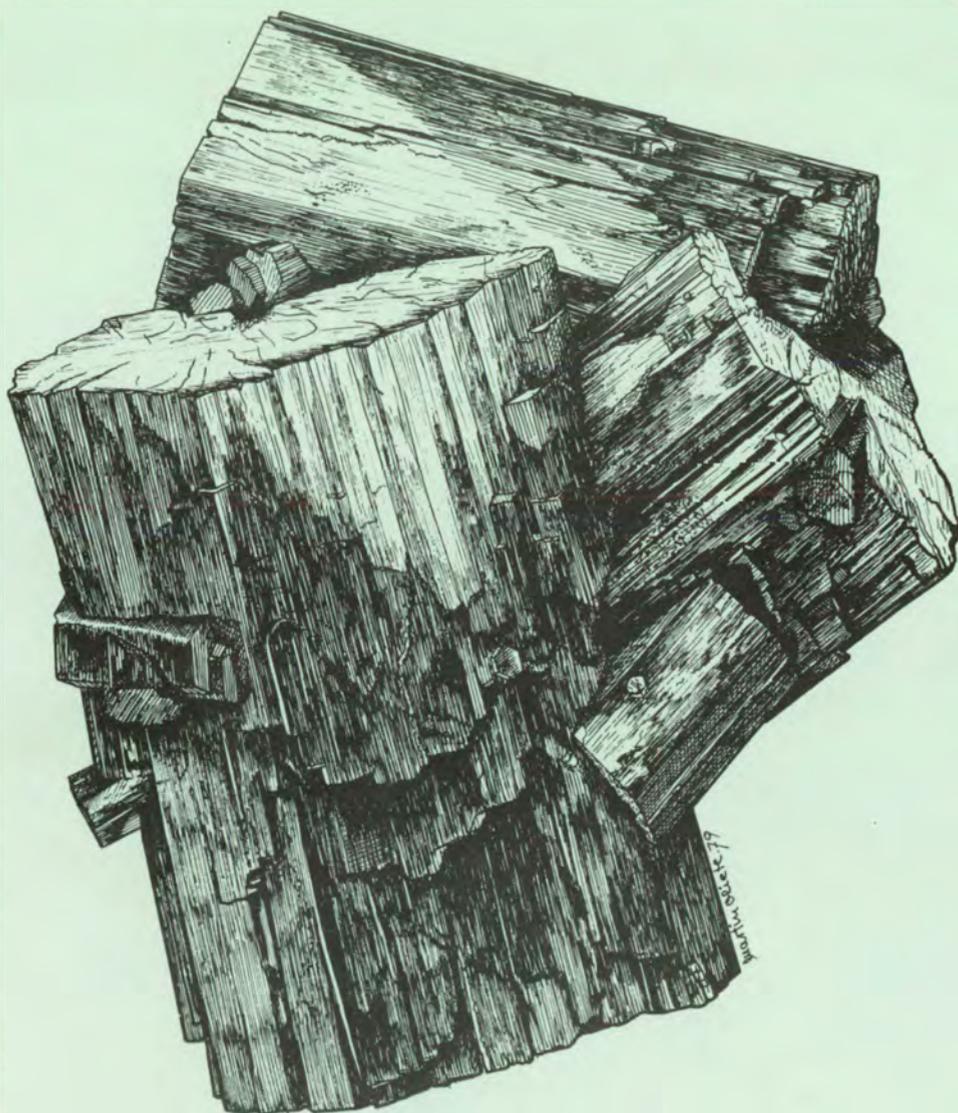


# Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía

AÑO III



Nº 2  
FEBRERO 1980



# BOLETIN SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERALOGIA

Nº 2

FEBRERO 1980

## DIRECTOR

JOSE M<sup>a</sup> MELGAR ESCRIVA DE ROMANI

## GERENTE

SALVADOR MIRETE MAYO

## JEFE DE REDACCION

EMILIO GALAN HUERTOS

## COMITE DE REDACCION

AURELIO ALVAREZ PEREZ

FERNANDO APARICIO MARTINEZ

RAFAEL ARANA CASTILLO

MERCEDES DOVAL MONTOYA

PURIFICACION FENOLL HACH-ALI

FEDERICO FOS CARBAJOSA

JOSE M<sup>a</sup> GARCIA DE MIGUEL

JOSE GONZALEZ MARTINEZ

FRANCISCO LOPEZ AGUAYO

MARTIN OLIETE FONTELA

VICENTE SOS BAYNAT

## SUMARIO

Pág.

- 3 EDITORIAL (CARTA DEL PRESIDENTE)
- 5 ACTIVIDADES DE LA S.E.M.
- 9 SOBRE ALGUNAS MINERALIZACIONES DE BARITA  
EN EL PALEOZOICO DE MALAGA, por G. Barceló, E.  
Galán y F. Carrasco
- 24 ALGUNOS MINERALES CARACTERISTICOS DE LA  
PROVINCIA DE GRANADA, por R. Arana Castillo
- COLECCIONABLE—SISTEMATICA: CERUSITA**
- 35 ESTUDIO GEOLOGICO Y MINERALOGICO DE LA  
WOLLASTONITA DE MERIDA (BADAJOZ), por M.J.  
Liso y J. Guixa
- 43 LA TECTONICA DE FRACTURA EN LOS YACIMIEN-  
TOS DEL AREA DE BOSSOST (VALLE DE ARAN —  
LERIDA), por A. Alvarez Pérez
- 50 ENSEÑANZA PRACTICA DE LA MINERALOGIA  
EN EL B.U.P., por S. Mirete
- 52 NUEVAS ESPECIES MINERALES
- 53 ANEXO A LA LISTA DE SOCIOS
- INFORMACION CIENTIFICA**

Depósito Legal: M. 32586 — 1979

Imprime: ADOSA — Gral. Mola 210 — Madrid - 2



Los días 31 de mayo y 1 de junio de 1980, y bajo el patrocinio de la Sociedad Española de Mineralogía y del Instituto Gemológico Español, se celebrará en Madrid la

## II BOLSA INTERNACIONAL DE MINERALES Y FOSILES DE MADRID

El Comité Organizador se complace en saludar y ofrecer nuestra ciudad a todos aquellos que, interesados en Mineralogía, Gemología, Paleontología y ciencias afines, deseen exponer, vender, comprar o intercambiar ejemplares.

La Bolsa se celebrará en el Salón "Dos Castillas" del Hotel Meliá Castilla, calle Capitán Haya núm. 43, que se encuentra situado a menos de 10 minutos de la Estación Internacional de Ferrocarril de Chamartín.

### HORAS DE VISITA:

Sábado 31 mayo, de 10 H. a 20 H.  
Domingo 1 junio, de 10 H. a 20 H.

### ENTRADA GRATUITA

### PARA TODA CORRESPONDENCIA DIRIGIRSE A:

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERALOGIA  
Museo de Ciencias Naturales  
Paseo de la Castellana, 80  
MADRID - 6

o

INSTITUTO GEMOLOGICO ESPAÑOL  
V́ctor Hugo, 1  
MADRID - 14

## EDITORIAL

### CARTA DEL PRESIDENTE

*Al tomar el relevo de la Presidencia de la Sociedad por la dimisión de mi amigo y compañero Gonzalo Leal Echevarría, quisiera en primer lugar reconocer la gestión realizada por mi antecesor en los difíciles momentos que suponen la creación de una sociedad y sus primeros pasos. Así mismo tengo que agradecer la confianza que tanto la Junta como los socios han puesto en mí con este nombramiento.*

*Me hice cargo de la Presidencia con el propósito de dar un nuevo impulso a la Sociedad basado en una clara orientación hacia la integración de todos los grupos y personas que estén relacionados con la mineralogía e intentar, de acuerdo con los Estatutos, la mayor difusión posible a todos los niveles del conocimiento de los minerales y de fomentar la afición hacia los mismos, con un especial interés en la juventud.*

*Para desarrollar esta tarea es imprescindible la mayor colaboración, orientada en primer lugar hacia una apertura de carácter nacional tendente a la vinculación a nuestra Sociedad de todos los grupos autónomos que ya funcionan en nuestro país y los que en lo sucesivo puedan crearse, con objeto de aunar nuestros esfuerzos en bien de la mineralogía.*

*En segundo lugar, me parece importante el desarrollar nuestras relaciones y contactos internacionales para homologarnos a sociedades de características similares que funcionan fuera de nuestro país, con la esperanza de que estos intercambios de experiencia contribuyan a un mejor cumplimiento de nuestros fines sociales.*

*Creo que esta apertura nacional e internacional mejorará notablemente nuestras actividades actualmente en marcha: publicaciones, congresos, bolsas de minerales, etc.; nos facilitará el desarrollo de las nuevas actividades sobre las que estamos trabajando y nos permitirá orientarnos para fijar objetivos futuros.*

*Por último, mi larga experiencia la pondré a contribución de la Sociedad con el fin de mejorar en lo posible su organización y funcionamiento con la mira puesta en alcanzar las metas señaladas, y, aunque sé que el camino está lleno de dificultades, dados los escasos medios con que contamos, no por ello cesará mi esfuerzo por conseguirlas.*

*En consecuencia, quiero aprovechar esta ocasión para solicitar la colaboración de todos en esta tarea de lograr una Sociedad Española de Mineralogía con nivel internacional, con el compromiso firme por mi parte de que la junta actual no regateará esfuerzos en prestar la ayuda necesaria a las nuevas ideas y sugerencias que se nos planteen, quedando siempre a vuestra disposición para cualquier iniciativa.*



**PETROPOLIS**  
minerales y fósiles

Castrocontrigo, 5-Apartado, 54  
Teléfono 64 19 25  
LA BANEZA (León)

PROXIMAMENTE EN GIL Y CA-  
RRASCO 3 1<sup>º</sup> A, LEON TEL. 205456



atractiva, original, única  
natural...

... así es la piedra.

# JAIME SERRATE PLANS

MINERALES Y FOSILES PARA  
COLECCION Y ENSEÑANZA

SOLICITE CATALOGO GRATUITO

AL APARTADO, 250

TARRASA  
BARCELONA

## ACTIVIDADES DE LA S.E.M.

### ASAMBLEAS GENERALES DE SOCIOS

El pasado día 15 de diciembre, se celebraron las Asambleas Extraordinaria y Ordinaria de la S.E.M. en las que participaron entre asistentes y representados setenta socios.

En la Asamblea Extraordinaria y a propuesta de la Junta Directiva se aprobó la modificación del artículo 15, añadiendo el siguiente párrafo:

*"Cuando a juicio de la Junta Directiva y en casos excepcionales sea necesario, se propondrá la reelección de un determinado miembro de la misma".*

En Asamblea Ordinaria entre los asuntos más importantes cabe destacar:

#### Previsión Económica para 1980

<b>Ingresos</b>	Saldo anterior + cuota 79 aún por cobrar	50.000 ptas.
	Cuotas de socios	400.000 ptas.
	<b>TOTAL</b>	<b>450.000 ptas.</b>
<b>Gastos</b>	Secretaría, Gratificaciones y Dietas Junta Directiva y representaciones	90.000 ptas.
	Edición N <sup>o</sup> 2 Boletín y Volumen Extraordinario N <sup>o</sup> 2	340.000 ptas.
	Imprevistos	20.000 ptas.
	<b>TOTAL</b>	<b>450.000 ptas.</b>

### RENOVACION DE LA JUNTA DIRECTIVA

De acuerdo con los estatutos y teniendo en cuenta las dimisiones presentadas por el Presidente y Tesorero de la Junta anterior, el pasado día 18 de diciembre se procedió a la elección de los nuevos cargos, quedando la actual Junta Directiva como sigue:

<b>PRESIDENTE DE HONOR:</b>	D. JOAQUIN FOLCH GIRONA
<b>PRESIDENTE:</b>	D. EMILIO DEL VALLE MENENDEZ. Madrid.
<b>VICEPRESIDENTE:</b>	D. AURELIO ALVAREZ PEREZ. Barcelona.
<b>SECRETARIO:</b>	D. J. M <sup>a</sup> MELGAR ESCRIVA DE ROMANI. Madrid.
<b>VICESECRETARIO:</b>	D. SALVADOR MIRETE MAYO. Madrid.
<b>TESORERO:</b>	D. GONZALO CORTIÑAS BRAVO. Madrid.
<b>VOCALES:</b>	D. FERNANDO APARICIO MARTINEZ. Madrid. D. ANTONIO BURRIEL BARCELO. Bilbao. Dña. PURIFICACION FENOLL HACH-ALI. Granada. D. FEDERICO FOS CARBAJOSA. Valencia. D. JOSE MARIA GARCIA DE MIGUEL. Madrid. D. JESUS GARCIA IGLESIAS. Oviedo. D. MARTIN OLIETE FONTELLA. Madrid. Dña. SOCORRO VICENTE Y MANGAS. Sevilla.

Quedando la candidatura de vocales abierta hasta el número de 20 que el Sr. Presidente propondrá a la Junta para su elección a petición del interesado.



Stratos

HEMOS RECIBIDO NUEVA IMPORTACION  
AMPLIA GAMA DE VARIEDADES ESPECIAL COLECCION

Agradecemos a todos, clientes y amigos sus atenciones, intentando ofrecer constantemente: calidad, selección, variedad y precio.

D. RAMON DE LA CRUZ, 73 - Tel. 402 49 18 - MADRID-1

## **BOLETIN INFORMATIVO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERALOGIA**

A la vista del presupuesto económico para el año 1980, en el que como se ve sólo se podrá editar un número ordinario del Boletín (el que tienen en sus manos) y también con el fin de ir dando un carácter más formal al mismo y no perder la relación entre los socios, la Junta Directiva cree oportuno editar trimestralmente a ciclostic o fotocopia, un Boletín Informativo que se mandará a todos los socios con las actividades de la Sociedad y anuncios de otras actividades que sean interesantes como informes de Bolsas, Libros, Excursiones, Congresos, conferencias, etc. Así pues, saldría este Boletín los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre (después de la Asamblea Ordinaria). El Boletín normal con una periodicidad cuatrimestral siempre que se pueda económicamente (Febrero, Junio, Octubre).

## **COMISION DE NOMENCLATURA**

Se va a crear en el seno de la Sociedad la comisión de "Nomenclatura Mineral", que tendrá como principal misión proponer a los organismos internacionales oportunos el nombre para las especies minerales o variedades descubiertas en España, homologar nombre en castellano de la especie con los demás idiomas y velar por la continuidad de los nombres admitidos ya, típicamente españoles, así como de informar de cambios, nombre en desuso, etc.

Esta comisión está coordinada por el Vicesecretario de la Sociedad D. Salvador Mirete Mayo, a quien se le puede dirigir cualquier consulta sobre el tema y sugerencias.

### **COLOQUIO—MESA REDONDA**

**"Enseñanza de la Mineralogía en el Bachillerato"**

**24 de abril de 1980 a las 18 horas**

**ORGANIZA:** SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERALOGIA—SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES DEL I.N.B. SAN JUAN BAUTISTA.

Profesores y alumnos interesados en participar enviar solicitud a la Sociedad por escrito o personalmente en la misma. Miércoles de 5 a 6.

Máximo de participación 20. Sólo para socios de la S.E.M. y alumnos del I.N.B. San Juan Bautista.

**LUGAR:** Aula—Laboratorio del Seminario de Ciencias del I.N.B. Barrio San Juan Bautista.

Calle San Nemesio — Metro La Paz — Autobús 11 — Microbús M - 7.

# **GEMAS y MINERALES**

**GEMAS Y MINERALES DE COLECCION**

**Plaza Chueca,6, 3º B,izq.  
Teléf. 2320387**

**Madrid - 4**



**LUPUS ROCK  
MINERALES**

**PADILLA, 29 - MADRID-6  
ESPAÑA  
Telefs. 203 19 25 y 766 09 72**

**MINERALES  
COLECCION , DECORACION , ENSEÑANZA , MAYORISTAS**

## SOBRE ALGUNAS MINERALIZACIONES DE BARITA EN EL PALEOZOICO DE MALAGA

G. Barceló (\*), E. Galán (\*\*\*) y F. Carrasco (\*).

(\*) *Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga.*

(\*\*\*) *Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.*

### RESUMEN

Se describen varios depósitos de barita en el Paleozoico Superior del complejo Malaguide. Las mineralizaciones se presentan estratificadas o como filones, y arman en conglomerados y pizarras. La barita puede alcanzar una ley del 95 por ciento, siendo los carbonatos las impurezas más significativas. Del estudio geológico, mineralógico y químico, se sugiere un origen sedimentario, procediendo al bario de rocas preexistentes. Posteriormente la baritina ha sido removilizada y tectonizada durante la orogenia alpina.

El interés económico de estos depósitos es limitado, pero se establece la posibilidad de encontrar otros afloramientos en el mismo área de acuerdo con la mineralogénesis propuesta.

### ABSTRACT

Several strataboud barite mineralizations in the Upper Paleozoic of "Malaguide Complex" are described. Barite deposits occur interbedded with conglomerates and shales or as veins along breccia zones. The barite contents reach up to 95 % being dolomite the main impurity.

From geological, mineralogical and chemical study a sedimentary origen is suggested. The barium come from preexisting rocks by recycling process. Later, the barite has been remobilized during Alpine orogenesis.

The economical interest of these deposits is very limited, but the possibility of finding other barite deposits in the same area according with the genesis is established.

### 1. INTRODUCCION

La baritina es el mineral del bario más abundante en la naturaleza y se explota en más de cuarenta países con una producción global del orden de los 4,5 millones de Tm/año. Los principales productores son: Estados Unidos, Francia, Alemania Occidental, Méjico, Perú, Irlanda, Italia, Marruecos y Grecia, con cantidades que oscilan entre el millón y las 100.000 Tm. España se puede situar entre los quince primero países con una producción del orden de las cien mil Tm.

Las reservas mundiales se sitúan en los 200 millones de Tm, según SIBBING (1975) o en los 300 millones, según BROBST (1973) (Tabla I). En este cálculo se tienen en cuenta las reservas y los recursos condicionales (reservas subeconómicas). Sin embargo, los recursos de barita de todos los tipos y categorías son del orden de los 2 billones de Tm.

La escasez de reservas de muchos de los países productores (Perú, Irlanda, Grecia, Francia, etc.) (Tabla II), sugiere que en estos países los depósitos de barita se agotarán dentro de los próximos 20 años, si continua el ritmo de la demanda de este material. Perú, por ejemplo, que figura entre los diez primeros productores, sólo cuenta con un millón Tm de reservas seguras, lo que significa que apenas tiene reservas para diez años al ritmo de produc-

**TABLA I**

**Recursos Mundiales de Barita (x 10<sup>6</sup> Tm)**

AREA	IDENTIFICADOS (RESERVAS)	HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
Norteamérica	118	180	400
América Central	2	5	10
Sudamérica	15	20	100
Europa	75	85	220
Africa	38	50	200
Asia	52	50	300
Oceanía	10	10	50
<b>TOTAL</b>	<b>310</b>	<b>400</b>	<b>1.280</b>

Según Brobst (1973)

**TABLA II**

**Principales reservas de Barita (millones de Tm)(\*)**

Estados Unidos	93	R.D.A.	3
Canadá	5	Gran Bretaña	2,2
Méjico	4	Marruecos	12
Brasil	3	Argelia	12
Chile	3	China	10
Yugoslavia	12	Turquía	4
R.F.A.	7	Irán	3
U.R.S.S.	6	Tailandia	2,5
Italia	5	Corea (N)	3
Bulgaria	5	Corea (S)	3
Grecia	3,5	Japón	3,3
Francia	3,5	Australia	5
Irlanda	3		

(\*) Se han omitido aquellos países con menos de 2 millones de Tm. (Tomada de Brobst, 1975)

ción actual. De este mismo orden son las reservas estimadas para España (BROBST, 1975), por lo que si no se descubren nuevos yacimientos o se condiciona que los recursos pasen a reservas, dejará de ser productora hacia el año 2000.

La baritina tiene múltiples usos basados principalmente en su alto peso específico, blancura e inercia química. Las principales industrias que utilizan barita son: la petrolífera para lodos de sondeos, la química para fabricar todos los compuestos de bario (más de dos mil), la industria del vidrio, la de pinturas (especialmente para la fabricación del litopón) y como carga en papel, plásticos, hormigones, caucho, etc.

El alto poder de absorción de radiaciones supone que pueda usarse en concreto como protector antirradiactivo (laboratorios de rayos X, centrales nucleares, etc). Cerca del 80 por ciento de la producción de barita, se usa para la fabricación de lodos de sondeos; el 10 por ciento en la industria química y el resto para los demás usos citados.

En España se conocen múltiples indicios de barita, repartidos por varias provincias, algunos de los cuales se explotan actualmente, pero se desconoce hasta el momento las reservas españolas por falta de investigación en este sector. Los yacimientos que tienen un mínimo potencial minero se encuentran en las siguientes áreas, ordenadas de mayor a menor importancia: Córdoba—Badajoz—Huelva—Sevilla; Zaragoza—Guadalajara—Teruel; Oviedo—Santander—Vascongadas; Madrid; Málaga—Almería; Zamora; Cataluña.

El número de explotaciones es variable de un año a otro y trabajan en general de forma intermitente en función de la demanda. En 1972 había 29 explotaciones distribuidas en 13 provincias, mientras en 1977 la producción fue de 83.000 Tm obtenida en 18 grupos mineros, distribuidos por sólo ocho provincias: Barcelona (1), Córdoba (8), Guadalajara (1), Madrid (1), Santander (1), Oviedo (1), Tarragona (1) y Zaragoza (5), (Estadística Minera de España, 1977). Aunque el número de explotaciones ha disminuido, la producción se ha mantenido en el mismo orden de magnitud durante los últimos años:

De la producción de 1977 se exportó 38.509 Tm, o sea, un 45 por ciento, siendo el resto utilizado en pigmentos, industria química, cargas y vidrios, en orden decreciente. Es de suponer que el material exportado se usó preferentemente en lodos para sondeos petrolíferos.

La mayoría de los yacimientos españoles de barita son de tipo filoniano, asociados a manifestaciones graníticas o removilizadas durante las orogenias hercínica y alpina, armando en terrenos paleozóicos y secundarios. La baritina es una ganga frecuente de los filones de Pb o de Pb—Zn de origen mesothermal, pero otras veces es el componente esencial de tales filones. Los rasgos esenciales de los principales depósitos españoles de barita han sido citados por SIERRA Y ORTIZ (1971) y VAZQUEZ (1978).

El presente trabajo quiere contribuir al conocimiento de los depósitos de barita en España, mediante el estudio de la mineralogía, características y condiciones de formación de varios afloramientos de barita en el paleozóico de la provincia de Málaga.

## 2. LOCALIZACION DE LOS DEPOSITOS

Los depósitos estudiados están situados al Este de Almogía (Málaga), en la margen izquierda del río Campanillas (Fig. 1). Los cuatro afloramientos de barita mostrados se localizan en los parajes conocidos por Venta Linares ( $36^{\circ} 49' 10''$  N —  $0^{\circ} 48' 20''$  E), Venta José Mora ( $36^{\circ} 50' 40''$  N —  $0^{\circ} 49' 35''$  E), El Barranco ( $36^{\circ} 51' 05''$  N —  $0^{\circ} 49' 15''$  E) y los Higueros ( $36^{\circ} 52' 35''$  —  $0^{\circ} 49' 20''$  E) (M.T.N. a 1: 50.000 n<sup>o</sup> 1053, Málaga, y 1.039, Colmenar).

El acceso se realiza por la carretera de Málaga a Almogía, tomando el desvío de la antigua carretera de Antequera que parte del Km 14 y sigue el cauce del río Campanillas.

Todos los afloramientos corresponden a mineralizaciones que fueron en algún momento explotadas, pero que actualmente están abandonadas. Están citados en la Hoja n<sup>o</sup> 83 del Mapa Metalogénico de España (I.G.M.E., 1974), descritos como depósitos de barita de morfología,

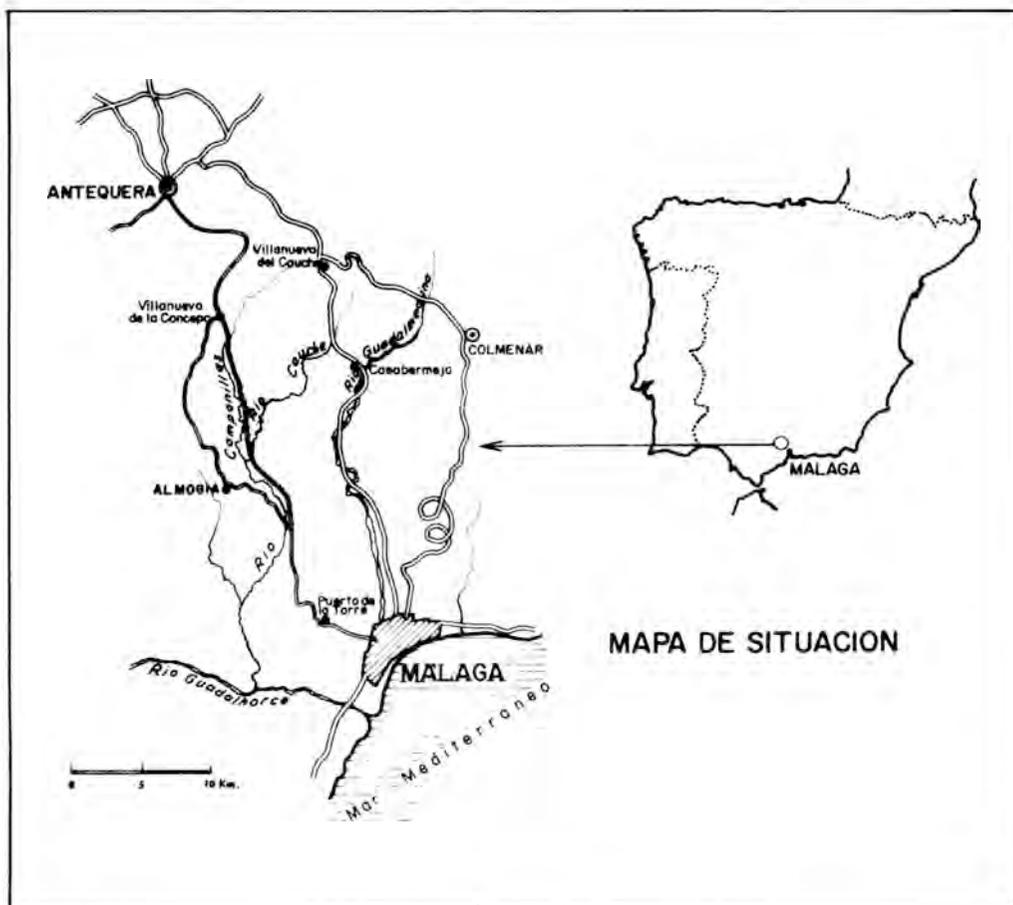


Fig. 1.— Situación de la zona en estudio.

génesis y roca de caja desconocidas y situados en el paleozoico del Complejo Malaguide.

El Complejo Malaguide es el conjunto superior de los tres que constituyen la zona Bética, S.S. y está caracterizado por un paleozoico apenas metamorizado, muy potente, y una corbetera mesozoica y terciaria de escasa potencia. Las características geológicas de este complicado sector bético han sido mejor conocidas gracias a los trabajos de BLUMENTHAL (1949), FALLOT (1948), KOCKEL y STOPPEL (1962) y MON (1971) que han ayudado a esclarecer los problemas estratigráficos y tectónicos de la región, que aún no están totalmente resueltos debido principalmente a la falta de fósiles y a la intensa tectonización soportada.

El paleozoico está compuesto por gneises basales, micasquistos, filitas, calizas (Silúrico—Devónico medio), alternancia de grauwacas y pizarras arcillosas con intercalaciones de conglomerados (Devónico medio—Carbonífero inferior) y conglomerados poligénicos muy cementados (Carbonífero superior). La potencia total es superior a los 1.500 m. Esta serie se encuentra afectada por diques, filones y sills de rocas ígneas tipo diabasa.

El Permotriás está representado por conglomerados, areniscas y arcillas rojo—violáceas. En el techo predominan las arcillas con algunos lentejones de yeso y dolomías. Su potencia es del orden de los 150 m.

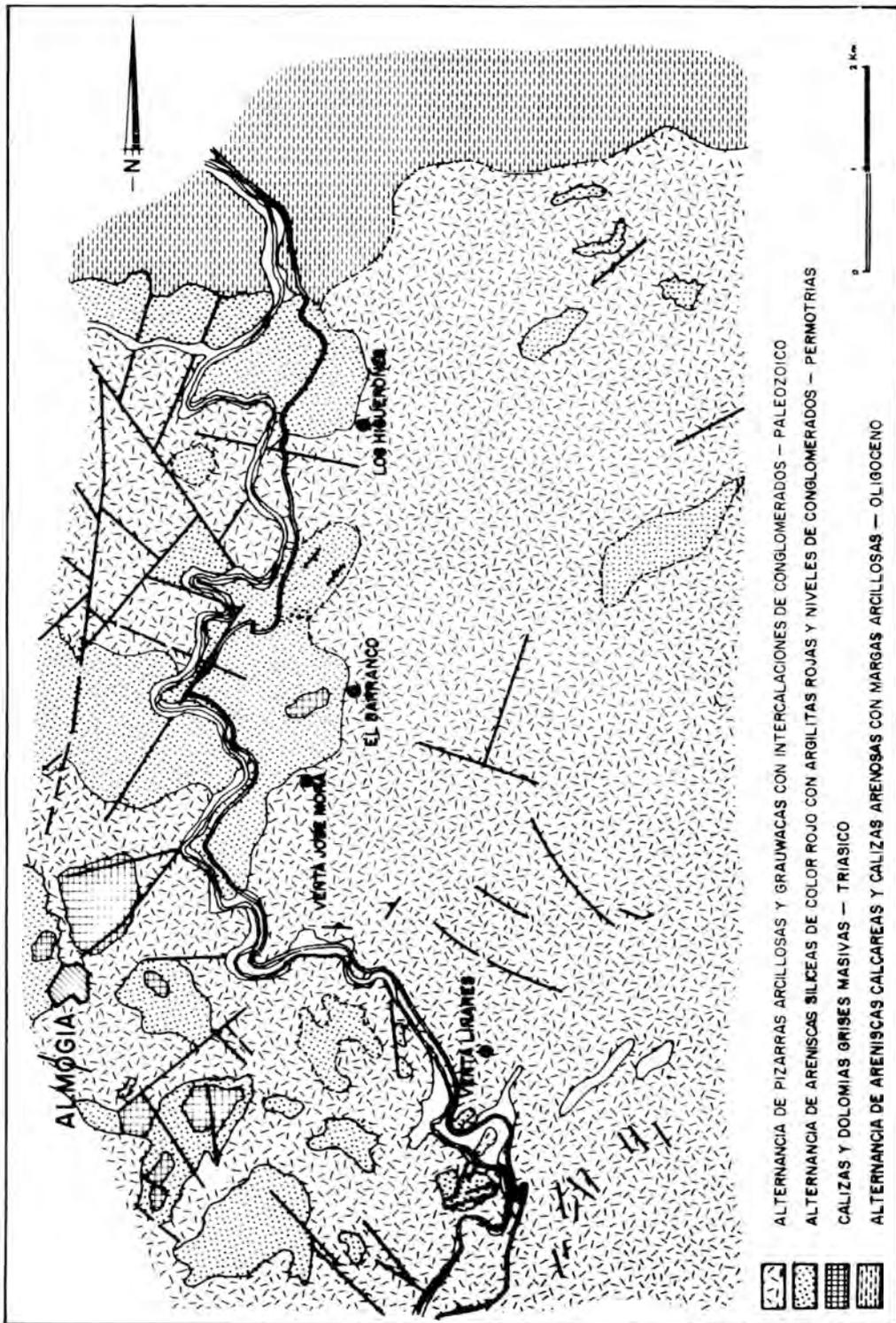


Fig. 2.— Localización Geológica de las Mineralizaciones de Barita. Cartografía Ministerio O.P. (1975)

El Trías está formado por arcillitas rojas en la base, con algún lentejón de yeso y areniscas (Trías inferior) y dolomías grises con intercalaciones de calizas y arcillas (Trías medio-superior).

El Jurásico es calcáreo, dolomítico en la base y calizo en el resto, con un espesor de unos 50 m.

El Cretácico inferior fosiliza los huecos y depresiones de un karst labrado en las calizas jurásicas, y el Cretácico superior está constituido por margocalizas rosadas. Finalmente, el Nummulítico está formado por margas en los tramos inferiores y calizas organógenas en el Eoceno.

Los materiales que afloran en el área de trabajo (Fig. 2), pertenecen a los episodios superiores del Paleozóico y al Permotrías. Las mineralizaciones de barita se encuentran asociadas a los últimos niveles paleozóicos. Estos materiales forman parte de la Formación Almogía, descrita por MON (1971) con la siguiente serie: un nivel de radiolaritas en la base; un paquete de grauvacas de color gris-verdoso, de unos 60 m. de espesor, con numerosas intercalaciones de conglomerados; unos 150 m de esquistos verde-oliva y, en el techo, restos de un conglomerado poligénico.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS. MATERIALES

#### Venta Linares

La mineralización de barita se encuentra en la parte superior de una serie de pizarras y esquistos verdes paleozóicos que presentan dirección N-S y buzamientos de 25° N. La serie está fuertemente diaclasada, midiéndose las direcciones N 50° E y N 70° W como más características. A cinco metros por encima de la mineralización se encuentra el contacto con los conglomerados, areniscas y arcillas rojas del Permotrías.

La barita es masiva, blanca o ligeramente coloreada, de tipo amigdaloides, con una potencia de 5 a 12 cm. y formando un nivel subhorizontal, congruente con la estratificación, pero sin llegar a ser estratiforme. La baritina encaja entre conglomerados (muro) y pizarras (techo).

El afloramiento ha sido objeto de una pequeña explotación a cielo abierto, hoy abandonada, cuyo frente tiene una dirección N-S y muestra unos 2 m. de mineralización.

El muestreo efectuado ha sido el siguiente:

- 1/3: Pizarra del techo
- 1/1: Barita
- 1/2: Conglomerado del muro

#### El Barranco

Se trata de una explotación a cielo abierto de un cuerpo lenticular de baritina, bastante blanca (a veces vetada de marrón) cuya potencia máxima es de 0,5 m. La mineralización es subhorizontal y tiene aspecto estratiforme, encajando en conglomerados poligénicos paleozóicos, formados por cantos rodados heterogéneos de cuarzo, feldspatos, carbonatos y baritina, en sus contactos con la mineralización.

El conjunto está afectado por una serie de fracturas, entre las que predominan las de dirección N 60° E, que a veces desplazan, y ocultan la mineralización (Fig. 3). Al oeste, sobre los conglomerados se superponen los materiales detríticos del Permotrías.

Los materiales estudiados son:

- 2/2: Conglomerados del muro
- 2/4: Conglomerados del muro en contacto con la barita
- 2/1: Barita



Fig. 3.— Depósito El Barranco. Detalle de la Mineralización.

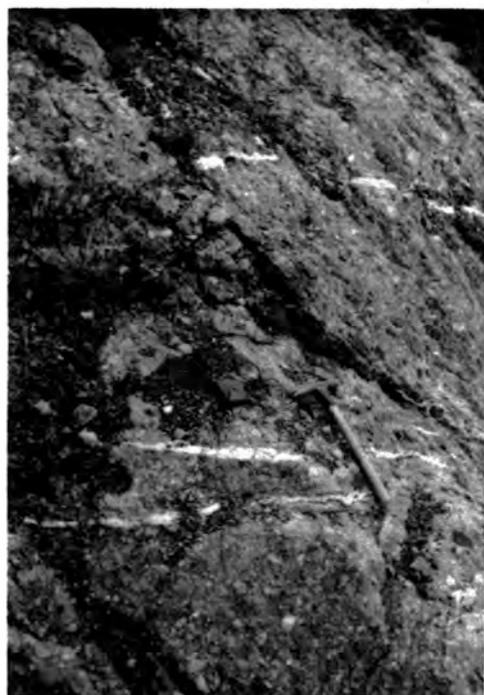


Fig. 4.— Depósito Venta José Mora. Mineralizaciones de barita a modo de filones en los conglomerados poligénicos.



Fig. 5.— Venta José Mora. Depósito principal de barita:

#### Venta José Mora

La mineralización está encajada en conglomerados poligénicos muy cementados constituidos por cantos muy redondeados de diversos tamaños y naturaleza. Presentan aspecto masivo, con una estratificación grosera de N 20° E, buzando 35° W y están atravesados por una red de pequeños filoncillos de baritina (Fig. 4) de 1 a 20 cm. de potencia, con un contacto neto.

El filón principal fue explotado mediante trincheras y galerías y tiene una dirección de N 20° E, igual a la de los conglomerados, pero un buzamiento superior, de unos 60° W, y una potencia de 0,6 a 1 m. (Fig.5). En los contactos con la roca encajante aparece una delgada capa de filitas grises.

Por encima de los conglomerados se sitúan materiales rojos del Permotría y cerca se observan rocas de posible origen ígneo, a modo de diques, en los conglomerados.

Los siguientes materiales corresponden al filón principal:

- 3/5: Pizarra tomada del techo
- 3/4: Conglomerado del techo
- 3/2: Barita
- 3/6: Conglomerado del muro

También se ha muestreado uno de los filoncillos pequeños como asimismo la formación de conglomerados en que arman estos filones y la baritina comercializada. Las muestras son:

- 3/1: Barita
- 3/3: Conglomerado de caja
- 3/7: Formación de conglomerado (sin relación con los filones de baritina)
- 3/8: Baritina comercial

#### Los Higueros

Se trata de una explotación a cielo abierto en una zanja de dirección N20° E. La mineralización principal de baritina tiene un espesor que oscila entre 0,50 y 1 m., con buzamiento de 45° W. La roca encajante son los conglomerados paleozóicos de grano grueso, masivos y en los hastiales se observan unos finos niveles de filitas.

La baritina aparece rellenando fracturas a modo de pequeños filones, pero en la explotación se presenta a veces en forma de bolsadas en los conglomerados.

Se han tomado muestras de baritina y de las filitas que aparecen en el techo del filón principal:

- 4/1: Filita de techo
- 4/3: Barita

## 4. COMPOSICION MINERALOGICA Y QUIMICA

La composición mineralógica se ha determinado por difracción de rayos X (método del polvo cristalino) y por microscopía de luz transmitida. En la tabla III se resume la mineralogía de las muestras estudiadas, estimada a partir de su estudio difractométrico.

Los conglomerados están compuestos por cuarzo, feldespato potásico y plagioclasas alcalinas en granos gruesos, a veces con carbonatos, y como matriz, clorita e illita en escasas cantidades. Los materiales pizarrosos en contacto con las mineralizaciones de barita están compuestos esencialmente por los mismos minerales, pero presentan una textura de grano fino, con estructura orientada y un mayor contenido en filosilicatos, especialmente en clorita.

En ambos materiales, conglomerados y pizarras, se ha detectado la presencia de baritina, especialmente en los correspondientes a los depósitos de Venta José Mora y Los Higueros. Inclusive, la muestra 3/7, que es un conglomerado no relacionado con las mineralizaciones, presenta baritina.

Las cloritas de los conglomerados y pizarras, determinadas por difracción de rayos X de acuerdo con el sistema propuesto por BAILEY (1972), son de tipo **sheridanita**, según la clasificación de FOSTER (1962). Se trata pues de cloritas muy ricas en aluminio, especialmente de tipo tetraédrico y muy escaso contenido en hierro. Siguiendo la simplificación aprobada por el Comité de Nomenclatura de la AIPEA (1978) (BAILEY et al., 1979) para la denominación de las cloritas, se podría definir como **clinocloros aluminicos**.

TABLA III

Composición Mineralógica

MUESTRA	Q	FTO.	CL	I	DO	CA	BA
1/3	M	M	M	M	—	E	—
-1/1	—	—	—	—	—	I	MA
1/2	A	M	E	E	—	I	—
2/2	A	M	M	E	—	—	—
2/4	MA	M	E	E	—	E	—
-2/1	—	—	—	—	—	I	MA
3/5	MA	M	E	E	E	—	I
3/4	MA	M	I	—	M	I	I
-3/2	—	—	—	—	E	—	MA
3/6	MA	E	—	—	E	E	—
-3/1	—	—	—	—	M	—	MA
3/3	MA	E	—	I	M	—	E
3/7	MA	M	M	E	—	E	E
-3/8	—	—	—	I	—	—	MA
4/1	A	M	E	M	E	—	E
-4/3	—	—	—	I	E	E	MA

Q: Cuarzo; FTO.: Feldespatos; CL: Clorita; I: Ilita; DO: Dolomita; CA: Calcita; BA: Baritina  
 —: Muestra de barita; I: Indicios; E: Escaso; M: Medio; A: Abundante; MA: Muy abundante

La **barita** es bastante pura desde el punto de vista mineralógico. Las impurezas más significativas son de carbonatos, especialmente de dolomita, y son frecuentes los indicios micáceos. Al microscopio se observa como la baritina está fuertemente tectonizada (Figs. 6 y 7). Se presenta en cristales de gran tamaño, a veces idiomorfos, con maclas polisintéticas y con maclas mecánicas de deformación, orientadas en varias direcciones. La baritina es reemplazada por carbonatos (especialmente por dolomitas) (Figs. 8 y 9). Se puede observar además una última etapa de silicificación. Son frecuentes los óxidos de hierro.

En el depósito de Venta José Mora la baritina se encuentra en una brecha que pone en contacto pizarras con un conglomerado formado por cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas (albita-oligoclasas), biotita y moscovita (Fig. 10). Esta brecha se ha deformado posteriormente y cementado por carbonatos y sílice. Algo parecido se puede decir de los Higueros, mientras que las baritas de los afloramientos de Venta Linares y El Barranco se encuentran menos deformadas y se hallan en contacto normal con los conglomerados poligénicos.

Las medidas obtenidas para los ángulos 2V $\gamma$  son variables y en general menores que los referidos en la bibliografía, lo que puede deberse a las deformaciones sufridas por los cristales al ser afectados por la fuerte tectonización ya comentada.

La composición química cualitativa determinada por fluorescencia de rayos X(1) se recoge en la tabla IV. Se ha hecho una diferenciación entre los elementos detectados en

(1) Los autores agradecen a la Dra. M.T. García González, del Instituto de Edafología (C.S.I.C.) de Madrid, la realización de los análisis por FRX. Asimismo agradecen a D. Marcelino Lago (Dpto. Petrología, Univ. Zaragoza) su colaboración en el estudio microscópico.

función de las intensidades relativas de sus líneas características, distinguiéndose los intensos y relativamente intensos, de los que sólo aparecen como trazas. En la tabla V aparecen los análisis químicos cuantitativos de las muestras de barita.

**TABLA IV**

**Composición Química Cualitativa**

MUESTRA	S	Ba	Sr	Ca	Zn	Cu	Ni	K	Rb	Zr	Si	Fe	Ti
1/3	—	T	T	X	T	T	T	X	T	—	X	X	X
-1/1	X	X	X	X	—	—	—	T	—	—	—	—	—
1/2	—	T	T	X	T	T	—	X	T	T	X	X	X
2/2	—	T	T	X	T	T	—	X	T	—	X	X	X
-2/1	X	X	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/5	T	X	T	X	T	—	—	X	T	—	X	X	T
3/4	—	X	X	X	T	—	T	X	T	—	X	X	T
-3/2	X	X	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/6	T	X	X	X	T	—	T	X	T	T	X	X	X
-3/1	X	X	X	X	—	—	—	T	—	—	—	X	—
3/3	T	X	X	X	—	—	—	X	—	—	X	X	—
3/7	—	T	T	X	T	T	—	X	T	—	X	X	X
4/1	T	X	X	X	T	—	T	X	T	T	X	X	X
-4/3	X	X	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—

X: Presente en cantidad significativa; T: Presente como traza; —: Ausente.

**TABLA V**

**Composición Química de la Baritina**

MUESTRA	SO <sub>4</sub> Ba	SO <sub>4</sub> Sr	CO <sub>3</sub> Ca	(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CaMg	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1/1	92.92	1.69	1.70	0.15	0.15
2/1	90.65	1.31	2.01	0.18	0.19
3/1	79.6	0.61	5.50	6.84	2.83
3/2	81.39	0.58	1.33	2.05	2.11
4/3	95.38	1.96	0.77	0.25	0.18

Puede observarse que las muestras de **baritina** (1/1, 2/1, 3/2, 3/1, 4/3) presentan como elementos mayoritarios S, Ba, Sr y Ca, que de acuerdo con la mineralogía son componentes de baritina y calcita o dolomita.

La baritina y celestina son isoestructurales y es posible la existencia de una serie completa de soluciones sólidas entre ellas, como demostraron BOSTROM et al. (1967), por lo que es lógico pensar que el Sr detectado en las baritinas se encuentre formando parte de la red de este mineral.



Fig. 6.— Muestra 4/3. Cristales de baritina muy deformados con fenómenos de cataclasis y desarrollo de maclas mecánicas. Relleno de calcita en planos de fracturas.



Fig. 7.— Muestra 4/3. Aspecto textural de cristales de baritina mostrando desarrollo de exfoliación y deformación intergranular que determina una extinción ondulante.



Fig. 8.— Muestra 1/1. Reemplazamiento de baritina por carbonato.



Fig. 9.— Muestra 2/1. Cristales de baritina algo deformados, mostrando desarrollo de maclas mecánicas que deforman a su vez a las maclas polisintéticas. Se observa además una cristalización posterior de cristales subidiomorfos de carbonatos relleno huecos y reemplazando parcialmente a la baritina.

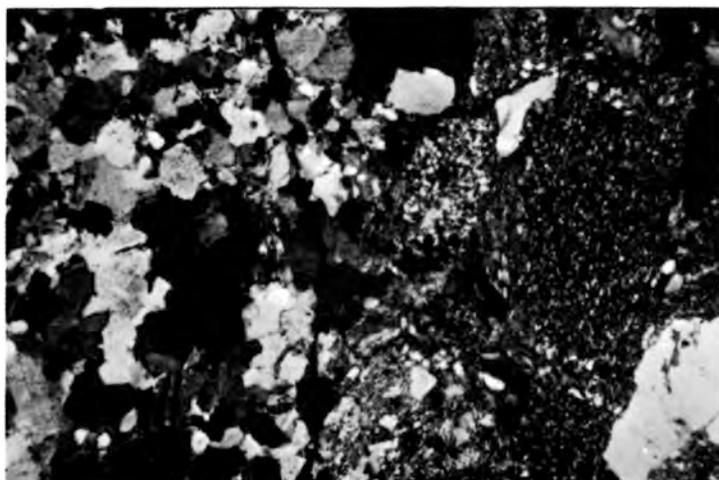


Fig. 10.— Muestra 3/1. Aspecto textural de la facies brechoide formada por cantos de pizarras y cuarzo (borde derecho), una facies aplítica (borde izquierdo). En la zona de contacto se observa baritina, carbonatos, óxidos de hierro y cuarzo policristalino.

La entrada del estroncio en la red de la baritina supone una disminución de los parámetros de la celdilla unidad. Comparando los valores dado por MIKAYE y otros (1978), para los parámetros de celdilla del  $\text{SO}_4\text{Ba}$  y los obtenidos por nosotros para estas baritinas de Málaga (a partir de sus diagramas de polvo), se observa que estos últimos son ligeramente menores, siendo las variaciones máximas de un 0,3 por ciento para **a**; 0,5 por ciento para **b** y 0,2 por ciento para **c**, lo que traducido a sustitución de Ba por Sr(1), representa un 5 por ciento como promedio máximo, lo que está de acuerdo con las determinaciones químicas.

El calcio, por el contrario, debe formar parte de la calcita o dolomita que en todos los casos aparece con la baritina. La estructura de la baritina no admite cantidades importantes de Ca ( $\text{SO}_4\text{Ba}$  no es isoestructural con  $\text{SO}_4\text{Ca}$ ).

El Fe está en forma de óxido, como impureza y es el que suministra un tono amarillopardo a las baritinas del afloramiento Verña José Mora. En los demás casos está prácticamente ausente y la tonalidad de la baritina es más clara. En este sentido, se ha medido el índice de blancura de las distintas baritas, —mediante un reflectómetro Photovolt—, y oscila entre el 65 por ciento (muestra 3/1) y el 77 por ciento (muestra 4/3).

El potasio de las muestras 1/1 y 3/1 corresponde a las impurezas micáceas, no observándose ningún otro elemento traza.

La ausencia del Pb descarta la posible sustitución de Ba por este elemento en la baritina y al no haberse encontrado witerita ( $\text{CO}_3\text{Ba}$ ), parece lógico pensar que el único mineral de Ba existente en la paragénesis es la baritina.

En las muestras silicatadas (**conglomerados y pizarras**), los elementos mayoritarios son lógicamente Si, Ti, Fe, Ca, K, (como debe serlo también el Mg, no determinado). Entre los elementos minoritarios se encuentra el Ba y el Sr, particularmente abundante en las rocas de caja de los afloramientos 3 y 4 (tanto en los conglomerados como en las pizarras) en forma de sulfatos (presencia de S). Otros elementos trazas son Rb y Zr, que deben de ir asociados a las micas, y Zn, Cu y Ni, elementos móviles que han podido depositarse como carbonato, silicatos o sulfatos.

(1) Los parámetros tomados para la baritina han sido: **a**: 7.157 Å; **b**: 8.884 Å y **c**: 5.457 Å; y para la celestina son: **a**: 6.870 Å; **b**: 8.371 Å y **c**: 5.355 Å. (Miyake et al., 1978).

## 5. CONDICIONES DE FORMACION

La baritina es un mineral que tiene un amplio margen de estabilidad en muchos sistemas del tipo C—O—S—Me, por lo que su aparición no indica necesariamente un proceso geológico y mecanismo muy particular de formación. Sin embargo, los depósitos de barita de mayor interés económico pueden clasificarse desde el punto de vista genético en filonianos, residuales y sedimentarios (BROBST, 1975), y las mayores concentraciones parecen estar relacionadas con ciertos tipos de rocas (rocas ígneas ácidas) y a la fase orogénica dentro de un ciclo geosinclinal.

En el caso que nos ocupa, este tipo de génesis hidrotermal no puede afirmarse aunque en ocasiones la baritina se presente en forma de venas o filones. No existen rocas intrusivas ácidas en el entorno con las que relacionar de forma directa la baritina mediante un proceso hidrotermal, ni siquiera se observa una alteración en la roca encajante que pudiera hacer pensar en tal proceso, y por otra parte, tampoco se presentan otras concentraciones anómalas del Pb, Ag, Mo, Zn, Cu y Hg como cabe esperar en tales depósitos.

Respecto a un origen residual, a partir de la meteorización de depósitos carbonatados, no parece posible, ya que espacialmente tampoco está relacionada con rocas carbonatadas que pudieran haber suministrado la barita por reemplazamiento.

La formación sedimentaria de la barita es más aceptable, si tenemos en cuenta que las mineralizaciones se encuentran siempre situadas en unos niveles estratigráficos y litológicos (conglomerados del Paleozóico superior próximos al Permotrías), congruentes con la estratificación (sin ser estratiformes), sin alteraciones en las rocas encajantes, con carbonatos y minerales de la arcilla (ilita) como únicas impurezas (minerales que también aparecen en los conglomerados y pizarras en que encajan) y con una significativa ausencia de elementos trazas y sin embargo con un alto contenido en Sr, elemento geoquímicamente asociado al Ba en ambientes sedimentogénicos.

Los depósitos de barita descritos como sedimentarios, (DUNHAM y HANOR, 1967; ZIMMERMANN, 1969), responden en general a concentraciones de baritina de color gris—negro, fétidas, interestratificadas en pizarras. En nuestro caso no es exactamente así, ya que las baritas son de colores claros y arman en conglomerados y pizarras, y tampoco se trata de un material detrítico que forma parte del conglomerado, como un fragmento más, similar al depósito de barita descrito en Taquima, Nevada (SHAWE y otros, 1969).

El origen del bario es desde luego una cuestión especulativa. Se puede admitir que el área fuente de los conglomerados fueron rocas ácidas (la composición es típica de un granitoide) que contenían mineralizaciones hidrotermales de barita y que durante su meteorización el bario procedente de las baritas, como asimismo el de los feldespatos potásicos alterados, pasará a solución como cloruro y transportado al mar, donde por reacción con los iones sulfatos de aguas salobres, precipitó de nuevo como baritina. Según esta hipótesis, el Ba es reciclado y no aportado por otra nueva fuente y el depósito no está relacionado con la presencia de materia orgánica, ya que no se presenta en la mineralización, ni tampoco hay piritita (reducción del sulfato a sulfuro en presencia de bacterias anaerobias), como típicamente ocurre en los depósitos sedimentarios descritos.

Otros orígenes pueden ser invocados para el bario de estas mineralizaciones. Por ejemplo, emanaciones volcánicas submarinas o fluidos hidrotermales, pero la mineralización sería también rica en otros elementos metálicos. O bien, a partir de la propia agua del mar, de la

cual sería extraído el bario por actividad biológica, pero tampoco hay indicios que permitan asegurar esto último.

Posteriormente, estas mineralizaciones de baritina se han removilizado durante la orogénea alpina, concentrándose en unos casos a favor de fracturas, dando brechas, o en masas más o menos congruentes con la serie sedimentaria, recrystalizando, deformándose los edificios cristalinos bajo los efectos tectónicos y siendo reemplazada a veces por dolomita.

Si el mecanismo genético descrito fue el ocurrido, es probable encontrar otros depósitos de baritina en el mismo área que pueden aumentar su escaso interés económico actual, por que su formación primaria a lo largo de una hipotética línea de costa, por una parte y su removilización y acumulación posterior debe responder a un fenómeno de carácter más amplio que el delimitado por las mineralizaciones halladas hasta el momento. En el mapa Metalogénico de esta zona (Hojas 82 y 83) se encuentran una serie de indicios de barita alineados según una dirección N-S que podría coincidir a grandes rasgos con una zona de fracturas según la cual la acumulación de barita removilizada es más patente.

## BIBLIOGRAFIA

- BAILEY S.W. (1972).— "Determination of chlorite compositions by X-ray spacings and intensities. *Clays and Clay Min.* **20**, 381-388.
- BAILEY, S.W., BRINDLEY, G.W., KODOMA, H. and MARTIN, R.T. (1979).— Report of the clay minerals society nomenclature committee for 1977 and 1978. *Clays and Clay Min.* **27**, 238-239.
- BLUMENTAAL M. (1949).— Estudio geológico de las cadenas costeras al oeste de Málaga, entre el río Guadalhorce y el río Verde. *Bol. I.G.M.E.*, **62**, 193 pp.
- BOSTROM K., FRAZER J. and BLANKENBURG J. (1968).— "Subsolidus phase relations and lattice constants in the system barium sulphate-strontium sulphate-lead sulphate. *Ark. Mineral Heol.* **4**, 477-485.
- BROBST D.A. (1973).— "Barite". In United States Mineral Resources. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper.* **820**, 75-84.
- BROBST D.A. (1975).— "Barium Minerals". In *Industrial Minerals and Rocks*. Ed. S.J. Lefond. A.I.M.P.E., New York, 427-442.
- DUNHAM A.C. and HANOR J.S. (1967).— Controls on barite mineralization in the Western United States. *Econ. Geol.* **63**, 82-94.
- ESTADISTICA MINERA DE ESPAÑA (1977).— Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- FALLOT P. (1948).— Les Cordilleres Betiques. *Est. Geol.*, **8**, 83-172.
- FOSTER M.D. (1962).— Interpretation of the composition and classification of the clorites. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper.* **414-A**, 33pp.
- I.G.M.E. (1974-75).— *Mapa Metalogénico de España E. 1: 200.000*. Hojas nº 82 y 83. Ministerio de Industria. Madrid.

- KOCKEL F. y STOPPEL D. (1962).— Nuevos hallazgos de conodontos y algunos cortes en el Paleozóico de Málaga (Sur de España) *Not. Com. I.G.M.E.* **68**, 133–170.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (1975).— *Estudio previo de terrenos. Autopista del Mediterráneo*. Tramo Rute–Málaga. Dirección General de Carreteras. Madrid. 146 pp.
- MIYAKE M., MINATO I., MORIKAWA H. and IWAI S-I (1978).— Crystal structures and sulphate force constants of barite, celestine and anglesite. *Amer. Mineral.* **63**, 506–510.
- MON R. (1971).— Estudio geológico del extremo occidental de los montes de Málaga y de la Sierra de Cartama (Provincia de Málaga). *Bol. I.G.M.E.*, **82**, 132–146.
- SHAWE D.R., POOLE F.G. and BROBST D.A. (1969).— Newly discovered bedded barite deposits in Northumberland Canyon, Nye County, Nevada. *Econ. Geol.* **64**, 245–254.
- SIBBING E. (1975).— Barytes: raw material for fillers and chemicals. *1st Industrial Minerals Inter. Congress*. Metal Bull. Ltd. London. 150–158.
- SIERRA J. y ORTIZ A. (1971).— Introducción a la metalogenia de España. *I Congreso Hispano–Luso–Americano Geol. Econ.* **1**, 379–406.
- ZIMMERMANN R.A. (1969).— Stratabound barite deposits in Nevada. *Min. Deposita.* **4**, 401–409.

**NOTA**

**ALGUNOS MINERALES CARACTERISTICOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA**

*R. Arana Castillo*

*Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia.*

**1. INTRODUCCION**

La provincia de Granada es una de las más importantes en cuanto al número de especies minerales representadas. Este hecho no es fortuito sino consecuencia de una complicada geología, que se traduce en varios episodios tectónicos, petrogenéticos y mineralógicos, íntimamente relacionados entre sí. Estos rasgos son extensibles al ámbito general de las Cordilleras Béticas, cuya compleja geología resalta al observar un mapa de esta zona.

En los últimos decenios se ha logrado un notable avance en el conocimiento de los materiales béticos. En el aspecto mineralógico podemos diferenciar tres grupos básicos de estudios: a) investigaciones en los complejos metamórficos y ultrabásicos, que han permitido establecer con precisión las diversas paragénesis representadas; b) investigaciones en el campo de la mineralogía de filosilicatos en los diversos complejos tectónicos representados y especialmente en las depresiones intramontañosas y c) investigaciones en el área de los yacimientos minerales, tanto los de interés económico actual como los simples indicios mineralizados. Trataremos en esta nota de este último aspecto.

CALDERON (1910) ofrece una relación de 98 minerales en la provincia de Granada. Algunos son rocas o variedades de ellas, otros se pueden considerar dudosos y unos pocos, totalmente descartables. El número real de minerales es notablemente superior. Un grupo importante está constituido por los minerales petrogenéticos, sobre todo en el complejo metamórfico del área de Sierra Nevada, estudiado con detalle por PUGA (1971). Otro amplio grupo comprende los minerales relacionados con yacimientos minerales o con indicios mineros, a los que el autor ha dedicado especial interés. Estas manifestaciones mineralizantes se pueden clasificar por su quimismo, morfología, rocas encajantes, menas, procesos genéticos y edad. Estos aspectos vienen recogidos en el Mapa Metalogenético de España a escala 1:200.000 (Hoja nº 83, Granada-Málaga), que detalla 115 afloramientos sólo en la provincia de Granada.

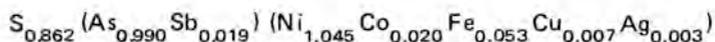
ARANA (1973) realiza un estudio sistemático de los yacimientos minerales del sector central de la Zona Bética y encuentra una correlación aceptable entre cada complejo tectono-estratigráfico y las mineralizaciones asociadas. Establece varios tipos de mineralizaciones en cada complejo en base a la asociación mineralógica, naturaleza y relaciones con la roca encajante y proceso genético. Algunas ofrecen especial interés desde el punto de vista mineralógico por la presencia de minerales raros o poco extendidos, aunque algunos no sean exclusivos de la provincia de Granada. En este sentido vamos a seleccionar tres yacimientos, uno en el complejo nevadofilábride (Veta Grande y Mina del Sol) y dos en el complejo alpujárride (Minas de Cerrajón y Minas de Molvizar).

## 2. MINAS DE VETA GRANDE Y DEL SOL

Estos yacimientos se encuentran en la vertiente norte de Sierra Nevada (Hoja 1027, Güéjar—Sierra, del M.T.N. a escala 1: 50.000). Las coordenadas geográficas correspondientes son: a) Veta Grande, 37° 04' 00" N y 3° 21' 05" W (altitud media de 3.050 m); b) Mina del Sol, 37° 04' 57" N y 3° 21' 25" W (altitud media de 2.800 m). La distancia entre ambos afloramientos es inferior a 2 km.

Las mineralizaciones encajan en micasquistos feldespáticos del Manto del Veleta, formado aquí por una serie potente y monótona de esas rocas; ocasionalmente hay intercalaciones de cuarcitas y niveles de micasquistos cuarzosos. Los micasquistos están afectados por varios sistemas de diaclasas, con direcciones dominantes N 40° E y N 130° E. En esas superficies se instala una mineralización filoniana (ocasionalmente en planos de falla) formada por albita, cuarzo, clorita y mica, junto a una amplia asociación de otros minerales, recogidos en la Tabla 1.

Como se observa en la columna de abundancia relativa, las especies dominantes son pirita, calcopirita, arsenopirita, siderita y goethita. El resto de los minerales se encuentran en general en pequeñas concentraciones y algunos sólo se detectan por difracción de rayos X o por microscopía de luz reflejada. Entre estos últimos merece destacar a la gersdorffita, que aparece en pequeños cristales (100 micras de tamaño máximo) de un tono blanco brillante, en secciones idiomorfas y subidiomorfas con bordes limpios y bien definidos. También se encuentran agrupaciones de pequeños cristales maclados, parcialmente interpenetrados. Los cristales de gersdorffita están incluidos en el seno de calcopirita o de siderita; en la periferia se ha alterado parcialmente a annabergita, fuertemente anisótropa en tonos verdosos, con reflectividad muy baja y reflexiones internas verdes, más pálidas que las de malaquita. La composición química, determinada por microsonda electrónica, refleja una pequeña sustitución de As por Sb, un déficit de S y una sustitución parcial de Ni por otros cationes (ARANA, 1977):



Los minerales de la ganga en estos yacimientos son cuarzo, albita, clorita, barita y mica.

Otra paragénesis filoniana en esta zona (en materiales del Manto del Mulhacén) está formada por albita, cuarzo, anfíbol verde, epidota, andradita, clorita y pirita (ARANA, 1974). Algunos ejemplares son muy llamativos y de gran belleza. En determinados sectores de Sierra Nevada adquieren especial importancia los rellenos filonianos de cuarzo, en cristales simples o maclados y generalmente en crecimientos paralelos.

La génesis de los yacimientos filonianos de Sierra Nevada se ha discutido en trabajos anteriores (ARANA, 1973, 1974, 1977). Aunque no se trata de concentraciones importantes, la amplia variedad mineralógica indica que las soluciones originales eran ricas en elementos metálicos, en concordancia con el origen asignado para ellas, mediante un proceso de segregación lateral a partir de la roca encajante. El margen de temperaturas de formación, establecido en varios minerales de la paragénesis, es compatible con su campo de estabilidad y da un valor de 240° C.

TABLA 1

Mineralogía de los yacimientos filonianos Veta Grande y Mina del Sol (Sierra Nevada)

MINERAL	COMPOSICION	SIMETRIA	ABUNDANCIA
Galena	SPb	Cúbico (Fm3m)	A
Cerusita	CO <sub>3</sub> Pb	Rómbico (Pmcn)	P
Anglesita	SO <sub>4</sub> Pb	Rómbico (Pnma)	R
Pirita	S <sub>2</sub> Fe	Cúbico (Pa3)	MA
Arsenopirita	SAsFe	Monoclínico (P2 <sub>1</sub> /c)	MA
Pirrotina	SFe <sub>1-x</sub>	Hexagonal (C6/mmc)	R
Marcasita	S <sub>2</sub> Fe	Rómbico (Pnmm)	P
Siderita	CO <sub>3</sub> Fe	Trigonal (R $\bar{3}$ c)	MA
Hematites	$\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trigonal (R $\bar{3}$ c)	A
Goethita	FeO <sub>2</sub> H	Rómbico (Pbnm)	MA
Lepidocrocita	$\gamma$ -FeO.OH	Rómbico (Amam)	R
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Cúbico (Fd3m)	P
Ilmenita	TiO <sub>3</sub> Fe	Trigonal (R $\bar{3}$ )	P
Titanita	SiO <sub>5</sub> TiCa	Monoclínico (C2/c)	P
Rutilo	TiO <sub>2</sub>	Tetragonal (P4 <sub>2</sub> /mnm)	P
Circón	SiO <sub>4</sub> Zr	Tetragonal (I4/amd)	P
Tetraedrita	S <sub>13</sub> As <sub>4</sub> Cu <sub>12</sub>	Cúbico (I $\bar{4}$ 3m)	P
Tenantita	S <sub>13</sub> Sb <sub>4</sub> Cu <sub>12</sub>	Cúbico (I $\bar{4}$ 3m)	P
Cinabrio	SHg	Trigonal (P3 <sub>1</sub> 21)	R
Esfalerita	SZn	Cúbico (F $\bar{4}$ 3m)	P
Calcopirita	S <sub>2</sub> FeCu	Tetragonal (I $\bar{4}$ 2d)	MA
Calcosina	SCu <sub>2</sub>	Rómbico (Abm2)	A
Covellina	SCu	Hexagonal (P6 <sub>3</sub> /mmc)	A
Cuprita	Cu <sub>2</sub> O	Cúbico (Fm3m)	R
Cobre	Cu	Cúbico Fd3m)	P
Azurita	(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub>	Monoclínico (P2 <sub>1</sub> /a)	P
Malaquita	CO <sub>3</sub> Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	Monoclínico (P2 <sub>1</sub> /a)	A
Linneíta	S <sub>4</sub> Co <sub>3</sub>	Cúbico (Fd3m)	P
Estibina	S <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub>	Rómbico (Pbnm)	P
Pirolusita	MnO <sub>2</sub>	Tetragonal (P4 <sub>1</sub> /mnm)	P
Gersdorffita	SAsNi	Cúbico (P2 <sub>1</sub> /3)	P
Annabergita	(AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ni <sub>3</sub> ·8H <sub>2</sub> O	Monoclínico (C2/m)	R
Glaucodota	SAs (Co,Fe)	Rómbico (Cmmm)	R
Oro	Au	Cúbico (Fm3m)	R

MA: muy abundante; A: abundante; P: poco; R: raro. Otros minerales citados en este sector (Calderón, 1910): platino, plata, argentita (SAs<sub>2</sub>), calcoestibina (güejarita o wolfsbertita, S<sub>2</sub>SbCu) y bournonita (S<sub>3</sub>SbCuPb).

### 3. MINAS DEL CERRAJON

En los materiales carbonatados alpujárrides al norte de Sierra Nevada se encuentran con relativa frecuencia mineralizaciones de Pb, Zn y F, con paragénesis sencillas de dos o de los tres elementos. Las mineralizaciones tienen un origen sedimentario (ARANA, 1973) y más tarde han sufrido los efectos de la orogenia alpina. Esto obliga a realizar un estudio estratigráfico y tectónico detallado para conocer la morfología de las masas mineralizadas y su posición actual. Los yacimientos presentan un estrecho control litológico: las concentraciones de zinc están asociadas a dolomías, mientras que las de plomo y flúor se localizan en calizas o en calizas dolomíticas. El ejemplo más característico de mineralizaciones de plomo y zinc al norte de Sierra Nevada se encuentra en la falda de Cerrajón, al sur del paraje del Purche. En las pasadas décadas fue un centro minero de interés; en la actualidad queda todavía un gran volumen de escombreras, en las que se pueden encontrar buenos ejemplares de smithsonita, hemimorfita, wulfenita y calcita.

Las minas del Cerrajón están comprendidas en la Hoja 20–42 (Güéjar–Sierra) del Mapa Militar de España 1: 50.000. Las coordenadas geográficas de las labores principales son: 37° 07' 44" N y 3° 29' 54" W. La mineralización consiste en una masa lenticular, concordante con la estratificación y localizada en el contacto entre calizas y dolomías; el nivel mineralizado es precisamente la parte basal de las dolomías. Las dimensiones de la masa lenticular se pueden estimar en unos 250 a 300 m. de longitud, 150 a 200 m de anchura y una potencia variable entre 1 y 3 m. Todas las labores son de interior y hacia el sur la mineralización está limitada por un sistema de fallas normales.

La paragénesis es sencilla, formada por galena y esfalerita, con pequeñas cantidades de pirita y calcopirita. Hay una nueva generación de estos minerales debida a una removilización importante durante la orogenia alpina. Como minerales de la ganga se encuentran dolomita, calcita, cuarzo, barita y minerales de la arcilla (ilita y caolinita).

Durante el dominio de las condiciones oxidantes se originan minerales secundarios de plomo y zinc. La esfalerita se transforma en parte a smithsonita y hemimorfita, que aparecen como relleno de fisuras y oquedades en dolomías y calizas. La galena presenta una alteración menos avanzada y da lugar a cerusita y algo de anglesita. Existe, además, cierta cantidad de wulfenita en pequeños cristales de variada morfología y coloración amarillenta a naranja, que se encuentra en diaclasas y en oquedades dentro de las dolomías, con una distribución muy irregular en la mineralización.

El estudio de los materiales alpujárrides de este sector y de las mineralizaciones asociadas se ha realizado con detalle en trabajos anteriores, por lo que omitimos una mayor descripción. Sólo interesa destacar la relativa abundancia de algunos minerales típicos de la provincia de Granada. Nos referimos especialmente a la wulfenita, que suele estar asociada a minerales de gran belleza y desarrollo, como hemimorfita, smithsonita y cerusita. En la lámina 1 presentamos algunas formas cristalinas encontradas en el yacimiento del Cerrajón.

**Cerusita.** Es un mineral frecuente en este sector y normalmente va asociada a galena, sobre la que forma unas concreciones delgadas de tonos oscuros, casi negros, con brillo resinoso. A veces aparece en rellenos de oquedades en la dolomía, en pequeños cristales translúcidos, incoloros o blancos, con brillo diamantino y una arista máxima de 10 mm. La forma característica, con los prismas  $m(110)$ ,  $i(021)$  y el pinacoide lateral  $b(010)$ , viene representada en la lámina 1, fig. 1.

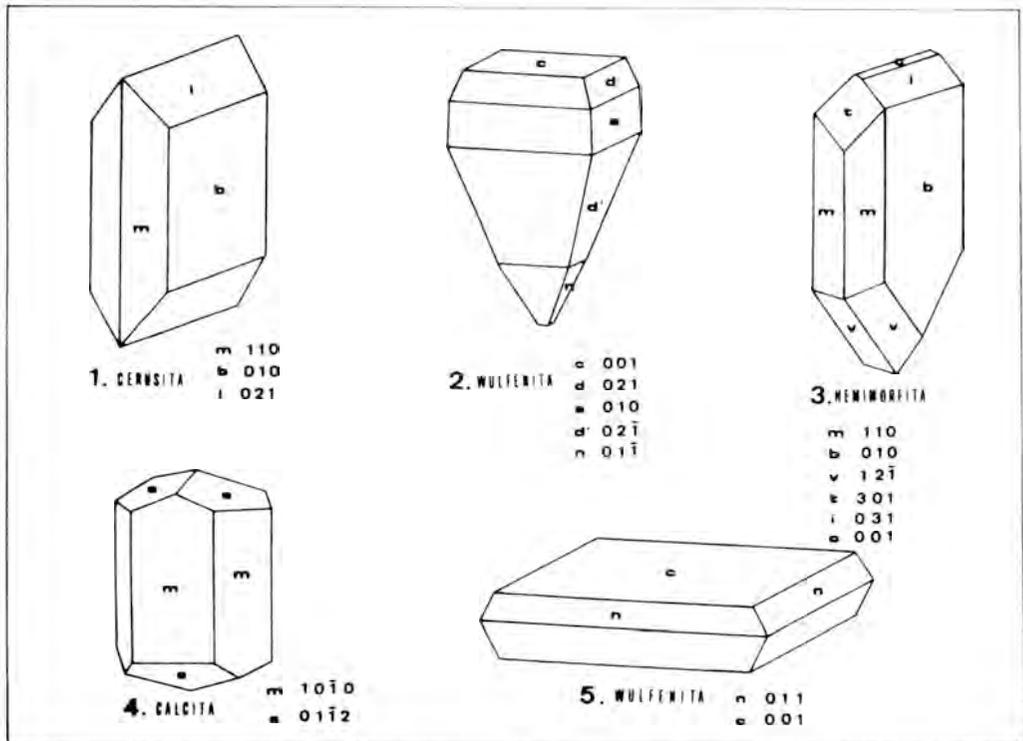


Lámina 1.- Algunos minerales característicos de la provincia de Granada.

**Wulfenita.** Es un mineral de origen secundario, característico de algunas mineralizaciones de Pb y Zn al norte de Sierra Nevada. Los principales yacimientos son los del Cerrajón, La Peza, Madroñal (Quéntar) y la Marca (Padul), descritos con detalle en un trabajo (ARANA, 1973). El mineral se presenta asociado a dolomías, como relleno de fracturas y oquedades o como material incluido en algunos niveles de carácter brechoide. en el primer caso se pueden diferenciar tres formas características: a) cristales prismáticos de 3 a 10 mm. de arista, implantados al azar en pequeñas oquedades o incrustados en dolomías; están formados por dos prismas tetragonales maclados según (010). Son cristales translúcidos, de color amarillo intenso y muy limpios; b) en cristales tabulares de sección cuadrada con desigual desarrollo en los dos hemisferios, por lo que se pueden considerar maclados según (001), con las pirámides superior e inferior biseladas por pediones (lámina 1, fig. 5). El tamaño oscila entre 5 y 20 mm. de arista y de 0.2 a 1 mm. de espesor, aunque en algunos casos se han encontrado cristales muy frágiles de un color amarillo suave y c) en cristales formados por una combinación de prismas, pirámides y pediones (lámina 1, figura 2) con tamaño medio de 8 mm, implantados en oquedades, por lo que se desprenden con facilidad.

La wulfenita que forma parte de las dolomías brechoides tiene un aspecto fusiforme, en cristales de tamaño generalmente inferior a 1 cm., ya sea en formas simples o en individuos maclados, y no resulta fácil separarlos del carbonato. En las microfotografías 3 y 4 se ofrece un aspecto de estas muestras en lámina delgada; los cristales de wulfenita (W) destacan por su mayor relieve y sus formas características. En detalle aparecen parcialmente rotos y rellenos de calcita.

**Hemimorfita.** Este mineral aparece en cristales muy ricos en facetas en estas mineralizaciones. Son frecuentes las formas tabulares y fibrosas, en cristales hemimórficos con brillo vítreo, incoloros o en tonos marrón pálido. Aparecen como relleno de huecos, fisuras y diaclasas en las dolomías. En la lámina 1, fig. 3 se incluye una combinación de formas simples, características del yacimiento del Cerrajón. Al microscopio presentan especial belleza los crecimientos conorradiales, asociados a formas tabulares (microfotografía 1). En las minas de la Cortichuela (Collado de Matas Verdes, Trevenque), que encajan en un nivel estratigráfico equivalente en las del Cerrajón, son muy frecuentes los rellenos de hemimorfita en cristales prismáticos y tabulares muy bien conservados (microfotografía 2).

**Calcita.** En el yacimiento del Cerrajón se encuentran algunos rellenos tardíos de calcita que llaman la atención por su morfología. Aparecen en crecimientos paralelos de cristales prismáticos, formados por el prisma (10 $\bar{1}$ 0) y el romboedro (01 $\bar{1}$ 2), con un contorno superior en pentágonos regulares. El tamaño de los cristales aislados oscila entre 3 y 10 mm, ocasionalmente mayor. Tras el estudio por fluorescencia de rayos X se observa que contiene cierta cantidad de plomo y debido a ello presenta una birrefringencia (0.179) superior a la de una calcita normal (0.172).

#### 4. MINAS DE MOLVIZAR

El yacimiento de cobre de Molvizar tiene un interés especial desde el punto de vista mineralógico por el elevado número de minerales raros o poco frecuentes que aparecen representados, sobre todo dentro del grupo de los arseniatos de cobre.

El yacimiento se encuentra al norte de la Hoja 1055 (Motril) del M.T.N. a escala 1:50.000. Las coordenadas geográficas de las principales labores son: 3° 37' 57" W y 36° 04' 57" N. Las rocas encajantes pertenecen a la formación carbonatada del manto de Murtas (dentro del Complejo Alpujarride), que comprende aquí niveles de calcoesquistos con alternancias de niveles esquistosos y calizos, calizas tableadas oscuras, dolomías blancas recristalizadas y dolomías oscuras. La mineralización está confinada a los dos últimos niveles y las labores —galerías y pozos— forman una alineación de dirección SW—NE de unos 200 m. de corrida.

La asociación mineral representada en este yacimiento comprende una treintena de especies, algunas estudiadas con detalle en trabajos anteriores (ARANA y RODRIGUEZ GALLEGO, 1972; ARANA et al., 1973 y ARANA, 1977). En la Tabla 2 se incluye una relación de los minerales conocidos hasta el momento, aunque nuevos estudios en curso permiten ampliar el número de arseniatos reseñados. Entre los minerales de la ganga se encuentran cuarzo, dolomita, calcita, clorita y sericita.

Entre las especies que forman la mena, las más abundantes son calcopirita, bornita y cobres grises; los restantes minerales aparecen en concentración muy inferior. Los principales minerales secundarios son olivenita, eritrina, tirolita, annabergita y los óxidos de hierro y manganeso.

Se puede diferenciar un nivel inferior mineralizado que arma en dolomías blancas recristalizadas y poco compactas, con predominio de calcopirita, pirita, bornita, con carbonatos de cobre y otros productos de alteración y un nivel mineralizado superior, en dolomías oscuras muy compactas, con predominio de compuestos de arsénico y antimonio, sobre todo cobres grises y los diversos arseniatos formados durante la etapa de oxidación posterior. En ambos niveles la mineralización consiste en un relleno de fracturas, individualizándose algunos cuerpos lenticulares de escasa continuidad lateral y vertical. En la cobertera del yacimiento se



Fig. 1.— Cristales fibroso-radiados y tabulares de hemimorfita, relleno de una diaclasa en dolomías. Minas del Cerrajón, Sierra Nevada. Polarizadores cruzados.

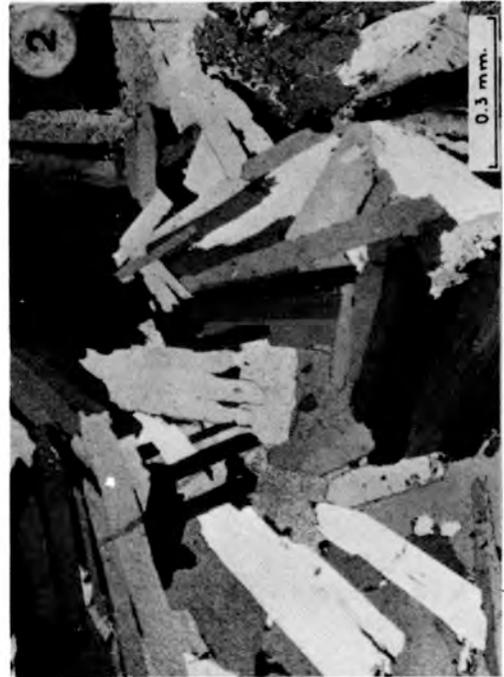


Fig. 2.— Agregado de cristales prismáticos de hemimorfita, en una dolomía cavernosa. Minas del Collado de Matas Verdes (Trevenque, Sierra Nevada). Polarizadores cruzados.



Fig. 3.— Cristales discoidales y tabulares de wulfenita (gris oscuro) en una dolomía brechoide. Minas del Madroñal (Quéntar). Luz paralela.



Fig. 4.— Detalle de la muestra anterior. Los cristales de wulfenita están parcialmente disueltos. Luz paralela.

TABLA 2

Mineralogía del yacimiento de Molvizar (Granada)

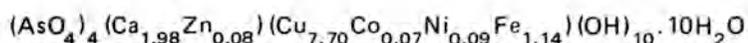
MINERAL	COMPOSICION	SIMETRIA	ABUNDANCIA
Calcopirita	$S_2FeCu$	Tetragonal ( $I\bar{4}2d$ )	MA
Tenantita	$S_{13}As_4Cu_{12}$	Cúbico ( $I\bar{4}3m$ )	MA
Tetraedrita	$S_{13}Sb_4Cu_{12}$	Cúbico ( $I\bar{4}3m$ )	P
Bornita	$S_4FeCu_5$	Cúbico ( $Fd3m$ )	A
Pirita	$S_4Fe$	Cúbico ( $Pa3$ )	A
Oropimente	$S_3As_2$	Monoclínico ( $P2_1/n$ )	P
Rejalgar	$SA_s$	Monoclínico ( $P2/n$ )	P
Esfalerita	$SZn$	Cúbico ( $F\bar{4}3m$ )	R
Cobaltina	$SA_sCo$	Cúbico ( $P2_13$ )	R
Enargita	$S_4AsCu_3$	Rómbico ( $Pnm$ )	R
Cinabrio	$SHg$	Trigonal ( $P3_121$ )	R
Covellina	$SCu$	Hexagonal ( $P6_3/mmc$ )	A
Calcosina	$SCu_2$	Rómbico ( $Abm2$ )	P
Proustita	$S_3AsAg_3$	Trigonal ( $R3c$ )	R
Pirargirita	$S_3SbAg_3$	Trigonal ( $R3c$ )	R
Eritrina	$(AsO_4)_2Co_3 \cdot 8H_2O$	Monoclínico ( $C2/m$ )	MA
Annabergita	$(AsO_4)_2Ni_3 \cdot 8H_2O$	Monoclínico ( $C2/m$ )	MA
Olivenita	$AsO_4Cu_2(OH)$	Rómbico ( $Pnmm$ )	MA
Estibiconita	$Sb_2O_6(Ca, Sb)_2(O, OH)$	Cúbico ( $Fd3m$ )	A
Lavendulanita	$(AsO_4)_4(Cu, Ca)_6NaCl \cdot 4-5H_2O$	Rómbico	P
Tirolita	$(AsO_4)_4Ca_2Cu_9(OH)_{10} \cdot 9-10H_2O$	Rómbico ( $Pmma$ )	MA
Malaquita	$(CO_3)Cu_2(OH)_2$	Monoclínico ( $P2_1/a$ )	MA
Azurita	$(CO_3)_2Cu_3(OH)_2$	Monoclínico ( $P2_1/a$ )	P
Magnetita	$Fe_3O_4$	Cúbico ( $Fd3m$ )	R
Hematites	$\alpha-Fe_2O_3$	Trigonal ( $R\bar{3}c$ )	P
Goethita	$FeO_2H$	Rómbico ( $Pbnm$ )	MA
Wad de cobalto	$(Mn, (Co, Ni))_2 \cdot H_2O$	Amorfo (?)	MA
Pirolusita	$MnO_2$	Tetragonal ( $P4/mnm$ )	P
Hausmannita	$MnMn_2O_4$	Tetragonal ( $I4_1/amd$ )	R

MA: muy abundante; A: abundante; P: poco y R: raro.

desarrolla una capa de alteración de tonos pardo-rojizos, con gran abundancia de óxidos de hierro y manganeso.

De los minerales indicados en la Tabla 2, haremos una pequeña mención de los que son característicos de la provincia de Granada.

**Tirolita.** Aparece como relleno de diaclasas en dolomías, en delgadas láminas y costras o incluida en niveles de cobres grises. Forma haces de cristales divergentes de color verde claro, de 0.5 a 1 mm. de longitud y de 0.1 a 0.5 mm. de espesor; presenta exfoliación fácil según (001), brillo nacarado y es muy flexible. Al microscopio aparece en haces de cristales radiales de tonalidad verde azulada y marcado pleocroísmo en tonos verdes y azules. En las microfotografías 7 y 8 se ofrecen dos detalles de su aspecto en lámina delgada. La composición química de la tirolita de Molvizar revela una sustitución parcial de Ca y Cu por Zn, Co, Ni y Fe:



**Lavendulanita.** Este mineral fue citado por primera vez en España en un trabajo previo (ARANA et al., 1973). Únicamente se puede reconocer en lámina delgada, en formas cono-radiales y aciculares de intenso color azul lavanda. Es ligeramente pleocroica en tonos azulados y biáxica positiva. En la mayoría de las muestras estudiadas aparece asociada a tenantita, tirolita y eritrina.

**Annabergita.** Se encuentra asociada con wad de cobalto (asblolana), eritrina y tirolita. Su origen parece estar relacionado con el primero de ellos (microfotografías 5 y 6), en el que parte del Co se halla sustituido por Ni, según se desprende de los análisis químicos realizados.

La annabergita presenta una coloración verde manzana, algo más oscura que la de malaquita. En algunas labores de interior forma eflorescencias constituidas por cristales muy finos que recubre la roca encajante a modo de un tapiz fino. En lámina delgada aparece en esferulitos aislados, en crecimientos regulares en fisuras y en agrupaciones cintiformes que rodean sistemáticamente las concreciones de wad de cobalto (microfotografías 5 y 6).

**Eritrina.** Se encuentra solo en diaclasas, con un espesor siempre pequeño, inferior a 2 mm. Cuando se parte la roca se observa el color rosado característico y el buen desarrollo de los cristales. En superficie las muestras se alteran con facilidad y quedan recubiertas por una pátina oscura de óxido de cobalto.

**Estibiconita.** Se ha identificado en lámina delgada y por difracción de rayos X. Se presenta en pequeños cristales de contorno irregular, isótropos y de color amarillo pálido, asociada con cobres grises parcialmente alterados. Esta especie, más conocida en España como cervantina, presenta una composición química compleja en detalle por la sustitución parcial de Sb y Ca y la cantidad de agua absorbida.

La génesis del yacimiento de Molvizar es compleja y se ha tratado en un trabajo anterior (ARANA et al., 1973). Incluye varias etapas mineralizantes relacionadas con la tectónica de distensión de esta formación carbonatada.

COLECCIONABLE

SISTEMATICA

## CERUSITA

( $\text{PbCO}_3$  · CARBONATO DE PLOMO)

CLASE V: NITRATOS, BORATOS Y CARBONATOS



Fig. 1.— Cristal piramidal de cerusita con galena del yacimiento de Minbladen (Marruecos).

**Sistema Cristalográfico:** Rómbico

**Clase de Simetría:** Bipiramidal holoédrica (2/m 2/m 2/m).

**Grupo Espacial:** Pmcn

**Tipo de Red:** P

**Hábito Cristalino:** Por lo regular los cristales son de hábito tabular {010} o prismáticos, menos frecuentemente piramidales o aciculares con aspecto pseudo-hexagonal. A veces forman agregados estrellados y reticulares debidos a la formación de maclas. También se la encuentra en forma granular y masiva con mucha frecuencia.

Las *maclas* son de contacto según {110} y {130}

La *exfoliación* según {110} y {021}

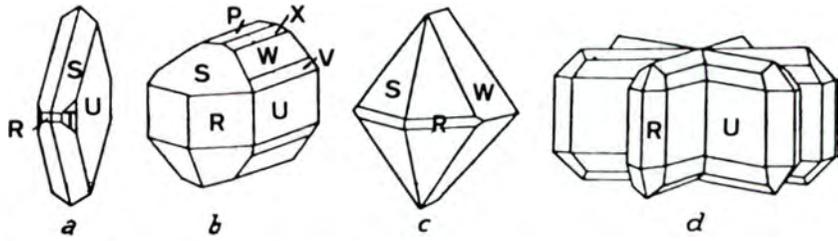


Fig. 2.— Hábitos cristalinos de la cerusita.

- a) Cristal tabular de cerusita con predominio del pinacoide  $U \{010\}$ , con prismas  $R \{110\}$  y  $T \{130\}$  y pirámide  $S \{111\}$ .
- b) Cristal prismático alargado según el eje  $a$ , combinándose el prisma  $R \{110\}$  con el pinacoide  $V \{010\}$ , domos  $x \{102\}$   $w \{021\}$  y  $v \{031\}$ , pirámides  $S \{111\}$  y pinacoide base  $P \{001\}$ .
- c) Cristal piramidal formado por el prisma  $R \{110\}$ , pirámide  $S \{111\}$  y domo  $N \{021\}$ .
- d) Macla en forma de estrella según  $\{110\}$ .

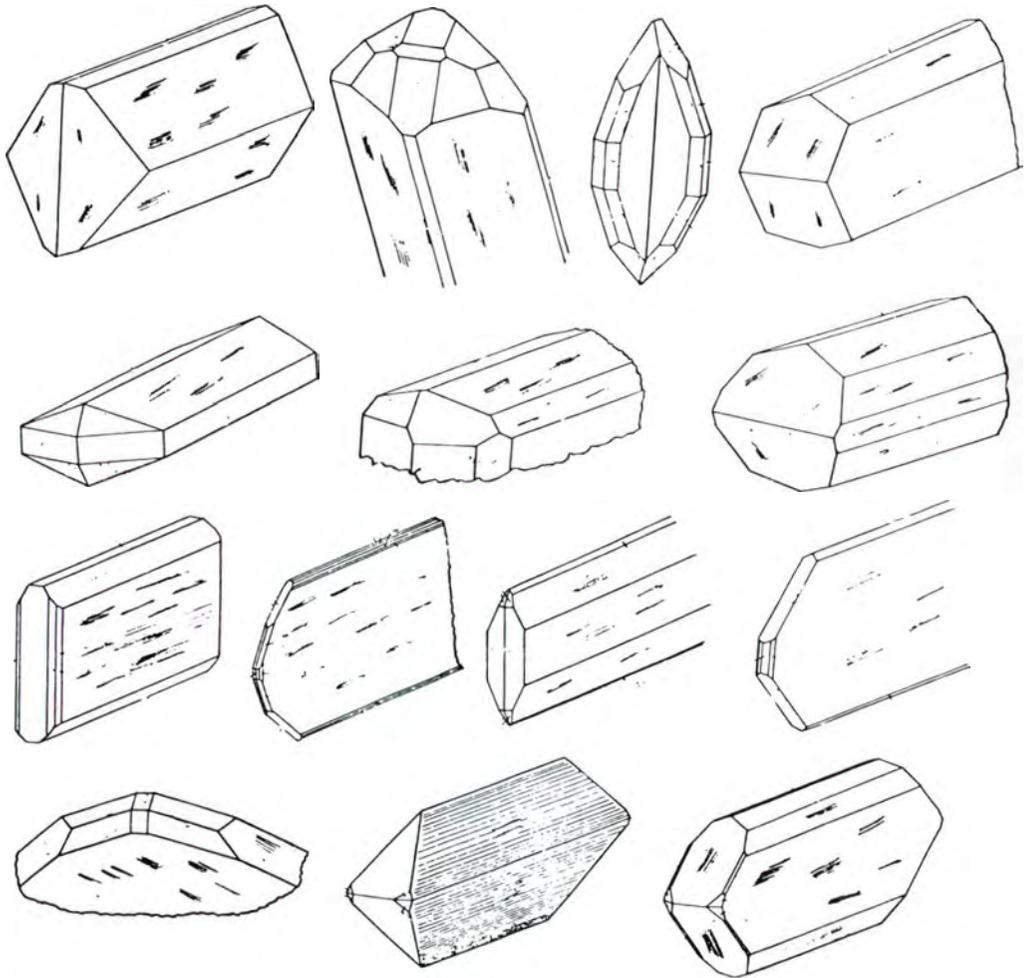


Fig. 3.— Algunas de las formas cristalinas menos frecuentes que presenta la cerusita.

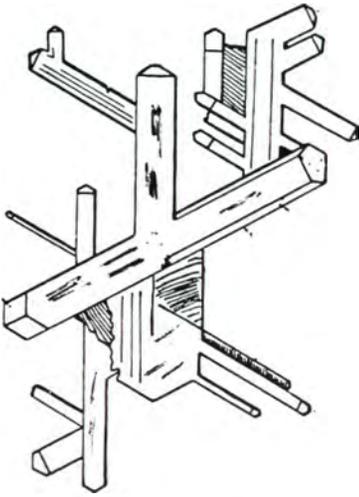


Fig. 4.— Agregado cristalino típico de la cerusita

**Otras propiedades:** Presenta pseudomorfosis a partir de la galena, anglesita, fluorita, pirita, calcita y otros minerales semejantes.

**Composición química:** Contiene el 83,53 por ciento de PbO y el 16,47 de CO<sub>2</sub>. Siendo solamente el plomo sustituido a veces por el estroncio.

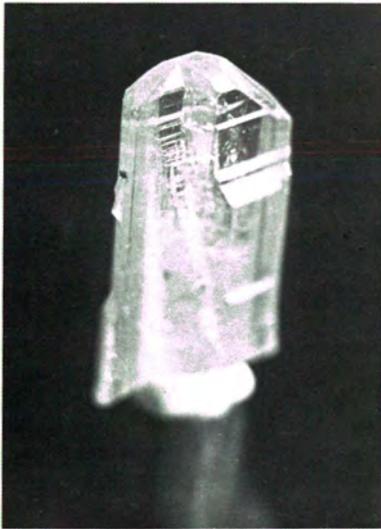


Fig. 5.— Cristal de hábito tabular Tsumeb (Namibia).

**Estructura cristalina:** Isoestructural con el aragonito (CaCO<sub>3</sub>), witherita (BaCO<sub>3</sub>) y estroncianita (SrCO<sub>3</sub>), constituyendo una serie isomorfa.

**Lineas de difracción más importantes:** 3,593—3,498—2,487.

**Dureza:** 3—3,5.

**Densidad:** 6,55.

**Color:** Generalmente blanco transparente u opaco, a veces amarillento e incluso pardo. Ocasionalmente es fluorescente amarillo a la luz ultravioleta.

**Raya:** Blanca.

**Brillo:** Adamantino o vítreo.

**Tenacidad:** Frágil.

**Fractura:** Según la exfoliación principalmente. Concoidea.

**Reconocimiento:** Sobre el carbón decrepita al soplete. Al fundir da aureola amarilla y el botón de plomo. En tubo cerrado toma primero color amarillo, después granate. Da efervescencia con el ácido nítrico. En menor cuantía es atacada por los ácidos clorhídrico y sulfúrico produciendo una tímida efervescencia y dejando precipitados de cloruro y sulfato de plomo respectivamente.

**Propiedades ópticas:** Biaxica negativa con las siguientes constantes:  $\alpha = 1,80$ ;  $\beta = 2,076$ ;  $\gamma = 2,078$ . El ángulo  $2V = 9^\circ$ .

**Forma de presentarse y yacimientos:** La cerusita es una especie mineral que se la encuentra de muy variadas formas, presentando multitud de hábitos cristalinos. También en formas masivas y pseudomorfizando otros minerales principalmente a la galena.

Así pues, es un mineral secundario en las zonas de oxidación de los depósitos de plomo, y cobre, con cuyas especies minerales no es raro encontrarla en asociación paragenética. Es por tanto la ganga de estos yacimientos aunque cuando se encuentra en abundancia puede constituir mena de plomo junto a la anglesita, que es el sulfato de plomo.

**Yacimientos importantes:** Broken Hill (Nueva Gales del Sur), Cerro Gordo (California), Mammoth mine, Pinal County y Flux mine (Santa Cruz—Arizona), Idaho (Colorado), Dakota, Nuevo Mexico, Montana y Wheatley (Pennsylvania). Zambia, Dundas (Tasmania), Tsumeb (Namibia), Leadhills (Escocia), Cornwall, Derbyshire y Devonshire (Inglaterra).

*En España:* Al abundar la galena no es raro encontrar esta especie mineral en nuestro país aunque no en muy bellos ejemplares pero sí en una gran variedad de hábitos cristalinos (1), citaremos entre las más importantes las siguientes localidades: Sierra de Cartagena, Linares, Sierra de Almagrera (Almería), Mina el Borracho en Garlitos (Badajoz). En Reocfn, Puente Viesgo y Udías (Santander), Oyarzun (Guipúzcoa), Losacio (Zamora), Ateca (Zaragoza), Campillo de Salatierra (Salamanca), Almadén, Puertollano, Horcajo, Veredas y Caracolleda (Ciudad Real), Santa Eufemia (Córdoba), Cabezo de Civilla y Mazarrón (Murcia).

**Producción y usos:** Como hemos apuntado anteriormente solamente cuando es muy abundante es beneficiable en plomo, solamente en los yacimientos de Broken Hill y en algunos de Estados Unidos ocurre esta circunstancia. Los bellos ejemplares de Tsumeb han alcanzado altas cotizaciones en el mercado de minerales para coleccionistas.

S. Mirete



Fig. 1.— Agrupación de cristales de cerusita del yacimiento de Broken Hill en Tsumeb (Africa del Sur); 7 x 5 cm. Foto Mirete.

(1) A tal respecto es muy interesante el trabajo de J. Garrido "Cerusitas cristalizadas españolas" del año 1934 publicado en el Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural, tomo XXXIV, pág. 301 a 326.

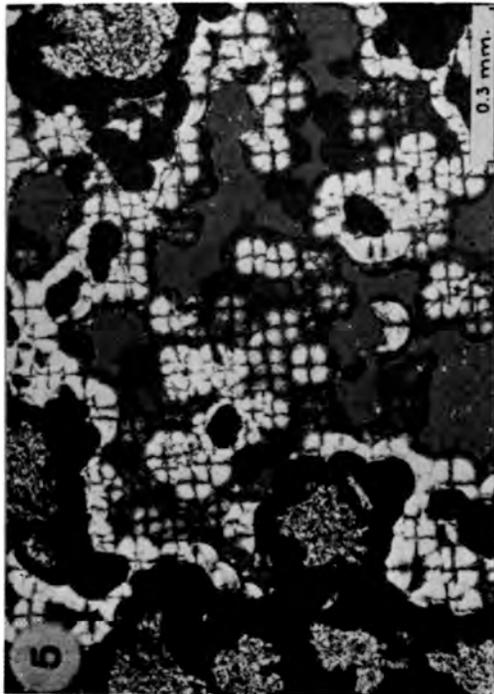


Fig. 5.— Agregado de cristales esfero-radiales de annabergita rodeando a unas concreciones de wad de cobalto (asbolana), en negro. Minas de Molvizar. Polarizadores cruzados.

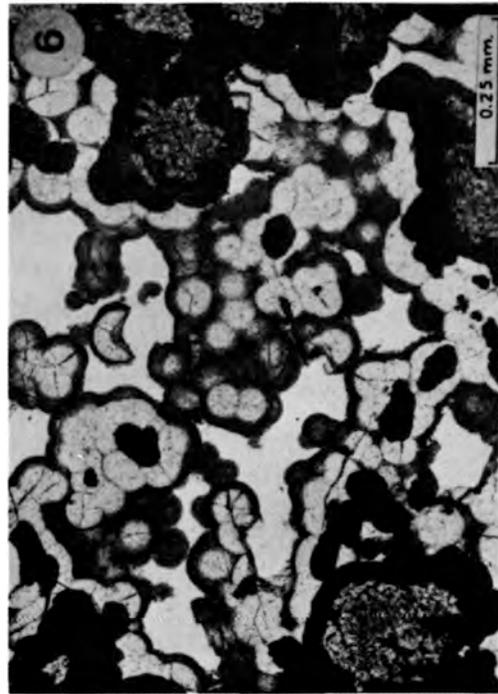


Fig. 6.— Detalle de la muestra anterior. En blanco, huecos de la trama. Luz paralela.



Fig. 7.— Alteración de tenanita (TN) a olivenita (OL). En el centro, cristales radiales de tirolita (TY), junto a la dolomita (DOL) de la roca encajante. Minas de Molvizar. Luz paralela.



Fig. 8.— Crecimientos cono-radiales y palmeados de tirolita. Entre esos haces hay pequeños cristales aciculares de lavendulanita. Minas de Molvizar. Luz paralela.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARANA, R. y GALLEGOS, J.A. (1971).— Petrología y mineralizaciones de la Unidad de las Víboras (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **2**, 49–88.
- ARANA, R. y RODRIGUEZ GALLEGO, M. (1972).— Estudio mineralógico de una tirolita de Molvizar (Granada). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **3**, 41–47.
- ARANA, R. (1973).— *Investigaciones mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis Secr. Públ. Univ. Granada.
- ARANA, R.; RODRIGUEZ GALLEGO, M. y ALCOVER, J.A. (1973).— Nuevos datos sobre el yacimiento de cobre de Molvizar (Granada). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **4**, 55–67.
- ARANA, R. (1973).— Andradita filoniana en la Unidad de la Caldera (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **4**, 49–53.
- ARANA, R. (1974).— Estudio mineralógico de los yacimientos filonianos de Sierra Nevada y su relación con la tectónica bética. *Fundación Juan March*. Madrid, 257 págs.
- ARANA, R. y MARTIN, J.M. (1975).— Observaciones geológicas sobre las minas del Cerrajón (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Acta Geológica Hispánica*, **XI**, 129–132.
- ARANA, R. y MARTIN, J.M. (1975).— Estudio geológico de las mineralizaciones de fluorita de la Unidad de las Víboras (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **6**, 75–88.
- ARANA, R. (1977).— Gersdorffita filoniana en la Unidad de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). *Estudios Geol.*, **33**, 215–218.
- ARANA, R. (1977).— Nota sobre la tenantita de Molvizar (Granada). *Estudios Geol.*, **33**, 219–222.
- ARANA, R. (1977).— Nuevos datos sobre el yacimiento de la Estrella (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Tecniterrae*, **17**, 28–35.
- CALDERON y ARANA, S. (1910).— *Los minerales de España*, **2** t. Junta Ampliación Estudios e Investigaciones Científicas. Madrid.
- IGME (1975).— *Mapa Metalogenético de España E. 1: 200.000. Hoja 83 (Granada—Málaga)*. Serv. Publ. Minist. Industria. Madrid.
- MARTIN, J.M. y ARANA, R. (1976).— Estudio geológico de las minas del Aguila (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Estudios geol.*, **32**, 385–390.
- PUGA, E. (1971).— *Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis Univ. Granada.
- PUGA, E. y DÍAZ DE FRANCISCO, A. (1978).— Metamorfismo polifásico y deformaciones alpinas en el Complejo de Sierra Nevada (Cordillera Bética). *Reun. Geod. Cord. Bética*, 79–114. Granada 1976.

## ESTUDIO GEOLOGICO Y MINERALOGICO DE LA WOLLASTONITA DE MERIDA (BADAJOZ)

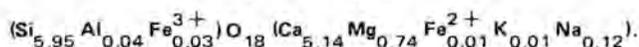
M.J. Liso y J. Guixa.

Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura (Badajoz).

### RESUMEN

Se estudia un yacimiento de wollastonita situado en los alrededores de Mérida (Badajoz), producido por el metamorfismo de contacto entre granitoides y calizas.

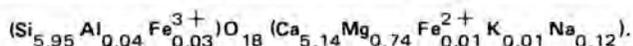
La wollastonita se ha caracterizado por difracción de rayos-X, microscopía y análisis químico. La fórmula cristalocímica es próxima a:



Por último, se considera el interés económico de este yacimiento.

### ABSTRACT

Near to Mérida (Spain) a wollastonite deposit formed by contact metamorphism between granite and carbonate rocks is located. By X-ray diffraction, optical and chemical study the wollastonite has been characterized, being its crystallochemical formula:



The economical interes of this deposit is considered.

## 1. INTRODUCCION

Uno de los afloramientos calcáreos de interés mineralógico de la provincia de Badajoz, es el situado al NW de Mérida en el denominado cerro "Carija". En él se encuentra wollastonita que ha sido citada por RIVAS MATEOS (1906), CALDERON (1910) y SOS BAYNAT (1962). Este último autor da algunos datos acerca de este mineral, también presente en la Sierrecilla de Araya, próxima a Carija.

La pureza y abundancia de este mineral y lo poco frecuente en España (yacimiento de Gualba, Barcelona), han motivado el desarrollo de este trabajo.

La presente nota se dedica al estudio del citado depósito, donde la wollastonita se encuentra en cantidades considerables. Este mineral tiene diversas aplicaciones; entre otras, cerámicas, pinturas y fabricación de mastique.

## 2. SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

El afloramiento se halla sobre una masa calcárea, atribuida al Cámbrico Inferior (HERNANDEZ PACHECO, 1956) situada a cuatro kms. al NW de la ciudad de Mérida, Hoja 1:50.000, nº 777 (Mérida); tiene fácil acceso por la carretera de Mérida a Proserpina y de Mérida a Montijo. Las rocas dioríticas de esta zona han sido estudiadas por SANCHEZ CELA (1971).

La masa calcárea está situada sobre granitos, granodioritas, dioritas y localmente anfibolitas. Al W del cerro dominan granitos y granodioritas y al E algunas anfibolitas, y sobre todo dioritas (Fig. 1 y 2).

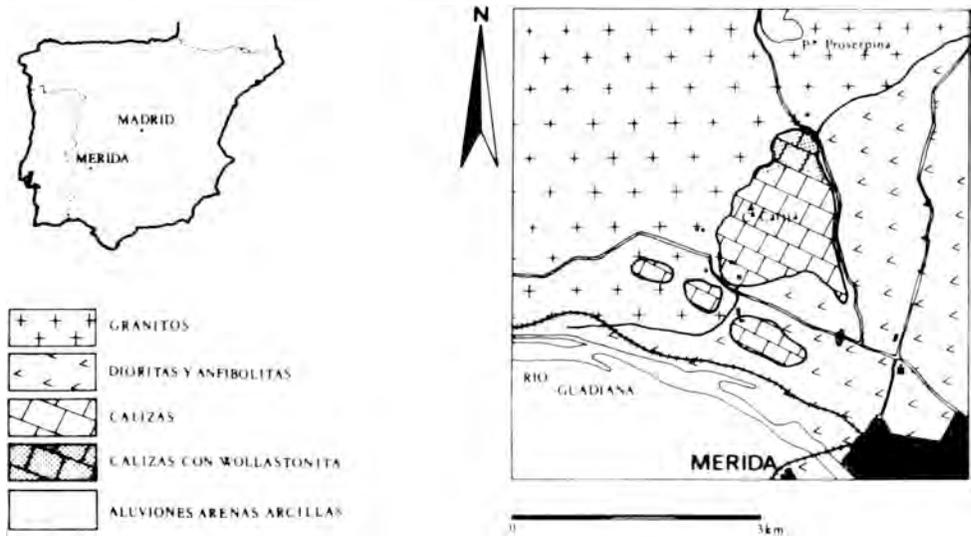


Fig. 1. Situación geográfica y geológica de la zona estudiada

En cuanto a la masa carbonatada, en términos generales calcárea (LISO, 1979), se puede hacer varias distinciones dentro de ella. De N a S, es decir, del contacto granito-caliza hacia la parte más alta del cerro, se encuentran calizas con wollastonita que contienen silicificaciones y filoncillos de sílice, que son más abundantes al alejarse de la masa granítica. Poco después, disminuye el contenido en wollastonita hasta desaparecer y son más frecuentes las impregnaciones y filoncillos de sílice (expesor máximo 2 cm.) que suelen tener una dirección predominante N 10° E (aunque localmente admite variaciones y pueden estar replegados). Por último, se pasa a unas calizas pardas y grises muy recrystalizadas y con menos abundancia de sílice.

Lo anteriormente expuesto se resume en el esquema de la Fig. 3 que muestra la distribución espacial de la sílice y wollastonita.

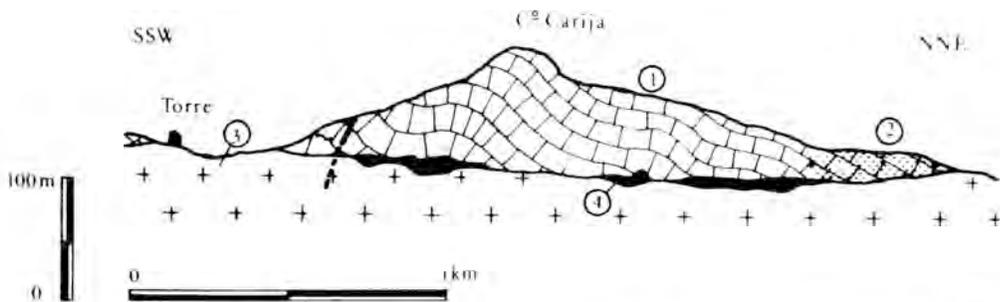


Fig. 2. Corte esquemático del Cº Carija. 1. Calizas; 2. Calizas con wollastonita; 3. Granitos y granodioritas; 4. Dioritas.

### 3. DESCRIPCION DEL MINERAL

Se presenta en masas blanquecinas o blancas de aspecto fibroso, (sobre todo si está algo alterada), de dimensiones variables y formas arriñonadas, sublenticulares o aplanadas, siempre con muchas irregularidades y con un tamaño que oscila entre 0,3 m x 0,3 m x 0,5 m y 0,2 m x 1 m x 0,5 m y 0,2 m x 0,1 m x 0,003 m. En otras ocasiones el mineral se halla diseminado en la roca carbonatada. En general (Fig. 4) las masas se disponen orientadas paralelamente. De "visu" se pueden distinguir dos tipos:

**Wollastonita gris—blanca** (algo nacarada) (Fig. 5).

Se presenta en fibras paralelas o subparalelas que pueden tener hasta 9 cm. de longitud y 1 mm. de sección. El color ligeramente gris, se debe a las impurezas de carbonato, a escasos y pequeños granos de magnetita y a impurezas de cuarzo, diopsido y tremolita que se hallan intercrecidas en los cristales de wollastonita.

**Wollastonita blanca** (Fig. 5).

Presenta fibras más cortas y delgadas de aspecto desordenado y radiado, sin cristales visibles de carbonato y con algún gránulo de cuarzo. A escala microscópica no hay diferencias.

Los ejemplares presentan fosforescencia verdosa frente a la luz UV y los cristales alargados de wollastonita, al ser sometidos a un campo eléctrico se orientan paralelamente a éste según el eje b.

### 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

**Preparación de las muestras.**

Las muestras escogidas se han sometido a una molienda en molino de bolas durante un período de 5 minutos y se han pasado por un tamiz de 200  $\mu$ .

A continuación se han sometido a un proceso de separación mecánica por vibración y magnética, con el objeto de eliminar los carbonatos, sílice, diopsido y magnetita respectivamente, que se encontraban en pequeña proporción.

Después de una molienda fina en el molino de bolas durante un período de una hora, se ha tamizado a 37  $\mu$ , para el análisis por difracción de rayos-X.

Para mayor purificación de las muestras, se han sometido a un tratamiento por vía húmeda con ácido clorhídrico diluido al 25 por ciento para eliminar los carbonatos. Después se ha lavado, numerosas veces, con agua destilada con sus correspondientes decantaciones, hasta eliminación total de cloruros. Por último las muestras se han secado a 40°C.

**Estudio en lámina delgada** (Fig. 6 a y b).

Para ello se han elegido tres muestras de las 25 recogidas (W-10, W-11, W-22) de tal forma que las dos primeras fueran ricas en wollastonita y la última estuviese exenta de ella, las tres muestras pertenecen a la zona 2 de la Figura 2.

Las secciones de wollastonita perpendiculares a la bisectriz aguda tienen una extinción casi recta que oscila entre 3 y 5 grados (a diferencia de la parawollastonita que es siempre recta). Es biáxica negativa a diferencia de la pseudowollastonita que es positiva. La birrefringencia en esas secciones, es baja. La W-10 y W-11 poseen una mineralogía fundamental a base de carbonatos (dolomita y calcita) y wollastonita. Como accesorios, diopsido, tremolita, magnetita y cuarzo.

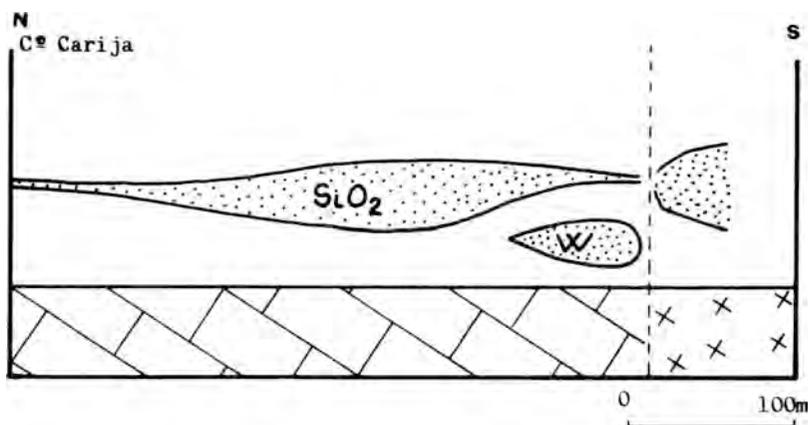


Fig. 3. Distribución espacial de la cantidad relativa de sílice y wollastonita en la masa calcárea del Cº Carija.



Fig. 4.— Pequeñas masas de wollastonita orientadas paralelamente.



Fig. 5.— Wollastonita blanca y gris blanca (ver texto).

Los **carbonatos** tienen textura granoblástica con cristales de tamaño medio. En algunos son bien visibles, maclas polisintéticas y exfoliación. La **magnetita**, en escasa proporción, aparece diseminada en pequeños agregados entre los granos de carbonatos y a veces en inclusiones dentro de ellos. También se observan pequeñas inclusiones de opacos en diopsido. Los cristales de **diopsido** se reparten regularmente entre los carbonatos. La presencia de **cuarzo** es esporádica.

La **wollastonita** se presenta en agregados columnares, en unos casos en cristales de gran tamaño. Las maclas suelen ser paralelas a b. Entre estos planos de macla aparecen carbonatos (Fig. 6a). **Diopsido** y **tremolita**, lo hacen en forma de inclusiones y también entre cristales. Estos dos minerales son más abundantes en zonas en donde los cristales de wollastonita son más pequeños.

La muestra W-22, exenta de wollastonita, difiere de las anteriores en la textura de los carbonatos, en la ausencia de diopsido y tremolita y en la mayor cantidad de cuarzo accesorio. Los carbonatos tienen textura suturada, extinción ligeramente ondulante y "sombras" de cristales.

De esto se deduce que en los lugares donde se depositó la wollastonita hubo una recristalización de los carbonatos adyacentes.

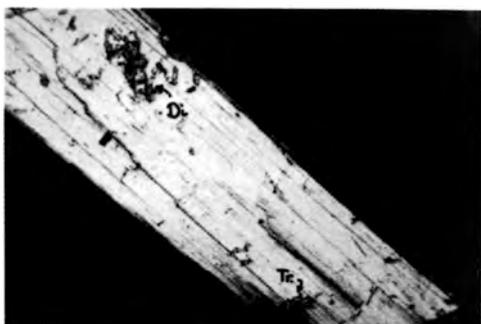
### Difracción de rayos—X.

Las muestras han sido caracterizadas por difracción de rayos—X (método de polvo) en un aparato Philips con radiación  $\text{Cu K}_\alpha$ , filtro de Ni y velocidad de exploración  $2^\circ/\text{min}$ .



Fig. 6 Cristales de wollastonita x 20 Mx.

a) Wollastonita (negro y gris) con intercrecimiento de carbonatos (blanco). Agregados redondeados de Diopside.



b) Cristal de wollastonita con Diopside (Di) y Tremolita (Tr).

Los resultados obtenidos figuran en la Tabla I y Fig. 7, los cuales concuerdan con los expresados en la ficha 19—249 de la A.S.T.M. La ausencia de las reflexiones 4,37 y 3,73 ponen de manifiesto que no se trata de parawollastonita (Ficha 10—489 de la A.S.T.M.).

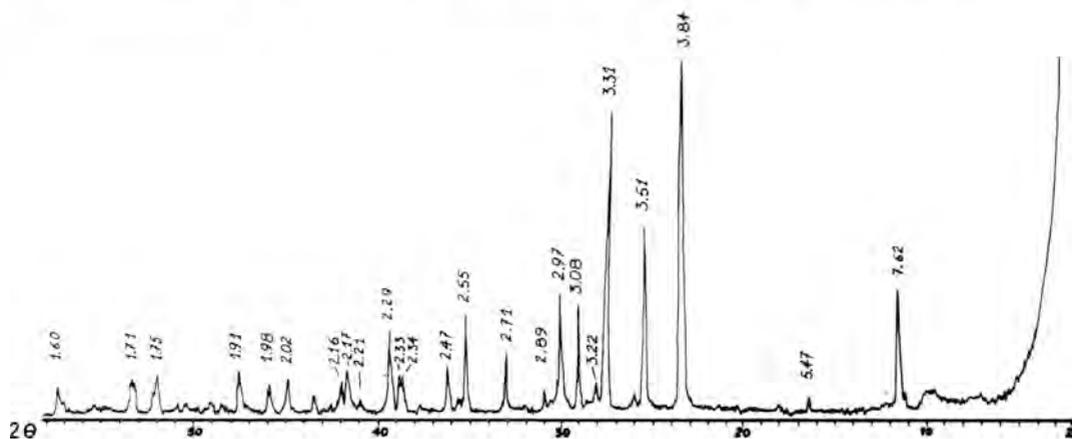


Fig. 7 Difractograma de polvo de la wollastonita de Mérida.

**TABLA 1**

Ficha ASTM 19-249		Carija		
d (Å)	I/I <sub>0</sub>	Línea	d (Å)	I/I <sub>0</sub>
7,68	50	1	7,62	36
5,47	40	2	5,47	5
3,84	60	3	3,84	100
3,51	70	4	3,51	54
3,31	80	5	3,31	83
3,23	40	6	3,22	6
3,08	70	7	3,08	31
2,97	100	8	2,97	35
2,89	20	9	2,89	5
2,71	40	10	2,71	19
2,55	50	11	2,55	28
2,47	60	12	2,47	14
2,34	40	13	2,34	11
2,33	50	14	2,33	11
2,29	60	15	2,29	24
2,21	40	16	2,21	2
2,18	70	17	2,17	9
2,16	40	18	2,16	8
2,02	50	19	2,02	11
1,98	40	20	1,98	7
1,91	40	21	1,91	13
1,75	50	22	1,75	11

**Análisis químico.**

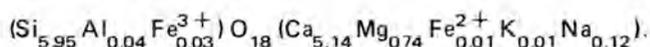
Se ha realizado por diferentes técnicas. La sílice y aguas por gravimetría, Al, Fe, Mn, Ca, Mg por espectrometría de absorción atómica con un aparato Perkin Elmer mod. 360 y el Na y K por espectrofotometría de llama con un aparato Zeiss PF5.

Los resultados obtenidos se expresan en la Tabla 2.

**TABLA 2**

SiO <sub>2</sub> . . . . .	50,94
CaO . . . . .	41,10
MgO . . . . .	4,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,38
FeO . . . . .	0,13
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,14
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,54
MnO . . . . .	0,03
P.C. . . . .	2,04
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,10
	<hr/>
	99,99 ‰

A partir de los datos químicos y sobre la base de 18 oxígenos, se ha calculado la fórmula cristaloquímica siguiente:



## 5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El afloramiento de "Carija" presenta una mineralogía a base de carbonatos (calcita y dolomita), wollastonita, diopsido, tremolita, magnetita y cuarzo.

La asociación wollastonita—diopsido—tremolita hace pensar en un yacimiento de metamorfismo de contacto en el que se ha originado la wollastonita, por un proceso metamórfico metasomático (Skarn) (400–600° C) en el cual el aporte de la sílice, desde el granito a la masa calcárea, es suficientemente grande como para producir abundante wollastonita.

La sílice al difundirse en la masa calcárea avanza preferentemente por planos de fractura preexistentes reaccionando con la roca de caja, depositándose wollastonita y liberándose CO<sub>2</sub>, de ahí la orientación preferente de las masas del mineral, siguiendo una dirección general N 10 E. No aparece wollastonita en lugares cercanos a dioritas y anfibolitas y por encima de la zona con wollastonita se presenta sílice ya aislada en forma de filloncillos e impregnaciones.

Por otro lado, tenemos que destacar que no se trata de pseudowollastonita ( $\beta$  SiO<sub>3</sub>Ca) por que este polimorfo tiene signo óptico positivo y una mayor birrefringencia mientras que la wollastonita es negativa y de menor birrefringencia.

Es una wollastonita que por su estudio difractométrico no presenta practicamente impurezas cristalinas, lo que le da un índice de pureza superior al 95 por ciento.

Se trata de una importante mineralización de wollastonita con una gran pureza (≈ 95 por ciento), cuyo análisis químico concuerda con el de la wollastonita de Bazena (Italia) estudiada por SCHIAVINATO (1964), formada entre calizas y granodioritas.

La presencia de magnesio es considerable y debe proceder de los materiales dolomíticos próximos (LISO, 1979). El Mg reemplaza al Ca, según JUAN (1950). Esta sustitución es muy frecuente en la pseudowollastonita, pero en nuestro caso no se trata de ese polimorfo como se ha demostrado anteriormente.

Por otra parte, según BOWEN (1940), SUNDIUS (1931) y VOOS (1935) existe una relación entre las propiedades ópticas y la presencia de Fe y Mn, que aumenta algunas de esas propiedades, pero a su vez, según BELYANKIN y PETROV (1939) esas mismas propiedades disminuyen con la existencia de cierta cantidad de agua estructural, la cual empieza a hacer efecto a partir de valores de 0,5 por ciento. En el caso que nos ocupa dichas propiedades quedan poco alteradas por la escasa y contraria incidencia de ambos componentes (Fe y H<sub>2</sub>O).

La relativa abundancia de minerales tipo tremolita delatan la existencia de agua en el proceso formador.

Finalmente y respecto al interés económico de este yacimiento, es de señalar que la masa calcárea con wollastonita tiene un volumen aproximado de 240.000 m<sup>3</sup>, con un 3 por ciento del mineral y tiene unos recursos posibles que se estima que son del orden de 25.000 Tm. La calidad del mineral es muy buena con una pureza superior al 95 por ciento. La dificultad de aprovechamiento se presenta en la separación de los carbonatos (calcita y dolomita), que puede encarecer la explotación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a D. Angel de la Iglesia su colaboración en el estudio difractivo.

## BIBLIOGRAFIA

- BELYANKIN, D.S. and PETROV, V.P. (1939).— Hibschite in Georgia. *Doklady Acad. Sci. URSS*, **24**, p. 349.
- BOWEN, N.L. (1940).— Progressive metamorphism of siliceous limestone and dolomite. *J. Geol.* **48**, 225.
- CALDERON, S. (1910).— *Los minerales de España*. Junt. Amp. Est. e In. Cient. Madrid.
- HERNANDEZ PACHECO, F. (1956).— *Características geográficas y geológicas de las vegas del Guadiana*. Imprenta de la Excm. Diputación Provincial. Badajoz. 84—96.
- JUAN, V.C. (1950).— The system  $\text{CaSiO}_3\text{—Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7\text{NaAlSiO}_4$ . *J. Geol.* **58**, 1.
- LISO, F.J. (1979).— *Contribución al estudio mineralógico y técnico de las rocas carbonáticas de Badajoz*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Madrid.
- RIVAS MATEOS, M. (1906).— *Compendio de mineralogía*. 2ª ed. Madrid.
- SANCHEZ CELA, V. (1971).— Consideraciones petrogenéticas sobre las roca dioríticas de la zona de Mérida. *Estudios Geol.* **27**, 305—310.
- SCHIVINATO, G. (1946).— El giacimento a wollastonite ed altri minerali di contatto presso alpe Bazena (Adamello—meridionali). *Mem. Inst. Geol. Univ. Padova.* **15**, (5).
- SOS BAYNAT, V. (1962).— Mineralogía de Extremadura. *Bol. Geol. y Min.* **73**, 5—189.
- SUNDIUS, V. (1931).— On the triclinic manganiferous pyroxenes. *Amer. Mineral.* **16**, 411—429, 488—518.
- VOOS, E. (1935).— Untersuchung des Shinittes  $\text{CaO. SiO}_2\text{—MnO. SiO}_2$  in ternaren System  $\text{SiO}_2\text{—CaO—MnO}$ . *Zeits. anorg. Chem.* **222**, 201.

## LA TECTONICA DE FRACTURA EN LOS YACIMIENTOS DEL AREA DE BOSSOST (VALL D'ARAN, LERIDA)

A. Alvarez-Pérez

*Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnica de la Universidad Autónoma de Barcelona.*

### RESUMEN

Se pretende poner de manifiesto la influencia que ha tenido la tectónica de fractura en la removilización del mineral en los yacimientos de Pb-Zn del área de Bossost (Vall d'Arán, Lérida).

### ABSTRACT

The relation between fracture tectonic and Pb-Zn ores of the Bossost region (Vall d'Arán, Lérida) is examined and discussed.

### 1. INTRODUCCION

En trabajos realizados sobre las mineralizaciones de Pb-Zn existentes en el área de (Bossost, Vall d'Arán, Lérida), dentro de la serie de materiales cambro-ordovícicos, se ha podido fijar la disposición interestratificada de las capas mineralizadas. Dichas capas están formadas, principalmente, por galena y esfalerita. En menor cantidad se hallan presentes calcopirita, pirrotina, pirita y arsenopirita.

Las mineralizaciones se han visto afectadas, en primer lugar, de modo muy intenso, por la orogénesis hercínica y por el metamorfismo de contacto y regional desarrollados paralelamente a la misma. Posteriormente, en forma menos acusada, han recibido también la influencia de la orogénesis alpina. La disposición por tanto de dichas mineralizaciones es mucho más compleja de lo que su origen sedimentario-diagenético (MONTORIOL, CAMPA y ALVAREZ, 1974) haría suponer.

Los cambios de textura, debidos tanto a la removilización mecánica como al metamorfismo ya han sido estudiados en otros trabajos (ALVAREZ, CAMPA y MONTORIOL, 1976) y también ha sido dada la interpretación genética de los yacimientos (ALVAREZ, CAMPA y MONTORIOL, 1977).

Se pretende, en este trabajo, precisar la influencia que ha podido tener la tectónica de fractura en la removilización mecánica de parte de las masas mineralizadas, desplazando de su primitiva posición al mineral que ha quedado emplazado en los diversos lugares donde actualmente se presenta.

### 2. FASES TECTONICAS

La orogénesis hercínica se ha caracterizado, en la zona, por una serie de fases tectónicas de deformación que han originado grandes pliegues de dirección principalmente E-W, de plano axial horizontal, con esquistosidad de plano axial, los cuales han sido abombados posteriormente formando domos como el de Bossost.

Posteriormente se han formado dos series de fallas cuyas direcciones principales son NE-SW y E-W. A estas últimas pertenece la gran falla de Bossost, que divide en dos partes el núcleo granítico del domo, con la parte norte levantada respecto a la parte sur. Series escalonadas de fallas satélites, paralelas a una u otra dirección, dan lugar a bloques levantados respecto a la zona axial y basculados hacia el norte o hacia el este respectivamente.

Las capas mineralizadas muestran un desarrollo paralelo a la zona axial y han sido replegadas y fractuadas junto con la roca de caja. La presencia de fracturas han facilitado la removilización mecánica de las masas minerales que han emigrado, desde el lugar de deposición hacia las zonas fracturadas.

Fases tectónicas tardías de distensión han formado diaclasas que cortan las estructuras anteriores y han dado lugar a nuevas, pero débiles, removilizaciones de mineral que se han situado en los huecos abiertos por ellas.

Podemos, por tanto, distinguir tres emplazamientos importantes del mineral:

- 1.- en las capas interestratificadas
- 2.- ,en las brechas formadas por fallas
- 3.- en los huecos abiertos por las diaclasas.

### 3. EMPLAZAMIENTOS Y TEXTURAS MINERALES

El mineral que se ha situado en los diversos emplazamientos tiene no sólo una diversificación de tipo espacial, sino que ha desarrollado texturas típicas que pueden muy bien referirse a cada una de ellas en particular.

#### 1.- En las capas interestratificadas

Las capas interestratificadas aparecen asociadas a una facies silíceo-carbonatada, con un desarrollo de tipo detrítico en la parte inferior y una formación superior de tipo calcáreo ("calcáreo metalífero") con intercalaciones de silix, cuarcitas y pizarras areniscosas (ALVAREZ, 1975):

La mineralización se extiende paralela a la zona axial, desde la falla de Bossost hasta el lago de Montoliu, para continuarse hacia el E en yacimientos de poca importancia. Las capas de mineral son de espesor variable y oscilan desde finas intercalaciones hasta capas de cerca de un metro de espesor en Liat y Montoliu. Las explotaciones mineras de mayor embergadura han sido, las de Bossost, Liat, Bagergue y Montoliu, hoy en día totalmente abandonadas.

En ellas cabe distinguir:

#### A- Mineral "in situ" (Fig. 1).

Ha sido observado claramente en las capas de esfalerita de mina "Margarida", cerca de la falla de Bossost y viene caracterizado por las siguientes estructuras (MONTORIOL, CAMPA y ALVAREZ, 1974):

##### a) Sedimentarias:

- capas típicamente sedimentarias con mineral formado por granos redondeados con cemento del mismo mineral mezclado con minerales silicatados.

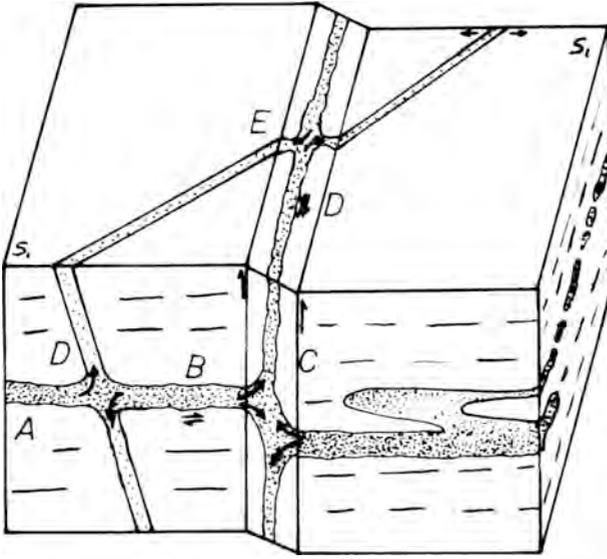


Fig. 1.— Bloque diagrama mostrando los tipos de removilización que ha sufrido la mena de Pb—Zn en los yacimientos del área de Bossost.

- figuras de gravedad en el contacto sulfuro—caliza, con difusión de sulfuro dentro de la caliza (MAURIZIO, 1969)
- figuras dinámicas de sedimentación con estructuras entrecruzadas (NICOLINI, 1970)

b) Diagenéticas:

- Estilolitos de tipo primitivo en la caliza (AMSTUTZ, 1967) e impregnados de mineral.
- filoncillos de cuarzo de neoformación que cortan las estructuras sedimentarias y los estilolitos.

c) Metamórficas:

- mármoles de bajo grado de transformación con abundancia de cuarzo residual
- presencia de figuras de "shearing" en las galenas
- indicios de recristalización con aparición esporádica de puntos triples (LAWRENCE, 1973).

B- Mineral removilizado (Fig. 1)

La migración mineral hacia las fracturas ha provocado un reajuste de volumen, dando lugar a una removilización mecánica, de poca amplitud, dentro de las capas interestratificadas. Excepto en lugares próximos a la falla, la mezcla de componentes de diversas capas es muy débil. Las estructuras más características son:

- fracturación de los granos de los minerales rígidos (pirita, arsenopirita) con ligero desplazamiento de los clastos (ALVAREZ, CAMPA y MONTORIOL, 1975) (Fotomicrografía 1)
- figuras gráficas en las mezclas de varios minerales, principalmente entre galena y esfalerita.

Las capas sedimentarias en las que se halla interestratificado el mineral, deben referirse al Ordovícico Superior, si bien el Cámbrico forma con él una unidad de facies muy uniformes y difícil de separar claramente entre sí por falta de fauna.

Las fases metamórficas van ligadas a la tectónica de plegamiento y ambas deben situarse en el Carbonífero, en la fase Westfaliense del herciniano.

## 2.— En las brechas de falla

La fracturación de la zona ha dado lugar a dos series de fallas de direcciones NE—SW y E—W, las cuales han originado la removilización, a partir de las capas interestratificadas, de mineral que ha venido a ser un componente más de la brecha de falla. La mineralización no ha adquirido la misma importancia en todas las fallas, pero las estructuras que presentan son en todas ellas muy características,

### C- Mineral procedente de las capas interestratificadas (Fig. 1)

Asociado a abundante cuarzo procedente de rocas graníticas y de esquistos.

- mezcla mecánica de diversas fases que presentan estructuras en mosaico. Muy abundantes, siendo las más frecuentes entre esfalerita—calcopirita y esfalerita—galena—pirrotina. (Fotomicrografía 2).
- presencia de galena en los planos de esfoliación de las micas englobadas en las brechas de falla.

### D- Mineral removilizado (Fig. 1)

La formación tardía de diaclasas y grietas de distensión ha provocado una última removilización que ha afectado a los materiales emplazados en las fallas así como a parte del mineral que había permanecido en las capas interestratificadas.

- inyección de masas mineralizadas, mezcladas a veces con los componentes de las brechas, en las grietas y huecos formados en las rocas (Fotomicrografía 3).
- estructura de tipo milonítico con microgranulaciones heterométricas en los bordes de contacto de distintas especies minerales e incluso en los bordes de grano de una misma especie mineral.

La tectónica de fractura que ha originado las fallas con gran abundancia de cuarzo en cuyas brechas ha sido englobado el mineral removilizado, es probablemente tardihercínica, del Carbonífero superior o del Pérmico inferior.

## 3.— En las diaclasas (Fig. 1)

El descenso de presión que supone la fase tectónica de distensión, implica una nueva migración de mineral desde la brecha de falla, o desde las capas interestratificadas, hacia la zona de mínima presión. Esta removilización de mineral es de escasa envergadura y muy difícil de distinguir de las descritas anteriormente. El tamaño de grano de los minerales removilizados durante esta fase es, en general, más pequeño que el de los minerales removilizados en fases anteriores. (VOKES, 1971) (Fotomicrografía 4).

Son fáciles de distinguir:

- maclas de crecimiento en la esfalerita y la calcopirita
- recristalizaciones típicas en galena, pirrotina y arsenopirita con formación de grandes cristales, diferentes de los aparecidos en las primeras fases del metamorfismo (LAWRENCE, 1973).

Estas diaclasas no son necesariamente sincrónicas, sino que pueden haberse originado en dos periodos muy distintos como son el tardihercínico y el alpino. Estas diaclasas pueden por tanto ser tardihercínicas y/o alpinas.

#### 4. CONCLUSIONES

Las conexiones existentes entre los distintos emplazamientos del mineral, tal como acabamos de describir, nos indican que el volumen de mineral removilizado en las fallas y diaclasas puede servirnos para determinar en términos generales el total de mineral existente en la zona, así como la importancia real del mineral que permanece todavía en su primer emplazamiento en las capas interestratificadas.

Además, la adecuada interpretación del origen y extensión de estas mineralizaciones no debe apoyarse únicamente en las prospecciones realizadas aisladamente en sólo alguno de estos distintos emplazamientos. Ello ha llevado a errores de interpretación (ALVAREZ, 1975), que han influido en una mala explotación de los yacimientos que los ha llevado a ser de nulo rendimiento económico.

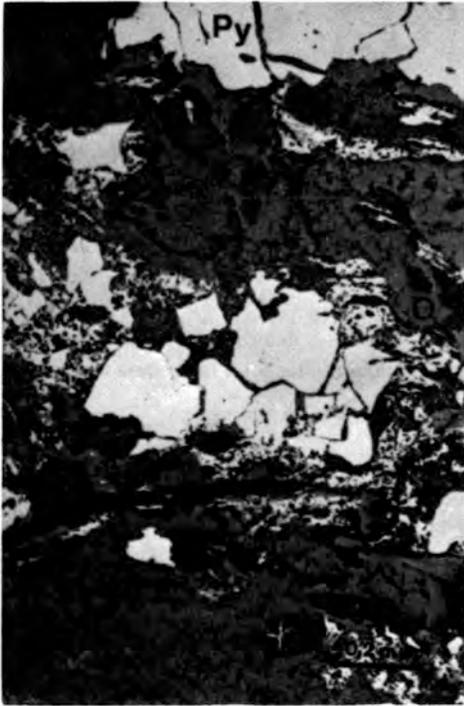
#### Agradecimientos

Al Dr. Pedro Santanach Prat, del Departamento de Geomorfología y Tectónica de la Universidad de Barcelona, por su colaboración en la interpretación de los fenómenos tectónicos de la zona estudiada.

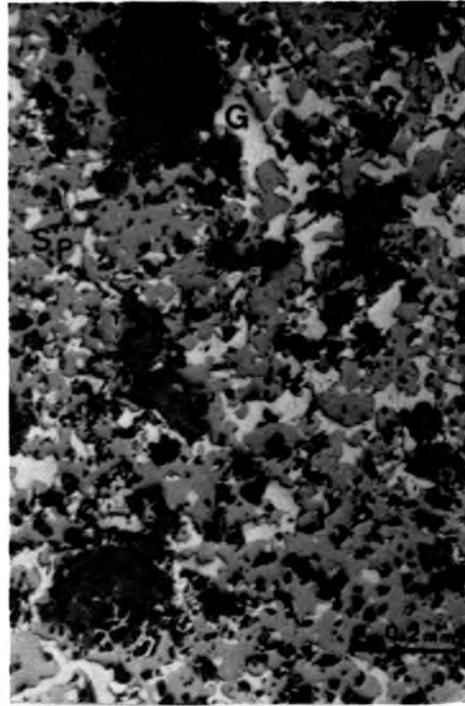
#### BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ-PEREZ, A. (1975).— Estudio de los yacimientos de galena y esfalerita del área de Bossost (Vall d'Arán, Lérida) . Tesis, *Secretaría de publicaciones*, Universidad de Barcelona.
- ALVAREZ-PEREZ, A., CAMPA-VIÑETA, J.A. y MONTORIOL-POUS, J. (1975).— Estudio morfológico, mediante luz reflejada, de piritas procedentes de mina "Solitaria" (Vall d'Arán, Lérida) . *Acta Geológica Hispánica*. **10**, 104–108.
- ALVAREZPEREZ, A., CAMPA-VIÑETA, J.A. y MONTORIOL-POUS, J. (1976).— Identificación de diversas fases de metamorfismo regional en las mineralizaciones de Bossost (Vall d'Arán, Lérida) . *Acta Geológica Hispánica*. **11**, 84–88.
- ALVAREZ-PEREZ, A., CAMPA-VIÑETA, J.A. y MONTORIOL-POUS, J. (1977).— Mineralogénesis de los yacimientos del área de Bossost (Vall d'Arán, Lérida) . *Acta Geológica Hispánica*.s, **12**, 123–126.
- AMSTUTZ, G.C. and PARK, W.C. (1967).— Stylolites of diagenetic age and their role in interpretation of the Southern Illinois fluorspar deposits . *Min. Deposita*, **2**, 44.
- LAWRENCE, L.J. (1973).— Polymetamorphism of the sulphide ores of Broken Hill NSW, Australia". *Min. Deposita*, **8**, 211.
- MAURIZIO, V. (1969).— Experimental studies on galena and sphalerite deposition and on galena remobilization . *Remobilization of ores and minerals*, Cagliari, 59–80.

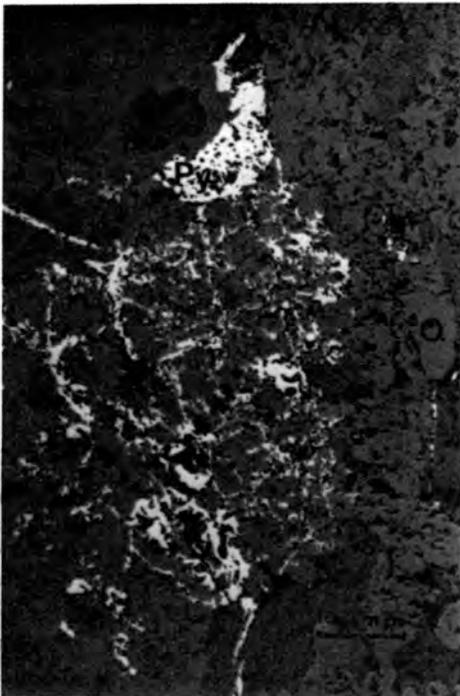
- MONTORIOL-POUS, J., CAMPA-VIÑETA, J.A. y ALVAREZ-PEREZ, A. (1974).— Sobre el origen sedimentario—diagenético de la mineralización del yacimiento "Margalida" (Bossost, Vall d'Arán, Lérida) . *Estudios Geol.* **30**, 481—484.
- NICOLINI, P. (1970).— *Gitologie des concentrations minérales stratiformes*. Gauthier—Villars, Paris.
- VOKES, F.M. (1971).— "Some aspects of the regional metamorphic mobilization of preexisting sulphide". *Min. Deposita*, **6**, 122.



1.- Pirita (py) removilizada en una masa de cuarzo (Q).



2.- Estructura en mosaico entre Galena (G) y Esfalerita (Sp).



3.- Introducción de Pirita (Py) entre grietas y granos de cuarzo (Q) fracturados.



4.- Esfalerita removilizada en vetas que cortan a Cuarzo (Q) y Pirita (Py) previamente removilizados.

## **DIDACTICA :**

### **ENSEÑANZA PRACTICA DE LA MINERALOGIA EN EL B.U.P.**

En los últimos tiempos es tema de gran preocupación, especialmente para los que amamos la mineralogía y además somos enseñantes, el gran desprecio, aburrimento y hasta odio con que las nuevas generaciones de estudiantes de bachillerato acogen a los minerales en la asignatura de Ciencias Naturales de 1<sup>o</sup> de BUP. Paradojicamente, incluso alumnos de geológicas no ven con buenos ojos la asignatura de Mineralogía.

Por el contrario la afición a los minerales y coleccionarlos crece día a día, pero lamentablemente no a estudiarlos, con lo cual tendremos malos coleccionistas y en la escuela una repulsa hacia esto que a nosotros nos fascina.

La enseñanza de la mineralogía en el BUP se reduce a un capítulo denominado Estudio de la Materia Cristalina, que en la programación ocupa el N<sup>o</sup> 2 y que ya al alumno le echa hacia atrás, pues el llegar, o mejor dicho, comenzar la asignatura prácticamente por el estudio abstracto de redes, mallas y filas reticulares, le hace concebir a los minerales como algo verdaderamente complejo. Resulta además que en este capítulo no teniendo nada que ver con una clasificación sistemática que acaban de ver. Se les explica una serie de propiedades muy complejas teóricamente, si no tienen una visión práctica a continuación y que hoy por hoy especialmente en la enseñanza estatal presente una serie de problemas y que nosotros en nuestro Instituto hemos podido ir solucionando en lo posible de la siguiente manera:

Las propiedades ópticas de los minerales hemos conseguido que sean algo que apasione a los jóvenes alumnos. Sin disponer de microscopios de polarización para cursos de 40, a lo más con que podemos contar en un seminario es con uno, se ha usado el proyector de diapositivas de tal manera que las preparaciones las hemos montado como si fueran diapositivas, con una lámina de material polarizado (gafas polarizantes de cartón que aún se encuentran en las ópticas), en el tubo de enfoque justo a la salida de la luz, recortando esféricamente y al tamaño adecuado al mencionado tubo, este material. Obtenemos así el analizador que giramos con suma facilidad, obteniendo en la pantalla, visión del pleocroismo si quitamos el analizador, extinciones y visión de los colores de interferencia. Este mismo método con más rigidez y no de una manera tan informal como se usa para los alumnos de primero, se puede utilizar en las clases de COU, en la asignatura de Geología.

Después de estas visiones sorprendentes para el alumno, éste se interesa de una manera especial por las causas y es cuando está en condiciones de asimilar esta enseñanza teórica.

El mayor problema si se quiere viene en las prácticas de visu, donde el alumno recibe poca motivación al quedarle restringidas ciertas pruebas organolépticas como dureza, raya, exfoliación, fractura, etc., como se puede suponer para una mejor conservación de las colecciones de prácticas. De tal manera que ésta práctica, por otro lado totalmente necesaria, y que además creemos conveniente que se haga en tres sesiones, una para los minerales magmáticos, otra para los sedimentarios y metamórficos y por último una para las principales menas metálicas, como decíamos se reduce a mirar el mineral, dependiendo únicamente del interés del alumno (casi siempre nulo, por lo dicho al principio) en que anote y se quede con las propiedades que a simple vista ve.

En nuestro seminario venimos ensayando un método en la realización de las prácticas de visu mineral. Consiste en que cada ejemplar lleva una etiqueta con la fórmula química y sistema cristalográfico, sin el nombre del mineral, datos que el alumno ha debido recibir en las clases teóricas o bien los tiene en su texto, los minerales pueden estar en dos colecciones (Minerales Petrográficos y Menas Metálicas) o bien en una sola. El objetivo principal de la práctica es seleccionar los minerales magmáticos, sedimentarios, metamórficos y metálicos, dependiendo de la sesión que se trate.

El alumno se ve motivado e intrigado a poner nombre a ese mineral al mismo tiempo que comprueba algunas propiedades como son el color, la densidad, el hábito cristalino, etc., con un gran interés para no errar, los comentarios entre ellos se hacen más profundos y todo ello conlleva a una mejor fijación de todas las propiedades del mineral fomentando de esta manera la utilidad del conocimiento de los materiales terrestres, ya que algo parecido se puede hacer con las colecciones de rocas que se ven paralelamente en la práctica.

Comparando los resultados obtenidos en los cursos donde se hacía la práctica tradicional de mirar los minerales y en estos últimos donde se ha hecho de la manera expuesta, se ha notado un enorme avance en las contestaciones correctas a las preguntas sobre los minerales que se realizaban en los exámenes, así como un incremento de la afición por los minerales.

Del capítulo primero, Dinámica Mineral, en la asignatura de Ciencias Naturales en 3º de BUP, es mejor olvidarlo si pensamos en su utilidad didáctica, enormemente abstracto e incoherente, a la vez que muy distintamente interpretado por cada profesor y autor de texto, En otra ocasión haremos un comentario más profundo.

Sabemos que no todo está logrado y a pesar de estos ensayos todavía existe la problemática de que la "Mineralogía es un rollo" por ello pido que todos los enseñantes busquemos soluciones a esto con lo cual estaremos cumpliendo uno de los fines de la Sociedad que es la de fomentar afición, nosotros tenemos mucho en nuestras manos para poder lograrlo.

*Salvador Mirete  
Prof. Agregado de Ciencias Naturales  
I.N.B. San Juan Bautista (Madrid)*

## NUEVAS ESPECIES MINERALES

### SCHOONERITA.—

$(\text{PO}_4)_3\text{ZnMnFe}(\text{OH})_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Rómbico. Encontrado en unas pegmatitas de Palermo. De color pardo a tonos cobrizos. Dureza alrededor de 4. Transparente u opaco. Densidad 2,8. Aparece en pequeños agregados de unos 2 mm. de cristales tabulares paralelos. Con siderita, messelita, vivianita, esfalerita, childrenita y cuarzo, es con quien suele ir asociado.

**Bibliografía:** MOORE P.B. y DAMPF, A.R. (1977). Shoонерita, un mineral nuevo de cinc, manganeso y hierro. *American Mineralogist* **62**, 246–249.

### DOWNEYITA.—

$\text{SeO}_2$ . Tetragonal. Encontrado en Glen Lyon, cerca de Williamstown y Shamokin entre la antracita (Pensylvania—USA). Color rojizo debido probablemente a la aparición de algunas inclusiones de selenio amorfo dentro de los cristales. Brillo adamantino, densidad 4. Cristales de hábito prismático acicular con terminaciones piramidales en algunas ocasiones. Muy higroscópico. Asociado con azufre, selenio y otros.

**Bibliografía:** FILKENMAN, R.B. y MROSE M.E. (1977). Downeyita, la primera manifestación natural aparecida de  $\text{SeO}_2$ . *American Mineralogist*, **62**, 316–320.

### TEXASITA.—

$(\text{SO}_4)_2\text{Pr}_2\text{O}_2$ . Rómbico. Encontrado cerca de Burnet Caounty (Texas—USA), en las pegmatitas de Clear Creek. De brillo vítreo, aparece en cristales individualizados de 0,1 a 0,4 mm., de hábito tabular. Dureza 2,5, traslúcido de color verde algo pálido. Densidad 5,7. Aparece junto a la jarosita, gadolinita, allanita.

**Bibliografía:** CROOK W.X. (1977). Texasita, un nuevo mineral: el primer ejemplo de una diferenciación específica de tierra rara. *American Mineralogist*, **62**, 1006–1008.

### OTWAYITA.—

$\text{CO}_3(\text{Ni}, \text{Mg})_2(\text{OH})_2 \cdot \text{O}$ . Rómbico. Apareció en unas prospecciones hechas en Nullagine, Australia. De color verde y brillo sedoso. Se presenta en los clásicos agregados esferofibrosos compuestos por diminutos cristales. Densidad 3,3. Aparece en las rocas ultramáficas con serpentina, millerita, polydimita y apatito, en otras ocasiones con magnesita.

**Bibliografía:** NICKEL, E.H., ROBINSON, B.W., DAVIS, C.E.S. y MACDONALD, R.D. (1977). Otwayita, un mineral nuevo de níquel del oeste de Australia. *American Mineralogist*, **62**, 999–1002.

### PARASPURRITA.—

$(\text{SiO}_4)_2\text{CO}_3\text{Ca}_5$ . Monoclínico. Encontrado al norte de Darwin, en Inyo County, (California—USA). Incoloro en sección delgada. Aparece en maclas polisintéticas hasta de 2 cm. Densidad 3. Polimorfo con Spurrta. Asociado con gehlanita, vesubianita, apatito y larnita, también con calcita, yeso, pirita y cuarzo.

**Bibliografía:** COLVILLE, A.A., y COLVILLE, P.A. (1977). Paraspurrta, un nuevo polimorfo de la spurrta de Inyo Caounty, California. *American Mineralogist*, **62**, 1003–1005.

ROCAS



MINERALES

JUAN MONTAL

c/. Tossa n. 20 F

VILAFRANCA DEL PENEDÉS  
(ESPAÑA)

☎ (93) 890 08 50

**MACLA<sup>®</sup>**

MINERALES PARA COLECCIONISTAS

PIEZAS PARA DECORACION

FOSILES

Dr. Federico Rubio y Galí, 168 — Teléfono: 450 94 41 MADRID-20 — ESPAÑA

---

## INFORMACION CIENTIFICA

**PALLIX, G.**— *"Famous Mineral localities: Bou-Azzer, Morocco"*.

Min. Record 9 (1978), 69–73.

Se presenta la geología y mineralogía de los filones de Co–Ni de este importante yacimiento. Se describen las siguientes especies: skutterudita, gersdorffita, níquelina, eritrina, roselita, talmesita, lavendularita, farmacosiderita, vladimirita y cobaltocalcita.

---

**LAFFITTE, P.**— *"Matières premières. Importance économique des industries correspondantes"*.

Chronique Rech. Minière, France. 436 (1977), 3–9.

El valor total de los principales minerales de interés económico del mundo (excluidos los minerales energéticos y los minerales para construcción), estimado a partir de sus existencias y de su valor industrial, ha sido calculado por el autor en 1250 billones de francos franceses, que es aproximadamente el valor de los minerales combustibles producidos en 1974.

El valor económico de cada mineral varía enormemente, dependiendo del tipo de mena de que se trate y de los costes de su beneficiario (a veces tan altos como los propios costes de extracción minera). Los gastos de energía para la explotación y beneficio de estos minerales son generalmente muy altos, pero varían para cada mineral y proceso por lo que son difíciles de evaluar.

Finalmente el autor piensa que dado que los royalties pagados por el petróleo son muy inferiores a los que se pueden pagar por otros minerales, es ilusorio considerarlos como posibles intercambios de riqueza con el Tercer Mundo.

---

**GARCIA GUINEA, J.; LISO, M.J.; GALAN, E.**— *"Estudios de los topacios de Valle de la Serena (Badajoz)"*.

Estudios Geol. 34 (1978), 139–142.

Se han estudiado topacios de interés gemológico, procedentes del complejo minero "San Nicolás", asociados con cuarzo, feldespatos, fluorita, lepidolita y mineralizaciones de W y Bi y formados por un proceso de greisenización, determinándose su densidad, propiedades ópticas, constantes reticulares y fórmula cristalquímica.

---

---

**COOK, R.B.**— *"Famous mineral localities: Chuquicamata, Chile"*.

Min. Record 9 (1978), 321–333.

Se resume la historia y geología de los depósitos cupríferos de Chuquicamata y se revisan los minerales encontrados.

---

**PEREZ DEL VILLAR, L.; RODRIGUEZ-GORDILLO, J.; FENOLL HACH-ALLI, P.**— *"Natrojarosita en la base de la Formación Utrillas en Nuévalos (Zaragoza). Aspectos mineralógicos y genéticos"*.

Clay Minerals 14 (1979), 139–153.

En la base de Formación Utrillas, aflorante en las cercanías de Nuévalos, se ha localizado un nivel constituido por illita, montmorillonita, natrojarosita, caolinita, cuarzo y materia orgánica. Se aportan datos químicos, térmicos, microscópicos y de difracción de rayos X de la natrojarosita, a la cual se atribuye un origen sedimentario por precipitación en un medio de aguas estancadas, desarrollado sobre materiales margoso—yesíferos del Keuper, con elementos procedentes fundamentalmente de la disolución de las evaporitas triásicas.

---

**BROUGHTON, P.L.**— *"Economic geology of Australian gemstone deposits"*.

Min. Sci. Eng. 11 (1979), 3–21.

Las arenas gemíferas (diamantes y zafiros) del este de Queensland y de New South Wales son depósitos fluviales terciarios, recubiertos y reservados de la erosión por lavas basálticas, pero con un origen desconocido. Son muy abundantes los ópalos cretácicos de interés gemológico en diferentes localidades, los filones de crisoprasa asociados con serpentinitas en Queensland y las esmeraldas de los maciños precámbricos del oeste australiano.

---

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MINERALOGIA**  
Museo Nacional de Ciencias Naturales  
Pº Castellana 84  
MADRID – 6