

# Las mineralizaciones argentíferas de Plasenzuela, Cáceres. España.

Por A. LAGO RODRIGUEZ (\*), R. CASTROVIEJO BOLIBAR (\*\*), y T. NODAL RAMOS (\*)

## RESUMEN

En el distrito de Plasenzuela, constituido por cinco minas reconocidas y numerosas labores menores, se desarrolló, especialmente en el siglo XIX y a comienzos del XX, una intensa actividad minera para la extracción de menas de plata y plomo. Estas cementan brechas y rellenan fracturas, principalmente de dirección N-S, con buzamientos fuertes al oeste, que ocupan una faja N-S, de unos  $10 \times 3$  Km., próxima al borde occidental del macizo granítico de Plasenzuela.

Los materiales encajantes están escasamente metamorfizados y forman parte del Complejo Esquisto-Grauváquico, de edad precámbrica y composición predominantemente pelítica, con preferencia esporádica de niveles volcanogénicos.

Aunque se observan variaciones locales, las menas pueden caracterizarse por la paragénesis: arsenopirita, sulfuros BGPC y sulfosales argentíferas (especialmente freieslebenita, freibergita, Ag-tennantita, con polibasita, miargirita, etc., escasas), en ganga cuarzo-siderítica. Se trata de mineralizaciones meso-epitermales, que muestran típicas texturas de relleno, zónadas y ocasionalmente cataclásticas.

Las alteraciones en el encajante (silicificación, carbonatación esporádica, sulfidización) son poco acusadas; la más típica del distrito es la definida por la difusión de arsenopirita en el encajante, restringida a la proximidad inmediata de las vetas mineralizadas. Se observan numerosas analogías con el distrito de Coeur d'Alene, Idaho.

Se propone un modelo genético que implica fracturación repetida asociada a circulación de fluidos hidrotermales (probablemente relacionados con el granito de Plasenzuela), cuyo contenido metálico podría derivarse de los aportes volcánico-sedimentarios sulfurados observados en el encajante.

*Palabras clave:* Menas Ag-(Pb-Zn), Filoniano, Meso-epitermal, Epigenético, Arsenopirita-freieslebenita, Precámbrico, Complejo Esquisto-Grauváquico, Minas de plata (Cáceres).

## ABSTRACT

Silver and lead ores were intensively mined in the Plasenzuela district during the XIXth. and at the beginning of the XXth. centuries. The ores cement breccias or fill mainly E-W trending, southwards dipping fractures. The five mines and the many smaller works which constitute the district occur in a N-S belt,  $10 \times 3$  Km in extent, near the western contact of the Plasenzuela granitic stock.

Host to the ores are the slightly metamorphosed detritic materials of the pre-cambrian «Schist-Greywacke Complex» (Complejo Esquisto-Grauváquico), composed mainly of pelittes with some interlayered volcanites. The most typical ores are arsenopyrite, pyrite, sphalerite, galena, chalcopyrite, and silver-bearing sulphosalts, such as freieslebenite, freibergite, miargyrite, etc. in a quartz-siderite gangue. They define a meso-epithermal paragenesis and show typical hydrothermal infill textures, frequently zoned and occasionally cataclastic.

The alteration phenomena related to the ores are usually weak. The most widespread are silicification and carbonate alteration, but a peculiar form of sulphidization, consisting of arsenopyrite diffusion, producing narrow haloes around the veins is typical.

Various analogies with the Coeur d'Alene deposits are observed. The genesis is interpreted in terms of repeated fracturing associated with hydrothermal flow and related to the Plasenzuela granite, the metallic content being possibly derived from the volcanic-sedimentary sequences contained in the metamorphic pile.

*Key words:* Ag-(Pb-Zn) Ores, Vein-type, Meso-epithermal, Epigenetic, Arsenopyrite-freieslebenite, Hercynian granite, Precambrian «Schist-Greywacke Complex», Central Iberian Zone, Silver mines (Cáceres, Spain).

(\*) ENADIMSA. Dr. Esquerdo, 138 - 28007 Madrid.

(\*\*) E. T. S. Ingenieros de Minas. Ríos Rosas, 21  
28003 Madrid.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo trata de caracterizar las mineralizaciones de Zn, Pb y Ag en un área que desde época romana ha sido objeto de explotación, sin haber sido hasta ahora estudiada en detalle. Su realización ha sido posible gracias al conocimiento adquirido por los autores durante su participación en el Proyecto de Investigación de la Reserva «Río Gibranzos», realizado por ENADIMSA para la Dirección General de Minas en los años 1986, 1987 y 1988.

La zona se sitúa en los términos municipales de Plasenzuela y Cáceres (fig. 1) y el acceso se realiza por la carretera de Trujillo a Cáceres, desviándose en el kilómetro 16 hacia Plasenzuela.

Geológicamente, el área está incluida en la zona Centro Ibérica y los materiales que la constituyen son de edad Precámbrica. Corresponden al Complejo Esquisto Grauváquico, de extenso desarrollo en el Macizo Hespérico, y constituido aquí por una serie predominantemente pelítica, que se caracteriza por su monotonía litológica, con esporádica presencia de grauvacas, que conforma una serie turbidítica depositada en las zonas más distales de la cuenca precámbrica.

La estructura es compleja, debido a la superposición de dos fases hercínicas, y la ausencia de niveles guía, consecuencia de la monotonía litológica, dificulta la reconstrucción de la estructura. Las macroestructuras, desarrolladas durante la primera fase, fueron afectadas por las intrusiones ígneas y además retocadas por las fases tardías.

El granito de Plasenzuela es un batolito circunscrito que produjo una aureola de metamorfismo de contacto bien patente, de varios centenares de metros de espesor, en los materiales precámbricos.

Los únicos trabajos de investigación anteriores de la zona corresponden al ITGE, que en 1980 realizó, dentro de dos programas para Extremadura, una serie de estudios previos consistentes en un reconocimiento superficial de las principales labores y una prospección geoquímica en la red de drenaje y en suelos. Por otra parte, PALERO et al. (1985) describen algunas de estas mineralizaciones en un ensayo de tipología regional.

Existen pequeñas galerías que denuncian una explotación antigua con métodos muy primitivos, pero las labores de mayor envergadura comenzaron a mediados del siglo XIX y continuaron hasta principios del XX, momento en que cesó toda actividad hasta la actualidad. Las explotaciones tuvieron gran desarrollo y en antiguos Anales de Minas se hace referencia a esta zona, pero, desgraciadamente, no existen planos de labores ni datos fiables en cuanto a leyes, tonelajes extraídos o morfología de los cuerpos explotados.

Las principales minas son: La Serafina, La Petra, La Liebre, La Arrebatada y La Sevillana (fig. 2). En todas ellas hay pozos que llegan a los 270 m. de profundidad, hoy inaccesibles, junto a los cuales quedan en pie chimeneas y restos de las instalaciones metalúrgicas. Asimismo hay, repartidas por toda la zona, una gran cantidad de pequeñas labores, ocultas en su mayor parte bajo las escombreras.

El granito de Plasenzuela es un batolito circunscrito que produjo una aureola de metamorfismo de contacto bien patente, de varios centenares de metros de espesor, en los materiales precámbricos.

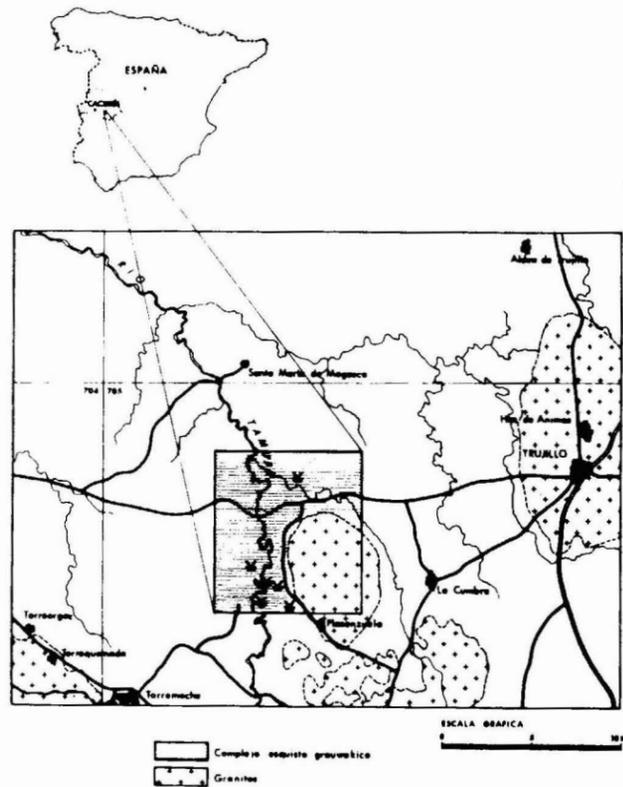


Figura 1.—Situación de las mineralizaciones de Plasenzuela.

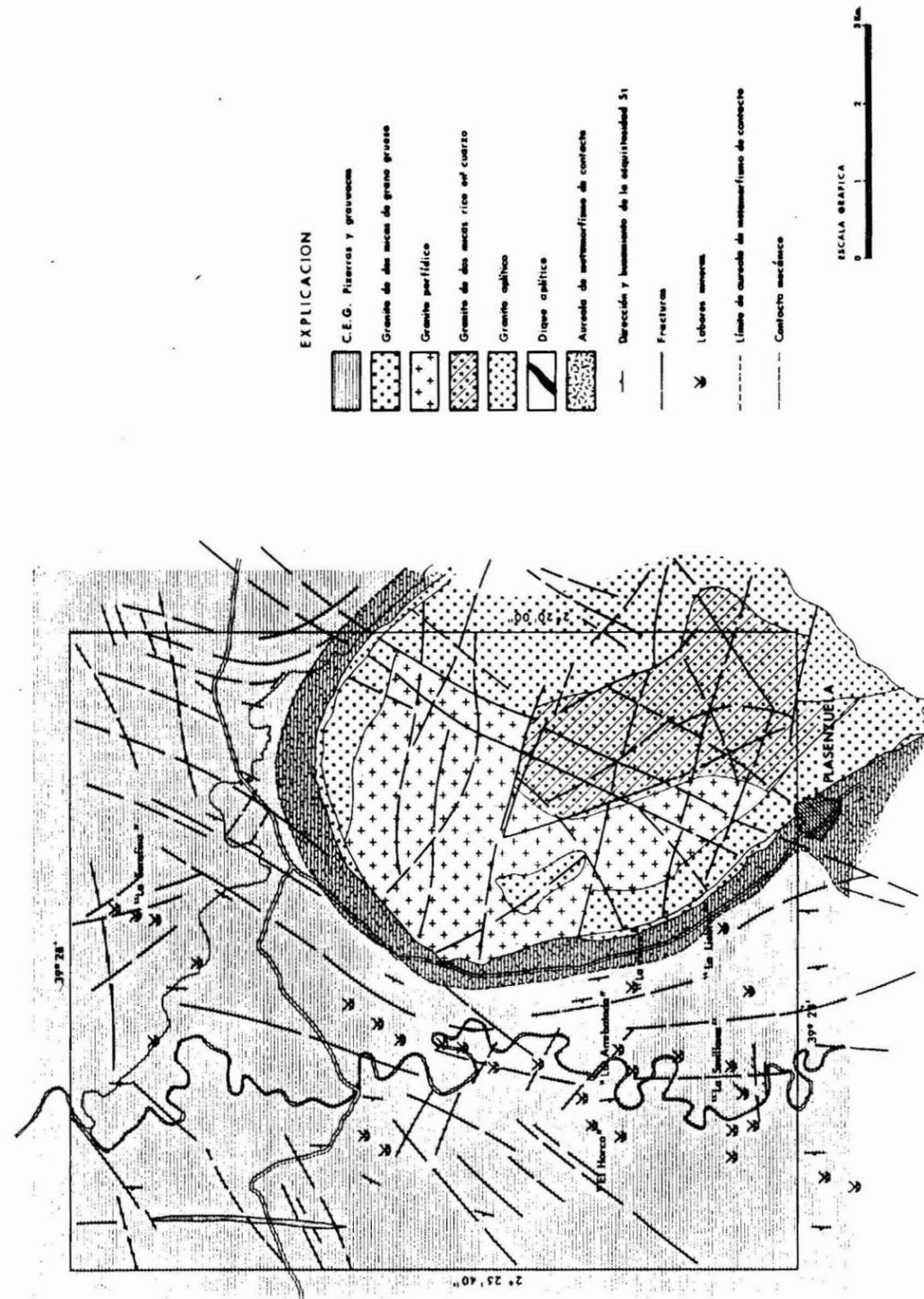


Figura 2.—Esquema geológico-minero de la zona de Plasenzuela.



## 2.2. Tectónica y metamorfismo

La tectónica hercínica regional es todavía objeto de debate, por lo que en este trabajo se toman como referencia dos fases claramente definidas en la zona y que se describen a continuación.

La *primera fase* da lugar a la esquistosidad  $S_1$ , que es la más homogénea y penetrativa en la zona. Se trata de una esquistosidad primaria de tipo «slaty cleavage» en los niveles pelíticos y grosera en los detríticos. Las direcciones varían entre N-S y N 30° E buzando hacia el oeste y con ángulos próximos a la vertical.

A escala regional esta fase es la responsable de las grandes estructuras, como los sinclinales de Cañaveral, Cáceres y Sierra de San Pedro, situados al nordeste y oeste de la zona. El área estudiada se ubica en una gran estructura anticlinal. Los criterios sedimentarios (granoselección, cuando se observa) y tectónicos (relación entre estratificación  $S_0$  y esquistosidad  $S_1$ ) indican que en la mayor parte de la zona la serie está invertida, correspondiendo por tanto al flanco inverso de un gran pliegue cuya zona axial queda fuera del área estudiada.

A escala de afloramiento y microscópica, se observan frecuentes pliegues con estructuras de flujo (ver figs. 4 y 5) además de un aspecto «bandedo» de la esquistosidad que se ha descrito como bandedo tectónico (PALERO et al., 1985), pero que sería consecuencia del bandedo litológico sedimentario.

El metamorfismo regional, contemporáneo de esta primera fase, es de grado muy bajo a bajo (facies de esquistos verdes), alcanzando excepcionalmente la isograda de la biotita.

La paragénesis metamórfica común la constituyen: cuarzo - mica blanca - albita - clorita.

La *segunda fase* es en esta zona muy poco intensa, y se manifiesta por la presencia de una crenulación tenue, observable en los niveles más lutíticos; produce una lineación  $L_2$  de intersección de  $S_1$  con  $S_2$ , que presenta orientaciones con fuerte «pitch». Es bien visible al microscopio y forma pequeños ángulos con la  $S_1$ . En el campo son difícilmente observables los pliegues de esta segunda fase y las variaciones de  $S_1$  a escala cartográfica no permiten reconstruir pliegues mayores.

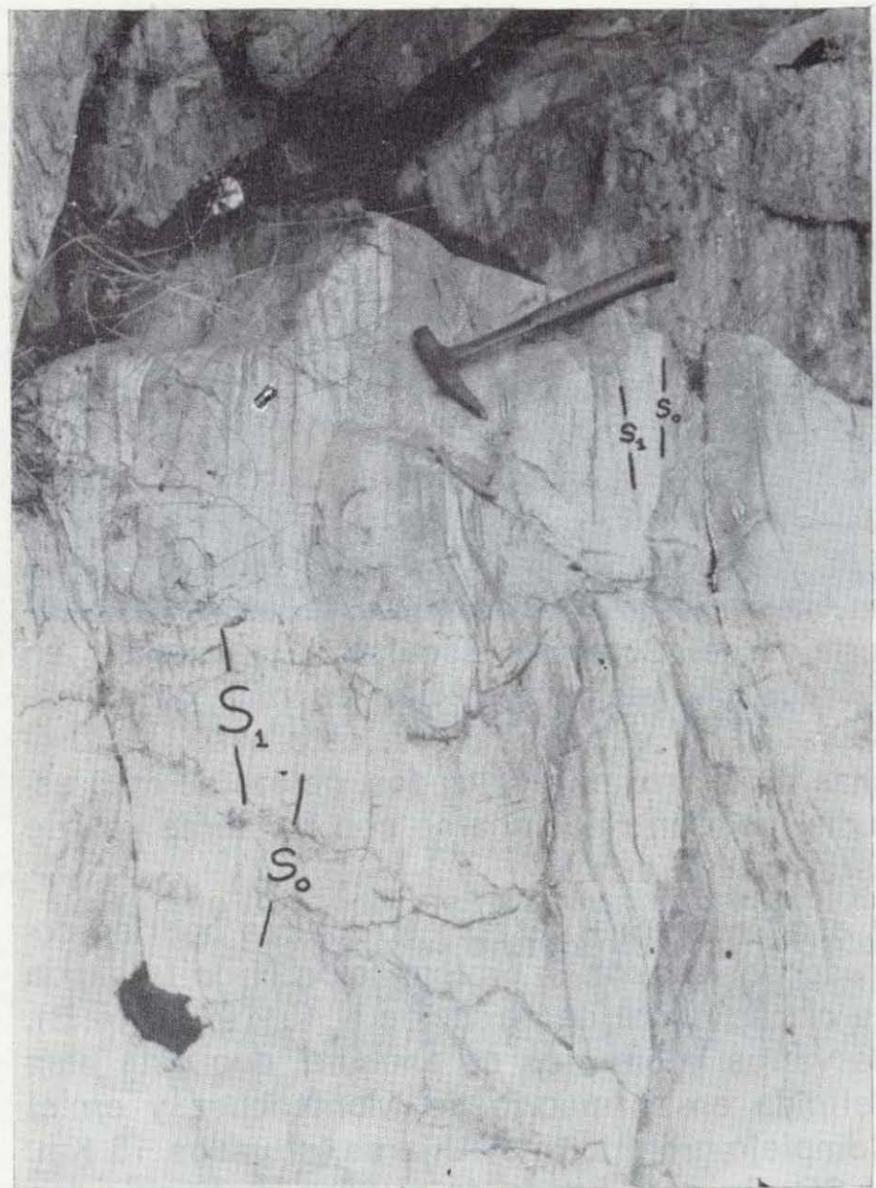


Figura 4.—Materiales pelíticos del Complejo Esquisto-Grauváquico con planos de estratificación ( $S_0$ ) definidos por alternancia de niveles claros y oscuros. Aspecto bandedo de la esquistosidad  $S_1$ . Río Gibranzos.

Las *fases tardías* son responsables de la fracturación general de la zona y de la aparición de Kinks (ver fig. 15) muy generalizados con direcciones de plano axial N 150-160° E y buzamientos de 40° al nordeste, así como de pliegues observables localmente a escala microscópica.

Las principales direcciones de fracturación son:

- Paralela a la esquistosidad  $S_1$  (N 0-30° E).
- Perpendicular a la misma (N 90 a 120° E).
- N 20 a 45° E.

La *intrusión del granito de Plasenzuela* deforma las estructuras de primera fase, que se adaptan a su entorno, de acuerdo con un mecanismo diapírico de «inyección forzada» descrito por CORRETGE y MARTINEZ (1978).

En el borde oriental del granito, se observan unas bandas de cizallamiento dúctil de pequeña extensión, con dirección de los planos «c» N 10° a 20° E, citadas por CASTRO (1984), con desplazamiento senestro. Según dicho autor, se deben a la combinación de un esfuerzo de cizalla E-O con un mecanismo de rotación e intrusión del plutón de Plasenzuela (CASTRO, 1986).

Por otra parte, la observación en todo el batolito de estructuras planares de deformación semidúctil o frágil, con la misma dirección N 10°-20° E (R. VAREA, com. pers.), induce a pensar que la banda de cizalla es más extensa que la ya citada y que incluso puede afectar a los materiales del Complejo Esquisto Grauváquico, en los que por su composición es más difícil observar estas estructuras. En este caso, las brechas de cuarzo mineralizadas, objeto de este estudio, podrían relacionarse con fracturas «c» de esta posible cizalla.

A escala regional, estas estructuras podrían corresponderse con la prolongación N de la banda de cizalla dúctil de dirección N 10°-20° E (fig. 3), de varios kilómetros de anchura, que está bien definida en el macizo de Montánchez y en el Complejo granítico de Alijares, situados 15 Km. al SO. En esta banda se pueden distinguir dos dominios, uno de carácter dúctil (Montánchez-Alijares) y otro más frágil (Plasenzuela). La transición entre ambos es gradual y sugiere que la actuación de los esfuerzos de cizalla que dan lugar al segundo dominio se ha producido, hacia el norte, en niveles estructurales más someros.

La intrusión da lugar a la formación de una aureola de metamorfismo de contacto de hasta 500 metros de anchura, que alcanza la isograda de la cordierita en las proximidades del contacto y de la biotita en las zonas más alejadas.

El momento de la intrusión es objeto de discusión en la actualidad, aunque aparentemente se sitúa en las últimas etapas de la primera fase hercínica o es posterior a ésta.

Los minerales de contacto son posteriores a la S1, aunque ocasionalmente se observan en ellos sombras de presión paralelas a dicha esquistosidad que indican que esta fase actuaba aún en el momento de la intrusión. Las crenulaciones visibles, ya sean debidas a la propia intrusión o a la segunda fase hercínica, son claramente posteriores a los minerales de contacto.

### 2.3. Rocas ígneas

El granito de Plasenzuela es, con su cortejo de diques asociados, la principal manifestación plutónica.

Cortando la serie metamórfica, aparece un conjunto de diques, de composición básica, de potencia en ocasiones considerable. Intercalados en los materiales sedimentarios se presentan esporádicos episodios de naturaleza volcánica y composición intermedia.

Existe, por último, un hidrotermalismo fisural ampliamente desarrollado a lo largo del tiempo y de repartición espacial irregular, cuya relación con la mineralización le confiere un especial interés. Está representado principalmente por vetas de cuarzo de potencia centimétrica, generalmente con acompañamiento de carbonatos, clorita, adularia y sulfuros.

El *Granito de Plasenzuela* es un stock con una distribución aproximadamente concéntrica de sus facies, con las más ácidas y de grano más fino hacia los bordes.

Las facies principales son (IGME, 1982): 1) Leucogranito adamellítico de dos micas con andalucita, sillimanita y cordierita. 2) Granito porfídico de dos micas con fenocristales de feldespato. 3) Granito de dos micas rico en cuarzo, y 4) Granitos aplíticos (leucogranito muscovítico turmalífero).

Estos últimos se sitúan en el borde del batolito y en diques paralelos al contacto, encajados en la serie metamórfica.

*Diques ácidos:* Afloran en toda la zona y su composición es similar a la de los granitos aplíticos del borde del batolito. Alcanzan en un caso los 40 m. de potencia y los 2 km. de corrida (borde noroeste de la zona).

*Diabasas:* Se presentan en forma de diques de potencias muy variables (hasta varios metros), encajados en la serie metamórfica y emplazados, a grandes rasgos, paralelamente a la esquistosidad principal.

Se trata de diabasas olivino-piroxénicas o piroxénicas con un alto grado de alteración hidrotermal, que en ocasiones enmascara totalmente la composición original. Los componentes de alteración son, por parte del olivino: minerales del

grupo de la serpentina y carbonatos; por parte del piroxeno augítico: clorita, carbonato y anfíbol actinolítico. La plagioclasa, a su vez, se transforma en productos micáceos y prehnita y se alcaliniza. Las texturas son porfídicas con matriz de grano muy fino y en ocasiones son ofíticas y amigdalares.

Estos diques son claramente tardíos respecto a la orogenia hercínica y muy comunes en el Macizo Hespérico (dique de Plasencia-Alemtejo).

*Rocas intermedias:* Intercaladas en la serie grau-vaco-pelítica aparecen una serie de rocas de composición andesítica, en general alteradas, de potencias centimétricas a decimétricas. Muestran fenocristales de plagioclasa pseudomorfizados por sericita. La matriz, microcristalina o de grano muy fino, ligeramente esquistosa, está básicamente formada por sericita, clorita y a veces cuarzo.

Su presencia es de un interés especial, al evidenciar la existencia de un volcanismo contemporáneo con la sedimentación durante el Precámbrico, posible causa de aportes metálicos que precipitarían como sulfuros en el medio submarino (reductor).

### 3. HIDROTHERMALISMO Y MINERALIZACIONES

Las vetas y filones de cuarzo hidrotermal se pueden clasificar en tres tipos o generaciones, definidos en relación con las fases tectónicas:

- Cuarzos  $Q_0$ : Estrechamente relacionados con la estratificación  $S_0$  y probablemente de origen diagenético. En general están muy replegados y estirados, con ensanchamientos en las charnelas de pliegues de primera fase. No están mineralizados.
- Cuarzos  $Q_1$ : Orientados paralelamente a la esquistosidad principal  $S_1$  o formando con ella un pequeño ángulo (0 a 20°, ver fig. número 5). Están afectados por la crenulación de segunda fase y están mineralizados.
- Cuarzos  $Q_2$ : Son los más jóvenes. No están afectados por crenulaciones y rellenan fracturas tardías. Presentan morfología tabular o bien rellenan, con trazados sinuosos, en redes anastomosadas, zonas brechificadas. Son

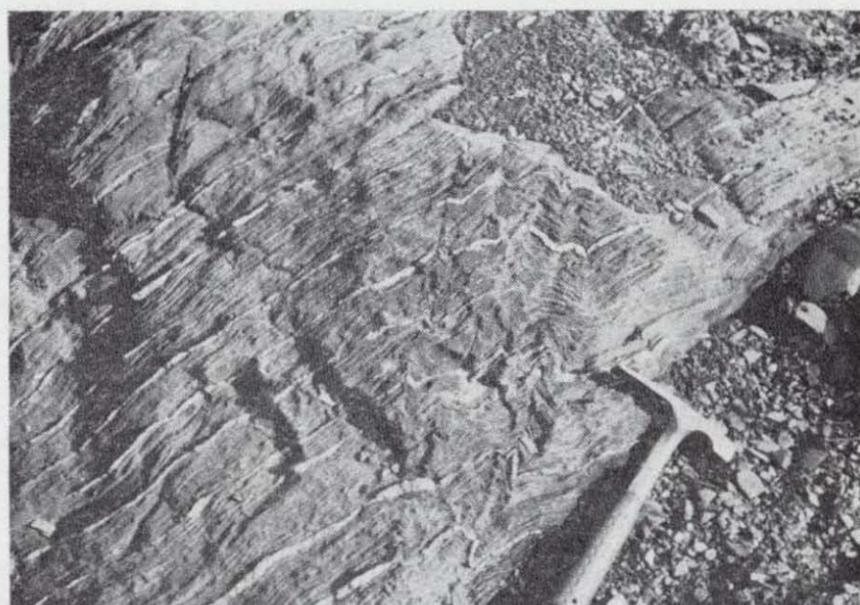


Figura 5.—«Kinks» tardíos, afectando a: esquistosidad  $S_1$  y vetas  $Q_1$ , subparalelas a  $S_1$ . Mina Serafina.

los que han sido más extensamente explotados. Sus direcciones preferentes son N-S, con buzamientos acusados, y E-O, con buzamientos suaves, generalmente hacia el sur (figuras 6 y 7).

#### 3.1. Las mineralizaciones

La distribución geográfica de las mineralizaciones configura un arco de 10 km. de longitud por 3 km. de anchura, situado en el borde O-NO del granito de Plasenzuela.

La zona ha sido objeto de una profusa explotación en toda su extensión. Existen innumerables escombreras, registros y pocillos, aunque las principales explotaciones se centran en cinco lugares:

- *Mina La Serafina:* Tiene las labores de mayor envergadura, con tres pozos principales de 120, 211 y 277 metros de profundidad, hoy inaccesibles.
- *Mina La Petra:* Existen dos pozos inaccesibles de escasa profundidad.
- *Mina La Liebre:* Existe un pozo inaccesible de 80 metros.
- *Minas del Horco y La Arrebatada:* Varios pozos inaccesibles de hasta 30 metros y numerosas escombreras de labores hoy inaccesibles.

- *Mina La Sevillana*: Después de La Serafina es la más importante, con varios pozos de hasta 88 metros. En esta mina se recuperaron labores y se realizó un reconocimiento en frentes y galerías que permitió estudiar la mineralización *in situ*.

Las principales explotaciones de La Sevillana se realizaron en forma de planos inclinados a favor de fracturas de dirección E-O y buzamiento de 20 a 30° hacia el sur en los que aparecen brechas cementadas por cuarzo o vetas tabulares, es decir, del tipo  $Q_2$ , mineralizadas (figs. 6 y 7). También hay vetas del mismo tipo  $Q_2$  emplazadas en fracturas N-S, paralelas a la esquistosidad, pero sus contenidos son menores y fueron objeto de muy escasa explotación, comparadas con las primeras.

Las muestras de las diversas minas obtenidas por sondeos, en los frentes (por recuperación de



Figura 6.—Mina Sevillana: frente de explotación, con vetas  $Q_2$  mineralizadas, secantes a la esquistosidad  $S_1$ .

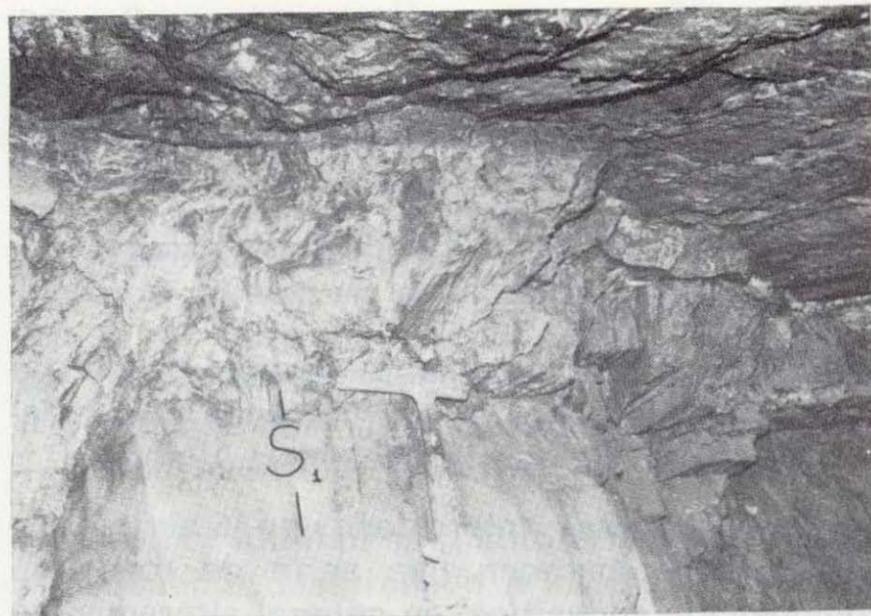


Figura 7.—Mina Sevillana: frente de explotación con vetas  $Q_2$  y brechas mineralizadas subhorizontales de dirección E-O, perpendiculares a la esquistosidad principal.

labores) y en escombreras han permitido la realización de estudios mineralógicos detallados.

Se trata, esencialmente, de mineralizaciones de relleno hidrotermal de sulfuros, sulfoarseniuros y sulfoantimoriuros, con ganga cuarzo-carbonatada, que rellenan vetas y filones ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ) y cementan brechas en el encajante pizarroso, escasamente alterado (fig. 8). Existe también una generación sulfoarsenical de reemplazamiento, de escasa importancia y cuya difusión en el encajante se limita al entorno inmediato de la red de fracturación (fig. 8 A). Esta difusión es muy selectiva y se reduce prácticamente a una sola fase: arsenopirita (fig. 9).

Mientras que la ganga —siderita y cuarzo, con clorita rara— es monótona y constante en todos los indicios, no es fácil definir una paragénesis representativa de todas las menas, tanto por las variaciones observadas en la composición mineralógica como por la mayor escasez e irregular distribución de los minerales argentíferos. No obstante, hay características comunes, como la constante presencia de arsenopirita y freiberita o cobres grises, las texturas o la permanente relación con la fracturación, que representan nexos de unión entre todos los yacimientos estudiados.

La paragénesis observada en la mina Serafina es la más completa y, quizás, la más representativa de la variedad mineralógica del distrito: *cuarzo*, *siderita* (clorita), *esfalerita*, *arsenopirita*,

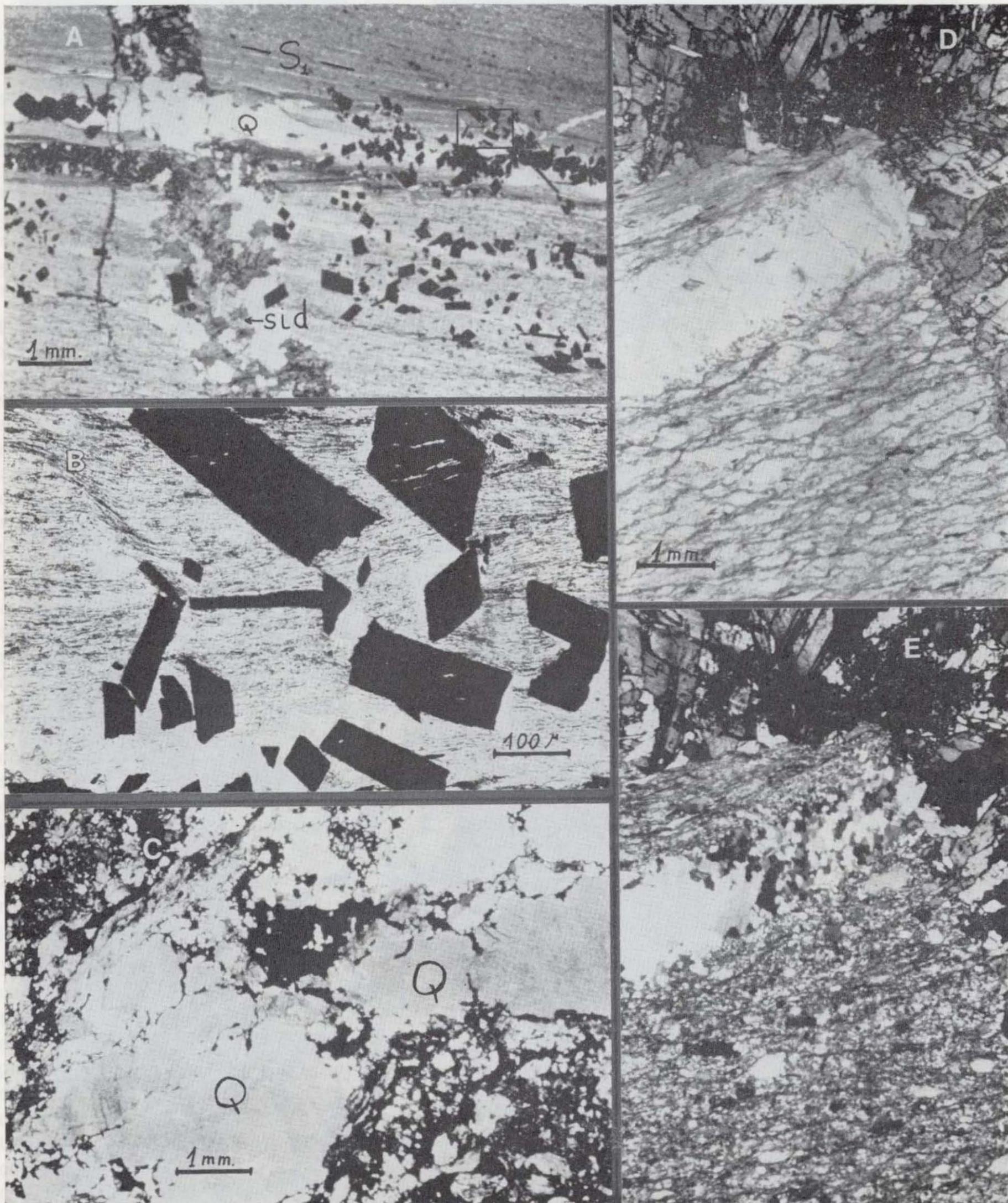


Figura 8.—Procesos hidrotermales y deformación en las minas Sevillana (A, B, C) y Serafina (D, E). Fotomicrografías con luz transmitida (A, B, C, D: N //; E: NX). A: Difusión de arsenopirita en una pizarra a partir de una vetilla (sub-paralela a  $S_1$ ) con cuarzo (Q) + arsenopirita. Dicha veta corta a una anterior de cuarzo y siderita (sid.). Zona señalada (rectángulo), ampliada en figura 8B. B: Detalle de la muestra anterior. Idioblastos de arsenopirita diseminados en la pizarra crenulada, con inclusiones de sericita orientadas según  $S_1$ . C: Clasto de cuarzo filoniano (veta temprana) tectonizado y cementado por siderita + blenda + cuarzo. Retazos de la pizarra cementada por estos mismos componentes (ángulos superior izquierdo e inferior derecho). D y E: Veta de siderita (con alteración parcial a limonita en planos de crucero), blenda (derecha), cortando vetilla de cuarzo, granulado, en una pizarra arenosa.

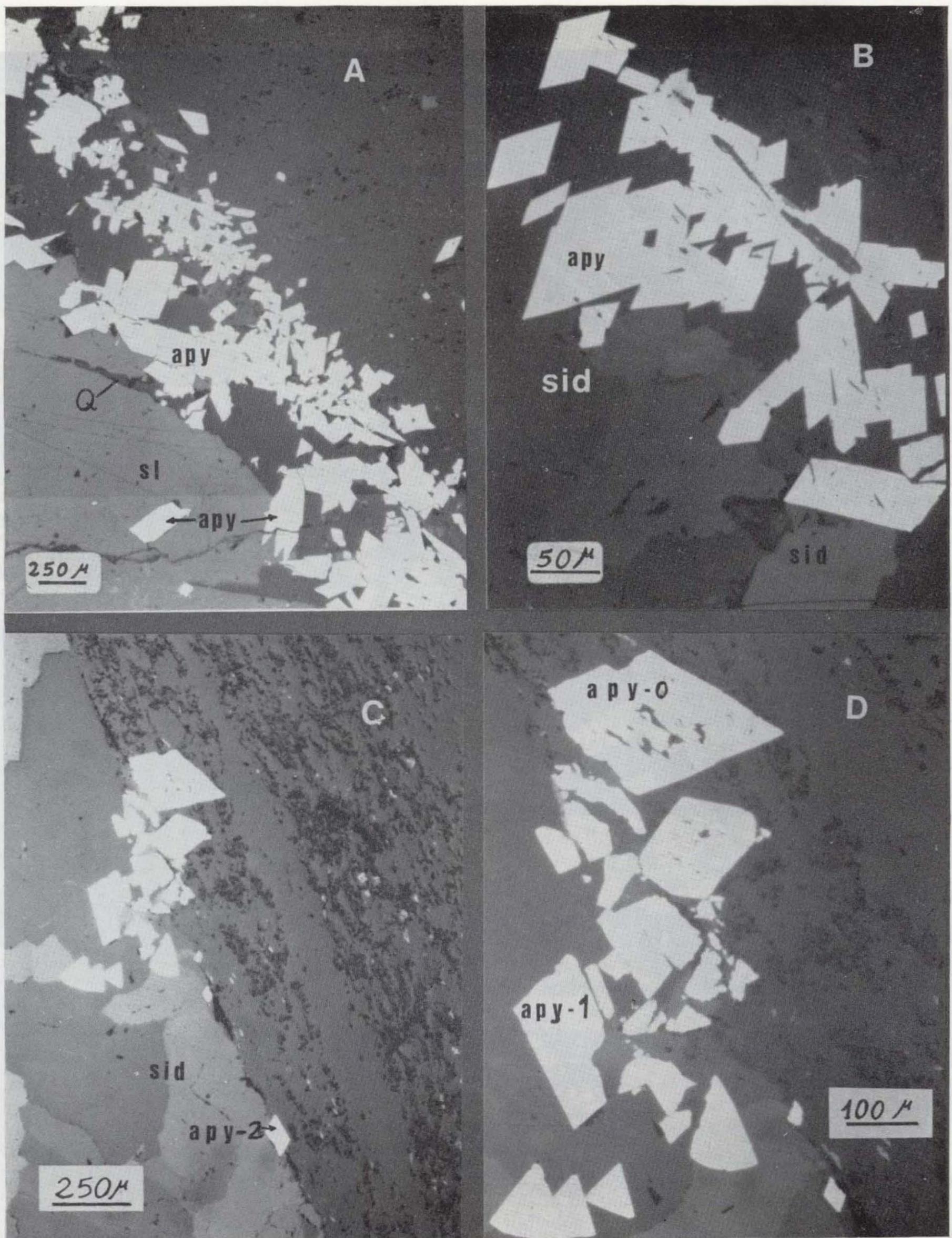


Figura 9.—Fotomicrografías con luz reflejada (N //): difusión de arsenopirita (apy) en el encajante, en diferentes minas, a partir de vetas con siderita (sid) — cuarzo (Q) — sulfuros (esfalerita, sl; arsenopirita; apy); en todos los casos, la veta ocupa la parte inferior izquierda y el encajante pizarroso, la parte superior derecha de cada imagen. A: Halo de arsenopirita, aspecto general (Mina Petra). B (detalle, mina Serafina): Crecimiento en continuidad cristalográfica de arsenopirita de relleno y de remplazamiento, formando agregados esqueléticos en el encajante. Obsérvese la diferencia entre la arsenopirita de relleno (límpida) y la de remplazamiento en el encajante, que hereda, como finas inclusiones aciculares orientadas (//  $S_1$ ), los cristallitos de rutilo diseminados en la pizarra. C y D (detalle de C): Generaciones sucesivas de arsenopirita pre-veta (apy-0, fracturada), de relleno (apy-1) y sin-post-relleno (apy-2). Mina Sevillana.

*galena*, con pirita, calcopirita, marcasita, pirrotina, freieslebenita y cobres grises subordinados y con cantidades menores a trazas de polibasita, miargirita, pirargirita, samsonita (?), plata nativa, discrasita, argentita, pirostilpnita (?); abundante rutilo totalmente leucoxenizado en el encajante; calcosina, covellina y limonita supergénicas. *Alteraciones*: silicificación, ocasionalmente intensa; carbonatación esporádica, rara.

En las restantes zonas mineras, Sevillana, La Petra y el Horco, las mineralizaciones son progresivamente más simples —están dominadas por sulfuros BGCP, arsenopirita, freibergita o Ag-tennantita— y de mayor temperatura. Pero las características texturales y genéticas son comunes. Los tamaños de grano varían entre los órdenes de dimensiones del mm-cm. (sulfuros comunes, arsenopirita, tetraedrita, ganga) y de la  $\mu$ - $10^2\mu$  (sulfosales argentíferas en general).

Son texturas típicas en todo el distrito, a escalas meso a microscópicas, las de relleno hidrotermal zonado, con deposición de siderita ( $\pm$  arsenopirita  $\pm$  cuarzo) en bordes de vetas (o en coronas sobre clastos) y de cuarzo, pirita, arsenopirita y, a continuación, sulfuros y sulfosales argentíferas, hacia el centro de las mismas. Dichas sulfosales suelen presentarse como inclusiones en la fase sulfurada, preferente aunque no exclusivamente asociadas a galena —también se encuentran, por ejemplo, asociadas a siderita—, o alojadas en microfisuras. La cristalización de arsenopirita parece, en cierto sentido, recurrente, si no continua, a lo largo de todo el proceso de cristalización.

También son frecuentes las texturas idioblásticas o de reemplazamiento en el encajante. Estas texturas, exhibidas casi exclusivamente por arsenopirita, merecen un comentario aparte (figuras 8 A y B; 9). Dicho mineral se presenta no sólo formando parte del relleno de vetillas y microfisuras, asociado a los demás sulfuros, sino también en el encajante, en cristales idiomórficos orientados al azar con abundantes inclusiones helicíticas de filosilicatos o rutilo (leucoxenizado), generalmente poco o nada giradas con respecto a la esquistosidad de la roca. Dichos cristales pueden caracterizarse como post- $S_1$  y post-crenulación, es decir, asociados a la generación  $Q_2$ . Sólo raramente pueden observarse deformaciones, como rotación incipiente, que pu-

dieran justificar el considerarlos pre-crenulación y, por tanto, asociados a  $Q_1$ .

En cambio son frecuentes, en este mismo mineral, los ejemplos de deformación frágil asociada al proceso de fracturación que genera las estructuras mineralizadas  $Q_2$ , lo que indica el carácter repetitivo de los episodios de fracturación y relleno hidrotermal en dichas estructuras. Una típica muestra son las hiladas y agregados cristalinos de arsenopirita (diseminada en el encajante pizarroso) que aparecen cortados por la fracturación que reduce la roca a clastos y que, por tanto, son anteriores a aquélla (figura 9 C-D). Asimismo, se observa el crecimiento, en los clastos de encajante, de cristales de arsenopirita que se desarrollan en continuidad cristalográfica con la del relleno hidrotermal (figura 9 A-B), lo que muestra que ambos procesos —relleno hidrotermal y difusión en el encajante— están relacionados pero que no se reducen a un episodio único.

Se encuentran, asimismo, rasgos de deformación post-cristalina (fig. 11) en siderita (cuarzo) y en sulfuros como galena (cruceos de deformados), pirita (brechificación) y esfalerita (fisuración y soldadura por variedades acarameladas), observándose los típicos fenómenos de cemento de minerales tempranos frágiles (pirita, arsenopirita) por otros más plásticos (galena, calcopirita) o tardíos (generaciones póstumas de siderita, cuarzo y fases sulfuradas). En algunos casos —Horco— se observa una sucesión repetitiva de episodios de fracturación, relleno hidrotermal y difusión de arsenopirita en el encajante, resultando texturas de relleno y cataclásticas superpuestas.

La esfalerita es predominantemente acaramelada en Serafina, mientras que en los demás criaderos dominan variedades ferríferas, a veces con emulsión de calcopirita; en estos casos —Sevillana, Petra, Horco— la blenda acaramelada aparece solamente en microfisuras y como cemento de las variedades ferríferas, más tempranas.

Los minerales argentíferos, enumerados más arriba (paragénesis de Serafina), por orden de abundancia decreciente a partir de freieslebenita, se encuentran asociados, a escala microscópica, con *galena*, *tetraedrita*, esfalerita, arsenopirita, siderita (cuarzo), en agregados finos, en

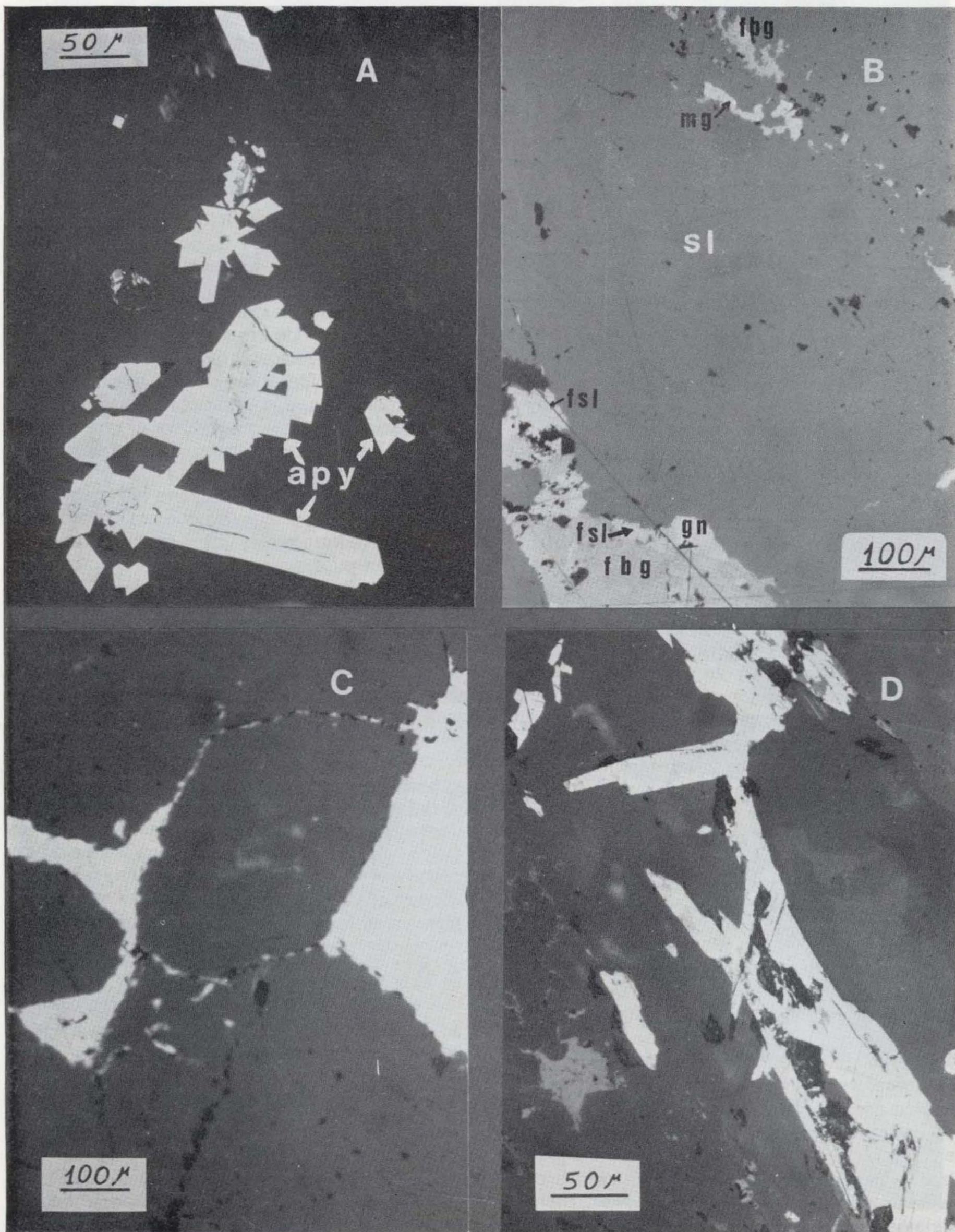


Figura 10.—Deposición tardía de sulfosales argentíferas, marcando una evolución hacia condiciones epitermales en Mina Serafina (fotomicrografías con luz reflejada, N //). A: Reemplazamiento incipiente —principalmente en el núcleo— de agregados de arsenopirita idiomórfica (apy) por pirita-marcasita (blancas), galena (gris claro) y freibergita (gris más oscuro), en ganga cuarzosa (negra). B: Inclusiones de freibergita (fbg), con freieslebenita (fsl), argentita y galena (gn) asociadas, y de miargirita (mg) en blenda acaramelada (sl). C y D: freieslebenita (blanca). C: Cementando ganga siderítica (gris). D. Impregnando ganga cuarzo-sericítica (gris oscuro) con algo de limonita (gris claro).

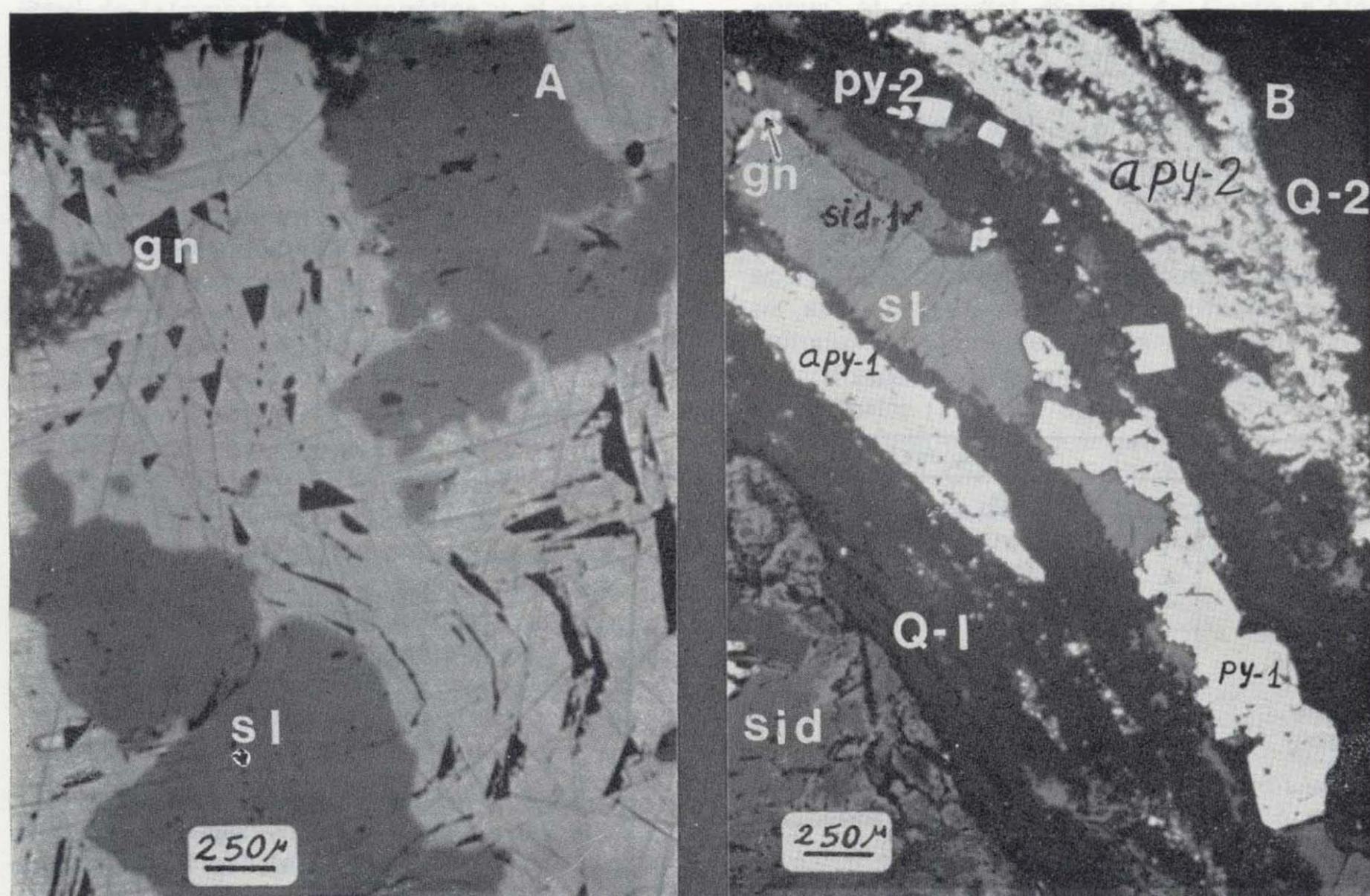


Figura 11.—Tectónica pre- y *post*-cristalina —fotomicrografías con luz reflejada, N //— en Mina Serafina. A: Microclastos de esfalerita (sl), cementados y corroídos por galena (gn), cuyos planos de cruceo plegados —alineaciones de «triangular pits» curvadas— evidencian una deformación plástica de este mineral. B: Veta tectonizada de siderita (sid, parcialmente limonitizada) y sulfuros (fuera del campo de visión); contacto cizallado con deposición sintectónica de arsenopirita microcristalina (apy-1), pirita (py-1), esfalerita (sl), galena (gn), siderita (sid-1) y cuarzo (Q-1), en agregados parcialmente afectados por la deformación. El conjunto está cementado o impregnado por nuevas generaciones hidrotermales de cuarzo (Q-2), arsenopirita microcristalina (apy-2) y pirita idiomórfica (py-2) sin-*post*-deformación.

pequeñas inclusiones o cementando microfisuras (fig. 10). Generalmente, su tamaño de grano es fino a muy fino: freieslebenita, aunque tiende a formar agregados micro- a criptocristalinos, puede alcanzar tamaños del orden  $10^{-1}$ - $10^{-2}$  mm., mientras que los restantes minerales raramente superan el orden de la  $\mu$ , con la única excepción de los cobres grises.

Estas dimensiones han exigido el recurso frecuente al microanálisis \* para el estudio de las menas, comprobándose, p. ej., la naturaleza de freieslebenita y de cobres grises (freibergita o Ag-tennantita), la composición prácticamente ho-

(\*) Se ha utilizado el microscopio electrónico Hitachi S-540, provisto de sistema analítico de energía dispersiva Keevex 8000, existente en el laboratorio centralizado de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

mogénea en todas las generaciones y próxima a la ideal, sin trazas de metales nobles de arsenopirita —excepto pequeños contenidos esporádicos de Ni en algunos ejemplares distribuidos erráticamente— y de pirita (ópticamente anisótropa en Mina Horco), así como la ausencia de boulangerita o jamesonita en las muestras analizadas (\*).

(\*) Ello hace sospechar que las sulfosales citadas por PALERO y cols. (1985) sean, en realidad, freieslebenita, con la que pueden confundirse. En efecto, dichos autores no citan ninguna mena de plata en esta paragénesis argentífera, según ellos «constituida por esfalerita, boulangerita, jamesonita, pirita, arsenopirita y calcopirita». El estudio con microscopio electrónico ha permitido constatar, en algunas muestras, el fino intercrecimiento, en agregados a veces criptocristalinos, de freieslebenita y galena, lo que puede hacer difícil el reconocimiento del primer mineral.

La secuencia de cristalización que se deduce de las relaciones texturales expuestas se expresa, de forma idealizada, en el esquema adjunto, referido, como punto de partida previo, a un proceso de deformación frágil (antes identificado por las generaciones de cuarzo Q<sub>1</sub> o, casi siempre, Q<sub>2</sub>) no representado en el cuadro y que crea el espacio apto para el relleno hidrotermal.

SECUENCIA DE CRISTALIZACIÓN (IDEALIZADA)

	GENERACIONES			
	Hipogénicas			Supergénicas
	0	I	II	III
Siderita	—	—	—	—
Cuarzo	—	—	—	—
Clorita, K-Feld.	—	—	—	—
Arsenopirita	—	—	—	—
Pirita	—	—	—	—
Marcasita	—	—	—	—
Pirrotina	—	—	—	—
Esfalerita	—	—	—	—
Calcopirita	—	—	—	—
Galena	—	—	—	—
Freieslebenita	—	—	—	—
Freibergita-1nt.	—	—	—	—
Polibasita	—	—	—	—
Miargirita	—	—	—	—
Pirargirita	—	—	—	—
Argentita	—	—	—	—
Ag nativa	—	—	—	—
Discrasita	—	—	—	—
Calcosina	—	—	—	—
Covellina	—	—	—	—
Limonita	—	—	—	—

FRACURACION TARDIA

La secuencia se inicia en condiciones mesotermales, con la cristalización de siderita, arsenopirita (que, en parte, se difunde en el encajante), cuarzo, esfalerita (ferrífera), pirita, etc., y evoluciona paulatinamente hacia condiciones epitermales, que probablemente sólo llegan a alcanzarse en algunos sectores, como el grupo Serafina, durante la deposición de las generaciones más tardías, caracterizadas por la presencia dominante de blenda acaramelada y por la mayor abundancia y variedad de sulfosales de plata.

Esta evolución hacia fases propias de más baja temperatura podría ir acompañada de inestabilidad físico-química de las primeras fases mine-

rales depositadas, lo que explicaría la corrosión de minerales como pirita o arsenopirita por esfalerita, galena o por pirita, galena, freibergita, respectivamente. Paralelamente se van sucediendo, hasta su extinción, episodios menores o subordinados de deformación frágil —representados en el cuadro, indiferenciadamente, como «fracturación tardía»—, que dejan su impronta en las menas tempranas (arsenopirita, pirita, etcétera) y no afectan, prácticamente, a las más tardías (menas argentíferas). Arsenopirita es quizá la mena que mejor refleja esta sucesión de episodios: aparece en generaciones tempranas, difusa en el encajante (arsenopirita-0) o como relleno marginal de fisurillas o vetas (arsenopirita-I), con siderita, pudiendo estar en ambos casos afectadas por tectónica post-cristalina; en generaciones más recientes, como relleno central de vetas, asociada a sulfuros o incluida en éstos (arsenopirita-II) fracturada o no; finalmente, en generaciones póstumas (post-fracturación tardía), sellando grietecillas y microfisuras (arsenopirita-III, menos frecuente).

Los procesos supergénicos dan lugar a la aparición de calcosina, covellina y, sobre todo, de limonita, ésta en sus modalidades indígenas (reemplazamiento *in situ* de sulfuros y de siderita) y exótica —terminología de BLANCHARD, 1968— o transportada. No se ha podido constatar ningún proceso de concentración de metales nobles asociado a dichos procesos supergénicos.

#### 4. GENESIS

Salvadas todas las distancias por lo que se refiere a edad y reservas, los yacimientos descritos muestran notables similitudes con los mundialmente conocidos de Coeur d'Aléne (Idaho, USA), que integran uno de los distritos más importantes del globo por su producción de Pb-Zn-Ag, superior en valor a los  $2 \times 10^9$  dólares desde su descubrimiento en 1879.

En ambos casos se trata de yacimientos filonianos mesotermales a meso-epitermales de Pb-Zn-Ag, controlados por zonas de deformación frágil en sedimentos detríticos (Precámbrico Superior) débilmente metamórficos y relacionados espacialmente con granitoides. Entre las similitudes mineralógicas cabe destacar la ganga cuarzo-carbonatada, la composición, variedad y comple-

jididad de la sucesión paragenética y el papel de arsenopirita. Este mineral se ha reconocido en Coeur d'Aléne como indicador de la mineralización, al difundirse en el encajante, formando un halo que ayuda a detectar los cuerpos mineralizados; dicha difusión se produce también, como se ha visto, en Plasenzuela, aunque sólo a pequeña escala (no aplicable a prospección). Como diferencias, aparte de las ya señaladas, referidas a la magnitud de las concentraciones metálicas y a la edad (orogenia Larámica e intrusiones monzoníticas cretácicas en Coeur d'Aléne), han de mencionarse la menor entidad de las alteraciones y, en algunos sectores, la evolución quizá más acusada hacia condiciones epitermales del distrito de Plasenzuela.

Su disposición espacial en torno al macizo de Plasenzuela permite asimilarlos al tipo que SCHNEIDERHOHN (1962) define como akrobatólítico o apomagmático. No obstante, como en el caso de Coeur d'Aléne, la relación genética con el granito es discutible. En ausencia de determinaciones isotópicas y geoquímicas de detalle, se considera esta relación como probable, no sólo por la disposición espacial citada, sino también por el carácter claramente epigenético de las menas observadas y por su indudable relación con aportes hidrotermales que sellan la red de fracturación existente. Es lógico, pues, relacionar el granito de Plasenzuela con la generación de fluidos hidrotermales responsables del transporte metálico.

El contenido metálico podría derivarse de pre-concentraciones en el encajante metamórfico, de posible origen sedimentario o volcano-sedimentario, movilizadas a consecuencia de la actividad ígnea y transferidas a fluidos hidrotermales póstumos. En este sentido, ha de recordarse la presencia en la zona de facies pelíticas ricas en sulfuros (en especial, pirita) y de intercalaciones volcánicas y volcano-sedimentarias en la serie, cuya posible relación con las mineralizaciones ya se ha mencionado. La existencia de pre-concentraciones sin-sedimentarias o precoces (pre-plutonismo hercínico) y su posible contribución a la génesis de yacimientos filonianos en la región han sido señaladas ya en otras zonas por RIOS y CLAVERIAS (1979), CASTROVIEJO (1979 y 1982), JACQUIN y PINEDA (1980) y, posteriormente, por PALERO y cols. (1985) y por PINEDA (en prensa). Esto no puede sino recordar, de

nuevo, el caso del distrito de Coeur d'Aléne, cuya génesis es todavía controvertida, a pesar de haber sido detalladamente estudiada. HERSHEY (in HOBBS et al., 1968) proponía ya en 1916 «un origen del plomo y cinc en mineralizaciones dispersas en los sedimentos», pero para otros autores (in HOBBS y cols., 1968) estas grandes concentraciones se deben a profundos accidentes tectónicos, a un batolito subyacente, etc. En todo caso, las determinaciones de isótopos de plomo realizadas más recientemente atribuyen a este metal una edad isotópica precámbrica (DOE, 1973), mientras que los cuerpos monzoníticos de los que parecía derivarse son de edad Cretácica; ello ha obligado a remontar el origen de la fuente metálica a antiguas rocas del basamento pre-cámbrico.

#### CONCLUSIONES

Se trata de una serie de concentraciones filonianas meso(epi)termales, estrechamente controladas por una fase de deformación frágil y genéticamente relacionadas con la intrusión del macizo granítico de Plasenzuela, responsable de la circulación de fluidos hidrotermales, cuyo contenido metálico puede haberse derivado de una cobertera sedimentaria pre-enriquecida.

La paragénesis, que registra una sucesión de episodios de brechificación y de relleno hidrotermal, es compleja y variada; se inicia la secuencia con la deposición de siderita, arsenopirita y cuarzo, seguidas de cuarzo, arsenopirita, sulfuros (pirita, esfalerita ferrífera, pirrotina, galena, calcopirita, marcasita) y tetrahedrita, freibergita o Ag-tenantita, que producen una característica estructura zonada de relleno en las vetas más típicas: siderita y arsenopirita marginales, cuarzo, esfalerita y sulfuros en el centro; finalmente, se produce la precipitación, cuantitativamente muy subordinada, de fases sulfoantimoniales argentíferas, con freibergita, miargirita, pirargirita, polibasita, discrasita, plata nativa, argentita, etc.

Simultáneamente se producen alteraciones muy limitadas en el encajante, en especial silicificación, difusión de arsenopirita y leucoxenización del rutilo. La evolución de la paragénesis indica el enriquecimiento póstumo de los fluidos en Sb y Ag, que precipitan en fases tardías meso-epitermales, observándose un mayor desarrollo epi-

termal en Mina Serafina. En conjunto, son notables las similitudes metalogénicas con el distrito de Coeur d'Aléne, Idaho.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a ENADIMSA/INI la autorización para publicar el presente trabajo y a R. Varea (ENADIMSA) la información que atentamente les ha proporcionado acerca de sus observaciones sobre la tectónica que afecta al granito de Plasenzuela, citadas en el texto.

## BIBLIOGRAFIA

- BLANCHARD, R. (1968): *Interpretation of leached outcrops*. Nevada Bur. of Mines Bull., 66, 196 pp.
- BOUYX, E. (1970): *Contribution a l'etude des formations Anteorovicennes de la Meseta Meridional (C. Real et Badajoz)*. Mem. Inst. Geol. Min., núm. 73, pp. 1-263.
- CASTRO, A. (1984): *Los granitoides y la estructura hercínica en Extremadura Central*. Tesis doctoral. Dpto. de Petrología y Geoquímica. Universidad de Salamanca.
- CASTRO, A. (1986): *Structural Pattern and Ascent Model in the Central Extremadura batholith, Hercynian Belt, Spain*. Jour. Struct. Geol., 8, núm. 6, pp. 633-645.
- CASTROVIEJO, R. (1979): *Génesis de los indicios Zn-Pb en el Ordovícico de la Cuenca del río Ojailén (Puertollano, Ciudad Real)*. Aportación del estudio mineralógico-textural. Bol. Soc. Esp. Mineralogía, Madrid, vol. extra, 1, pp. 31-41.
- CASTROVIEJO, R. (1982): *Strata-Bound Ores of Spain: Newly Discovered Features and Their Interpretation*. In: AMSTUTZ, G. C.; EL GORESY, A.; FRENZEL, G.; KLUT, C.; MOH, G.; WAUSHKUHN, A., y ZIMMERMANN, A. (eds.): *Ore Genesis - The State of the Art*, pp. 565-572, Springer-Verlag, Heidelberg.
- CORRETGE, L. G., y MARTINEZ, F. J. (1978): *Problemas sobre la estructura y emplazamiento de los granitoides. Aplicación a los batolitos hercínicos del Centro-Oeste de la Meseta Ibérica*. Seminario de estudios cerámicos de Sargadelos, núm. 27: 113-134.
- DOE, B. R. (1973): *Lead Isotopes. Ore Genesis, and Ore Prospect Evaluation*. Econ. Geol. 68, 1206.
- EGOZCUE Y MALLADA (1876): *Memoria del IGME*.
- HERSHEY, O. H. (1916): *Origin and Distribution of the Ore in the Coeur d'Alénes*, publ. autor, 32 pp.
- HOBBS, S. W., y FRYKLUND, V. C. (1968): *The Coeur d'Aléne District, Idaho*. In: RIDGE, J. D. (ed.): *Ore Deposits of the United States, 1933-1967*, vol. 2, ch. 66. AIME. New York, pp. 1417-1435.
- IGME: *Mapa metalogénico de España*. 1:200.000. Hoja número 51.
- IGME (1982): *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000. Hoja geológica núm. 705 (Trujillo)*.
- JACQUIN, J. P., y PINEDA, A. (1980): *Sobre la metalogénia del Subdistrito de La Carolina (Sierra Morena Oriental, España)*. Una nueva interpretación posible. Reflexiones sobre su investigación. Stud. Geol. Salmant. XVI, 59-70.
- LOTZE, F. (1956): *Das Präkambrium Spaniens*. N. Jb. Geol. Palaont. Mh. 8, pp. 373-380. (Trad. española por J. Gómez de Llarena en Not. y Com. IGME, núm. 60, pp. 227-239).
- MUTTI, E., y RICCI-LUCHI, F. (1972): *Le torbiditi dell'Appennine settentrionale: introduzione all'analisi di facies*. Mem. Soc. Geol. Ital., vol. 11, pp. 161-199.
- PALERO, F.; GUMIEL, P., y FERNANDEZ CARRASCO, I. (1985): *Ensayo de tipología de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura*. Bol. Geol. y Minero, t. XCVI-IV, pp. 381-412.
- PINEDA, A. (en prensa): *Mineralizaciones de Zn-Ba en el Ordovícico Superior (C. Urbana y Tránsito a P. Chavera) del subsuelo al norte de El Centenillo (Jaén)*. Bol. Geol. y Minero, ITGE, Madrid.
- RIOS, S., y CLAVERIAS, P. (1979): *Nota acerca de la existencia de indicios estrato-ligados de Zn-Pb en el Ordovícico Superior del extremo SE de la Meseta Hercínica española*. Bol. Geol. y Minero, t. XC-I, pp. 1-5.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1962): *Erzlagertstätten. Kurzvorlesungen zur Einführung und Wiederholung*. G. Fischer-Verlag. Stuttgart, 371 pp.
- VEGAS, R. (1970): *Formaciones precámbricas de la Sierra Morena Occidental. Relación con las series anteorovicicas de Almadén, Don Benito y Cáceres*. Estudios Geológicos, vol. XXVI, pp. 235-231.
- VEGAS, R. (1971): *Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena Occidental y las Sierras del N de la provincia de Cáceres (Extremadura española)*. Bol. Geol. y Minero, t. LXXXII-III-IV, pp. 351-358.
- VEGAS, R. (1971): *Precisiones sobre el Cámbrico del Centro y S de España. El problema de la existencia de Cámbrico en el Valle de Alcuña y en las Sierras de Cáceres y N de Badajoz*. Estudios Geológicos, vol. XXVII, pp. 419-425.
- WALTER, R. G., y MUTTI, E. (1973): *Turbidite facies and facies associations*. In: *Turbidites and deepwater sedimentation*. SEPM. Pacific. Section. Short Course. Anselm, pp. 119-157.

Original recibido: Enero de 1989.

Original aceptado: Septiembre de 1989.