisco Storr para su instrucción.

Castano

1786 - 2 Julio 1783

D.º Sr. Sr. Agustín Castaño

Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt (1769-1859), destacado naturalista berlinés, y con el que posteriormente sería compañero de profesorado en México, Luis Linder, distinguido médico y naturalista.

Regresa a España y por R. O. (San Lorenzo, 26 de noviembre de 1790) le encomiendan una segunda comisión, con un programa de actuación en el extranjero tan minucioso como si hubiese sido redactado por Fausto Fermín de Elhuyar y de Súbice (1755-1833), recordatorio del realizado con su hermano Juan José (1754-1796). La dotación fue de 12.000 rs. de pensión y 8.000 rs. para su desplazamiento a la Alta Hungría y Bohemia, sin mencionar Idria, porque «de hablar con claridad, no se lograría ver la mina de azogue». Pasa por París para estudiar con el químico y geólogo Antoine-Laurant Lavoisier (1743-1794) química moderna, dada la fama que tenía por la publicación (1789) de su «método de sistemática química» traducido al alemán, español, inglés e italiano y entusiasta del análisis de las sustancias minerales. El contacto con el político liberal, revolucionario y francmasón, le puso en situaciones difíciles, solucionadas con la huida a Calais (1791) disfrazado de aguador. Continúa a Coornwal con el fin de completar su formación en química metalúrgica. Varias empresas, al conocer su valía, desean incorporarlo en sus cuadros de personal técnico, sin ser aceptadas las ofertas por el madrileño, siempre fiel con sus deberes hacia España.

II. DESTINO A NUEVA ESPAÑA

Recibe noticias de su designación (R. O. 1792) como profesor de química en el Real Seminario de México, consecuencia de la propuesta de Fausto de Elhuyar. Contesta con el comentario de estar mejor preparado en mineralogía, siendo designado profesor de esta disciplina (R. O. de 28 de octubre de 1792).

Con este nombramiento se completa el ciclo de los grandes mineros y metalúrgicos españoles en nuestras audiencias y virreinos de América, iniciada en el siglo XVI con la designación (¿1588?) de Alvaro Alonso Barba y Toscano (1569-1658) y finalizada en el XIX al fallecimiento de Del Río. También destacamos que de las primeras promociones de antiguos alumnos de la Real Academia de Minas de Almadén, desempeñaron sus actividades mineras en occidente los mejor preparados como Andrés José Rodríguez (1778) en México, Pedro Subiela (1778) en Huancavelica y Juan Enrique Storr (1781) en las Indias.

La comunicación del Ministro de Indias (28 de febrero de 1793) Diego Gardoqui la recibe por conducto del Embajador en Viena, Marqués del Llano, quien le notifica: «No hay inconveniente en que usted desempeñe la cátedra cuarta del Colegio Metálico de México, mediante ser este ramo el que más a fondo ha estudiado, y que está por consiguiente apto para estudiarlo, al que antes también le habían destinado, pero siendo ya urgente la residencia de los profesores en aquella capital, el Sr. Gardoqui me dice que se lo prevenga a usted para que cuanto antes tengan efecto las intenciones del Rey en esta disposición, y que sin pérdida de tiempo se ponga en camino para darle cumplimiento.» Dentro de satisfacer esta comuni-

cación los deseos de Del Río, lamentó la necesidad de su inmediato desplazamiento a Nueva España por considerarlo como una interrupción en su formación y en la labor investigadora que realizaba en Europa. Insiste el Ministro a los tres meses (30 de mayo de 1793) con una comunicación al Virrey de México: «Debiendo pasar a ese Reyno don Andrés del Río, nombrado Maestro del Colegio de Minería formado en esa ciudad, se ha dado por orden al Presidente Juez de Alzadas y Arribadas de Cádiz para que ajuste su viaje, que deberá satisfacerse en Veracruz por cuenta del Tribunal de Minería. Y ha resuelto el Rey que V. Excelencia dé desde luego las órdenes convenientes para que así se verifique y que desde el día que llegue a Veracruz el citado del Río se le satisfaga el sueldo de dos mil pesos que se le ha señalado de los fondos del Tribunal, mandándole V. Excelencia pagar de las Caxas Reales lo que haya devengado de su pensión de doce mil reales que ha disfrutado desde el día que haga constar haberle cesado en estos dominios hasta el de su embarque, digo desembarco, que le debe cesar.»

La asignación, considerable en aquel entonces, del maestro Del Río (R. O. de 24 de septiembre de 1793) es debida a la cuantía importante de fondos disponibles en el Real Tribunal de Minería, pero insuficiente para ser deseados por un investigador que sabe va a un Colegio carente de material para sus trabajos. Comunicó (26 de septiembre de 1793) al Presidente del Tribunal «no poder comenzar el curso de química... por falta de los instrumentos encargados a Europa por medio del Virrey a fin de que por el inmediato Marítimo recuerde su remisión».

Está Del Río en Madrid, habla con las autoridades de Indias, se pone en contacto con los naturalistas y médicos de la capital y demás científicos. En Madrid insisten en la urgencia de su salida para América; por carecer de fondos con tal fin, se le entregan (9 de octubre de 1793) 9.000 reales de vellón para su viaje; da nuevas largas, pasa las Navidades con su familia, recorre los lugares típicos de Madrid, se despide de sus amigos e inicia la salida al año siguiente (17 de enero de 1794).

En su recorrido pasa por Almadén, visita su Escuela, las minas donde hizo las prácticas y sigue hacia Cádiz, donde recibe (29 de abril de 1794) 3.000 reales de vellón de Juan Escolano, apoderado del Tribunal, para continuar su viaje a la Nueva España. Embarca con su criado (2 de agosto de 1794) en el navío de guerra «San Pedro de Alcántara» con los útiles para la enseñanza e investigación en el Colegio. Se hacen a la mar rumbo a Veracruz, a donde llega y desembarca (20 de octubre de 1794) con la agradable sorpresa de encontrarse una España de extraordinaria hermosura natural, donde la mineralogía tenía que ser «la ciencia más importante en la República, porque explotaba sus riquezas sin rival y sin ejemplo».

Se impone la necesidad de acercarse a su destino; recibe (28 de octubre de 1794) en Veracruz 300 pesos para continuar hasta México, viaje efectuado en compañía del criado; los pasajes de ambos tenían un desembolso de 444 pesos, pagados (7 de noviembre de 1794) por el Tribunal. El maestro no quiere iniciar la marcha sin su preciado material y por orden superior (14 de noviembre de 1794) se le entregan los instrumentos traídos de Europa en el navío de guerra para sus futuras investigaciones. Hecho

cargo de sus instrumentos, sale para la capital, a donde llega después de recorrer en litera más de quinientos kilómetros (18 de diciembre de 1794). Al año siguiente (20 de enero de 1795) pide Del Río se le haga la liquidación desde su embarco (2 de agosto de 1795).

Del Río está impaciente por ver el centro cultural en que se ha de immortalizar; pronto da una vuelta por la calle, ve el Hospicio de San Nicolás y se desilusiona al contemplar el naciente templo de la ciencia mineral. Penetra, le agrada ver los hornos semiindustriales y las instalaciones metalúrgicas de sus patios, pero al entrar en las aulas se encuentra con una carencia casi absoluta de material de laboratorio, instalado en una destartada cochera, y como contrapartida unas buenas muestras de minerales, principalmente argéntíferos y plumbíferos.

III. LABOR DOCENTE EN NUEVA ESPAÑA

El maestro considera fundamental arreglar las colecciones de «piedras minerales» del Colegio, preparar una nomenclatura con los caracteres externos de los fósiles, una explicación por orden alfabético y sacar copias para sus diversos alumnos. La dilación aparente produce gran expectación entre los alumnos, hasta el conocimiento de la Comunicación (23 de abril de 1795) del Director del Colegio al Tribunal, fijando para el lunes 27 la apertura del curso de Orictognosia, con reserva de la del «laborio» de minas para cuando se disponga de modelos y libro.

Consideraba Elhuyar un complemento de la docencia las disertaciones públicas de quienes estaban cercanos a la colación del grado; también era entusiasta de las mismas Del Río, quien siempre recordaba las de Física de la Universidad de Alcalá, punto de partida de su carrera científica.

Retrasó el comienzo de la clase de «laborio» hasta (22 de enero de 1796) tener terminados sus apuntes de asignatura acumulada.

A requerimiento de las autoridades virreinales, trabaja como minero y denuncia (1797) la famosa mina Morán y anexas en el Real del Monte y en ella instaló una máquina de columna de agua, considerablemente mejor a las vistas en Hungría. Por primera vez se ausenta de la cátedra para poner en producción la ferrería de Calcomán, en el Estado de Michoacán, efectuándose la primera colada (29 de abril de 1807) de almadenas y barras, consideradas iguales o superiores a las más afamadas de Europa.

En la octava junta pública de la Sociedad de Guatemala de Amantes de la Patria (12 de agosto de 1811) se acuerda que el Presidente de la Audiencia, José de Bustamante, pida (18 de agosto de 1811) al Virrey de Nueva España un profesor de metalurgia y añada en el escrito: «Muy grato sería recayese la elección en el Catedrático de ese Real Seminario D. Andrés Manuel del Río y Fernández por su justa celebridad, siempre que no sea por menos de tres o cuatro años.» En su novena junta pública (5 de abril de 1812), en un momento de pleno optimismo, toman el acuerdo de «suspender todas las actividades mineras de la Sociedad hasta que venga el célebre mineralogista, nuestro Socio Consultor del Río, para que su gran

saber y experiencia las dirija. Esperamos a este hombre extraordinario, con ansia inexplicable, cuando el cielo quiera darnoslo, hará un viaje científico por el Reino y después establecerá la Cátedra de Metalurgia y entonces conoceremos a los mineros». Realiza su viaje para buscar criaderos de hierro y mercurio, y a su regreso recibe el nombramiento de «Regidor Honorario de la Ciudad de México».

Otra vez se ausenta de su cátedra, esta con motivo de su brillante participación en las Cortes de Cádiz (1820) como único representante de los hermanos del virreinato, donde tuvo una destacada actuación al exponer su transición hacia la mayoría de edad votando a favor de la independencia absoluta. Fue grande su satisfacción por la primera y última visita a su villa natural, donde le ofrecieron, y rehusó, la dirección de las Minas de Almadén y la del Museo de Ciencias Naturales. Se consideraba mejicano de adopción por sus 26 años de residencia y su matrimonio con una virtuosa dama mejicana, además de estar muy ligado a sus discípulos y amigos.

Reanuda sus lecciones de mineralogía (1821) hasta su expatriación voluntaria (1829) por figurar entre los primeros de la lista de exceptuados en el decreto de proscripción de los españoles, dado que en su conciencia recta y españolidad profunda no consideraba correcto continuar en México. Permaneció en Philadelphia hasta el momento de regreso a México por una evolución más favorable hacia los españoles. Durante estos cinco años mantuvo su actividad científica, participó en las reuniones de la «Philadelphia Academy of Sciences» y de la «American Philosophical Society» y fue designado presidente de la «Geological Society of Pennsylvania».

Reorganizado el Real Seminario (26 de octubre de 1833) con la denominación de «Establecimiento Tercero de Ciencias Físicas y Matemáticas», propone el Director (3 de noviembre de 1833) sea regentada por Del Río la clase de Mineralogía, y queda designado (24 de febrero de 1834) catedrático de Geología y Mineralogía.

Desea ultimar la impresión de su mineralogía y solicita (24 de enero de 1846) un sustituto para la cátedra. Se lo conceden (27 de febrero de 1846), y con esta disposición finaliza prácticamente su función docente activa a los 82 años de edad.

Varios reinos de América lo solicitan como profesor o consultor; el que lo hizo con más insistencia fue Guatemala. Las gestiones para la implantación de enseñanza de la minería en este país se iniciaron el 27 de abril de 1745. Conocidas por el Gobierno Central las inquietudes de Guatemala en el campo de la minería, considera conveniente para la Nación su satisfacción, promoviendo una Real Orden (19 de febrero de 1789), ordenando el envío de sujetos para la instrucción de sus habitantes en las técnicas de beneficio minero. Se suceden una serie de comunicaciones durante los años 1811 y 1812 entre el Presidente de la Audiencia de Guatemala, el Virrey de Nueva España y el Secretario de Estado y Derecho Universal de Hacienda, con frases de las más laudatorias para Del Río, como las siguientes: «No pudiendo prescindir de la necesidad que estamos de una clase de mineralogía y metalurgia, suplicamos dieran al Socio Consultor Del Río

permiso para hacer una expedición a este Reino.» «Necesitamos de unos ojos filosóficos que distingan entre nuestras riquezas de cinabrio, y eso sólo puede hacerlo el Sr. Catedrático de Mineralogía de México.»

Siempre hizo constar su condición de médico, y la calidad de miembro de la Real Academia Médica Matritense, pero no actuó como tal profesional. Sus intervenciones lo fueron en lo que hoy denominamos ingeniería sanitaria, como alumbramiento de aguas para abastecimiento, aguas termales y aguas mineromedicinales, así como la eliminación de aguas fecales, por lo que fue designado Miembro de Honor del Consejo Superior de Sanidad de México.

IV. INVESTIGADOR

En México trabajan en el mismo centro y con gran entusiasmo dos infatigables científicos con temperamentos opuestos. Fausto Fermín, autoritario, magnífico organizador, gustoso en el trato con la aristocracia y las autoridades, y Andrés, persona popular, afable y cariñosa, deseoso del trato familiar con sus amigos y colaboradores. El primero, muy minucioso en la investigación y reiterativo en los procesos, hasta asegurar sus conclusiones, como se puede apreciar en la obra, en colaboración con su hermano Juan José, «Análisis químico del volfrán». El segundo, siempre optimista con sus resultados, rápido en establecer conclusiones, puestas en duda a la menor observación en contra, como ocurrió con el «pancromo». Ambos tuvieron contacto cordial con sus maestros comunes, desde D'Arcet hasta Werner, quienes les impusieron en las técnicas modernas de investigación. También se daba la casualidad de ser ambos casados con una sola hija y de haber tenido relaciones más o menos directas con la masonería, consecuencia de la amistad con los maestros que tuvieron y el ambiente vivido en los medios culturales de la Europa del XVIII. Este carácter diferente facilitó la gran amistad entre los dos españoles.

Del Río tuvo la suerte de ser compañero o haber tratado con intimidad a personas científicas destacadas, las que le impusieron de todos los adelantos por los promotores de la incipiente mineralogía descriptiva y de la cristalografía, pudiendo también disfrutar de la lectura de sus publicaciones. Mencionados por orden de edad, fueron: Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785), químico y mineralogista sueco, quien (1747) consideraba más importante el estudio de las características químicas de un mineral que el aspecto externo. Jean Bautiste Louis Romé de l'Isle (1736-1790), cristalógrafo y mineralogista francés, quien sostenía que cada especie mineral poseía una forma cristalina primitiva y una composición química característica. Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), químico francés, postulador de interesantes principios de afinidad química y de que las últimas partículas de la materia siguen entre ellas la ley de Newton. Horace Benedict de Saussure (1740-1799), geólogo italiano con quien tuvo amistad durante (1791-1792) la revolución francesa, petrolólogo italiano, autor de las primeras experiencias petrológicas. Estudió las leyes físicas, químicas y atmosféricas que rigen la formación de las rocas. Fue un gran defensor (1770 a 1780) de la sustitución de la voz «geognosia» por «geología». Al célebre analista alemán Martin Heinrich Klaproth (1743-

1817), quien analizó minerales de todo el mundo y descubrió: circonio (1789), uranio (1789), titanio (1792), estroncio (1793), cromo (1797), cerio (1803) y confirmó los descubrimientos del telurio (1798) y del berilio (1798). Al cristalógrafo francés Rene-Just Haüy (1743-1822), autor (1784) del «Ensayo de una teoría sobre la estructura cristalina», base de la cristalografía matemática. Defensor del papel fundamental de la química en la determinación de las especies minerales.

Con esta base científica, estaba Andrés deseoso de tener a su disposición el instrumental necesario para el estudio de los caracteres físicos, los reactivos para establecer la composición química y disponer de los últimos libros para seguir los rápidos avances de la investigación europea. Todo se quedó en un deseo. Se cita al caso del goniómetro de precisión encargado (1795) a Francia; transcurrían los años y no lo recibía, y decide (1805) construir uno en su cátedra. En sus obras indica la dificultad para efectuar los análisis de los minerales que clasificaba, dando por buenos los efectuados por su amigo Klaproth.

Los maestros que formaron a Del Río y los científicos que lo trataron, se dieron cuenta de que sería un gran maestro y un eminente investigador. De su labor fecunda destacamos las nueve especies minerales descubiertas y el elemento químico vanadio, premio a su lema: «Todo lo que parece nuevo, lo es, y la mitad de lo que no, lo parece.»

Encuentra en Oaxaca (1804) la alabandina sulfúrea. En colaboración con Juan Méndez, descubre un nuevo mineral en Taxco (1823), seleniuro de plata. En el estudio de los minerales de plomo de Zimapán (1801), el subcromato de plomo (vanadato). Descubre en Culebras (1828) una mena de seleniuro de cinc, y posteriormente (1829) otra de ioduro de mercurio.

Encariñado con sus discípulos, les dedicó a su memoria dos de sus descubrimientos. A Isidro Vicente Valencia y Villamar, el feldespató valencia y valencita, conocido también por adularia, y a José Casimiro Chovell y Jurado, la chovelita o chovelita, manganato doble de cobre y cinc con algo de cloro, encontrado en las minas de Guanajuato.

Entre los múltiples buscones de minerales que desfilan por el laboratorio de Del Río para pedir consejo, uno le presenta una mena de plomo que le parecía diferente a las demás de plomo pardo, se trata de un buen ejemplar (de vanadinita) procedente de la mina «La Purísima», del Cardonal (Zimapán), hoy Estado de Hidalgo.

Comienza el infatigable investigador su estudio en la antigua cochera transformada en laboratorio, encuentra 14,86 por 100 de un óxido desconocido. Con su profundo sentido analista, repite (1800) el ensayo confirmando sus resultados. A la nueva sustancia la denomina pancromo por la universalidad de colores de sus óxidos, disoluciones, sales y precipitados. Posteriormente cambia el nombre por el de eritronio, por formar con los álcalis y las tierras sales que se ponen rojas al fuego con los ácidos.

Llega a México (1803) su compañero Humboldt, con quien cambia impresiones sobre varios temas científicos,

y entre ellos, sobre el eritronio. El Barón examina el supuesto metal y le manifiesta su opinión de ser cromo la muestra que tiene delante, elemento químico descubierto en 1798 por el químico francés Nicolás Louis Vauquelin cuando analizaba un mineral de Siberia (crocoita). Por ello le manifestó que el plomo pardo era un cromato de plomo. Duda Del Río, y por conducto de Humboldt remite una carta (21 de julio de 1803) en la que da cuenta al Instituto Nacional de Francia del envío de un arca con muestras de «mineral de plomo pardo de Zimapán, análogo al de Zschopán en Saxe, al de Hoffen en Hungría y al de Polawen en Bretaña. En este mineral de plomo de Zimapán es donde M. del Río, profesor de Mineralogía de México, ha descubierto una sustancia metálica muy diferente al cromo y al uranio, y de la cual ya hemos hablado de una carta al ciudadano Chantal». «M. del Río la cree nueva y la denomina eritronio, porque las sales eritrónicas tienen la propiedad de tomar un bello color al fuego con los ácidos...»

Con motivo de unos análisis químicos en unas muestras de hierro de Taberg, descubre el químico sueco Nils Gabriel Sefström un supuesto elemento nuevo, al que denomina vanadio, por dedicárselo a la diosa escandinava Vanadis.

Concedor Humboldt de esta noticia, entrega la muestra de Del Río (1805) al químico francés Hippolyte-Victor Collet-Descotils, quien después de analizada llega a la conclusión de que no hay tal metal nuevo por tratarse del cromo, descubierto en 1798. Se le presentan dudas a Barón sobre estos resultados y da un trozo de muestra al amigo común Berzelius, quien rápidamente identificó como único el eritronio y el vanadio, publicando (1835) el resultado de esta investigación.

Llega la noticia a Del Río y a su antiguo amigo del exilio en Filadelfia, el geólogo inglés George Williams Featherstonhaugh (1780-1866), quienes arremeten contra Humboldt por considerarle culpable de que no se hubiese reconocido el descubrimiento del eritronio por el madrileño. Propone Williams que el nuevo metal se denomine «rionio» en honor de su descubridor, propuesta que, por razones políticas, no tuvo fortuna.

Con el tiempo se borran los rencores y diferencias y con la edad se perdonan las ofensas. Al cumplir Del Río los ochenta y dos años, el polemista agudo y temible saca su corazón franco y abierto y perdona a su compañero de estudios, Von Humboldt, y se retracta públicamente de cuanto le hubiese podido molestar.

V. PUBLICISTA

Expositor claro y ameno, polemista agudo y temible periodista, literato, científico y técnico destacado, escritor sabroso y castizo, fue redactor de la *Gaceta de México* desde 1797 hasta 1804, después del *Diario de México* y colaborador de muchos periódicos extranjeros de aquel tiempo. Durante la época virreinal también publica artículos críticos, motejado por algunos de sus asiduos lectores de sobrado mordaz y no totalmente desapasionado. Enriqueció la bibliografía minera y metalúrgica con variadas e

interesantes publicaciones, entre las que destacan por orden cronológico, las siguientes:

Un antiguo compañero de los estudios de Medicina en París, el francés Antoine Francois de Fourcroy (1755-1809), edita en dicha capital una revista titulada «Diario de los nuevos descubrimientos en todas las ciencias físicas, que tienen alguna relación con las diferentes partes del arte de curar» (1792 y 1793), de la que se hacía en Madrid una edición española. Este químico y médico le pidió un artículo a Del Río, quien le remitió el titulado «De la importancia de las señales exteriores para conocer los fósiles», incluido en el tomo 111.º (1793), siendo esta su primera publicación científica.

Gran entusiasta de la docencia, consideraba indispensable que dispusiesen los alumnos de libros adecuados para el estudio, dedicando las horas libres de enseñanza a la preparación de su libro predilecto, y en años sucesivos a las ediciones nuevas. El título es «Elementos de oritognosia, o del conocimiento de los fósiles, dispuesto según los principios de A. G. Werner, para el uso de los alumnos del Real Seminario de Minería de México». Consta de dos tomos, aparecidos en México (1795 y 1805). Lo completa con una traducción de la «Introducción a la Pasigrafía geológica del Sr. Barón de Humboldt». La segunda edición es un tomo y lo publicó en Filadelfia (1832), dando entrada en su título «según el sistema de Berzelio». El químico sueco Jons Jacob Berzelius (1779-1848), famoso por sus publicaciones, alcanzó renombre mundial con el descubrimiento del selenio y el torio cuando un grupo de estudiantes trabaja con él en su laboratorio. También le añadió una tabla de sinónimos tetralingüe: español, inglés, alemán, francés. De esta segunda edición, se imprimió por segunda vez en México (1846). Complemento de esta edición es la publicación editada en México (1848), de 248 páginas, titulada «Suplemento de adiciones y correcciones de mi Mineralogía, impresa en Filadelfia en 1832», donde se compendian los descubrimientos de los últimos 16 años, interesantes para los alumnos de Minería hechos en Europa y Estados Unidos.

Concedor Fausto de Elhuyar de la valía del profesor Del Río, redactó (febrero de 1795) un informe sobre la teoría de su antiguo profesor Werner y conveniencia de publicar los «Elementos de Oritognosia». El propio Fausto se ocupó de la difusión mundial de esta obra, incluso remitió (3 de enero de 1796) al Príncipe de la Paz (1767-1851) un ejemplar con una presentación.

Publicó en México y en Madrid, simultáneamente (1797), el discurso que pronunció la tarde del 16 de noviembre de 1796 en el Real Seminario con motivo de los ejercicios públicos.

Sus diversas publicaciones salen tanto en México como en Madrid, principalmente en los Anales de Historia Natural. En su discurso «Sobre los volcanes» pronunciado en el Seminario (31 de octubre de 1799) se impugnan las opiniones predominantes en su tiempo acerca del origen volcánico de algunas rocas, no siendo acertada la referente a los basaltos. Sus «Discursos sobre las vetas» (1802), donde se apoya en las relaciones mineralógicas de Sonneschmidt para confirmar la teoría werneriana sobre la formación de las vetas o filones.

La descripción de la piedra perlada, hecha por Jens Esmark de unas muestras encontradas en Siberia y en Hungría, le sirvieron a Del Río para rectificar sus apreciaciones sobre la piedra perlada del Real del Monte publicando un trabajo: «Descripción de una piedra perlada» (1803). Este mismo año publicó en la *Gaceta de México* (1803) el trabajo «Sobre la formación de las vetas».

La versión al francés, poco meditada y exacta, de un tratado sajón de laboreo de minas, dio lugar a que un escritor mexicano saliese en defensa de la rutina sobre la enseñanza de las escuelas de minería, lo que sirvió a Del Río en su publicación «Observaciones sobre un Tratado de Minas» (1804) para evidenciar los errores del impugnador y la necesidad de introducir mejoras en el laboreo de minas mexicano.

Traduce de la tercera edición alemana (1800) las «Tablas mineralógicas dispuestas, según los descubrimientos más recientes», del Profesor de Mineralogía y Consejero de Minas del Rey de Prusia Dietrich Ludwig Gustav Karsten. La obra, publicada en México (1800), está ilustrada con algunas modificaciones en la clasificación de rocas debidas al Barón de Humboldt. Incluye referencias a los criaderos de ambas Américas y un apéndice sobre los minerales nuevos del cristalógrafo y mineralogista francés René-Just Haüy (1743-1822), famoso por sus publicaciones «Ensayo de una teoría sobre la estructura de los cristales» (1784) y «Tratado de mineralogía» (1801).

En el «Mercurio de España» (1819) publicó una carta dirigida al Barón de Humboldt titulada «Sobre la composición de algunos minerales».

En un folleto de 28 páginas publicó (1827) una traducción del francés del trabajo de Berzelius sobre su sistema mineral, a la que le añade algunos comentarios.

El célebre paleontólogo alemán Heinrich Georg Bronn (1800-1862), famoso por su secuencia cronológica de los fósiles orgánicos y la aparición sucesiva de formas con organización más complicada, publicó los dos tomos de su «Lethae geognostica» en Stuttgart (1841 y 1843), y con esta base prepara Del Río un «Manual de geología», publicado en México (1841), al que añade la traducción de un discurso del químico y mineralogista bávaro Johann Nepomuk von Fuchs sobre la constitución del globo, y un resumen de las principales minas de México, escrito por el geólogo Burkart y publicado en Stuttgart (1836). Esta traducción y recopilación es la obra más moderna de Del Río de las que tenemos información.

La magnífica y minuciosa obra «Geografía Mineralógica del Reyno» sufrió continuas actualizaciones y adiciones, siempre con el afán de perfeccionarla, por lo que no llegó a remitirla a la imprenta, extraviándose con la independencia de México. A pesar de sus intentos, le sorprendió su óbito antes de su nueva preparación.

Los libros de Del Río despertaron siempre gran interés entre los hombres de ciencia; sus «Tablas Mineralógicas» (1804) y sus «Elementos de Orictognosia» (1795) fueron calificados por el químico francés Louis Bernand Guyton de Morveau (1737-1816) como «La mineralogía más notable de su tiempo en todas las lenguas».

En su afán crítico, comentó científicamente los trabajos de los científicos más destacados de su época, todos amigos y compañeros, como fueron: Berzelius, Breithaupt, Haüy, Karsten y Klapptroh.

VI. OBITO

Continuaba el Profesor Del Río su actividad de escritor científico con una salud inquebrantable, una memoria nunca perturbada y una laboriosidad jamás desmentida. Disfrutaba teóricamente una retribución módica del gobierno mexicano que nunca llegó a cobrar, al igual que los atrasos de España; en una palabra, en el 85 año de su vida se encontraba en la miseria. Consecuencia de una afección cardíaca fallece repentinamente (23 de marzo de 1849). Los funerales y el modestísimo entierro se costearon con los pocos pesos disponibles en el momento de su óbito.

Perteneció, entre otras, a las siguientes entidades de las que hemos encontrado antecedentes: Real Academia Médica Matritense, hoy denominada Real Academia Nacional de Medicina, incorporada al Instituto de España, la que le designó miembro (1793) cuando pasó por Madrid camino de México. Real Academia de Ciencias de Francia y, como tal, miembro del Instituto de Francia. Academia de Ciencias de Filadelfia. Consejo Superior de Salubridad de México, del que era Miembro de Honor. Instituto de Washington. Instituto de Ciencias de México. Instituto de Geografía de México. Liceo de Historia Natural de Nueva York. Sociedad Werneriana de Edimburgo. Sociedad de Medicina de Strasburgo. Sociedad Lineana de Leipcick. Sociedad Geológica de Filadelfia. Sociedad Económica de Leipcick. Sociedad Americana de Filosofía. Real Sociedad Económica de Sajonia.


Su nombre perdura entre los científicos y quedó grabado en letras de oro en una de las puertas principales del magnífico Palacio de Minería de México, donde investigó y profesó su cátedra desde la inauguración (28 de marzo de 1811) y se le levantó un monumento.

La Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid, sucesora del centro donde estudió Del Río, la Real Academia de Minas de Almadén, se olvidó (1925) de incluir su nombre en el paraninfo entre las grandes personalidades de la minería española. Actualmente, y para reparar en parte este olvido, está colgado en el despacho del Secretario de la Escuela una reproducción del existente en el Real Seminario, copia regalada por nosotros.

Hicimos (1944) gestiones sin éxito para que, al igual que en México, se emitiese un valor postal en conmemoración del centenario de su fallecimiento. También las hicimos cerca del Sr. Cura-Párroco de San Sebastián para su inclusión en la lápida de bautizados ilustres de la parroquia. El asunto quedó en buenas palabras; a los 36 años sigue sin incluirse.

Después de su fallecimiento, su nombre sirvió para restablecer las buenas relaciones entre las Escuelas de Minas

de Madrid y México. El Director de la Escuela de México, Ingeniero Antonio del Castillo, remitió (enero de 1866) un escrito con estos deseos, acompañando a una colección completa de las obras del Profesor Del Río. A propuesta de Eugenio Maffei y Ramos (1827-1892) se acuerda (9 de febrero de 1866) por unanimidad restablecer las relaciones cordiales entre las dos escuelas hermanas.



VII. BIBLIOGRAFIA

MAFFEI Y RAMOS, E., y RUA FIGUEROA, R.: *Apuntes para una biblioteca española*, 530 y 690 pp., Madrid, 1871 y 1872, edición facsímil en León, Cate. San Isidoro, 1970.

CABRERA STAMPA, M., y DEL RÍO Y FERNÁNDEZ, A. M.: *Descubridor del Eritronio, 1764-1849*, Cong. Geol. Int. México, 1956, 4 pp.

LÓPEZ DE AZCONA, J. M., y DEL RÍO Y FERNÁNDEZ, A. M. (1764-1849): *Annal. Inst. Est.*, Madrid, XVI, 12 pp., Madrid, 1979.

Arch. Hist. Nac. Madrid. Papeles de Almadén.

Archivo General de Indias. Sevilla, Documentos Guatemala.

La minería Alpujarreña en la primera mitad del siglo XIX

Capítulos 1 y 2

Por G. NUÑEZ ROMERO-BALMAS
Universidad de Granada

INTRODUCCION

Comienza con estas páginas la publicación de un trabajo en el que se recoge la historia de la importantísima fiebre minera que, en la primera mitad del siglo XIX, sacudió la apartada comarca de las Alpujarras y que luego se extendió rápidamente por toda la Penibética e incluso por el resto de la península. Se trata de una investigación histórica realizada entre 1981 y 1983 con la financiación de la Caja General de Ahorros de Granada, institución que ha venido ejerciendo en los últimos años un inteligente mecenazgo que queremos agradecer en estas primeras líneas.

La minería en el SE español ha tenido siempre notable importancia, si bien uno de sus momentos capitales era aún poco conocido. Su desenvolvimiento se expondrá en este número y en los cuatro que le seguirán; los cinco números estarán dedicados respectivamente a las condi-

El presente trabajo, del que se publican en este número los capítulos 1 y 2, se ha estructurado según se detalla en la introducción y completándose a lo largo de 1985 en sucesivos números de este «Boletín Geológico y Minero» como se indica en el siguiente índice:

- Introducción.
1. El marco alpujarreño en la Historia.
 2. La explotación minera.
 3. Constitución del estanco del plomo.
 4. Apogeo y límites del estanco.
 5. La crisis del estanco y la supresión del monopolio.
 6. La Ley de Minas de 1825.
 7. Evolución de la minería alpujarreña en el segundo cuarto del siglo XIX.
 8. Estructura de la minería del distrito en 1839.
 9. Significado económico de la minería Alpujarreña.
 10. Exportaciones de mineral por Adra y Almería.
 11. Conclusión: El proceso de la industrialización.

ciones naturales y de los medios y técnicas de explotación (parte I), a la situación de la actividad minera en las Alpujarras bajo el Antiguo Régimen y su crisis final (parte II), a la trascendental expansión en los años veinte, favorecida y consolidada por la Ley de Minas de 1825 (parte III), a la que seguirán la configuración de la minería del distrito en los años cuarenta (parte IV) y unas conclusiones de carácter económico sobre la incidencia y el significado globales de la fiebre del plomo (parte V). Esto último es tema de capital importancia y que habrá de merecer nuevas investigaciones, ya que la formidable riqueza que alcanzó la región en pocos años no fue capaz de inducir en ella un crecimiento sostenido y aumultiplicador.

No son estas páginas las únicas que sobre el fenómeno verán la luz próximamente. Queremos referirnos desde el principio al estudio que sobre la metalurgia de Berja y Adra tiene en prensa M. A. Pérez de Perceval, y al que remitimos al lector para todo lo referente a dichas cuestiones, tan íntimamente ligadas al fenómeno minero. También citaremos un resumen de nuestra investigación que tenemos en prensa en la Revista de Historia Económica. En él replanteamos el fenómeno dentro del reciente concepto de «protoindustrialización», que está inspirando numerosas investigaciones históricas en Andalucía y por supuesto en España entera en los últimos años.

Queda aún la posibilidad de proseguir las investigaciones. Por un lado cabe extenderlas más allá de mediados del siglo pasado, que hasta aquí nos habíamos fijado como tope, ya que la minería de la región ha proseguido, lánguidamente, pero con vicisitudes de interés, hasta el presente. También se podrá ampliar útilmente el campo de la investigación (demografía, agricultura, comercio en general, sociedad, etc.) hasta conseguir establecer la historia regional de forma amplia y coherente e insertar en ella sólidamente el fenómeno que nos ha ocupado. No obstante, creemos que los objetivos fijados inicialmente han quedado alcanzados y desde luego la subvención que los han hecho posibles plenamente invertida.

1. EL MARCO ALPUJARREÑO EN LA HISTORIA

La fiebre minera que, a partir de los años veinte del siglo pasado, se desató sobre la región penibética, es en su origen un fenómeno humano y geográficamente alpujarreño. Fuera de esta comarca los efectos no se hicieron sentir con el vigor, la concentración y la prontitud con que la Alpujarra asombró a sus contemporáneos y alteró profundamente la situación del mercado internacional del plomo de aquellos decenios. Zonas importantes, como las sierras de Cartagena y de Almagrera, ocuparon más tarde un puesto destacado entre los fenómenos económicos de la región, pero la primacía de la sierra de Gádor no puede serle discutida; más aún, las zonas limítrofes, incluidas en el entonces distrito de Berja (provincias de Almería y Granada), muestran un despertar minero en todo dependiente, como irradiado, del centro del distrito. Tanto es así, que cabría afirmar que la misma legislación minera de 1825 se propuso reconocer, regular y estimular expresamente el fenómeno alpujarreño, dentro del espíritu de la tradición minera española, con olvido patente de otros sectores y regiones (1).

En sentido muy general cabe definir a las Alpujarras como un vasto rectángulo de casi 100 kilómetros de longitud por unos 40 de latitud. Nn geógrafo, muy ligado al autor de estas líneas, puso de relieve que en la definición de esta comarca se asocian normalmente caracteres físicos y humanos con tradiciones y episodios históricos para formar un conjunto difícilmente definible. Además, «el predominio del hecho histórico ha dado una mayor extensión al término Alpujarra, y en cuanto a su determinación espacial la dificultad surge cuando se trata de delimitar la comarca y reducirla a sus justos límites» (2). En el caso que nos ocupa el hecho histórico trascendental que fue el desarrollo minero exige igualmente una definición amplia del marco comarcal —histórico más que geográfico, como acabamos de ver— que no sólo amplía sus márgenes, sino que incorpora distritos portuarios imprescindibles para el funcionamiento del «hinterland» minero, que sólo impropriadamente podemos considerar como alpujarreños.

Para dar a la erudición el papel que le corresponde recogemos la descripción de los límites comarcales que hiciera Diego de Mendoza; según este cronista, «Alpujarra llaman a toda la montaña sujeta a Granada, como corre de Levante a Poniente, prolongándose entre tierra de Granada y el mar, diecisiete leguas en largo y once en lo más

(1) Véase las críticas de CHASTAGNARET a los efectos de la legislación de minas sobre el sector carbonero. «La Législation de 1825 et l'évolution des activités minières», ponencia presentada en el primer coloquio de historia económica de España, Barcelona, 1972. Por su parte, MAFFEI identifica directamente el auge de la sierra de Gádor como razón directa de la promulgación de la Ley de 1825. *Economía Minera*, p. 80.

(2) NUÑEZ NOGUEROL, G.: *Estudio Geográfico de la Alpujarra Oriental*. Tesis doctoral inédita leída en la Universidad de Madrid, 1968, p. 1.

ancho, poco más o menos...» (3). Entre los puertos de Motril y Almería, entre los ríos Guadalfeo e Isbor (por el Oeste) y el curso del bajo Andarax (al Este), se extiende esta amplia comarca limitada a todo lo largo por la Sierra Nevada y el mar.

En la época que nos interesa, las Alpujarras formaron un solo distrito, todo él en la provincia de Granada, cuya tradicional capital fue la localidad de Ugijar, prácticamente en el centro geográfico de la comarca. Anteriormente había estado organizada en dos distritos, la «taha» de las Alpujarras y la «taha» de Andarax, división que nuevamente se impuso cuando en 1833 se revisó el mapa provincial de España; desde entonces y hasta ahora el distrito aparece repartido entre las provincias de Granada y de Almería, pero la importancia histórica del fenómeno minero fue tal que durante deciséis años consiguió impedir la fragmentación de la comarca a efectos mineros e impuso la realidad regional como base inamovible de toda la actividad minera de la zona. Durante todos aquellos años del segundo cuarto del siglo pasado, la importancia minera de las Alpujarras fue tal que la capital del distrito se encontró siempre en su centro, en Berja al principio y después en Adra, y hasta 1849, en que se reorganizó el servicio, dependió estrechamente de esta comarca (4).

La Alpujarra es ante todo una región muy definida y diferenciada. «Aislada entre sus montañas, la Alpujarra ha sido siempre un refugio en la compleja y agitada historia de la Alta Andalucía. Si esta última en gran parte debe su personalidad geográfica a su carácter de gran fortaleza natural, más íntima y más recoleta aparece en ella la Alpujarra. Sus difíciles contactos con el exterior, imposibles gran parte del año por encima del Mulhacén, difíciles siempre desde el Mediterráneo, le dan el carácter de constante histórica» (5). Las montañas tienen allí un considerable papel en la definición física de la región y en la constitución de un grupo humano peculiar.

Pese a su notable variedad, montuoso y quebrado hasta lo inconcebible, podemos decir que el paisaje natural es prácticamente uniforme en toda la comarca; es una de las zonas más abruptas de la península, llena de matices, de sitios y lugares tan aislados entre sí como lo estaba toda la comarca del exterior. No obstante, hemos escrito que la unidad comarcal resulta evidente, presidida siempre por el peso fundamental de sus masas serranas, que le dan un carácter unificado de gran solana mediterránea de las cordilleras béticas; desde las cimas de Sierra Nevada, por encima de los 3.000 metros, se produce un

(3) MENDOZA, D.: *Guerra de Granada*, Madrid, B.A.E., 1964, citada por NUÑEZ NOGUEROL, *op. cit.*, p. 3.

(4) Comprende las provincias de Granada y parte de Almería, al SO de la línea entre Carboneras, en la costa, Sorbas, Senes, Purchena y Oría; la inspección comprende, además de las Alpujarras, las sierras de Cabo de Gata, Alhamilla y Filabres; hay inspectores de embarques en Roquetas, Almería y Motril. Véase ANALES DE MINAS, volumen III, p. 453.

(5) BOSQUE MAUREL, J.: *Granada, la tierra y sus hombres*. Ed. de Sindicatos, Granada, 1971, p. 79.

rápido y general declive hacia el mar, tan sólo cortado por una alineación interpuesta de menor altura formada por las sierras de Lújar, de la Contraviesa y de Gádor. Articulada por este sólido espinazo montañoso, la comarca se define así con dos zonas humanas: la costa y la larga depresión de la Alpujarra Media, surcada por los ríos Grande de Cádiar y Andarax; las cuencas altas de ambos ríos dejan entre ellos una amplia depresión, donde se abre en abanico la cuenca media y alta del río Grande de Adra, y en cuyo centro se encuentra Ugijar.

Unificada por el relieve y por las cuencas hidrográficas, los núcleos de población se ajustan a sus dictados. Así, en el interior, cumpliendo el papel de centros administrativos, de capitales, tradicional o minera, encontramos Ugijar y, desplazada hacia el sur, Berja. Ambas ciudades tienen una importancia comarcal considerable y su estudio será fundamental para el total conocimiento de la historia regional. En ambos extremos aparecen otros dos núcleos de importancia, también situados en la depresión central, Orgiva y Canjáyar —aunque este último suele ser excluido del contexto alpujarreño—, entre los cuales hay gran cantidad de pueblos y lugares allí donde existen pequeñas vegas de tierra de regadío, cuya escasez dicta la ley a la población. Por último, tres puertos sirven de polos de atracción por su importancia comercial y por su peso demográfico, Almería y Motril, ambos marginales a la comarca y por tanto de importancia que no dejará de ser secundaria en aquellos años, en tanto al menos que sus facilidades de embarque no mejoraran notablemente. El puerto de Adra, en cambio, en directa y estrecha relación con la zona minera más importante, inmediata tam-

bién a la capital administrativa del distrito y pronto capital ella misma (6), experimentará un crecimiento y una prosperidad acompasadas a la importancia de su minería, aunque sufrirá también el mismo sino cuando se cruce el ecuador del siglo.

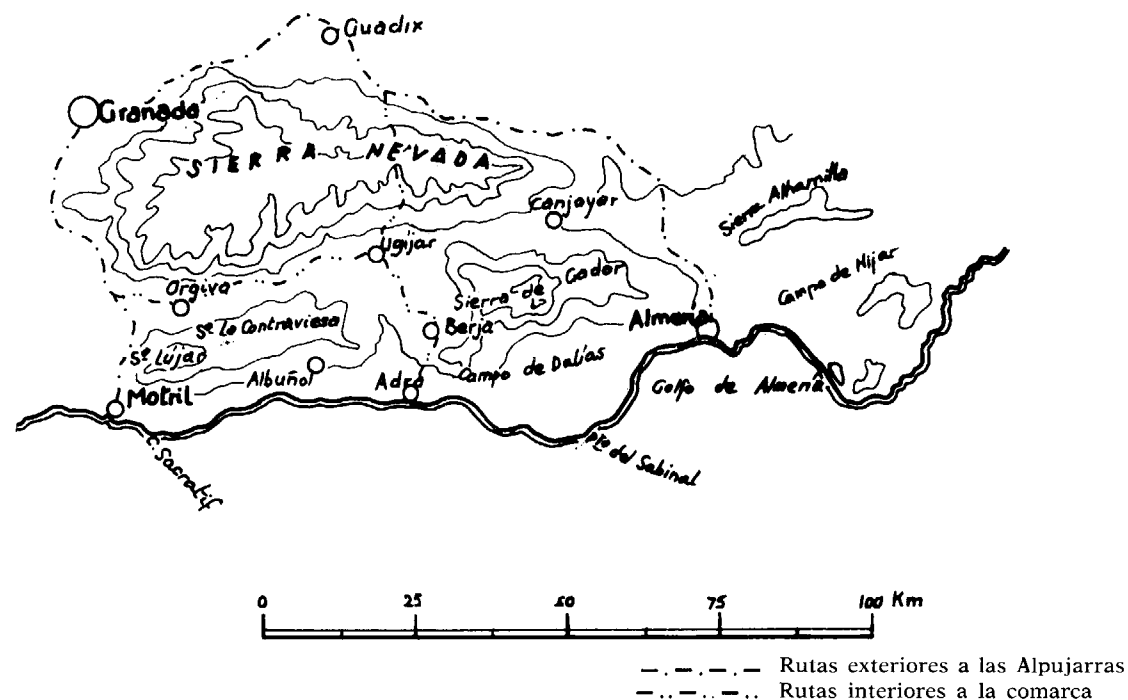
De la costa que media entre los tres puertos sólo podemos decir que, por su aislamiento (las montañas llegan en muchos casos al mar y forman imponentes acantilados) y por las condiciones históricas que durante siglos han apartado a las poblaciones del litoral (aún en el siglo XVIII hubo incursiones piráticas y corso en el Mediterráneo avanzado ya el XIX), se encontraba prácticamente desierta, articulada desde el interior en los casos mejores y con asentamientos marineros y pesqueros de reducida importancia. Podemos decir que la Alpujarra baja era en aquellos tiempos inexistente. Zonas hoy tan importantes como el campo de Dalías y las lomas de Torrentina, piedemonte pliocénico de la sierra de Gádor, era entonces un desierto humano en general y en lo tocante a la minería en particular.

Las Alpujarras cuentan interiormente con algunas rutas principales que durante mucho tiempo carecieron del soporte material de una carretera o de caminos adecuadamente trazados. En el mapa número 1 aparecen cuatro

(6) El papel de capital de Adra queda de relieve por la variedad de consulados que allí se establecieron. Entre ellos, los de Francia, Inglaterra, Cerdeña y Dinamarca. Véase RUZ MÁRQUEZ, J. L.: *Adra*, s. XIX, Almería, 1981.

GRAFICO I, 1

Las Alpujarras y su entorno geográfico.



de ellas, de las cuales dos tienen carácter marginal o periférico. La primera, de Granada a Motril, sigue el curso del Isbor y el Guadalfeo hasta su desembocadura. La segunda contornea la Sierra Nevada por Guadix y Fíñana y baja al Andarax a partir de Gergal, desde donde sigue su curso hasta Almería. Las dos rutas interiores son las que desde Granada y el Isbor sigue el río Grande de Cádiar por Lanjarón y Torviscon, y de allí a Albuñol, donde moría a falta de una terminal marítima a la salida de la rambla de su nombre. Finalmente, la que desde Ugijar conducía a Adra pasando por Berja, que también enlazaba con el Marquesado del Cenete y la ruta de Granada a Almería a través del puerto de la Ragua (7). Insistimos que siempre se careció de una carretera adecuada, incluso en tiempos del apogeo minero, siendo por tanto el tráfico escaso, pesado y caro y acusadas las tendencias al aislamiento interior.

Primitivismo y aislamiento, autoconsumo y escasez de recursos, caracterizaron la vida de las comarcas, que fue exclusivamente agraria hasta el apogeo minero. Una agricultura caracterizada por la escasez de tierras cultivables y por el predominio del valle, de las zonas bajas en las proximidades de los ríos, en condiciones para ser irrigadas. En estas zonas se da una agricultura rica y relativamente variada, en la cual la horticultura convivía con los cultivos arbóreos y arbustivos (morera, viña, olivo) y una cerealicultura irrigada, muy productiva. MADUZ nos indica admirado su riqueza al reseñar que, en el término de Ugijar, un marjal de 25 varas llegaba a valer entre

(7) MADUZ, P.: *Diccionario geográfico, estadístico e histórico*, t. II, p. 200.

RUZ MÁRQUEZ indica que la vía de comunicación era el lecho del río, y que desde Berja y Almería a las minas de la sierra se efectuaba el porte a lomo. *Op. cit.*, páginas 52 y 55.

1.200 y 1.500 reales, produciendo en renta una y media o dos fanegas de trigo (8).

La carestía era tal y tan acusada por el crecimiento de la población que se hizo necesario ampliar la zona cultivada por áreas a todas luces inapropiadas; vemos así subir por las laderas de Sierra Nevada los cultivos de secano, arbóreos, arbustivos y cerealícolas, con grandes esfuerzos y reducidos rendimientos; en aquellas zonas irrigadas por fuentes o arroyos aparecen complicados y costosos sistemas de bancales y acequias que quieren aprovechar al máximo un agua y una tierra siempre escasas; los cultivos, en la falda de Sierra Nevada, alcanzan cotas superiores a los 2.000 metros. En cambio, las laderas opuestas, tanto por ser humbrías como por la naturaleza caliza de su sustrato, muy permeable y seca, resultan más difíciles de cultivar y aparece en ellas un habitat disperso.

Pese a ocupación tan intensa, sólo un 35 por 100 del suelo está cultivado o tiene un adecuado acondicionamiento por haberlo estado en el pasado (9). El resto carece

(8) *Ibid.*, t. II, p. 199. Típico de ello es también el acusadísimo minifundio, cuya antigüedad data al menos del repartimiento del siglo XVI. Véase NÚÑEZ NOGUEROL, *op. cit.*, p. 98. El citado precio vendría a equivaler a unos 200 jornales. Son también de destacar la pequeñez de las parcelas que se negociaban; unos pocos celemines con algún árbol eran la mayoría de las ventas registradas en los protocolos notariales.

(9) BOSQUE MAUREL, *op. cit.*, p. 83, y NÚÑEZ NOGUEROL, *op. cit.*, p. 96. Esto tiene como consecuencia ventajosa que los yacimientos aparecen todos en terrenos francos, comunes, con lo cual los problemas derivados de las concesiones y de las relaciones entre la propiedad minera y la del suelo quedan marginados. Véase *Catastro de Ensenada*, respuestas generales, «Presidio» en Archivo de la Real Chancillería, Granada, núm. 652.

CUADRO 1-1

Evolución de la población en las villas más importantes de las Alpujarras relacionadas con el auge de las actividades mineras. 1752 a 1877

Municipios	ENSENADA		MINANO		MADOZ		1857	1877
	Vecinos	Habit.	Vecinos	Habit.	Vecinos	Habit.		
Vélez de Benauda	270	1.164	686	3.368	672	3.042	4.369	4.052
Orgiva	310	1.336	579	2.820	726	3.297	4.806	4.554
Ugijar	400	1.724	579	2.787	661	3.002	3.308	2.973
Turón	344	1.483	633	3.038	573	2.603	3.054	2.813
Almería	1.904	6.870	4.863	18.930	4.450	17.800	27.036	40.338
Adra	593	3.354	1.893	9.113	2.060	8.240	9.220	11.323
Berja	830	4.369	2.116	8.232	2.177	8.709	10.908	15.591
Dalías	1.177	4.871	2.241	9.800	2.250	9.000	10.500	9.359
Laujar	540	2.080	708	3.405	863	3.454	5.363	3.867
Fondón	261	1.306	405	2.023	487	1.951	3.670	2.571
Presidio	64	304	—	—	135	543	1.728	817

de cualquier forma de puesta en valor y está cubierto en su mayor parte por eriales, pastos y monte bajo. En cuanto a la cubierta forestal propiamente dicha ha sufrido un continuo proceso de deterioro desde los tiempos medioevales; muy acusada ya la deforestación en el siglo XVIII, el auge minero y las consiguientes fundiciones provocaron la deforestación total de la comarca, que vio incluso descuajar olivos y moreras con destino a los hornos, todo ello antes de 1830.

La evolución demográfica es un fenómeno trascendente para la evolución económica y social de la comarca. Notables flujos de población desplazaron hacia la sierra de Gádor gran cantidad de nativos de la Alpujarra media. No se ha realizado aún un estudio demográfico completo de la comarca, ni tampoco de ninguno de sus pueblos. No obstante la contabilidad de minas, que recoge la relación de propietarios, indica un acusado desplazamiento que, atraídos por la sierra de Gádor, va debilitándose conforme aumenta la distancia; acaso también porque el extremo occidental (Orgiva, Vélez) cuenta también con yacimientos, pronto conocidos y puestos en explotación, que actuaron de polos secundarios, incapaces acaso de atraer inmigrantes, pero suficientes en cambio para retener a buen número de sus naturales (10).

Los datos generales son escasos y fragmentarios; además, por lo que hace a la época de nuestro máximo interés, la primera mitad del siglo XIX, sumamente poco fiables. El valor que se puede dar a las cifras recogidas por MIÑANO y por MADDOZ es imponderable, no muestran grandes diferencias entre uno y otro pese a los años transcurridos y parecen sugerir un estancamiento o incluso un retroceso, incompatible con la evolución económica contemporánea de la comarca (11). Si nos limitamos a los datos más fiables que jalonan la etapa que nos interesa, entre 1752 y 1857, asistimos a la triplicación de la población, al menos en las zonas más directamente afectadas por la euforia minera. Más adelante, a lo largo de la segunda mitad del siglo y por lo menos hasta 1920, la población decae de forma sostenida y acusada, fenómeno ya perfectamente recogido en los censos de población.

Como se deduce fácilmente, la presión demográfica en el segundo tercio del siglo XIX hubo de pesar con fuerza excesiva sobre los recursos alimenticios de la comarca, que sin duda hubieron de suplirse en el inmediato Mar-

(10) *Vid. infra*. Los nombres de las minas nos ofrecen una rudimentaria cartografía de la procedencia de los mineros. La relación siguiente resulta muy expresiva, sin necesidad de más comentarios: la Estrella de Albuñol; la Estrella de Dalías; la Granada; la Iglesia de Adra; los Santos Sacerdotes, antes Yegen; pirata de Dalías; Poderoso de Ugijar; Purísima Concepción de Adra; Reunión de la Concepción de Yegen; Reunión de Berja; Reunión de Terque y San Rafael de Canjáyar; San Esteban de Jorairatar; San Francisco del Presidio; San José de Almería; San José de Murtas; San Marcos de Canjáyar; San Pascual de Laujar; San Pedro de Dalías; San Rafael o la Cruz de Murtas; San Roque de Beninar; San Vicente de Granada; Santa Rita del Fondón; Trinidad de Instinción.

(11) Sólo conocemos una consideración de conjunto en NAVARRO ALCALÁ-ZAMORA, P.: *Mecina*, pp. 64-65.

quesado del Cenete, cuya evolución agraria y demográfica convendrá conocer a fondo.

La ganadería, por su parte es escasa y pobre. Predominaban las especies menores, cabras, cerdos y ovejas. La cría caballar fue siempre claramente insuficiente para la enorme demanda que se precipitó al compás de la fiebre minera y las rápidamente crecientes necesidades alimentarias (12). Existía, eso sí, un reducido sistema de trashumancia, que tuvo sin duda considerable importancia en otro sentido, lo mismo que la agricultura que escalaba las laderas; al familiarizar a los alpujarreños con la vida en la montaña, al permitirles conocer los sitios donde habría de florecer la actividad minera, pudo darse un tránsito prácticamente espontáneo entre las tradicionales ocupaciones y las mineras, más recientes, sin que por otra parte se llegara nunca plenamente a la separación total entre ambas actividades.

La importancia que el relieve y la minería confieren a los sistemas montanos nos exige presentar, al menos brevemente, la estructura tectónica de la región, sumamente controvertida (13).

Los orígenes tectónicos arrancan de la etapa permo-triásica, entre las eras primaria y secundaria, cuando el gran geosinclinal alpino fue la cuenca sedimentaria más profunda e importante de la periferia meseteña peninsular. Desde la etapa triásica se van acumulando los inmensos espesores calizos con más de 1.000 metros de potencia. Después, el eje del geosinclinal bético se desplazó hacia el norte y comenzó la emergencia del sistema penibético.

Si damos un salto de doscientos millones de años hasta la actualidad, nos encontramos con una formación cristalina central (pizarras, gneises, micacitas) de gran altura, integrada por la mayor parte de las sierras Nevada, de Baza y de Filabres. En su periferia hay alineaciones de menor altura, de origen triásico y naturaleza caliza semicristalina; a nuestros efectos, esta es la formación de la máxima importancia, y dentro de ella la alineación formada por las sierras de Lújar, de la Contraviesa y de Gádor, todas ellas de semejante naturaleza y de considerable importancia en cuanto al desarrollo minero.

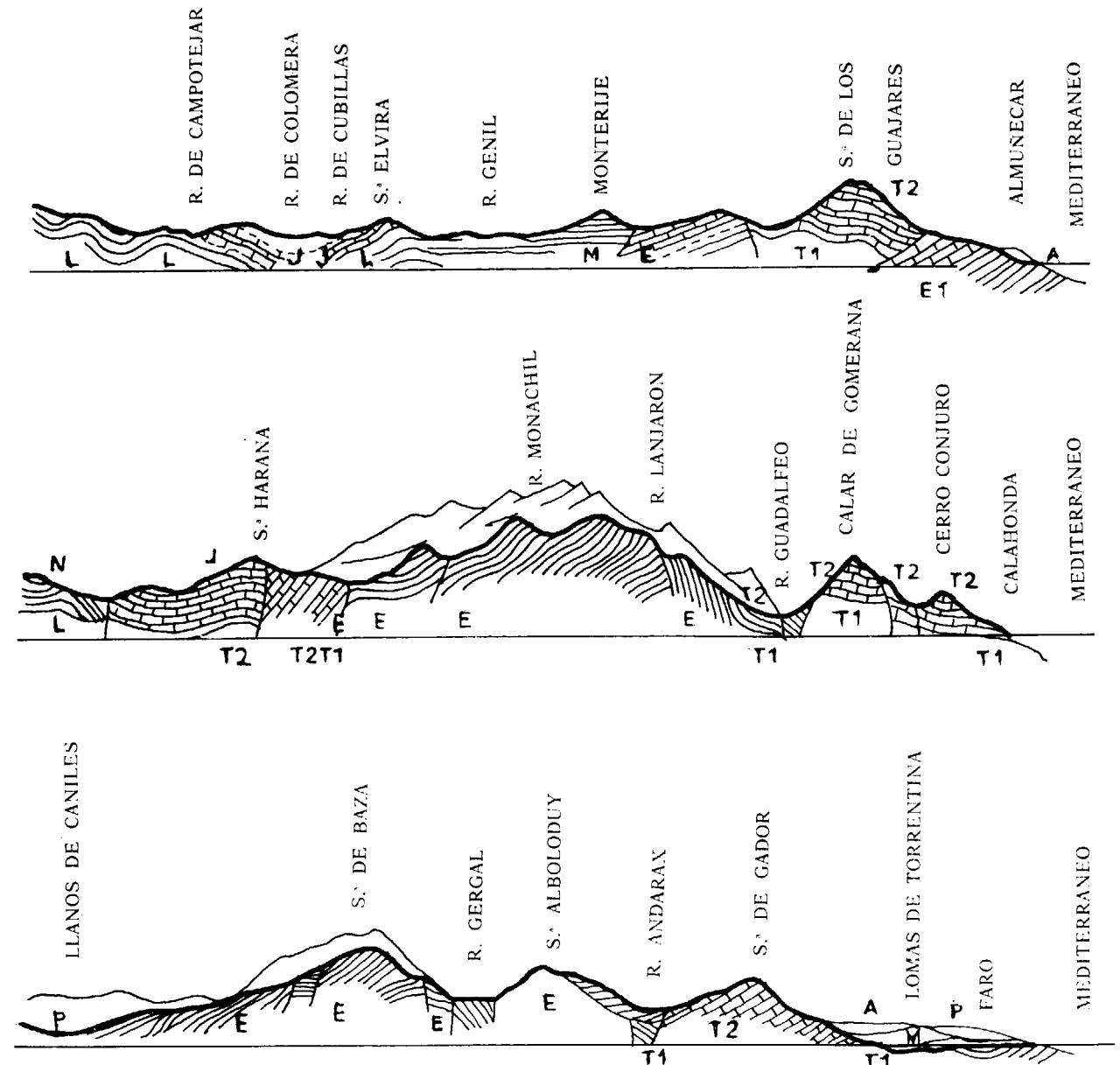
Los problemas teóricos arrancan de la forma concreta en que se constituyeron los actuales elementos tectónicos para formar el conjunto y panorama indicados a lo largo de la era secundaria. La mayor parte de las escuelas empeñadas en el estudio del plegamiento alpino se

(12) El mercado de bestias de carga en la Alpujarra y comarcas limítrofes y la situación forestal de la zona son dos puntos fundamentales para explicar el desarrollo minero y sus consecuencias. De momento son dos grandes arcanos que esperan a los historiadores. Destaquemos tan sólo que ya en 1752 Berja concentraba el mayor grupo de cabalgaduras y que dicha ciudad y Adra eran las que más alta proporción de ellas sobre el total de vecinos tenían.

(13) Sobre la tectónica penibética véase los análisis de conjunto y el resumen crítico de LLOPIS LLADÓ, N., en TERÁN, M.: *La Península Ibérica*, t. I, Barcelona, 1949, páginas 418-440.



GRAFICO I, 2
Corte tectónico del distrito de Berja.



ESCALAS: Horizontal, 1/600.000. Vertical, 1/150.000.

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| A Aluvial. | J Jurásico. |
| Di Diluvial | L Liásico. |
| P Plioceno | T Triásico. |
| M Mioceno. | E Estrato cristalino. |
| N Eoceno (Margas de colores). | |
| C Cretáceo (Calizas margosas) | |

Fuente: SIERRA, A. *Hierros de Almería y Granada*.

han ocupado con gran dedicación del sistema penibético y han buscado en él la corroboración de sus teorías. Si los primeros estudiosos (CORTÁZAR, CALDERÓN, MACPHERSON) dieron por supuesta la formación *in situ* de los mantos alpujarreños, pronto fue descubierta la importancia de los corrimientos (DOUVILLÉ, NISKLÉS), que fueron luego estudiados a fondo y sistematizados en varios modelos parcialmente divergentes (STAUB, BLUMENTHAL, FALLOT). Por lo que afecta a nuestro estudio, tanto valdría la interpretación autoctonista como cualquiera de las aloctonistas, habida cuenta de que todas ellas coinciden en señalar la afinidad originaria entre las dos formaciones indicadas, la cristalina de Sierra Nevada y la caliza, de lo que podemos denominar como «manto alpujarreño». Entre ellas, en las zonas de contacto, aparecen materiales paleozoicos muy triturados que son las «launas». La abundancia de discordancias, ventanas tectónicas y superposiciones no hacen más que confirmar la complejidad global y parecen abonar la hipótesis del corrimiento, todo lo cual no modifica en gran medida la situación a los efectos que nos interesan.

Dentro de la cadena litoral, la sencillez de su formación es la nota más característica, lo cual no es incompatible con su compleja formación —de la que es signo elocuente la ventana de Albuñol— y con las muy diversas vicisitudes que dejaron su impronta en la estructura y modelaron el relieve.

Ciñéndonos a la sierra de Gádor, los «Illipula Montes» de los romanos, la más interesante y desde luego la mejor estudiada a efectos mineralógicos y mineros, encontramos una gran masa de caliza del Muschelkalk, de unos 50 kilómetros de E a O por 10 ó 15 de N a S; presenta varios tipos de sedimentos que descansan sobre las pizarras arcillosas (launas) de origen autóctono o parautóctono, sobre la cual se supone que se produjo el deslizamiento del manto alpujarreño. Por encima de las launas aparecen distintas capas calizas más o menos puras y otras de textura pizarrosa (chiscarras) y areniscas rojizas; remata el conjunto capas superiores duras de dolomías y calizas compactas sin orden ninguno por efecto de fragmentaciones posteriores. La parte central y meridional de la sierra aparece sometida a fenómenos vol-

cánicos, que acaso provocan la presencia de un mineral más argentífero que en el resto de la sierra. En general es en la mitad superior de la misma, bajo los estratos duros semicristalinos, donde los fenómenos metalogénicos han dado lugar a los criaderos de plomo que nos interesan (14). La galena aparece en las calizas dolomías del Triás y su formación presenta dos formas típicas: por un lado hay filones en las fisuras de la caliza, donde rellena las oquedades y líneas de ruptura, junto con arcillas y detritus; por otro, adopta la forma de bolsadas o mantos generados por sustitución de la caliza atacada por las aguas mineralizadoras. «Circulando por las grietas de las calizas, embalsando éstas en unos y otros puntos, llegaron a formar dos clases de criaderos tan diferentes en sí y tan unidos y ligados en su misma génesis, puesto que el mismo agente hidrotermal los ha formado en la misma caja madre» (15).

2. LA EXPLOTACION MINERA

Si los elementos geográficos y estructurales tienen en el caso que nos ocupa particular trascendencia, no es menor al fin y al cabo el papel que desarrolló la población alpujarreña. Gentes aisladas y acaso tradicionalistas, no eran, pese a todo, enemigas de novedades y si en cambio proclives a la especialización y a la modernización, que supieron aprovechar en varias ocasiones como las que supusieron la seda y la caña de azúcar, ejemplos tempranos

(14) Véase A. A. DE L.: «Sierra de Gádor», en *Revista Minera*, 1851, núm. 2.

(15) SIERRA, A.: *Hierros de Almería y Granada*, páginas 118-121.

(16) El garvilleo consiste en aventar las tierras cargadas de partículas plomizas para obtener por rotación y por efecto del viento una masa más pura de mineral, más pesado que las impurezas. Su rentabilidad en algunos parajes era tan alta al menos como la de las mejores minas, superándolas por su espontaneidad y ausencia de costes fijos.

nos de economía de exportación. Los alpujarreños supieron aprovechar plenamente, con gran originalidad, los recursos mineros y las posibilidades materiales y tecnológicas de la misma comarca les ofreció, siendo capaces de desarrollar elementos acordes a la vez con los recursos disponibles y con las exigencias de los yacimientos.

La población alpujarreña, como hemos podido ver, vivió en contacto directo con la montaña (pese a que no haya existido un hábitat permanente de altura) y ésta les ofreció con espontaneidad sus recursos mineros, incitándolos a una actividad a veces simplemente recolectora, como lo fue sin duda el «garvilleo» o «rebusca» (16). «La abundancia de mineral superficial da lugar a un ramo singular de industria que consiste en que centenares de mineros llamados rebuscadores, excavando algunas varas en el terreno, explotan dicho mineral, lo limpian en cribas (garbillos) de la parte terrosa y lo venden a los pequeños establecimientos de la sierra, que a su vez lo llevan a las fábricas; y como a veces suelen dar con buenas bolsadas, casi siempre las compañías mineras siguen los pasos de los rebuscadores» (17).

La tentación minera para los naturales se encontraba tan a la vista que prácticamente se puede considerar como una de las actividades propias de la comarca, y sólo la existencia del monopolio impidió durante mucho tiempo su espontáneo desarrollo, aunque no su lento y progresivo crecimiento.

Por otro lado, el enlace entre aquella actividad rudimentaria, que difícilmente puede ser considerada como industria, con las actividades extractoras formalmente establecidas es sumamente directo e incluso fácil, pues muchos afloramientos superficiales enlazan directamente con las capas y bolsadas del interior a través de rajadas y sopladitos cargados de mineral (18). Más aún, ni siquiera era imprescindible encontrar los propios afloramientos de la galena, sino que ésta solía venir trabada dentro de una peculiarísima «piedra franciscana» (19), indicio casi inequívoco de mineral al que por su origen metalogénico se encontraba directamente asociado, por lo cual sus afloramientos servían de guía casi infalible a exploraciones y calicatas.

Hemos de resaltar también que la naturaleza del terreno ofrecía facilidades suplementarias para (20) que los improvisados e inexpertos mineros pudieran lanzarse a cavar sin riesgo. La dureza de la roca caliza encajante es tal que no se necesitaron obras de entibación de tipo alguno, ni siquiera en las bolsadas de mineral, y ello a pesar de que algunos tajos dejaron importantes cámaras

una vez extraída la mena. Los problemas, acuciantes en otras minas, como la ventilación y el drenaje, están aquí resueltos de forma espontánea; la primera es natural en estas minas, por obra de la gran cantidad de rajadas y sopladitos naturales que quiebran el macizo; dentro de las galerías soplan fuertes corrientes de aire frío que orientan al minero hacia la salida; los fuertes vientos que normalmente soplan sobre la sierra las refuerzan. Por la misma razón el drenaje resulta facilitado; las aguas corren hacia las capas bajas, donde dan lugar a muchas fuentes permanentes y al importante acuífero del Campo de Dalías, eje hoy día del desarrollo provincial.

En cuanto a las perspectivas de éxito, fueron también muy elevadas en un principio por la enorme riqueza de la zona, por la amplia difusión de los yacimientos y la idoneidad tecnológica de la explotación en pequeña escala. «En totalidad estos grandes mantos o tablas de mineral (en la Sierra de Gádor) son más constantes que muchas venas y filones, pues en el espacio de cuatro millas cuadradas que ocupa la loma del sueño y sus inmediatas, aún más perforadas de pozos que un distrito carbonífero, son muy pocos los que no han dado en mineral» (21). Sólo por estas razones combinadas puede explicarse el rapidísimo florecimiento minero de la región, de la que se calculó que llegó a producir más de 600 millones de reales en quince años (22) y fueron las más ricas del mundo en su época (23); de su trascendencia para la comarca y para toda la minería española nos dice Ezquerro que «...el renacimiento de la minería española se ha fundamentado con el portentoso criadero de la sierra de Gádor, cuyas bolsadas de galena crearon repentinamente una porción de fortunas, pasando algunos de sus descubridores sin saber cómo del estado de indigencia al de opulencia; por consiguiente, todo lo que no eran bolsadas no llamaba la atención, y nadie se acordaba ni pensaba en los filones» (24). En muchos lugares de la Alpujarra y también en varios de la sierra de Gádor aparecen yacimientos de importancia. En esta última los hay en las proximidades de Almería y en los términos de Benahadux y de Gádor, en el extremo oriental; en la zona centro-meridional, un área deprimida donde se encuentran Félix, Enix, el Marchal de Antón López y Vicar, muestra manifestaciones volcánicas a las que aparece asociado un plomo más argentífero que en el resto de la sierra.

(21) A. A. DE L.: *Op. cit.*, p. 107; idéntico parecer muestra LE PLAY, F.: «Itinéraire d'un voyage en Espagne, précédé d'un aperçu sur l'état actuel et sur l'avenir de l'industrie minière dans ce pays», en *Annales de Mines*, III^e série, t. V, Paris, 1834, p. 231.

(22) EZQUERRA DEL BAYO: «Datos de estadística minera de 1839», en *Anales de Minas*, t. II, 1841, pp. 313-314.

(23) KARSTEN, citado por GÓMEZ PARDO: *Dos memorias sobre el influjo que ha tenido la extraordinaria producción de las minas de plomo de la sierra de Gádor en la decadencia general de la mayor parte de este metal en Europa, así como en la actual de las de Alemania, y más especialmente en las del Hartz*, Madrid, 1834, Imprenta Real, p. 35.

(24) EZQUERRA DEL BAYO: *Datos y observaciones sobre la industria minera, con una descripción característica de los minerales útiles cuyo beneficio puede ser objeto de las empresas*. Madrid. Yenes, 1844, p. 63.

CUADRO 1-2

Estado de la ganadería de silla y tiro en las Alpujarras en 1752

Municipios	Asnos	Mulos	Caballos	Total	Vecinos	T.
						V.
Orgiva	68	19	16	103	310	0,34
Vélez de Benaudalla	143	19	1	163	270	0,60
Turón	—	2	—	2	344	0,006
Ugijar	—	6	2	8	400	0,02
Canjáyar	237	74	7	318	370	0,86
Laujar	248	39	15	302	540	0,56
Presidio	32	3	10	45	64	0,70
Fondón	—	41	6	47	261	0,18
Berja	605	23	157	785	830	0,94
Dalías	465	121	144	730	1.177	0,36
Adra	370	241	13	624	593	1,05

(17) A. A. DE L., *op. cit.*, p. 107.

(18) *Ibid.*, pp. 107 y 110.

(19) «Dicen que la sal de lobo es la señal del metal; y la piedra franciscana es la seña más cabal.»

Recogido por BOTELLA, F.: «Reseña física y geológica de la región SO», en *Boletín Geológico y Minero*, LX, 1882, página 67. Sobre la piedra franciscana véase nota 31.

(20) AMSTED: «Sierra de Gádor», en *Revista Minera*, 1857, página 107.

En la vertiente norte, el lote de Barjalí adquirió importancia con algún retraso aunque fue ya conocido en el siglo XVIII. Pero sin duda alguna la zona más importante de toda la sierra y del mismo distrito es la parte alta de la sierra, sobre Berja, en su extremo occidental, donde se juntan los términos del Presidio de Andarax y de la capital y centro del distrito minero.

La configuración general del terreno es relativamente sencilla por lo regular de sus formas en las zonas altas. El rasgo topográfico más importante es sin duda la gran falla que levanta su espejo frente a Berja siguiendo una dirección NO-SE a más de mil cuatrocientos metros. En el mismo talud, en su parte alta, aparecen algunas de las zonas mineras o cotos más importantes como el Pecho de las Lastras y el Pecho del Guijo. Una primera línea de alturas, que alcanza los mil novecientos metros de altitud, agrupa los más importantes y conocidos sitios como la Loma del Sueño, que fue célebre en media Europa, la del Vicario y la de la Breva, el Collado de los Valientes y el Pecho de la Higuera (25). Pese a las formas suaves y alomadas que predominan en la parte alta, es de destacar el valle que, paralelamente a la falla que forma la cara suroccidental de la sierra, surca su extremo superior, al pie mismo de las máximas alturas de toda la formación. Más allá de este valle no existe continuidad de las bolsadas, que quedan circunscritas a la franja de unos cuatro kilómetros entre ambas fracturas. Topográficamente comienza la depresión citada cerca del Presidio, donde se denominó Barranco de las Plomeras, camino privilegiado de acceso durante mucho tiempo a las zonas más altas; la parte central, al lado de la Loma del Sueño, mucho menos escarpada que en los dos extremos, recibió el nombre de Cañada de Balsanueva; por último, su extremo meridional se complica nuevamente encajándose en un profundo barranco, escarpado y difícil, que tuerce a la derecha para encaminarse a Dalías (26). El acceso suroccidental a la sierra, se realiza por el empinado barranco de Castala, transitable durante todo el siglo para solas recuas de mulas (27), que ofrecía la ventaja de conducir directamente al Pecho de las Lastras y a la Loma del Sueño.

Hacia 1850 la situación de estos ricos parajes empezaba a mostrar claros síntomas de decadencia. «El mineral abunda más en ciertas partes de la Sierra —nos confirma Alvarez de Linera en 1851— y siguiendo ciertas líneas que varían de N a S y de NE a SO sobre las que se concentran a intervalos las grandes masas o bolsadas que son o han sido continuas, aunque con intermedios mucho menos productivos. Uno de los depósitos más ricos (la Loma del Sueño) en que se han explotado hasta cuatro mantos de mineral, está ya casi agotado. Otro situado a corta distancia en su parte norte (Cañada de Guijarrales), le siguió con grandes explotaciones. En otro más al norte se descubrió después su riqueza; mientras que el cuarto y último, al otro lado de la sierra aunque en roca de la

(25) A. A. de L.: Op. cit., p. 111.

(26) Ibid., p. 110.

(27) Hasta ya avanzado el siglo xx no fue construida una carretera, parcialmente asfaltada.

misma naturaleza se explota con gran ventaja en la falda sur de Sierra Nevada (Solana de Fondón)» (28).

La disposición del mineral resulta muy desordenada, semejante a Alston Moor (29), con nódulos y concreciones de volumen variable y sin orden alguno. Están en posición horizontal y agrupados en dos, tres y hasta cuatro capas de cierta regularidad, aunque de potencia muy variable; dos de ellas son en general las más importantes y, en la Loma del Sueño, se han encontrado entre los sesenta y cinco y ochenta metros de profundidad el primero y entre los ciento y ciento veinte el segundo. El espesor de los mantos varía entre los dos y los cinco metros, y su extensión, variable y entrecortada alcanza en algu-

(28) A. A. de L.: Op. cit., pp. 108-109.

(29) Op. cit., p. 108.

CROQUIS DE LA SIERRA DE GADOR

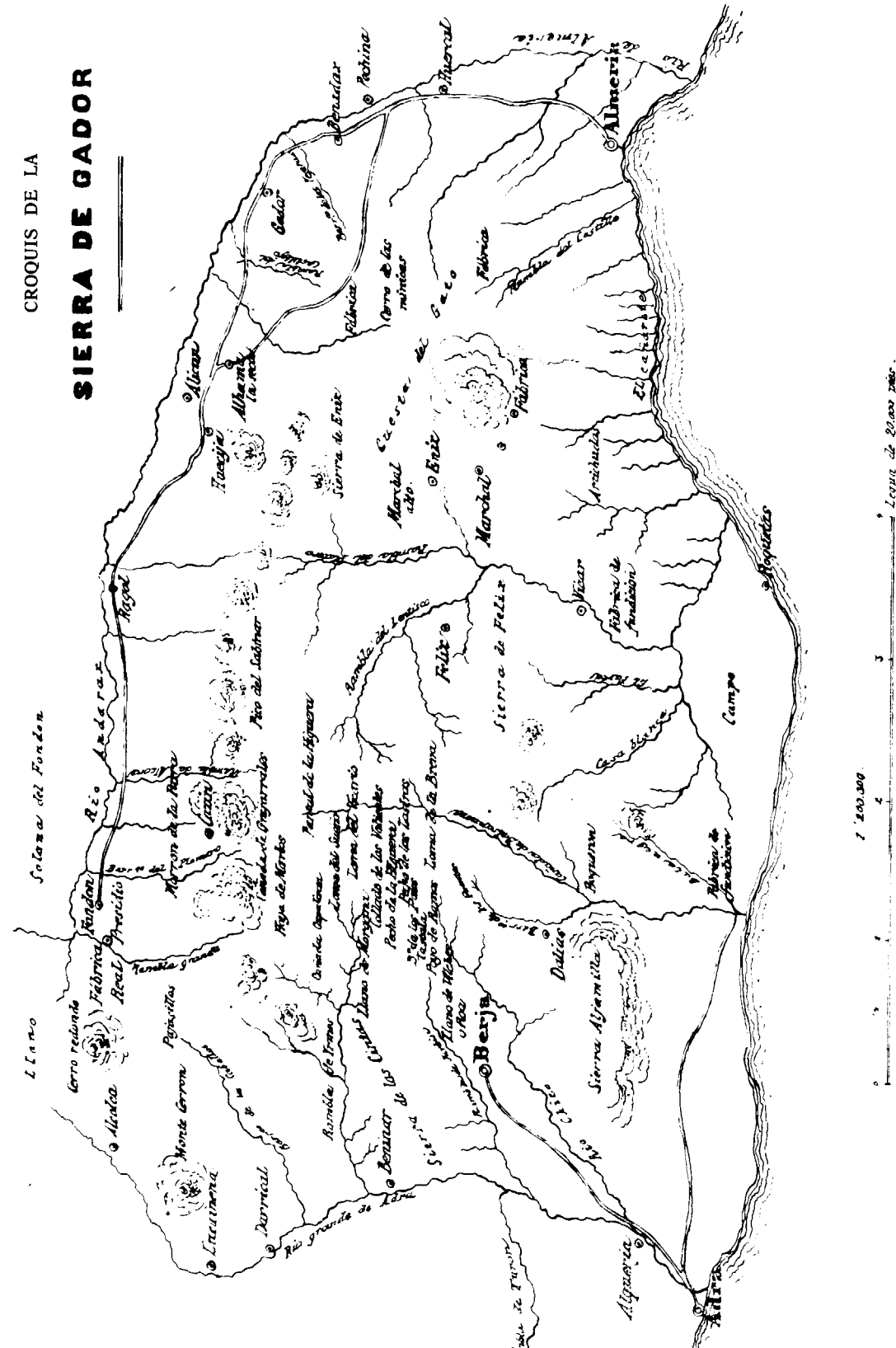
Procede de la REVISTA MINERA, tomo VIII, lámina I.

«El primer distrito minero de la Sierra está limitado por el barranco de las plomeras, la cañada de Balsa Nueva y el valle de Berja; y las minas más ricas son, o han sido, las de la Loma del Sueño, y sus subordinadas, la Loma del Vicario, Loma de la Breva, Collado de los Valientes y Pecho de la Higuera; y también las de la caída del llano hacia Berja, en el Pecho de las Lastras y Loma o Pecho del Guijo. Al norte de la Loma del Sueño, en una depresión, están la Cañada y Llano de Capalirán, Hoya de Barcos, llano de Morgana y Pecho del Conejo, y las más elevadas en la Loma o Pico del Sabinar y en el Puntal de la Parra; toda esta parte de la sierra contiene varias capas plomizas cuya extensión es aún desconocida, pero que se prolongan hacia Berja en una considerable distancia y han sido inmensamente productivas en el Pecho de las Lastras y aún más abajo en Barranquillo de los pozos, donde ha sido hallada la continuación de una de las capas que viene desde el collado de los Valientes a mil ochocientas varas y debajo de un terreno de acarreo de noventa.

«Cerca de dos millas al norte hay otro distrito, pequeño, aunque muy rico, sobre una elevada meseta que es la Hoya de Martos y aunque ya comparativamente agotado. Pero otros descubrimientos en la Cañada de Cristina y del Sacristán, Cerro de Salmerón, Hoya de los hatos y del Ciervo, Loma de Roda, collado del Agua, etc., y las ricas minas de la Cañada de Guijarrales prueban que los mantos minerales tienen más extensión y difusión que se supuso en un principio o que otras capas de carácter análogo, aunque con dificultad de tan extraordinaria riqueza, existen en varios y muy distantes puntos de la sierra.»

A. A. de L.: «Sierra de Gádor», en Revista Minera, 1857.

GRAFICO II, 1



nos casos treinta o cuarenta metros (30). Hay veces en que se interpenetran las capas, bolsadas y filamentos de mineral formando una maraña tal que hacen en general muy difícil la delimitación y frecuentes los conflictos (31).

Conviene resaltar una formación muy peculiar que viene asociada a los criaderos de galena. La piedra franciscana, de menudas rayas, es tenida en la zona por el mejor indicio posible de la presencia del mineral, se la sigue allí donde aflora o donde es encontrada en profundidad; es por derecho propio uno de los sujetos importantes de la minería alpujarreña (32).

La minería alpujarreña resultó bastante diversificada por la gran variedad de sus productos, aunque en general explotados en proporciones muy reducidas. Naturalmente, el plomo no argentífero (fue llamado «plomo pobre» mucho tiempo) fue el más importante; pero también fueron abundantes la calamina, los cobre grises y piritosos y el oligisto (33), amén del azufre en el lado oriental de la sierra o el cinabrio, disperso por toda la comarca; todos ellos fueron explotados en el siglo XIX y exportados en cantidades limitadas. Actualmente se benefician los minerales de la Sierra de Gádor no sólo por su ahora escaso contenido de plomo, sino por la «greda» que normalmente lo envolvía; este mineral, que fue conocido como «sal de lobo» (34) es el espató de flúor, de donde se extrae ahora

(30) *Ibid.*, p. 112. «En el rico distrito de la Loma del Sueño se han explotado dos capas de mineral: la primera a ochenta o cien varas de la superficie, aunque a veces más profunda, y la segunda cuarenta o cincuenta varas más baja y aunque en algunas localidades se han hallado tres y aun cuatro, rara vez son de importancia más de dos de ellas. Su espesor varía de tres a seis varas, extendiéndose horizontalmente de cuarenta a cincuenta y aún más.»

(31) COLLADO Y ARDANUY, B.: *Apuntes para la historia contemporánea de la minería española en los años de 1825 a 1849*. Madrid, 1865, p. 35.

(32) BOTELLA: *Op. cit.* Según este autor, se trata de caliza magnesiana con un 0,04 por 100 de carbón, asociada a los procesos de sedimentación hidrolítica de la galena.

(33) MAESTRE: «Ogeada geognóstica y minera...», p. 155.

(34) «Las fisuras o grietas de la caliza, ni tienen el carácter de venas minerales ni afectan direcciones paralelas, presentándose en posición casi vertical con un ancho que varía desde pocas pulgadas a tres pies y ensanchando algunas veces a gran profundidad o rellenándose por lo general por deposiciones de materia caliza (estalactitas). Hacia la superficie vienen tapizados los labios de las grietas por una materia aluvial que envuelve con abundancia fragmentos de mineral que costean su extracción. Y como su presencia es un buen indicio para los mineros suelen perseguir estos sopladitos hasta dar en profundidad con ricas bolsadas. Los mejores depósitos de mineral se han hallado dentro y debajo de los estratos de caliza dura que aparece en la superficie formando un terreno áspero de masas esclarecidas: pero como los mantos y sus bolsadas guardan considerable uniformidad en dirección y profundidad, de ella se han valido los mineros para dar con los criaderos más ricos de la sierra. Muchos de los principales están próximamente norte a sur o variando de NE a SO y sus pozos se han profundizado de setenta

la fluorina. Hay asimismo formaciones de yeso, caliza y mármol que no han sido explotadas y placeres de oro en torno a Ugíjar. La Solana de Fondón, el collado de Gaviarra, el Conjuro y la Sierra de Lújar se cuentan entre las zonas más destacadas aunque hoy día inactivas.

En la sierra de Gádor los minerales plomizos son de gran calidad y pureza. Con un contenido en torno al 70 por 100 de plomo, carecen de blendas, piritas y de arsénico. En cambio, aparece generalmente envuelto en espató calizo o de flúor; si bien este último no se benefició el pasado siglo, no dejó de proporcionar ventajas indirectas; se desprende fácilmente, con la misma mano, por lo que su eliminación no es muy costosa y en cambio su presencia favorece la tarea de los picadores al reducir al mínimo la adherencia de los minerales a la roca encajante, facilita la extracción y la excavación de las galerías, que se procuraba abrir lógicamente en seguimiento de los hilos y venas de mineral.

Hemos podido ver cómo la sierra de Gádor, y toda la comarca alpujarreña en general, ofrecen con facilidad y ciertas garantías de éxito (35) —por lo menos en un principio— posibilidades sin cuento de explotación minera; la enorme facilidad de explotación estuvo desde un principio al alcance de los naturales de la región sin más requisitos técnicos que una rudimentaria experiencia; es admirable contemplar cómo el primitivo sistema de explotación y beneficio pudo desarrollarse con elementos locales, algunos prácticamente ilimitados como el esparto (36), de gran calidad y múltiples usos, ya entonces tradicionales. Incluso el abastecimiento de instrumentos de hierro, imprescindibles para el trabajo minero, fue de origen local (37) y se elaboraban, perfeccionaban y reparaban en las inmediaciones de las minas (38).

La sencillez de la explotación y la rusticidad de sus promotores determinaron que la explotación fuera acaso muy poco racional, muy espontánea y desordenada, lo que

a doscientas varas según los indicios del terreno o de las minas colindantes, abriendo luego galerías (Caños) sobre las capas en busca de bolsadas que en algunos puntos hay seguridad de encontrar.» A. A. de L.: *Op. cit.*, p. 110.

(35) *Ibid.*, p. 113.

(36) El esparto sirvió para fabricar capazos, alpargatas muy demandadas en el trabajo minero, garbillos, maromas muy resistentes a la humedad, e incluso como combustible para quemar en los hornos de fundición. PÉROLET comenta admirado que había sustituido a todas las otras materias en la confección del instrumental, a excepción del hierro y, en algunos casos, de la madera. V. «Notes sur les mines et les fonderies du midi de l'Espagne», dans *Annales de Mines*, t. X, pp. 262-63.

También fue muy buscado en el extranjero (Marsella) por su gran calidad. V. NÚÑEZ ROMERO-BALMAS, Clara Eugenia: «Algunos sectores de la economía andaluza de exportación en el siglo XIX». Memoria de licenciatura en prensa. Universidad de Granada, 1981.

(37) Vg., en 1837 se anunciaba una nueva herrería «del Aguilón» en Ohanes, capaz de fabricar todo el instrumental requerido por la minería y por la agricultura. V. *Boletín Oficial de Almería*, núm. 264, sábado, 10-VI-1837, p. 4.

(38) PÉROLET: *Op. cit.*, pp. 271-72.

escandalizó a los observadores extranjeros (HAUSMANN, PÉROLET) y a buena parte de los ingenieros españoles (ALVAREZ DE LINERA, RUIZ DE LEÓN), cuyas opiniones han sentado cátedra para la posteridad. Cuanto más tardío es quien se ocupa de la minería birgitana más asombrado se manifiesta ante el complicado sistema de pozos y galerías, más parecidos a toperas que a minas modernas. Así adoptó en buena medida los caracteres de lo que los norteamericanos han llamado «Mining Poor Man's Camp», cuya desorganización técnica corre pareja con la improvisación económica y el desorden más general. No obstante, si nos aproximamos más detenidamente a la cuestión nuestras opiniones pueden cambiar notablemente.

Digamos para empezar que las condiciones de los criaderos, los recursos de la tecnología preindustrial, la reducida escala de las empresas y toda la tradición minera española e hispanoamericana, conducen a formas de explotación semejantes a las que fueron allí empleadas efectivamente. Concretamente, el Ingeniero EZQUERRA DEL BAYO desarrolló ampliamente sus consideraciones sobre la idoneidad tecnológica de dicha forma de explotación en una airada crítica contra PÉROLET (39). Defiende EZQUERRA la peculiar y acientífica configuración de la minería de la sierra de Gádor y alega que muy difícilmente hubiera podido organizarse de forma diferente a como efectivamente sucedió. Si bien hubo tanteos y errores, la experiencia establecido muy pronto la única forma viable para beneficiar unos criaderos tan desordenados. La manera más económica y sencilla era precisamente la excavación de pozos verticales (40), bastante próximos hasta

(39) EZQUERRA DEL BAYO: «Publicaciones extranjeras», en *Anales de Minas*, t. IV, 1846, ideas que también recoge en sus *Elementos de Laboreo de Minas*, Madrid, Yenes, 1851, segunda edic., p. 331.

(40) V. *ibid.*, p. 511. En otro momento escribió: «lo que allí hacen está reducido a penetrar en el interior del terreno, introduciéndose por medio de un pozo y aún más generalmente por una galería inclinada, escalonada en su piso, a lo que hemos dicho que llaman una «trancada». Una vez metidos dentro de la tierra van excavando en todas direcciones dando mil vueltas y revueltas y persiguiendo ciertas venillas o ráfagas de óxido de hierro que, según dicen, suelen ser anuncios y conducir a una bolsada más o menos considerable de galena o alcohol (como allí lo llaman). Cuando tienen la buena suerte de tropezar con un depósito de mineral, si han llegado hasta él con la labor de trancada, entonces abren un pozo vertical para verificar la extracción con más comodidad y facilitar al mismo tiempo la ventilación. Lo que es el arranque de mineral no creo que lo hagan con más orden; afortunadamente, la caliza que constituye la caja del criadero es, por lo general, una roca muy consistente, la cual se puede abrir grandes huecos sin necesidad de fortificación; cuando es algo floja acostumbran a dejar llaves del mismo mineral. Rara vez acuden a sostener con además (sic) las excavaciones; también suelen alguna vez contener las flojedades recubriéndolas con yeso amasado, como se acostumbra en las construcciones ordinarias de la superficie, lo cual puede verificarse porque, en aquellas cavidades, nunca tropiezan con agua que destruya al peso.» *Elementos...*, op. cit., p. 332.

las profundidades donde la experiencia había demostrado que se encontraban las formaciones de galena; «en un principio iban todavía mucho más a ciegas, digámoslo así, y se metían indistintamente por cualquier parte. En el día ya saben que no tienen que buscar el alcohol fuera de la caliza, y que tampoco es probable encontrarlo sino en ciertas y determinadas profundidades y por esta razón está ahora más en uso empezar las labores con un pozo vertical desde el cual destacan después los reconocimientos, con galerías o con trancadas según son los indicios que se les presentan» (41); una vez descubierto el metal, sus vetas o venas eran perseguidas en todas direcciones en busca de indicios de mineral o sus asociados, la piedra franciscana y la «sal de lobo»; de esta manera se cavaba con más facilidad, con cierta seguridad de éxito y siguiendo la tradición minera que exigía trabajar las galerías «metal en mano» (42). Por la dureza de la roca encajante cualquier intento de tirar galerías rectilíneas, bien desbastadas, o de alargar éstas con la intención de reducir el número de pozos verticales, hubiera producido un aumento antieconómico de los costes de salarios y pólvora (43). Tanto es así que muchas veces se hicieron calicatas y labores exploratorias hasta dar con el metal para seguidamente cavar un pozo vertical para darle salida (44).

Uno de los resultados más importantes de la abundancia de mineral y de la facilidad de su extracción es sin duda la baratura de costes de producción del alcohol y consiguientemente de sus derivados. ALVAREZ DE LINERA estimó en unas tres libras por tonelada (45) hacia 1850 los dichos costes, que anteriormente fueron sin duda más reducidos por la menor profundidad de las labores. Naturalmente que la productividad del capital fue elevadísima, pues las inversiones fueron por lo general muy reducidas; unos cuantos jornales, algunos aperos de esparto y de hierro,

(41) *Ibid.*, p. 332. Ya en 1825 recogió MIÑANO el refrán sobre la cuestión que aseguraba que «Donde hay yeso o cal no hay mineral».

(42) GAMBOA, F. X.: *Comentarios a las Ordenanzas de Minas dedicadas al Católico Rey nuestro Señor Carlos III*. Madrid, 1761. Impr. Ibarra, reimpresión de 1980, p. 295. Escribió dicho autor que «mina sin vena ni metal no se debe labrar, como dice la Ordenanza». En caso de hacerlo, sería reputada la dicha mina de «boca ladrona».

(43) BOTELLA: *Op. cit.*

(44) EZQUERRA: *Elementos...*, p. 331.

«Por la idea que hemos dado (p. 115) del criadero de las Alpujarras se concibe desde luego que tendrá que beneficiarse por un método análogo al que siguen en Wieliczka, esto es, abrir excavaciones de investigación en todas direcciones, buscando la buena suerte de tropezar con un bloque o bolsada de galena. Nada tiene de extraño que en un principio se padezcan equivocaciones y se cometan algunos errores en la elección del laboreo. En las Alpujarras, sin embargo, aquellos mineros, por instinto natural, establecieron desde un principio el único sistema allí adaptable, el mismo que se sigue en el día y el que debe seguirse siempre, sin tratar de querer plantear regularidad ni simetría para buscar cosas que hasta cierto punto están repartidas o depositadas sin ningún orden.»

(45) A. A. DE L.: *Op. cit.*, p. 113.

unas arrobas de pólvora (46) fueron muchas veces suficientes; sólo falta añadir los gastos fijos que exigía la administración del ramo en concepto de cánón minero, todo lo cual muchas veces no se pagaba y generalmente se hacía con retraso; tal era el capital necesario para iniciar una explotación, que como ya hemos visto producía muy pronto algunos rendimientos que aliviaban desde el principio la tarea de los flamantes «capitalistas».

Mucho más importante que el mismo capital hubo de ser sin duda la pericia, fruto de la experiencia, de los descubridores y encargados y la posibilidad al azar de disponer de terrenos francos en zonas provechosas, condición prácticamente aleatoria. Hemos de añadir a ello el hábito de perseguir el mineral, que permitía muy pronto obtener productos, aunque fuera en pequeña cantidad, que facilitaban liquidez sin necesidad de reservas importantes de numerario.

La composición de los costes de explotación se podría desglosar, hacia 1880, de la manera siguiente (47):

CUADRO 2-1

	%
Arranque	28,5
Acarreo interior	5,4
Extracción	42,9
Lavado	23,2

Es fácil de imaginar que esta proporción de gastos debió ser bastante diferente hacia 1830. En cincuenta años se produjeron adelantos, particularmente en el terreno del acarreo interior y de la extracción. En el segundo cuarto del siglo fueron muchas las minas en las que el mineral se extrajo a brazo, en seras o capazos de esparto que después se arrojaban vacíos al interior del pozo; en cambio la profundidad media de los pozos en dicha época época fue indudablemente muy inferior (acaso la mitad) a lo que se logró con el paso del tiempo.

El trabajo de los picadores no debió cambiar gran cosa a lo largo de todo un siglo de explotación. La dureza de la roca, que impidió a los romanos desarrollar la explotación, impuso el que las labores se realizaran únicamente con pólvora (48); procurando trabajar directamente las venas de mineral y siempre en condiciones de asombrosa estrechez que impidieron el trabajo con picos y cuñas.

Cada picador realizaba doce barrenos en una jornada, de entre veinticinco y cuarenta centímetros de profun-

(46) RUIZ MÁRQUEZ, J. L.: *Adra, Siglo XIX*. Almería. Cajal, 1981, p. 116. Consigna la enorme importancia del contrabando en perjuicio del estanco de la pólvora; la pólvora de contrabando consiguió expulsar a la de la Hacienda en toda la Alpujarra hasta que les fue concedido a los mineros el privilegio de pagarla a precio de coste.

(47) BOTELLA: *Op. cit.*, p. 279.

(48) Pernolet: *Op. cit.*, p. 272.

dad, que eran cebados con una o dos onzas castellanas de pólvora (49) y podía arrancar unas tres arrobas de mineral, a veces podía llegar a ocho y media en los casos más favorables (minas de Berja y de Santa Susana). Cada metro cúbico de roca excavada suponía un gasto de kilo y medio de pólvora y tres jornales de picador (50), lo cual hacia 1845 suponía unos treinta y ocho reales de coste; la perforación de pozos y galerías saldría a cincuenta reales en terreno blando y hasta doscientos en duro, por cada vara lineal de avance (51).

Como queda dicho, la dureza de la piedra caliza, las técnicas empleadas y el natural afán de economizar gastos condujeron a la excavación de pozos y galerías extremadamente estrechos y sinuosos; en ningún caso se corrían las paredes, pues hubiera supuesto un aumento excesivo de los costes; ello hacía el acarreo interior costoso y difícil, y vetaba cualquier tipo de innovación tecnológica, que apenas encontraron aplicación práctica; ni siquiera hubieran sido rentables por la corta extensión de las galerías horizontales, que con todo lo anterior favorecía, incluso recomendaba, las técnicas de acarreo más tradicionales (52). Ni siquiera el transporte a espalda fue muy aplicado; el sistema más común fue el de organizar filas de «muchachos» que, de mano en mano, se pasaban capazos de esparto hasta dejarlos enganchados en el torno que los extraía a la superficie. Razones jurídicas (pequeñez de las pertenencias) y sobre todo técnicas hicieron que los accesos directos de las galerías a las laderas fueran inexistentes, siendo la gran mayoría de las minas en su origen pozos verticales o trancadas muy inclinadas y de piso escalonado.

Otra de las actividades más características y costosas fue el lavado del mineral; la carestía de agua pesó duramente sobre esta actividad, pues en muchos casos había que subirla a lomo hasta la sierra; cuando recientemente se ha querido beneficiar industrialmente los restos del plomo y la fluorina fue preciso construir una conducción que trajera el agua desde Fondón, serpenteando por la ladera hasta más de mil quinientos metros de altitud. En el pasado siglo se resolvió esta cuestión acumulando nieve en balsas desde el invierno y recogiendo también en galerías la procedente de las filtraciones que corren por las fisuras la mayor parte del año. No obstante, la técnica más particular y la que mejor se adapta a la naturaleza y condiciones de explotación es el garbilleo. Con esta operación se consigue concentrar las tierras plomizas en seco, aprovechando el viento y la gravedad; el viento,

(49) *Ibid.*, p. 273.

(50) *Ibid.*, p. 276.

(51) Cabe estimar de ello que en una pequeña mina de ochenta varas de profundidad y tres galerías laterales costara entre treinta mil reales como máximo y diez mil reales como mínimo, si se daba pronto con el mineral en este caso.

(52) Descubierta una buena bolsada lejos del pozo principal, era más rentable cavar un nuevo pozo que conduciera directamente al tajo que efectuar la extracción por las galerías. Las explotaciones posteriores cuentan con galerías modernas de nueva planta para la extracción rodada hasta la ladera.

siempre abundante en las alturas de la sierra, suplía al agua en la función de separar el mineral de plomo, muy pesado, de la tierra y el espato que pudieran acompañarlo (53).

Fruto de estas actividades fue la galena o alcohol, que a efectos mineros y metalúrgicos se clasificaba en varios tipos. Eran los mejores los tipos «alcohol de hoja», «alcohol acerado» y mineral grueso o «recio»; éstos no necesitaban más labor que el quebrado a mano para ser enviados a la fundición. Otros tipos son el «garbillo» y las «gandingas», de menor contenido metálico y cargados de impurezas que había que eliminar por garbilleo o lavado. Finalmente, aparecen las «tierras», con reducidas proporciones de plomo y de fluorina que son las que se explotan hoy día y que en el siglo pasado eran desechadas, por lo menos hasta muy avanzada la segunda mitad del siglo, en que se fundió el «cajón alemán». La proporción de los distintos tipos fue la siguiente (54):

CUADRO 2-2

	1845 %	1880 %
Alcohol de hoja	—	4
Recio	2,4	29
Garbillo	48,7	21
Picaduras	48,7	25
Gandingas	—	20

La última variedad se desperdiciaba en 1830 al igual que en 1845, recurriéndose al garbilleo de forma marginal en afloramientos superficiales (los «rebuscadores») o para la concentración de tierras en escoriales o bocaminas. Antes, la imperfección de las técnicas metalúrgicas que sólo los primeros tipos fueron ampliamente beneficiados y ello con rendimientos de un 30 por 100 inferiores a su contenido metálico. Minería y metalurgia tan dispendiosas de recursos naturales produjeron grandes cantidades de escombros, escorias y «horruras», que fueron después beneficiados en sucesivos saltos tecnológicos. Las diferencias de precios entre los distintos tipos de mineral fueron en proporción a los precios de las mejores variedades (55).

CUADRO 2-3

	Precios
Recio y garbillo bueno	100
Garbillo de segunda	65 a 77
Polvos	55 a 65

(53) ESCOSURA, L.: «Viaje metalúrgico por el litoral mediterráneo», en *Revista Minera*, t. VIII, 1857, pp. 542-43.

(54) BOTELLA, *op. cit.*, p. 297.

(55) Pernolet, *op. cit.*, p. 92.

La vida laboral en las minas es difícil de conocer; tan sólo datos sueltos de carácter anecdótico han llegado hasta nosotros. Datos de importancia capital, como el volumen de personal ocupado, nos resultan imposibles de alcanzar. Es bien sabido que el «pueblo» de una mina exigido por la ley era como mínimo de cuatro obreros, pero los mismos ingenieros del distrito reconocieron la imposibilidad de llegar a saber con precisión las minas activas; MIÑANO da una cifra global de alrededor de 20.000 obreros hacia 1825, y todos los autores coinciden en afirmar un descenso de la explotación y del número de obreros, que PEDRO JULIÁN CONTRERAS estimaba en torno a los 13.000 en 1836. Por otro lado, hay que destacar el elevado número de arrieros que se dedicaron a abastecer de alimentos, aceite para candiles, leña, pólvora e incluso agua a los mineros, y que regresaban después a los puertos cargados de mineral.

Los empleados se dividían en al menos tres categorías, sin contar capataces y encargados. Los picadores eran hombres, fuertes y expertos, que debían rastrear el metal, barrenar y removerlo; más tarde se destacaron de entre ellos los «falseros», que se ocupaban en los lugares de mayor dificultad o peligro. Del porte interior se encargaban, como ya hemos dicho, unos muchachos que pasaban la carga de mano en mano. Su jornal era la mitad del de los primeros. El tercer grupo lo constituían los torneeros o «puntaleros», que en el exterior se encargaban de la extracción con un jornal algo inferior al de los picadores (56). El número de muchachos era inferior al de picadores y cuatro o seis puntaleros por pozo eran suficientes para atender una mina pequeña.

Los obreros recibían alojamiento (57) y comida de la empresa (58) y un jornal entre los cuatro y los siete reales (59), según las categorías; en general, eran superiores en torno a un 15 o 20 por 100 a los que se pagaban en la sierra de Cartagena. La jornada venía a ser de trece a catorce horas en la mina, con una salida a medio día para comer y descansar un par de horas.

En la sierra no había más que hombres; sus familias permanecían en sus pueblos de origen, separados mientras durara la temporada minera o «varada». Al final de ésta cobraban su jornal de los meses invertidos y regre-

(56) BOTELLA, *op. cit.*, p. 294, y Pernolet, *op. cit.*, pp. 260 y ss.

(57) El alojamiento se hacía en pequeñísimas habitaciones de dos o tres metros de altura, sin muebles. Generalmente preferían dormir al raso. Véase Pernolet, *op. cit.*, p. 263.

(58) El rancho, siempre idéntico, consistía en gachas o sopas de pan con pimentón de desayuno; un «bocadillo» de pan seco, cuyo tamaño admiró a Pernolet, a media mañana en la mina; comida al exterior con habas, habichuelas y a veces arroz; por la noche, otra sopa como el desayuno. Véase BOTELLA, *op. cit.*, pp. 69-70. El coste del rancho era de dos a dos y cuarto reales. Pernolet, *op. cit.*, página 277.

(59) 1845 era de cuatro y medio a cinco reales con alimentos a cargo del patrón y de seis y tres cuartos a siete y cuarto sin ellos. *Ibid.*, p. 277.

saban por algún tiempo. El fin de la varada era también el momento que aprovechaban los propietarios para vender sus minerales. En los años treinta la baja de la cotización del plomo forzó a los propietarios a reducir las actividades a sólo seis meses al año. No hay datos sobre ello, pero es seguro que los obreros aprovecharan para realizar entre las varadas labores agrícolas (60). Más tarde se establecieron regularmente tres varadas; la primera o «varada grande» duraba del 3 de enero al 19 de junio. La segunda, desde San Pedro hasta San Francisco (29 de junio a 4 de octubre), y la tercera, desde el 10 de octubre hasta la Pascua. La total especialización de los mineros es ahora indudable; la explotación ocupaba la mayor parte del año, y la posibilidad de atender a las labores agrarias, en una comunidad muy superpoblada, ni era posible ni necesaria. Pero ya entonces también su número era proporcionalmente reducido para el total de la población de la comarca y se frustró por completo la posibilidad de organizar un núcleo obrero importante en las

(60) Prueba evidente de ello es que los salarios experimentaban ligeras alzas en las temporadas de labores agrícolas, aunque se trata de un fenómeno menos acusado que en la sierra de Cartagena. MADRIZ confirma esta alteración en los trabajos mineros y agrícolas. Véase *Diccionario...*, t. IV, p. 109. Como precisión cabe destacar que en 1836 se estableció la primera varada del año durante los meses de marzo a mayo. Véase «Notificación de la Inspección de minas del distrito de Berja», en *Boletín Oficial de Almería*, núm. 123, 1836-II-3, p. 4.

Alpujarras, que sin duda hubiera arrastrado en cierta medida la modernización económica.

Los riesgos laborales más importantes fueron los desplomes de las galerías (61), el «emplomamiento» o saturnismo (62). Si el primer tipo de accidentes no debió ser frecuente en la sierra de Gádor ni demasiado peligroso en la de Lújar, en cambio el saturnismo sí que alcanzó proporciones elevadísimas, que BAGES estimó entre 300 y 500 afectados anualmente hacia 1850 (63). De otros accidentes laborales, como caídas o explosiones, no tenemos noticias.

Era una tierra al margen de la Ley. Bandoleros y, sobre todo, contrabandistas vivían en la sierra en contacto con los mineros y muchas veces se ocupaban en la minería. Ni siquiera la creación de una fuerza de policía especial para la sierra de Gádor pudo acabar con ello.

(61) El desplome de una galería o «caño» dejaba «trasconejados» a los picadores que no hubieran sido aplastados por la roca. Véase «El minero», en *La Tarántula*, t. I, 1842, p. 55, cit. por PÉREZ DE PERCEVAL: «La fundición de plomo en la sierra de Gádor», Memoria de Licenciatura inédita, Universidad de Granada, 1982.

(62) Es el cólico saturnino enfermedad muy conocida; la provoca la acumulación de plomo pulverizado en el intestino. Véase BAGES, F. J.: «De la intoxicación saturnina», en *Revista Minera*, t. II, pp. 683-695.

(63) *Ibid.*, p. 684.

Noticias

EL INSTITUTO GEOLOGICO HARA UN ATLAS GEOCIENFICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

El Instituto Geológico y Minero de España realizará un Atlas Geocientífico de la Comunidad de Madrid, que contendrá una síntesis gráfica a todo color de aquellos aspectos del territorio madrileño relacionados con las ciencias geológicas y sus aplicaciones.

Este Atlas reunirá la amplia información existente con el propósito de divulgar entre los ciudadanos de la Comunidad el conocimiento del territorio de la misma en sus aspectos geológicos.

Se espera que los trabajos de confección del Atlas terminen antes de finales de 1986 y será financiado completamente por el Instituto Geológico y Minero.

El Atlas recogerá la evolución del territorio de la Comunidad, las claves geomorfológicas del paisaje, los recursos de aguas subterráneas, los recursos minerales, los yacimientos prehistóricos, la geotecnia y las condiciones del suelo, los riesgos geológicos existentes, los puntos de interés geológico y una guía para excursiones geológicas.

MAPA GEOCIENFICO DEL MEDIO NATURAL PROVINCIA DE LA CORUÑA

El «Mapa Geocientífico del Medio Natural», correspondiente a la provincia de La Coruña, está publicado por el Ministerio de Industria y Energía, la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales y el Instituto Geológico y Minero de España. Su realización corrió a cargo de «Ibérica de Especialidades Geotécnicas» (IBERGESA), bajo la dirección del ingeniero de minas del IGME, Emilio Hidalgo Bayo.

Variedad petrográfica

En el apartado dedicado al bosquejo geológico se señala que la provincia de La Coruña ofrece una gran variedad petrográfica como consecuencia de la compleja geología que ofrecen las series más antiguas de la escala estratigráfica de la Península Ibérica, así como sus variadas intrusiones plutónicas.

Según el contenido de este mapa, realizado a escala 1/100.000, los terrenos más modernos se reducen a depósitos arcillosos, lignitos, arenas y conglomerados del Terciario y del Cuaternario, que ocupan zonas y cuencas de escasa extensión.

Los materiales que constituyen los terrenos de la provincia coruñesa se han cartografiado atendiendo a su naturaleza sedimentaria, metamórfica volcánica o plutónica, sin tener en cuenta criterios estratigráficos, con la excepción de los depósitos cuaternarios, que en esta categoría figuran como tales y de ello se indica su origen.

Los autores de la publicación, cuya cuidada presentación salta a la vista, advierten que un mapa geocientífico podría definirse como «un documento constituido por di-

versos mapas temáticos orientados a mostrar las posibilidades que existen en ciertas áreas para su utilización en función de las características intrínsecas de que la Naturaleza les ha dotado».

EL PLAN DE INVESTIGACION MINERA, PARA ESTE AÑO

La Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos aprobó, para su remisión al Consejo de Ministros, la elaboración, este año, de un plan de coordinación y fomento de la investigación minera con vigencia hasta 1989.

El plan de coordinación y fomento de la investigación minera tiene como objetivo realizar un programa de investigación metódica de la totalidad del potencial minero del país y coordinar la investigación realizada por la totalidad de las empresas públicas y fomento, mediante el establecimiento de un marco adecuado, de la investigación minera por la iniciativa privada.

CONTINUA DESCENDIENDO LA DEPENDENCIA DE ESPAÑA DEL CONSUMO DE PETROLEO

Ligero incremento de la energía de origen nuclear

La participación del petróleo en el total del consumo energético de España continuó descendiendo durante el pasado año, mientras que aumentó la del resto de fuentes utilizadas, especialmente la energía nuclear, según un estudio del Instituto Nacional de Hidrocarburos. Entre octubre de 1983 y septiembre de 1984 el petróleo ha perdido un 4,2 por 100 frente a una subida del 3,6 de la energía nuclear.

Aunque el consumo total de energía fue un 1,5 por 100 mayor en el período citado respecto al año anterior, sigue la tendencia decreciente de la participación del petróleo, compensada con el incremento del resto de fuentes de energía. Así, mientras que el petróleo representaba el 57,9 por 100 del consumo de energía primaria en España en los doce meses comprendidos entre octubre de 1982 y septiembre de 1983, en el mismo período del año móvil siguiente había caído al 53,7 por 100. Por el contrario, aumentó un 0,3 por 100 la participación del gas natural, cubriendo el 2,8 por 100 del total de energía consumida, un 0,1 por 100 el carbón, con un porcentaje sobre el total del 26 por 100, un 3,6 por 100 la energía de origen nuclear, pasando de cubrir el 3,1 por 100 al 6,7, y, por último, la energía hidroeléctrica, que subió 0,3 puntos y representaba un 10,8 por 100 del consumo de energía.

LA PRODUCCION DE PETROLEO BAJO UN 20,2 POR 100

La producción de petróleo de los yacimientos españoles durante 1984 ascendió a 2.324.066 toneladas, lo que supone

un descenso del 20,20 por 100 respecto a la producción de 1983, que se elevó a 2.912.563 toneladas.

Por yacimientos, «Casablanca» fue el pozo que más extrajo, con un total de 1.625.981 toneladas, si bien no alcanzó la cifra récord del 83, que logró 2.170.218, lo que supone una reducción del 25,07 por 100.

Destaca el comienzo de la explotación del yacimiento «Salmonete», que, desde que se inició en septiembre pasado, ha logrado 75.353 toneladas de petróleo, según informa Enerpress.

En el adjunto cuadro se recoge, en toneladas, los datos correspondientes al pasado año.

	1984
Amposta	44.169
Casablanca	1.625.981
Dorada	200.607
Ayoluengo	82.562
Castellón B-8	295.394
Salmonete	75.353
Total	2.324.066

LA COBERTURA DE LA BALANZA ENERGETICA MEJORO CUATRO PUNTOS EN 1984

Durante el pasado año la tasa de cobertura de nuestra balanza energética mejoró 4 puntos, pasando del 15,1 en 1983 al 19,3 en 1984. En la relación a la balanza destaca que la oferta energética española está variando con un fuerte descenso en la participación del petróleo y un aumento paralelo de otras fuentes de aprovisionamiento —nuclear, carbón e hidráulica—, además de los esfuerzos realizados en las empresas por la reducción de sus consumos de energía. En 1984 las importaciones energéticas sólo aumentaron un 4,2 por 100 en pesetas corrientes.

RENOVACION DE MIEMBROS DE INHIGEO

En la sesión cuatrienal de renovación de los miembros de la Comisión Internacional de la Historia de las Ciencias Geológicas, INHIGEO, celebrada en Moscú el 6 de agosto de 1984, designaron miembro de número a Juan Manuel López de Azcona (Madrid), y miembros correspondientes a Antonio del Valle Menéndez (Madrid), Luis Solé Sabarís (Barcelona) y Leandro Sequeiros Sanromán (Huelva).

ESTUDIO SOBRE LOS MANANTIALES DE CALDAS DE MONBUÍ

La Comisión para el estudio de las aguas mineromedicinales ha publicado la Memoria de Caldas de Monbuí, correspondiente al año 1984.

El primer capítulo se refiere a las consideraciones geográficas, geológicas, geotérmicas, históricas y analíticas, del que es autor el Dr. López de Azcona.

El segundo y tercero tratan de los análisis físico-químicos y biológicos realizados por el Dr. Oliver Clapes.

Los aspectos clínico y técnico del tratamiento balneo-

terápico los desarrolla el Dr. Figuls Poch, en el capítulo cuarto.

El capítulo quinto versa sobre los suelos, del que son autores los Drs. Cardús y Cortés.

En el sexto, el Dr. Seoane Camba trata del tapiz vegetal.

El último, del Dr. Nadal Piugdefábregas, describe la fauna vertebrada.

De esta serie de memorias, patrocinadas por la Real Academia de Farmacia, está en prensa la de 1985, correspondiente a la Fuente Amarga de Chiclana, en preparación para publicar en 1986 la de Aracena y en estudio para 1987 la de Fortuna.

La comisión, presidida por el Dr. López de Azcona, se integra con doctores en Farmacia, Medicina, Ingeniería de Minas y en Ciencias Físicas, Químicas y Naturales, y gracias a ella se dispone de una colección interesante de monografías sobre los manantiales mineromedicinales en explotación de España.

SOCIEDAD GEOLOGICA DE ESPAÑA

La creación de una Sociedad Geológica de ámbito estatal es una vieja aspiración de la comunidad geológica española. Para tal fin, el 20 de diciembre de 1984 se celebró una Asamblea Profundación en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense, en la que se eligió una Comisión Gestora con facultades para elaborar un Proyecto de Estatutos y convocar una Asamblea Constituyente para la Fundación de la Sociedad Geológica de España.

La condición de Socio Fundador se adquiere solicitándolo y aportando una cuota inicial de 2.000 pesetas para gastos de fundación, con anterioridad a la Asamblea Constituyente (que se prevé para finales de junio o principios de julio de 1985), a la siguiente dirección:

Comisión Gestora Profundación de la Sociedad Geológica de España

Real Sociedad Española de Historia Natural
Facultad de Ciencias Geológicas
Universidad Complutense
Ciudad Universitaria. 28040 MADRID

SIMPOSIO SOBRE FLUCTUACIONES CLIMATICAS DURANTE EL CUATERNARIO EN LAS REGIONES DEL MEDITERRANEO OCCIDENTAL

SYMPOSIUM ON CLIMATIC FLUCTUATIONS DURING THE QUATERNARY IN THE WESTERN MEDITERRANEAN REGIONS

Fecha/Date: Jun., 16-21, 1986
Lugar/Place of Meeting: Universidad Autónoma de Madrid.
Facultad de Ciencias. Madrid (Spain)

Organismos convocantes:

Convener institutions:

Dpto. Geología y Geoquímica.
Dpto. Botánica.
Dpto. Geografía General.
Dpto. Geografía de España y Geografía Física.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA GENERAL

841403. **Utilización de microordenadores en trabajos geológicos.** RAMON LLUCH, R., y EGUILUZ, L.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 3, 597-605, 1 ref., esp., bibl. IGME.

* Geología, Programación ordenador, Microordenador.

841404. **Cartografía automática aplicada a la investigación arqueológica.**

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 3, 607-614, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Arqueología, Prospección, Levantamiento eléctrico, Levantamiento magnético, Cartografía automática, Metodología.

841406. **I Congreso Español de Geología. Segovia (1984). Tomo IV.**

Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 625 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Hidrogeología, Enseñanza, Papel del geólogo.

841445. **Sobre la necesidad de la creación de una asignatura de «Metodología técnica y científica en las enseñanzas de Ciencias Geológicas.** ALCALA, L., y PARI-CIO, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 471-474, esp., bibl. IGME.

* Geología, Enseñanza, Programa, España.

841446. **Los conceptos geológicos desde la escuela hasta la empresa: Una propuesta de trabajo conjunto para los geólogos docentes y para los geólogos profesionales.** AN-GUITA, F.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 475-479, esp. bibl. IGME.

* Geología, Enseñanza, Perspectiva, Proyecto, España.

841449. **La ciudad como recurso didáctico.** GARCIA RUZ, J. L.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 505-515, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Enseñanza secundaria, Geología, Piedra tallada, España.

841451. **La enseñanza superior de la Geología en Europa.** MARTINELL, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 525-537, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Enseñanza superior, Programa, Geología, Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, Países Bajos, Polonia, Suiza.

841453. **La enseñanza de las Ciencias Geológicas en la primera época de la Institución Libre de Enseñanza.** ORDAZ, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 553-559, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Histórico, Institución Libre de Enseñanza 1876, Geología, España.

841456. **Estudio de la situación laboral de los geólogos licenciados entre 1979-1982.** ANDONAEGUI, P., y GUTIERREZ BLANCO, E.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 585-599, esp., bibl. IGME.

* Informe actividad, Papel geólogo, España.

841457. **Las Compañías consultoras de Geología aplicada y técnicas afines.** RODRIGUEZ PARADINAS, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 601-614, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Sociedad, Geología, Política sociedad, Estrategia, Sociedad científica, Inventario, España.

841458. **Empleo en Geología.** SERRANO OÑATE, A.; VAL MELUS, I., y YAÑEZ LINAN, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 615-625, esp., bibl. IGME.

* Estudio crítico, Planificación, Investigación científica, Geología, Papel geólogo.

841460. **Noticia de Carlos Guimbernat y de sus mapas geológicos de Europa Central, Alpes, Francia e Italia a principios del siglo XIX.** SOLE SABARIS, L., y WILDMANN, M.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 75-86, 29 ref., esp., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Geología, Cartografía, Inventario, Europa Central.

841510. **Las bases de datos en la edición electrónica.** BERENGUER, J. M.

Mundo electron. (Barcelona) (1984), núm. 143, 63-69, 4 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Documentación, Base de datos, Mercado, Mundo.

GEOLOGIA REGIONAL

841476. **José Ramón Parga Peinador.**

Breviora Geol. Astúrica (1980), vol. 24, núms. 1-2, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Bibliografía personal, Macizo galaico, Arco astúrico, Hercínico Centro, Hercínico Sur.

841538. **18 Curso de Geología Práctica, Teruel, 9-21 Julio 1984.** GUTIERREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.

Teruel: Colegio Universitario, 235 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Geología regional, Macizo Ibérico, Provincia Teruel.

841544. **Sierra de Albarracín.** RIBA ARDERIU, O.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 71-93, 15 ref., esp., bibl. IGME.

* Silúrico, Ordovícico, Carbonífero, Pérmico, Trías, Jurásico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno, Corte geológico, Mapa geológico, Escala estratigráfica, Tectónica, Macizo Ibérico, Montes Ibéricos, Sierra de Albarracín, Provincia Teruel, Cuenca.

841547. **Fosas del Jiloca y de Teruel-Alfambra.** OLIVE DAVO, A.; PORTERO GARCIA, J. M., y GUTIERREZ ELORZA, M.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 153-171, 25 ref., esp., bibl. IGME.

* Ciclo sedimentario, Sedimentación marina, Medio marino, Sedimentación continental, Medio continental, Primario, Secundario, Terciario, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Neotectónica, Graben, Geomorfología, Excursión, Síntesis bibliográfica, Jiloca, Teruel-Alfambra, Macizo Ibérico, Aragón.

ESTRATIGRAFIA

841464. **Nota sobre el hallazgo de un afloramiento marcoso de Gault de los alrededores de Felanitx. Sierras de Levante, Mallorca.** ARBONA, J., y COLOM, G.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 117-121, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Albiense, Gault, Fauna foraminífera, Caliza, Marga, Asociación fósil, Bioestratigrafía, Hedbergella, Nodosaria, Spirillanacea, Schackoinidae, Hastigerinoides, Vaginulina, Baleares, Mallorca.

841465. **Nuevos datos sobre el Plioceno del Baix Ebre. Aportación a la correlación entre las escalas marina y continental.** AGUSTI, J.; ANADON, P., y JULIA, R.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 123-130, 21 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Plioceno, Corte geológico, Medio marino, Roca clástica, Medio lacustre, Roca carbonatada, Correlación, Fauna roedor, Diente, Biometría, Provincia Tarragona.

841479. **La sucesión ordovícica y la estructura de la región de Silván (La Cabrera, León).** PEREZ-ESTAUN, A.; MARQUINEZ, J., y ORTEGA, E.

Breviora Geol. Astúrica (1980), vol. 24, núms. 3-4, 17-23, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Ordovícico, Sinclinal, Pizarra, Arenisca, Cuarzita, Corte geológico, Pliegue, Pliegue asimétrico, Deformación, Esquistosidad, Clivage pizarroso, Facies esquisto verde, Paragénesis, Tectónica superpuesta, Provincia León.

841481. **Edad de las capas con esfinctozoos citados por Barrois en la región del río Ponga (Carbonífero de la Cordillera Cantábrica, N de España).** TRUYOLS, J.; MARTINEZ CHACON, M. L., y SANCHEZ DE POSADA, L. C.

Breviora Geol. Astúrica (1980), vol. 24, núms. 3-4, 29-32, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Porifera, Sphinctozoo, Fauna braquiópodo, Asociación fósil, Bashkisiense, Moscoviense, Asturias, Provincia León.

841524. **Palinozonas neocretácitas y terciarias de la plataforma continental argentina en la Cuenca del Colorado.** GAMERRO, J. C., y ARCHANGELSKY, J.

Rev. esp. micropaleontol. (1981), vol. 13, núm. 1, 119-140, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Viseense, Westfaliense, Namuriense, Microfacies, Microfósil, Caliza, Provincia Córdoba.

841543. **El Ordovícico-Devónico de la Unidad de Herrera, Cordillera Ibérica.** CARLS, P.; LIÑAN, E., y VILLAS, E.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 56-70, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Ordovícico, Devónico, Corte geológico, Mapa geológico, Macizo Ibérico, Montes Ibéricos, Sierra de Herrera, Provincia Teruel, Zaragoza.

841545. **El Jurásico Superior y Cretácico de Moscardón, Frias de Albarracín y Tragacete. Provincias de Teruel y Cuenca.** MELENDEZ, A.; MELENDEZ, F.; PORTERO, J. M., y RAMIREZ DEL POZO, J.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 94-116, 18 ref., esp., bibl. IGME.

* Trías, Jurásico, Cretácico inf., Cretácico sup., Corte geológico, Escala estratigráfica, Excursión, Macizo Ibérico, Provincias Teruel, Cuenca.

841546. **Síntesis estratigráfica y sedimentológica del área de Montalbán.** PARDO TIRAPU, G.; PEREZ GARCIA, A., y VILLENA MORALES, J.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 117-152, 34 ref., esp., bibl. IGME.

* Primario, Trías, Jurásico, Cretácico, Terciario, Ciclo sedimentario, Estructura sedimentaria, Isopaca, Litofacies, Paleogeografía, Síntesis bibliográfica, Anticlinal, Graben, Excursión, Formación Utrillas, Formación Escucha, Montalbán, Macizo Ibérico, Montes Ibéricos, Provincia Teruel.

GEOMORFOLOGIA

841488. **Geomorfología de las costras calizas.** LOPEZ BERMUDEZ, F.

Estud. Geogr. (1981), vol. 42, núm. 162, 89-103, 26 ref., esp., bibl. IGME.

* Costra caliza, Calcificación, Génesis, Acción climática, Roca carbonatada, Relieve, Clasificación, Síntesis bibliográfica.

841489. **Curso de Geomorfología Volcánica. Universidad de La Laguna, Tenerife.** SANZ HERRAIZ, C.

Estud. Geogr. (1981), vol. 42, núm. 163, 183-186, esp., bibl. IGME.

* Enseñanza, Monografía sumaria, Geomorfología, Volcán, Canarias.

841490. **Las unidades biogeográficas del Alto Valle de Ríaza.** CAMPOAMOR, A.

Estud. Geogr. (1981), vol. 42, núm. 164, 291-313, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Biogeografía, Geomorfología, Clima, Perfil suelo, Vegetación, Provincia Segovia.

841491. **Planteamiento para el análisis geomorfológico de la Sierra del Tablón (Área subbética de Sevilla).** DIAZ DEL OLMO, F.

Estud. Geogr. (1981), vol. 42, núm. 164, 325-333, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Geomorfología, Relieve continental, Tectogénesis, Morfodinámica, Keuper, Jurásico inf., Jurásico sup., Neoceniense, Provincia Sevilla.

841506. **El efecto Foehn de San Juan de la Peña.** CREUS NOVAU, J.

Monogr. Inst. Estud. Pirenaicos (1983), núm. 110, 129-148, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Relieve continental, Viento, Humedad, Morfología erosión, Altitud, Precipitación atmosférica, Provincia Huesca.

841507. **Terrazas y glaciares del Aragón en Berdún.** SILVAN SADA, L.

Monogr. Inst. Estud. Pirenaicos (1983), núm. 110, 149-156, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Terraza, Glacis, Río, Mapa geomorfológico, Río Aragón, Berdún, Provincia Huesca.

841508. **Esboç d'alguns fenomens periglaciars a Andorra.** LLOVET, S.

Monogr. Inst. Estud. Pirenaicos (1983), núm. 110, 183-190, 6 ref., cat., bibl. IGME.

* Periglaciario, Medio postglaciario, Colada clástica, Andorra.

841509. **El Valle del Segre entre Ponts y Camarasa.** PEÑA MONNE, J. L.

Monogr. Inst. Estud. Pirenaicos (1983), núm. 110, 191-200, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Morfología erosión, Valle, Terraza, Piedemonte, Río, Valle del Segre, Provincia Lérida.

841550. **Geología y Paleontología de los alrededores de Teruel. I. Geología.** ADROVER, R.; GUTIERREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 197-208, esp., bibl. IGME.

* Neógeno, Cuaternario, Terraza, Glacis, Neotectónica, Ladera, Soliflucción, Acción climática, Mapa geomorfológico, Provincia Teruel.

841552. **Karst de Pozondón y Villar del Cobo y Periglaciario del Macizo del Tremedal. Sierra de Albarracín.** GUTIERREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 225-235, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Karst, Lapiaz, Dolina, Jurásico inf., Superficie erosión, Pontiense, Plioceno inf., Periglaciario, Mapa geomorfológico, Macizo Ibérico, Provincia Teruel.

CUATERNARIO

841511. **Dépôts rituels magdaléniens de la grotte d'Erralla (Pays Basque).** ALTUNA, J.; BALDEON, A., y MARRIEZKURRENA, K.

Munibe (1984), vol. 36, 3-10, 4 ref., franc., res. ing., bibl. IGME.

* Cuaternario, Magdaleniense, Gruta, Datación, C14, Fauna mamífero, Osamenta, Utensilio, Provincia Guipúzcoa.

841512. **Le sanctuaire magdaléniens de la grotte de La bastide (Hautes Pyrénées. France).** OMNES, J.

Munibe (1984), vol. 36, 19-26, 17 ref., franc., bibl. IGME.

* Gruta, Mapa caverna, Cuaternario, Magdaleniense, Altos Pirineos.

841515. **Informe preliminar de la primera campaña de excavaciones en el poblado eneolítico de La Renke (Santurde, Alava).** ORTIZ, L.; FERREIRA, P.; TARRINO, J. M.; LOBO, P. J., y VIVANCO, J. J.

Munibe (1984), vol. 36, 51-54, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Arqueología, Cuaternario, Neolítico, Eneolítico, Utensilio, Provincia Alava.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

841492. **Cambio en los usos del agua.** MORALES, A., y JUAREZ, C.

Estud. Geogr. (1981), vol. 42, núm. 165, 375-395, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Gestión recurso agua, Política de Estado, Histórico, Obra pública, Estudio crítico, España.

841494. **Ordenación territorial de la Sierra de Cazorla (Jaén).** ROJAS, M.

Estudios territoriales (1983), vol. 10, 77-112, 37 ref., esp., bibl. IGME.

* Planificación regional, Geomorfología, Clima, Hidrología superficie, Jurásico, Cretácico, Mioceno, Caliza, Dolomía, Sierra de Cazorla, Provincia Jaén.

PALEONTOLOGIA: GENERALIDADES

841497. **Extinciones masivas en los océanos.** STANLEY, S. M.

Invest. cienc. (1984), núm. 95, 30-39, esp., bibl. IGME.

* Fauna, Extinción, Medio marino, Océano, Variación nivel, Agua mar, Temperatura, Enfriamiento.

PALEONTOLOGIA: INVERTEBRADOS

841473. **Contenido en corales rugosos de la formación Moniello, Devónico inferior-medio, en su localidad tipo, Cordillera Cantábrica, Asturias, NO de España.** SOTO, F.

Breviora Geol. Astúrica (1979), vol. 23, núms. 1-2, 12-16, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Fauna corales, Rugosa, Taxinomia, Devónico inferior, Devónico medio, Formación Moniello, Luanco, Asturias, Montes Cantábricos, Arco Asturiano.

841516. **Biostratigraphic studies on the Upper Eocene Apollonia Formation of NW Jabal Al Akhdar, NE Libya.** EL KHOUDARY, R. H., y HELMDACH, F. F.

Rev. esp. micropaleontol. (1981), vol. 13, núm. 1, 5-23, 22 ref., ing., res. esp., bibl. IGME.

* Bioestratigrafía, Foraminífero, Ostrácodo, Taxón planctónico, Eoceno sup., Libia.

841518. **The evolution and distribution of the Ostracod genus Leptocythere Sars, 1925 from the Miocene to Recent in Europe.** WHATLEY, R., y MAYBURY, C.

Rev. esp. micropaleontol. (1981), vol. 13, núm. 1, 25-42, 37 ref., ing., res. esp., bibl. IGME.

* Ostrácodo, Podocopida, Biogeografía, Bioestratigrafía, Evolución biológica, Extinción, Diversidad especie, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Paleogeografía, Europa.

841520. **Foraminíferos planctónicos como indicadores hidrológicos de tres cruceros oceanográficos en el Atlántico sudoccidental.** LENA, H., y WATANABE, J.

Rev. esp. micropaleontol. (1981), vol. 13, núm. 1, 61-68, 18 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Fauna foraminífero, Ecología, Circulación oceánica, Corriente, Expedición cruceros, Atlantis II, R/V HERO, R/V MELVILLE, Argentina, Brasil, Uruguay.

PALEONTOLOGIA: VERTEBRADOS

841513. **Primer hallazgo de Mamut (Mammuthus primigenius Blumenbach) en el País Vasco Meridional.** AL-TUNA, J.

Munibe (1984), vol. 36, 27-32, 12 ref., esp., res. ing., vasco, bibl. IGME.

* Caverna, Fauna mamífero, Rodentia, Carnívoro, Perro, Lobo, Mustélido, Ungulado, Mammuths primigenius, Osamenta, Biometría, Provincia Guipúzcoa.

841514. **Faune de la grotte préhistorique du bois du Contet (Espèche, Hautes-Pyrénées, France).** CLOT, A.

Munibe (1984), vol. 36, 33-50, 49 ref., franc., bibl. IGME.

* Gruta, Cuaternario, Magdalenense, Datación, C14, Fauna mamífero, Inventario, Artiodactyla, Perissodactyla, Caballo, Carnívoro, Logomorpha, Fauna roedor, Insectívoro, Primates, Biometría, Altos Pirineos.

841551. **Geología y Paleontología de los alrededores de Teruel. II. Paleontología.** ADROVER, R.; GUTIERREZ ELORZA, M., y PEÑA MONNE, J. L.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 209-224, 21 ref., esp., bibl. IGME.

* Fauna mamíferos, Histórico, Inventario, Yacimiento fosilífero, Terciario, Macizo Ibérico, Provincia Teruel.

PALEOBOTANICA

841478. **Mixoneura Wagneri, nueva especie del Estefaniense de la Península Ibérica.** LORENZO, P.

Breviora Geol. Astúrica (1980), vol. 24, núms. 1-2, 11-16, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Gimnosperma, Pteridosperma, Hoja, Taxón nuevo, Estefaniense, España, Portugal.

841498. **Reconstrucción del ambiente a través de los granos de polen.** SALGADO-LABOURIAU, M. L.

Invest. cienc. (1984), núm. 96, 6-17, 5 ref., bibl. IGME.

* Paleocología, Evolución biológica, Polen, Polimorfa, Flora, Bioestratigrafía, Paleomovimiento.

841517. **Two Discoaster from Turkey.** ALI SADEK y OZDEN OZER.

Rev. esp. micropaleontol. (1981), vol. 13, núm. 1, 43-45, 11 ref., ing., res. esp., bibl. IGME.

* Coccolithophorales, Discoaster, Nanofósil, Composición carbonatada, Taxón nuevo, Eoceno, Turquía.

841523. **Late Visean microfossils of the Las Caleras Bajas Limestone, Córdoba, Spain.** MAMET, B., y MARTINEZ, C.

Rev. esp. micropaleontol. (1981), vol. 3, núm. 1, 105-118, 6 ref.; ing., res. esp., bibl. IGME.

* Dinoflagellata, Bioestratigrafía, Eoceno sup., Oligoceno.

TECTONICA

841450. **Estudio con ordenador de la geometría de los pliegues salinos del diapiro de Cardona.** LLORENTE, J. A.; MATA, J. M., y VILA, S.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 517-524, 2 ref., esp., bibl. IGME.

* Diapiro, Pliegue, Geometría, Programa ordenador, Cardona, Provincia Barcelona.

841466. **Notes sobre la neotectónica al Valles Oriental.** DE MAS, D.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 131-138, 10 ref., cat., res. franc., bibl. IGME.

* Neotectónica, Lineación, Teledetección, Perfil geofísico, Método gravimétrico, Geomorfología, Falla, Depresión, Provincia Barcelona.

841472. **Distribución y determinación cuantitativa de la deformación interna en el corte de Cabo Peñas, Zona Cantábrica, NW de España.** FERNANDEZ MARTINEZ, M. V., y PEREZ-ESTAUN, A.

Breviora Geol. Astúrica (1979), vol. 23, núms. 1-2, 1-12, 15 ref., esp., bibl. IGME.

* Flujo esquistoso, Deformación, Pliegue, Tectónica superpuesta, Pizarra, Ordovícico medio, Asturias, Montes Cantábricos, Arco Asturiano.

841474. **La prolongación del manto de Mondoñedo en la zona occidental del domo de Lugo (Galicia, España).** MARTINEZ CATALAN, J. R.

Breviora Geol. Astúrica (1979), vol. 23, núms. 3-4, 17-22, 12 ref., esp., bibl. IGME.

* Pliegue, Pliegue tumbado, Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Deformación, Domo, Falla, Falla cabalgamiento, Primario, Provincia Lugo.

841539. **Principales rasgos de la evolución de la Cadena Ibérica centro-oriental.** SIMON GOMEZ, J. L.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 1-17, 22 ref., esp., bibl. IGME.

* Tectónica de cobertera, Tectónica zócalo, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Graben, Flexura, Aulacogen, Compresión tectónica, Neotectónica, Rift, Macizo Ibérico, Maestrazgo, Serranía de Cuenca, Provincias de Cuenca, Teruel, Castellón, Valencia.

841540. **La tectónica del Precámbrico y Cámbrico inferior del Valle del Jalón.** CAPOTE, R.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 18-29, esp., bibl. IGME.

* Tectónica zócalo, Pliegue, Anticlinal, Falla, Falla inversa, Falla cabalgamiento, Tectónica superpuesta, Orogenia hercínica, Microtectónica, Antecámbrico, Límite estratigráfico, Cámbrico, Macizo Ibérico, Provincia Zaragoza.

HIDROGEOLOGIA

841407. **Hidroquímica da Ilha da Madeira.** ALMEIDA, C.; ROMARIZ, C., y OLIVEIRA, S. M.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 1-8, 3 ref., port., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Hidroquímica, Análisis mayores, pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, Diagrama equilibrio, Roca volcánica, Isla de Madeira.

841408. **Estudio sobre la posibilidad de abastecer a núcleos urbanos de la provincia de Segovia con aguas subterráneas.** ANDOLZ, J.; DELGADO, C., y SAHUN, B.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 9-16, esp., bibl. IGME.

* Informe actividad, Gestión recursos agua, Acuífero, Caliza, Dolomía, Cretácico, Terciario, Provincia Segovia.

841409. **Análisis e interpretación de las curvas de recesión correspondientes a dos surgencias kársticas en la provincia de Vizcaya.** ANTIGUEDAD, I.; ERASO, A., y CRUZ-SANJULIAN, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 17-27, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Fuente, Karst, Hidrograma, Modelo matemático, Estudio de un caso, Provincia Vizcaya.

841410. **Una limitación de uso en acuíferos litorales detríticos recientes.** TRILLA, J., y BACH, P.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 29-40, esp., bibl. IGME.

* Medio litoral, Acuífero, Morfodinámica, Zona saturada, Agua mar, Agua dulce, Interfase, Estudio de un caso, Calidad agua, Ión cloruro, Figueras, Provincia Gerona.

841411. **Estudio hidrogeológico de un manantial kárstico intermitente: Las Ufanas de Gabellí (Mallorca). Posibilidades de regulación.** BARON, A.; FAYAS, J. A., y GONZALEZ CASANOVAS, C.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 41-51, 2 ref., esp., bibl. IGME.

* Gestión recurso agua, Acuífero, Karst, Fuente intermitente, Caudal, Piezometría, Hidroquímica, Temperatura, Ensayo caudal, Baleares, Mallorca.

841412. **Proceso de salinización de las aguas subterráneas en el Llano de Palma (Isla de Mallorca).** BARON, A.; FALLAS, J. A., y GONZALEZ CASANOVAS, C.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 53-63, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero libre, Acuífero cautivo, Intrusión agua salada, Alimentación natural, Transmisividad, Hidroquímica, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, Corte geológico, Baleares, Mallorca.

841413. **Las aguas subterráneas y la política energética.** BATLLE, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio

Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 65-74, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Energía, Electricidad, Agua subterránea, Gestión recursos agua, Producción, Previsión, España.

841414. **Intrusión marina en el acuífero costero del río Verde (Granada).** FERNANDEZ RUBIO, R.; BENAVENTE, J., y JALON, M.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 75-86, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Medio litoral, Aluvión, Agua mar, Agua dulce, Interfase, Intrusión agua salada, Hidroquímica, Ión cloruro, Alimentación, Precipitación atmosférica, Piezometría, Río Verde, Almuñécar, Provincia Granada.

841415. **Evolución hidroquímica en los canales de drenaje de la turbera de Padul (Granada).** CASTILLO, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 87-97, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Depresión, Turbera, Drenaje terreno, Canal marino, Muestreo, Hidroquímica, Análisis menores, Padul, Provincia Granada.

841416. **Estudio de un sistema acuífero carbonatado situado al noreste de Priego de Córdoba (Subbético medio, Cordilleras Béticas).** CASTILLO, A.; CARMONA, J.; MEDINA, J., y MOLINA, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 99-108, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Roca carbonatada, Dolomía, Lías, Keuper, Alimentación natural, Precipitación atmosférica, Balance agua, Priego, Provincia Córdoba.

841417. **Hidrogeología de la cuenca vertiente a la depresión de Padul (Granada).** CASTILLO, A., y FERNANDEZ RUBIO, R.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 109-121, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero libre, Acuífero cautivo, Dolomía, Caliza, Roca clástica, Transmisividad, Hidroquímica, Balance agua, Depresión, Drenaje terreno, Triás, Mioceno, Padul, Provincia Granada.

841418. **Sistema de flujo y características químicas e isotópicas en el acuífero terciario y detrítico de Madrid.** FERNANDEZ URÍA, A.; HERRAEZ, I.; LLAMAS, M., y RUBIO, P.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 123-137, 17 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Roca clástica, Alimentación natural, Infiltración, Sistema multicapa, Modelo, Hidroquímica, Zona saturada, Informe químico, O 18-O 16, pH, Provincia Madrid.

841419. **Estudio de la posible contaminación debida a compuestos tóxicos orgánicos sintéticos (plaguicidas y pesticidas) en las aguas subterráneas de la región de Madrid.** GOMEZ ARTOLA, C.; SAHUQUILLO, J., y TOVES, L.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 139-150, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Contaminante, Análisis cuantitativo, Cromatografía, Cromatograma, Legislación, Provincia Madrid.

841420. **Precisiones sobre la estructura y el funcionamiento hidrogeológico del acuífero profundo de la región suroccidental de la provincia de Huelva.** GONZALEZ MARTINEZ, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 151-161, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero cautivo, Caliza, Dolomía, Hidrodinámica, Modelo, Balance agua, Jurásico, Mioceno, Provincia Huelva.

MINERALOGIA: GENERALIDADES

841405. **Programas de manejo de fichero adaptados al método de aproximación a la interpretación de diagramas de polvo.** MARTIN RAMON, J. D., y ROMERO, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 3, 615-620, 1 ref., esp., bibl. IGME.

* Diagrama de polvo, Programa ordenador, Interpretación.

841447. **Interpretación de diagramas de precesión-difracción de rayos X, simulados con ordenador.** ARRIORTUA, M. I.; MARTINEZ DE MUSITU, F., y ULIBARRI, M.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 481-492, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Difracción RX, Diagrama monocristal, Simulación, Programa ordenador.

841452. **Reorganización del Museo del IGME (Sección Mineralogía).** MIRETE MAYO, S.; ABRIL HURTADO, J., y QUINTERO AMADOR, I.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 539-552, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Museo, IGME, Colección, Mineralogía, Clasificación, Ordenador, Programa ordenador, Provincia Madrid.

841455. **Cálculos cristalográficos en diagramas Weissenberg generados con ordenador.** ULIBARRI, M. A.; MARTINEZ DE MUSITU, F., y ARRIORTUA, M. I.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 573-584, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Diagrama monocristal, Programa ordenador, Estructura cristalina, Malla elemental, Difracción RX.

MINERALOGIA: NO SILICATOS

841468. **Datos cristalográficos del tetraborato cálcico octohidratado.** DOMENECH, M. V., y SOLANS, J.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 147-150, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Borato, Síntesis, Cristal, Goniometría, Constante reticular, Difracción RX, Dato.

841477. **La cristalografía del monoborato potásico hidratado.** DOMENECH, M. V., y SOLANS, J.

Breviora Geol. Astúrica (1980), vol. 24, núms. 1-2, 2-10, 17 ref., esp., bibl. IGME.

* Borato, Potasio, Estructura cristalina, Diagrama de polvo, Experiencia.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

841448. **Los depósitos silíceos y el sílex hoy. Algunos aspectos de su utilización en el pasado y presente.** ELORZA, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 493-504, 21 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca sedimentaria, Sílex, Sustancia útil, Composición mineralógica, Cuarzo, Opalo, Génesis, Origen biógeno, Inventario, Provincias Vascas.

841461. **Unidades deposicionales del Neógeno Menorquín.** POMAR, L.; OBRADOR, A.; RODRIGUEZ, A., y JURADO, M. J.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 87-97, 31 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Neógeno, Ciclo sedimentario, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Sedimentación recifal, Medio recifal, Variación nivel, Roca clástica, Fauna, Baleares, Menorca.

841462. **Aportaciones al estudio del Mioceno del extremo oriental de Menorca.** ROSELL, J., y LLOMPART, C.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 99-104, 29 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mioceno, Corte geológico, Ciclo sedimentario, Control tectónico, Variación nivel, Cono aluvión, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Sedimentación recifal, Medio recifal, Discordancia, Baleares, Menorca.

841467. **Origen marino de la sal triásica del domo de Pinoso (Alicante, España).** ORTI, F., y PUEYO, J.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 139-145, 29 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Domo, Evaporita, Sedimentación marina, Medio marino, Halita, Bromo, Análisis menores, Provincia Alicante.

841470. **Sobre la mineralogía y posibles aplicaciones de rocas carbonatadas del SO de la provincia de Badajoz.** LISO, F. J.; GALAN, E., y LISO, M. V.

Bol. Soc. Esp. cerám. vidr. (1984), vol. 23, núm. 3, 179-186, 4 ref., esp., res. ing., franc., alem., bibl. IGME.

* Roca carbonatada, Cámbrico, Cantera, Clasificación, Difracción RX, Análisis mayores, Composición mineralógica, Informe químico, Utilización sustancia, Provincia Badajoz.

841475. **Sedimentos submareales del borde nororiental del cabo Peña (Asturias, España).** FLOR, G.

Breviora Geol. Astúrica (1979), vol. 23, núms. 3-4, 23-32, 12 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca clástica, Sedimentación, Clasificación granulométrica, Método estadístico, Carbonato, Fauna molusco, Fauna gasterópodo, Transporte, Medio subtidal, Cabo Peñas, Asturias.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

841548. **Rocas sieníticas alpinas asociadas a materiales del Keuper en Villel, Teruel.** SANCHEZ CELA, V.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 172-186, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Afloramiento, Sienita, Roca encajante, Evaporita, Keuper, Alteración roca encajante, Metasomatosis, Mineralización, Análisis químico, Provincia Teruel.

YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

841463. **El Mioceno de la Sierra Norte de Mallorca (Sector centro-occidental).** RODRIGUEZ PEREA, A., y POMAR GOMA, L.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 2, 105-116, 37 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Burdigaliense, Ciclo sedimentario, Control tectónico, Sedimentación margen continental, Medio litoral, Turbiditas, Graben, Corte geológico, Baleares, Mallorca.

YACIMENTOLOGIA: METALES

841541. **Papel de la karstificación en la génesis de los yacimientos de hierro de Sierra Menera, Teruel y Guadalajara.** FERNANDEZ-NIETO, C.; FERNANDEZ RUBIO, R.; GUTIERREZ ELORZA, M., y ARRESE SERRANO, F.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 30-52, 45 ref., esp., bibl. IGME.

* Goetita, Fe sustancia, Yacimiento estratiforme, Génesis yacimiento, Roca carbonatada, Lixiviación, Karst, Disolución, Ordovícico, Silúrico, Sierra Menera, Macizo Ibérico, Provincias Teruel, Guadalajara.

YACIMIENTOLOGIA: SUSTANCIAS NO METALICAS

841469. **Utilización de minerales de tipo micáceo en la obtención de vidrios y materiales vitrocrystalinos. II.** RINCON, J. M.

Bol. Soc. Esp. cerám. vidr. (1984), vol. 23, núm. 3, 171-178, 9 ref., esp., res. ing., franc., alem., bibl. IGME

* Vidrio, Mica sustancia, Moscovita, Vermiculita, Propiedad física, Análisis térmico diferencial, Análisis mayores, Método MET, Difracción RX, Provincia León, Provincia Huelva.

841471. **Influencia de las características físicas de caolines en las propiedades de porcelana de alta alumina.** SANDOVAL DEL RIO, F., y GONZALEZ PEÑA, J. M.

Bol. Soc. Esp. cerám. vidr. (1984), vol. 23, núm. 3, 187-194, 5 ref., esp., res. ing., franc., alem., bibl. IGME.

* Caolín, Cerámica, Superficie específica, Propiedad física, Difracción RX, Provincia Zaragoza, Provincia La Coruña.

SUELOS

841439. **Las aguas subterráneas y las humedades de Madrid.** SASTRE MERLIN, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 383-397, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Suelo, Suelo hidromorfo, Humedad suelo, Arcosa, Vegetación, Agua subterránea, Provincia Madrid.

GEOQUIMICA

841402. **Técnicas de análisis multivariante en la clasificación geoquímica de materiales graníticos de la Sierra de Guadarrama.** POLVORINOS, A. J., y ASTUDILLO, J.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 3, 579-596, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Análisis menores, Granito, Tratamiento datos, Análisis componente principal, Clasificación, Sierra de Guadarrama, Provincia Madrid.

841421. **Aplicaciones hidrológicas de las dataciones radioactivas al acuífero detrítico de Madrid.** HERNANDEZ HINOJO, J., y LOPEZ VERA, F.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio

Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 163-173, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Manto agua, Roca clástica, Hidrodinámica, Agua subterránea, Datación, C14, Tritio, Hidroquímica, Velocidad, Permeabilidad, Provincia Madrid.

841422. **Contribución al conocimiento hidrogeoquímico del macizo kárstico de la piedra de San Martín (Pirineo Occidental).** LOPEZ MARTINEZ, J.; HERRAEZ, I., y LLAMAS, M.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 175-188, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Karst, Agua subterránea, Hidroquímica, Análisis menores, Dureza agua, Conductividad eléctrica, O 18, Río subterráneo, Caudal río, Balance agua, Pirineos españoles, Provincia Huesca, Navarra.

841423. **Geoquímica de las aguas profundas del acuífero de Madrid.** LOPEZ VERA, F., y GOMEZ ARTOLA, C.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 189-201, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Manto agua, Ión, Cloruro, Sulfato, Carbonato, Análisis menores, Conductividad eléctrica, Provincia Madrid.

841431. **Características hidroquímicas del acuífero aluvial del polje de Zafarraya.** OLLERO ROBLES, E., y GARCIA GARCIA, J. L.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 4, 287-294, esp., res. franc., bibl. IGME.

* Hidroquímica, Nitrato, Sulfato, Ión, Transmisividad, Manto agua, Aluvión, Mapa hidroquímico, Karst, Polje, Zafarraya, Provincia Granada.

FISICA DEL GLOBO

841499. **Volcanes submarinos.** HEKINIAN, R.

Invest. cienc. (1984), núm. 96, 18-28, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Dorsal oceánico, Expansión fondo oceánico, Volcán, Manifestación volcánica, Corteza oceánica.

ENERGIA

841482. **Datos comparativos de la minería del carbón, enero, febrero y marzo 1984.** CARBUNION.

Datos comp. min. carbón (1984), núms. 1-2-3, 14 pp., esp., bibl. IGME.

* Carbón, Lignito, Antracita, Estadística, Producción, Reserva, Productividad, Dato, Provincias de León, Oviedo, Palencia, Teruel, La Coruña.

841483. **Política de conservación de energía a corto plazo.** DEL RIO, A.

Econ. Ind. (1984), núm. 237, 41-53, esp., bibl. IGME.

* Energía, Economía de la energía, Planificación, Política de Estado, España.

841484. **Nota sobre la financiación del PEN.** DURAN, J.

Econ. Ind. (1984), núm. 237, 41-53, esp., bibl. IGME.

* Energía, Planificación, Financiación, Política del Estado, España.

841485. **La minería del carbón en España.** ARTIEDA, J. I.

Econ. Ind. (1984), núm. 237, 179-187, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Consumo, Producción, Planificación, Reserva, Prospección minera, Programa, España.

841486. **Estadística 1981.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Estadística de Prospección y Producción de Hidrocarburos (1982), 66 pp., esp., bibl. IGME.

* Estadística, Prospección, Sondeo, Levantamiento sísmico, Título minero, Sociedad, Producción, Investigación, Hidrocarburo, 1959-1981, España.

841487. **Estadística 1982.** MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA.

Estadística de Prospección y Producción de Hidrocarburos (1983), 61 pp., esp., bibl. IGME.

* Estadística, Prospección, Sondeo, Levantamiento sísmico, Título minero, Sociedad, Producción, Investigación, Hidrocarburo, 1959-1982, España.

841496. **Intervención del Estado en la minería del carbón y el PEN.** KINDELAN, J. M.

Ind. Min. (1984), núm. 240, 49-58, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Política de Estado, Planificación, España.

MAPAS

841500. **L'Espartit.** GALLEGO, I. C.; GARCIA VELEZ, A.; LOPEZ, F., y PALLI BUXO, L.

Mapa Geol. Esp., escala 1:50.000, 2.ª Serie MAGNA, IGME (1983), núm. 297, 1 mapa, 22 pp., 86 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Triás, Jurásico, Cretácico, Eoceno sup., Oligoceno, Pleistoceno, Holoceno, Orogenia alpina, Cadena Costera Catalana, Provincia Gerona.

841501. **Blanes.** GALLEGO, I. C.; GARCIA VELEZ, A.; LOPEZ, F., y PALLI BUXO, L.

Mapa Geol. Esp., escala 1:50.000, 2.ª Serie MAGNA, IGME (1983), núm. 365, 1 mapa, 47 pp., 98 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Cámbrico, Ordo-

vífico, Silúrico, Devónico, Carbonífero, Oligoceno, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno, Holoceno, Orogenia hercínica, Orogenia alpina, Roca ígnea, Cadena Costera Catalana, Provincias Gerona y Barcelona.

841502. **San Fellú de Guixols.** GALLEGO, I. C.; GARCIA VELEZ, A.; LOPEZ, F., y PALLI BUXO, L.

Mapa Geol. Esp., escala 1:50.000, 2.ª Serie MAGNA, IGME (1983), núm. 366, 1 mapa, 28 pp., 76 ref., esp., bibl. IGME.

* Memoria explicativa, Mapa geológico, Ordovícico, Silúrico, Carbonífero, Plioceno, Cuaternario, Orogenia hercínica, Roca ígnea, Metamorfismo de contacto, Cadena Costera Catalana, Provincia Gerona.

ECONOMIA MINERA

841401. **Un ejemplo de aplicación geoestadística bajo restricción geológica: Evaluación Mina Brunita-Sierra de Cartagena.** GALLEGO RODRIGUEZ, A.; MANTECA MARTINEZ, J. I., y PALOMERO MONTES, A.

I Congreso Español de Geología. Segovia (1984), Colegio Oficial Geólogos (Madrid), vol. 3, 565-578, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Evaluación yacimiento, Yacimiento Pb-Zn, Geoestadística, Modelo físico, Modelo matemático, Control tectónico, Yacimiento estratiforme, Reapertura mina, Cielo abierto, Pérmico, Triásico, Sierra de Cartagena, La Unión, Provincia Murcia.

841493. **El mayor complejo salinero de Europa: Torre Vieja-El Pinos.** COSTA, J.

Estud. Geogr. (1981), vol. 42, núm. 165, 397-430, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Agua mar, Evaporación, Salmuera, Explotación, Sal gema, Diapiro, Producción, Metodología, Valor explotación, Mercado, Provincia Alicante.

841542. **Compañía Minera de Sierra Menera, S. A., desarrollo de los trabajos.** DEBON GOMEZ, A.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 53-55, esp., bibl. IGME.

* Goetita, Fe sustancia, Yacimiento estratiforme, Calidad mineral, Geología minera, Reserva, Sierra Menera, Provincia Teruel, Provincia Guadalajara.

841549. **Caolines de Riodeva, Teruel-Valencia.** GALAN, E.

18 Curso de Geología Práctica, Teruel (1984), Colegio Universitario, 187-196, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Caolín sustancia, Yacimiento estratiforme, Sedimentación continental, Medio continental, Propiedad física, Análisis químico, Caolinización, Mineralurgia, Producción, Valor producción, Albiense, Wealdense, Neocomiense, Macizo Ibérico, Provincia Teruel, Provincia Valencia.

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.

Boletín Geológico y Minero

Revista bimestral de geología económica
Industrias extractivas y de su beneficio

Instituto Geológico y Minero de España
Ríos Rosas, 23 - 28003-Madrid. España

BOLETIN DE SUSCRIPCION

Suscripción anual (6 números)

ESPAÑA e IBEROAMERICA 1.650 ptas.
DEMÁS PAISES 1.800 ptas.

Nombre, Organismo o Empresa

Profesión

Dirección Teléfono

Ciudad (provincia) D. P.

País FIRMA

Fecha

FORMA DE PAGO

Contra reembolso.

Talón nominativo.

BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO

ACUSE DE RECIBO

HEMOS RECIBIDO
WE HAVE RECEIVED
NOUS AVONS RECU

NOS FALTA
WE ARE IN WANT OF
IL NOUS MANQUE

FECHA FIRMA
DATE SIGNATURE

NOMBRE
NAME
NOM

DIRECCION
ADDRESS
ADRESSE

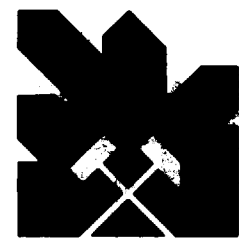
ROGAMOS DEVUELVAN ESTE ACUSE DE RECIBO, NECESARIO PARA NUESTRO CONTROL, Y DIRIGIDO EXCLUSIVAMENTE A AQUELLOS CENTROS QUE RECIBEN ESTA PUBLICACION CON CARACTER GRATUITO EN REGIMEN DE INTERCAMBIO.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

44
13 JUN. 1985



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid