

Mineralización exhalativo-sedimentaria de sulfuros polimetálicos en la Sierra Morena Cordobesa (España) (*)

Por L. J. BAEZA-ROJANO (**); CASILDA RUIZ GARCIA (**);
M. RUIZ MONTES (**), y A. SANCHEZ (**)

RESUMEN

En 1970, investigaciones del Instituto Geológico y Minero de España pusieron de manifiesto, en un sector al noroeste de Córdoba, la presencia de formaciones volcano-sedimentarias, hasta entonces inéditas y en cierta medida similares a las de la Faja Pirítica Sudibérica. Más recientemente, se ha descubierto una mineralización de sulfuros polimetálicos, rica en Cu-Pb-Zn, pero de reducidas dimensiones.

En esta nota se aportan nuevos datos sobre tales formaciones y se describe la mineralización a la luz del cuadro geológico local.

La mineralización —pirita, esfalerita, galena, calcopirita, tetraedrita— adopta morfología lenticular y se sitúa en la parte alta de un tramo volcánico ácido extraordinariamente alterado (lavas, rocas piroclásticas) en tránsito hacia un episodio detrítico que incluye rocas inmaduras (brechas, tobas híbridicas, grauvacas) formadas a expensas de materiales predominantemente volcánicos.

En el seno del tramo volcánico, a muro de la mineralización masiva, los sulfuros (pirita mayoritaria) aparecen finamente dispersos, en tanto que dentro de la serie detrítica, a techo de la mineralización masiva, son frecuentes fragmentos de sulfuros quizá formados por remoción del nivel mineralizado original.

ABSTRACT

During 1978 research works of the Instituto Geológico y Minero de España had shown the presence within an area to the NW of Córdoba, of an intracarboniferous volcano-sedimentary rock sequence up to that time unknown and in a way similar to that of the «Sudiberian Pyrite Belt».

A small mineralization of polymetallic sulfides with a high Cu-Pb-Zn content has recently been discovered.

In this paper new data concerning these volcano-sedimentary formations are adduced and the mineralization is described according to the local geological setting.

The mineralization-sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, tetrahedrite-is lentiform and lies into the upper part of highly transformed felsic rock (flows, piroclastic rocks); a detrital sequence enclosing immature rocks breccias, hybrid tuffs, greywackes made up from chiefly volcanics materials, overlies the acid volcanic group.

At the bottom of the massive mineralization inside of the felsic group, the sulfides (most of them pyrite) occur scattered (disseminations and veinlets) whereas inside the detrital sequence at the top of the massive mineralization nodules of sulfides, perhaps removed from the original mineralized level, often occur.

INTRODUCCION

Desde 1969 el Instituto Geológico y Minero de España y varios autores: J. CHACÓN, M. DELGADO QUESADA, A. GARROTE, E. LIÑÁN, E. PASCUAL y F. PÉREZ-LORENTE, de las Universidades de Granada y Bilbao, llevan a cabo una continuada labor de investigación en una extensa área de Sierra Morena Central, que ocupa parte de las provincias de Córdoba, Badajoz y Sevilla, zona de arraigo de

tradicón minera pero con infraestructura geológica deficiente.

Estos trabajos han supuesto un avance en el conocimiento de la evolución geotectónica del Macizo Ibérico y una ayuda importante a la prospección minera.

Así, basándose en sólidos argumentos estratigráficos y tectónicos, se ha propuesto una modificación parcial del límite, hasta ahora comúnmente aceptado, entre las zonas Centro Ibérica y de Ossa Morena.

(*) Trabajo presentado a las sesiones del 26 Congreso Geológico Internacional. París, julio, 1980.

(**) Instituto Geológico y Minero de España.

En el campo de la prospección geológico-minera, el hallazgo de secuencias volcano-sedimentarias similares, aunque más restringidas, a las de la Faja Pirítica Sudibérica (BAEZA-ROJANO et al, 1978), ha supuesto una nueva potencialidad metalogénica en cuanto a posibles concentraciones minerales de origen exhalativo-sedimentario; potencialidad que se ha confirmado, al menos cualitativamente gracias al descubrimiento de una mineralización de sulfuros polimetálicos, objeto prioritario de este trabajo.

CUADRO GEOLOGICO REGIONAL

Desde el punto de vista geológico, el área de referencia abarca parte del extremo suroriental de Ossa Morena, una de las zonas geotectónicas definidas por LOTZE (1945) en el Macizo Ibérico y posteriormente revisadas por JULIVERT et al (1974) (fig. 1 a).

Siguiendo la pauta marcada por diversos autores en otros puntos del SO peninsular, también aquí se han individualizado varios dominios longitudinales, según la dirección hercínica (NO-SE), con características petrológicas y estratigráficas diferenciales y separados por accidentes geológicos importantes (fig. 2). En principio, estos dominios definidos por el IGME (1975) en su zona de investigación, fueron más tarde matizados por DELGADO QUESADA et al (1977) y recientemente extendidos por CHACÓN y PASCUAL (1979) hasta territorio portugués.

De SO a NE los dominios se identifican con denominaciones dispares, cuyas equivalencias son las siguientes:

I.G.M.E., 1975	M. DELGADO QUESADA et al 1977	CHACON y PASCUAL, 1979
ZAFRA-ALANIS-CORDOBA	A CORDOBA-ALANIS	ELVAS-ZAFRA-ALANIS
SIERRA ALBARRANA	B SIERRA ALBARRANA	FUENTE DEL MAESTRE-AZUAGA-MALCOCINADA
HINOJOSA DEL VALLE-AZUAGA-CERRO MURIANO	C CERRO MURIANO-AZUAGA	PORTALEGRE-AZUAGA
CUENCA-PEÑARROYA-VILLAFRANCA DE CORDOBA	D VILLAFRANCA DE CORDOBA-EL VACAR	LOS SANTOS
PERALEDA ZAUCEJO-MONTE	E OBEJO-VALSEQUILLO	MERDIA-ADAMUZ

Los límites entre dominios son accidentes geológicos relevantes.

- (1) Falla de Malcocinado.
- (2) Eje magmático La Coronada-Villaviciosa y falla de Azuaga.
- (3) Falla de Cerro Muriano.
- (4) Falla de Villaharta.

Los rasgos esenciales de cada dominio, según el esquema de DELGADO QUESADA et al (1977), esquema que es el más representativo en este extremo suroriental de Ossa Morena, son:

- A) En el dominio Córdoba-Alanís están representados materiales del Precámbrico Superior (extenso y potente complejo volcano-sedimentario), Cámbrico Inferior y Medio (series detríticas y carbonatadas) y el Carbonífero (Viseense-Namuriense) discordante con rocas detríticas y niveles carbonatados.
- B) En el dominio de Sierra Albarrana se asienta una potente acumulación de materiales precámbricos que muestran en conjunto una aparente zonación metamórfica (GARROTE, 1976), de grado alto en el centro (Sierra Albarrana) a grado bajo hacia los bordes (Formación de Azuaga). El Carbonífero (Viseense Medio-Westfaliense) es discordante.
- C) El dominio Cerro Muriano-Azuaga lo ocupan rocas de alto grado de metamorfismo, quizá representantes del Precámbrico más bajo en la región, sobre las que reposan, en discordancia, materiales detríticos y niveles carbonatados del Viseense; localmente hay depósitos ciclotemáticos con niveles de carbón, de edad Namuriense-Westfaliense.
- D) En el dominio Villafranca de Córdoba-El Vacar, depósitos detríticos de facies Culm (inferiores al Viseense Medio) se asientan, en discordancia, sobre un substrato metamórfico. Al conjunto se superpone, también en discordancia, una serie del Viseense Medio y Namuriense que culmina en ciclotemas con niveles de carbón.
- E) En el dominio Obejo-Valsequillo es donde el Paleozoico —excluido el Cámbrico— adquiere su mayor desarrollo. Sobre un basamento de rocas del Precámbrico con desigual grado de metamorfismo, entre las que se incluyen secuencias típicamente volcano-

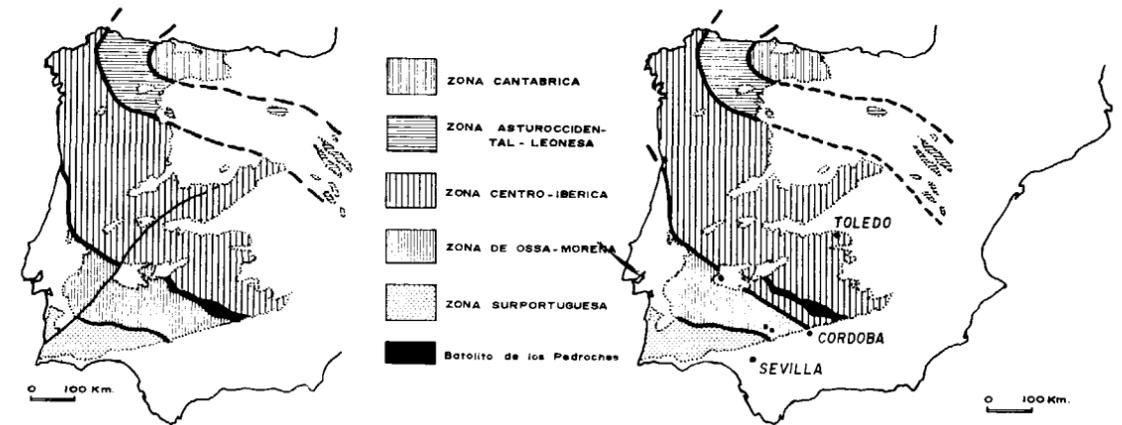


Fig. 1. - LAS GRANDES ZONAS DE LA MESETA IBERICA

a) Esquema de JULIVERT et al. (1974)

b) Esquema de ROBARDET (1976)

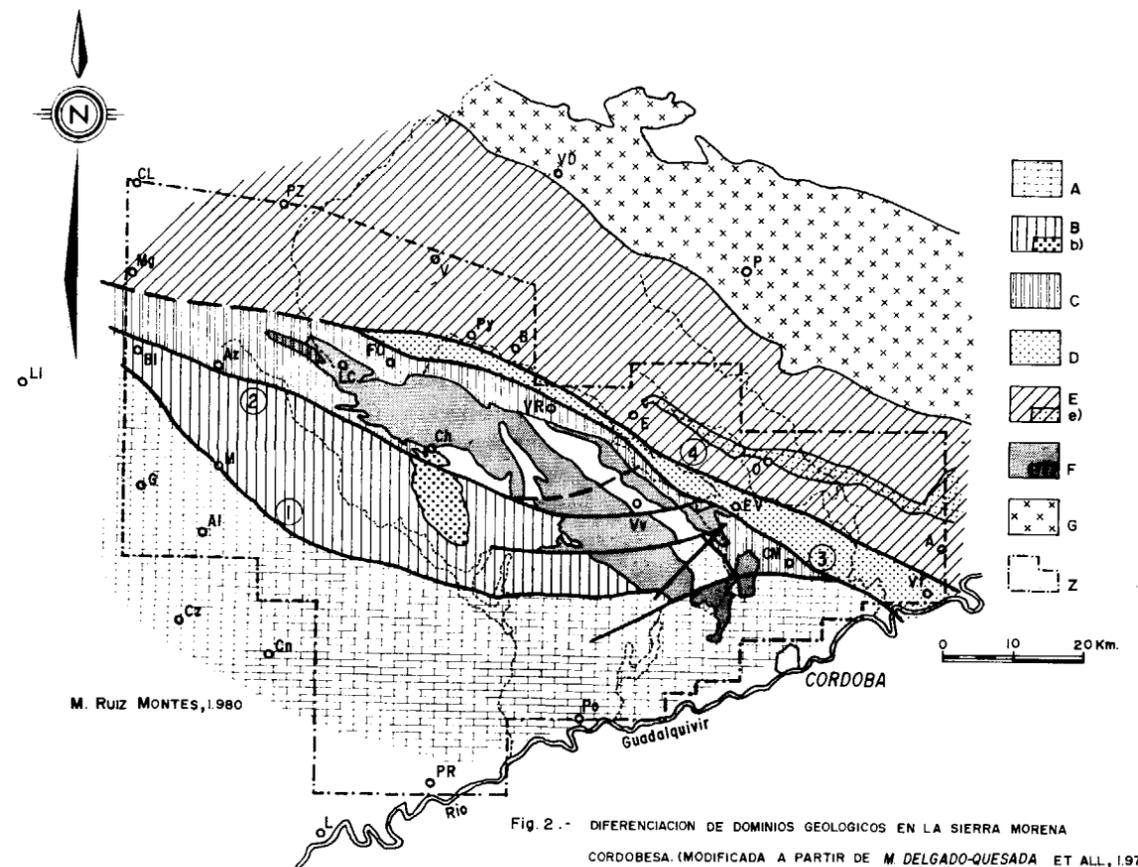


Fig. 2. - DIFERENCIACION DE DOMINIOS GEOLOGICOS EN LA SIERRA MORENA CORDOBESA. (MODIFICADA A PARTIR DE M. DELGADO-QUESADA ET ALL, 1977).

A : dominio Córdoba-Alanís; B : dominio de Sierra Albarrana; b) : granito de Minas Glorias; C : dominio Cerro Muriano - Azuaga; D : dominio Villafranca de Córdoba-El Vacar; E : dominio Obejo-Valsequillo; e) granito de Espiel-Obejo; f) el EJE MAGMATICO LA CORONADA-VILLAVICIOSA; g) batolito de Las Pedrochas. ① : falla de Malcocinado; -- ② : falla de Azuaga; ③ : falla de Cerro Muriano; ④ : falla de Villaharta. Z : zona investigada por I.G.M.E. A : Adamuz; Al : Alanís; Az : Azuaga; B : Belmez; Bl : Bertanga; CL : Campillo de Llerena; Ch : Cardenosa; Cz : Cazalla; CM : Cerro Muriano; Cn : Constantina; EV : El Vacar; E : Espiel; FO : Fuenteobejuna; L : Lora del Río; LC : La Coronada; LI : Llerena; M : Malcocinado; Mg : Maguilla; O : Obejo; P : Pozoblanco; Po : Posadas; PR : Palma del Río; Py : Peñarroya; PZ : Peraleda de Zaucejo; V : Valsequillo; Vf : Villafranca; VD : Villanueva del Duque; VR : Villanueva del Rey; Vv : Villaviciosa.

detríticas, se sitúan en discordancia series detríticas del Ordovícico, Silúrico, Devónico (con niveles carbonatados), Carbonífero Inferior de facies Culm (muy potente y con episodios volcánicos en la base) y depósitos con niveles de carbón de edad Westfaliense.

El magmatismo alcanza su máximo desarrollo y complejidad en la alineación magmática que se extiende desde el Oeste de La Coronada hasta las proximidades de Córdoba (1) y que en este extremo suroriental de Ossa Morena enmascara el trazado de la línea tectónica de Azuaga.

En efecto, en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa se incluyen rocas representativas del magmatismo prehercínico (ortogneiss de Las Millas y otras masas situadas más al Oeste del área de referencia) y hercínico. Además, los dominios situados entre este eje y el batolito de Los Pedroches —tradicional límite meridional de la zona Centro Ibérica— son más fácilmente asimilables, por sus rasgos fundamentales, a la zona Centro Ibérica que a la de Ossa Morena.

De este modo, la línea tectónica de Azuaga y el eje magmático La Coronada-Villaviciosa se constituyen en el hito geológico más significativo en torno al cual debería situarse el límite entre las zonas Centro Ibérica y de Ossa Morena, según han propuesto CAPDEVILA (1976), GARROTE (1976), ROBARDET (1976) (fig. 1 b) y, posteriormente, CHACÓN y PASCUAL (1979).

EL EJE MAGMATICO LA CORONADA-VILLAVICIOSA

Como ya se ha indicado anteriormente, desde época prehercínica (quizá precámbrica) aparecen intrusiones ígneas en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa, pero ha sido el magmatismo del ciclo hercínico el que ha proporcionado la casi totalidad de las rocas ígneas que hoy lo conforman; rocas, por otra parte, muy variadas tanto en composición (desde gabros a riolitas) como en textura y modo de emplazamiento (plutónicas, subvolcánicas y volcánicas).

(1) Otras masas ígneas, marginales en este contexto, son: el eje granitoide Espiel-Obejo —asociado a una línea tectónica en el dominio Obejo-Valsequillo, al menos en parte sinorogénico respecto a la orogenia hercínica y de muy reducida potencialidad metalogénica— y el stock granítico de Minas Glorias, emplazado en el dominio de Sierra Albarrana.

Este magmatismo se ha considerado, hasta fecha reciente, como posthercínico —post-Westfaliense C— sobre la base de que las facies supuestamente más antiguas metamorfizan a materiales de esa edad. En los dos últimos años, la revisión de la edad de pequeñas cuencas carboníferas y el hallazgo de secuencias volcano-sedimentarias intracarboníferas (2) en el ámbito del eje magmático, demuestran que ya durante el Carbonífero Inferior (Tournaisiense Superior-Viseense Inferior) tuvo lugar una importante fase ígnea, en condiciones tales que se produjo la acumulación de rocas volcánicas (lavas, brechas, aglomerados, tobas), sedimentarias (pizarras) y volcano-sedimentarias (tobas híbridas y grauvacas); ámbito «a priori» favorable a la formación de concentraciones minerales (RUIZ GARCÍA et al, 1978).

Según los datos aún parciales de que se dispone, parece existir una cierta compartimentación del eje magmático a favor de líneas de fractura oblicuas a la dirección general de los dominios (figs. 2 y 3), accidentes que han debido condicionar el emplazamiento y distribución de las masas ígneas.

Así, en la parte noroccidental del eje, entre La Coronada y Posadilla, predominan rocas básicas, plutónicas y subvolcánicas («Complejo Ojuelos-La Coronada»). Aproximadamente entre Villaviciosa y Córdoba está representado un importante «magmatismo ácido superficial» (PASCUAL y PÉREZ LORENTE, 1975), además de masas del tipo «Complejo Ojuelos-La Coronada» y rocas volcánicas-subvolcánicas de composición básica-intermedia.

En el sector suroriental del eje, se ha establecido con carácter provisional una secuencia espacio-temporal de las diversas facies ígneas, desde las presumiblemente más antiguas a las más modernas:

- Gabros s. l. («Complejo Ojuelos-La Coronada») con cuarzdioritas y dioritas locales.
- Granodiorita porfídica biotítico-hornbléndica (Granodiorita porfídica de La Buenagua).

(2) El eje magmático intruye también, en parte, a terrenos volcano-sedimentarios del Precámbrico Superior, del mismo tipo de los que afloran, más ampliamente, en los dominios de Córdoba-Alanís y Obejo-Valsequillo.

Las formaciones volcano-sedimentarias intracarboníferas se reconocieron por primera vez en el área de La Parrilla, al NE de Posadilla, al estudiar pequeñas mineralizaciones estratiformes de hematites. En adelante, al hablar de materiales volcano-sedimentarios se hace referencia, exclusivamente, a los intracarboníferos.

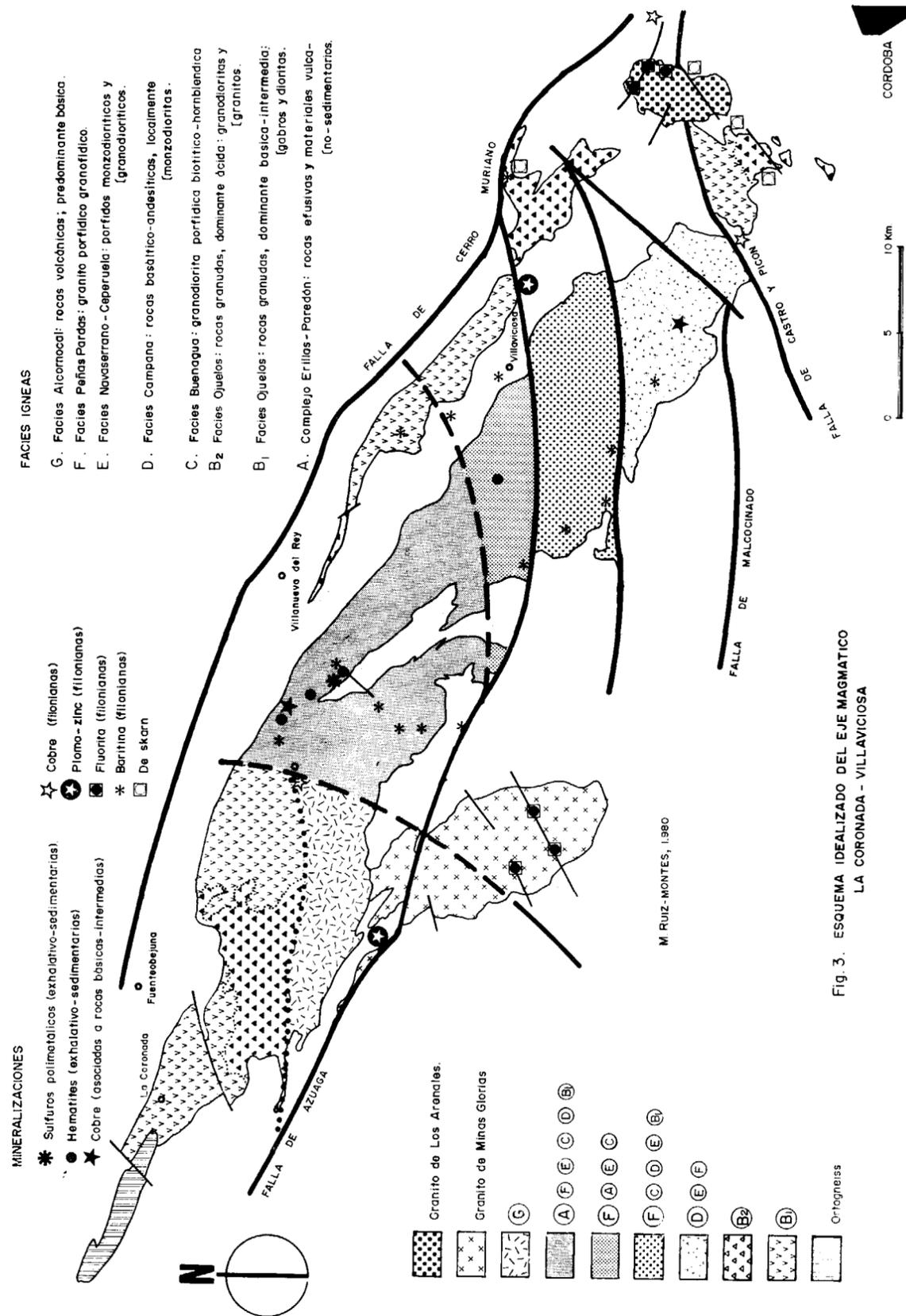


Fig. 3. ESQUEMA IDEALIZADO DEL EJE MAGMATICO LA CORONADA - VILLAVICIOSA

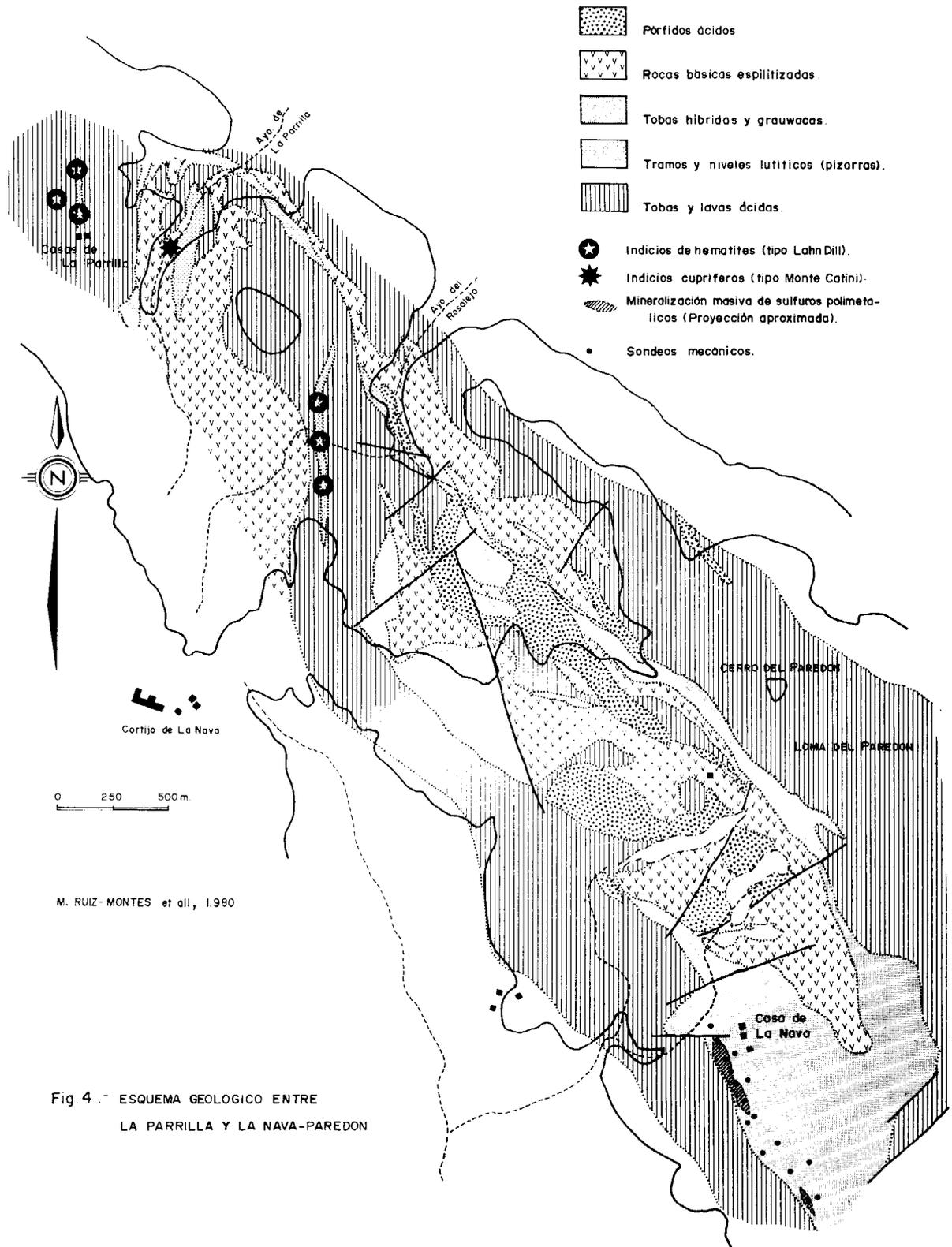


Fig. 4 - ESQUEMA GEOLOGICO ENTRE LA PARRILLA Y LA NAVA-PAREDON

- Rocas efusivas basáltico-andesíticas, localmente monzodioríticas (Facies La Campana).
- Pórfidos monzodioríticos (Facies Navaserrano) localmente granodioríticos (Facies Cepeuela).
- Granito porfídico-granofídico (Facies Peñas Pardas).
- Granito leucocrático.
- Cortejo de diques básicos, intermedios y ácidos.

Los materiales extrusivos y volcano-sedimentarios parecen restringirse a la parte del eje magmático comprendida entre Posadilla y Villaviciosa, donde rocas volcánicas ácidas y básicas, con composiciones y texturas muy variadas alternan con episodios claramente detríticos y otros mixtos.

Se han diferenciado:

- Pórfidos y lavas ácidas de composición riolítica y traquiandesítica; localmente con texturas brechoides («flow breccia»).
- Pórfidos y lavas básicas-intermedias.
- Rocas piroclásticas: aglomerados y tobas líticas y/o cristalinas.
- Tobas híbridas: rocas mixtas con aportes volcánicos y detríticos de tamaño variable, en paquetes rítmicos con episodios grauváquicos y silíceos de grano fino.
- Niveles detríticos con pizarras y grauvacas silíceas, típicas de las facies locales del Carbonífero Inferior.

CUADRO GEOLOGICO LOCAL

En el área que cubre los parajes de La Parrilla, La Nava y El Paredón (fig. 4) sobre la base de pequeñas manifestaciones superficiales de mineralización y alteración, se han aplicado métodos geoquímicos, geofísicos y sondeos mecánicos. Posteriormente, un reconocimiento más preciso ha permitido conocer la secuencia litoestratigráfica que, aunque complicada por factores estructurales y litológicos, en esencia consta de:

A) Un tramo basal representativo de una fase volcánica ácida, en varias pulsaciones, con intercalaciones de episodios sedimentarios lutíticos y grauváquicos. Fundamentalmente aparecen lavas

diversas y aglomerados y tobas de tamaño muy variable. En general, todas estas rocas están muy alteradas.

En relación con algunos niveles detríticos, de sólo algunos metros de potencia, se localizan mineralizaciones estratiformes de hematites —Casas de La Parrilla, La Machorra, Rosalejo, La Nava, Las Berrazas y Oeste de Villaviciosa— descritos como del tipo genético exhalativo-sedimentario (RUIZ MONTES et al, 1978).

La potencia aparente del paquete global es superior a 200 metros.

En el entorno de la mineralización el tramo A se presenta en profundidad como una secuencia de rocas volcánicas muy transformadas por hidrotermalismo, de coloración gris negruzca, de gran monotonía composicional, pero de extraordinaria complejidad textural. Así, aparecen anárquicamente distribuidas estructuras fluidales, brechoides (a veces «flow breccia»), tobáceas, nodulosas, etc... (fotos 1 y 2), como si el tramo fuera el resultado de la remoción y alteración de un primitivo acúmulo de lavas y/o tobas, presumiblemente ácidas.

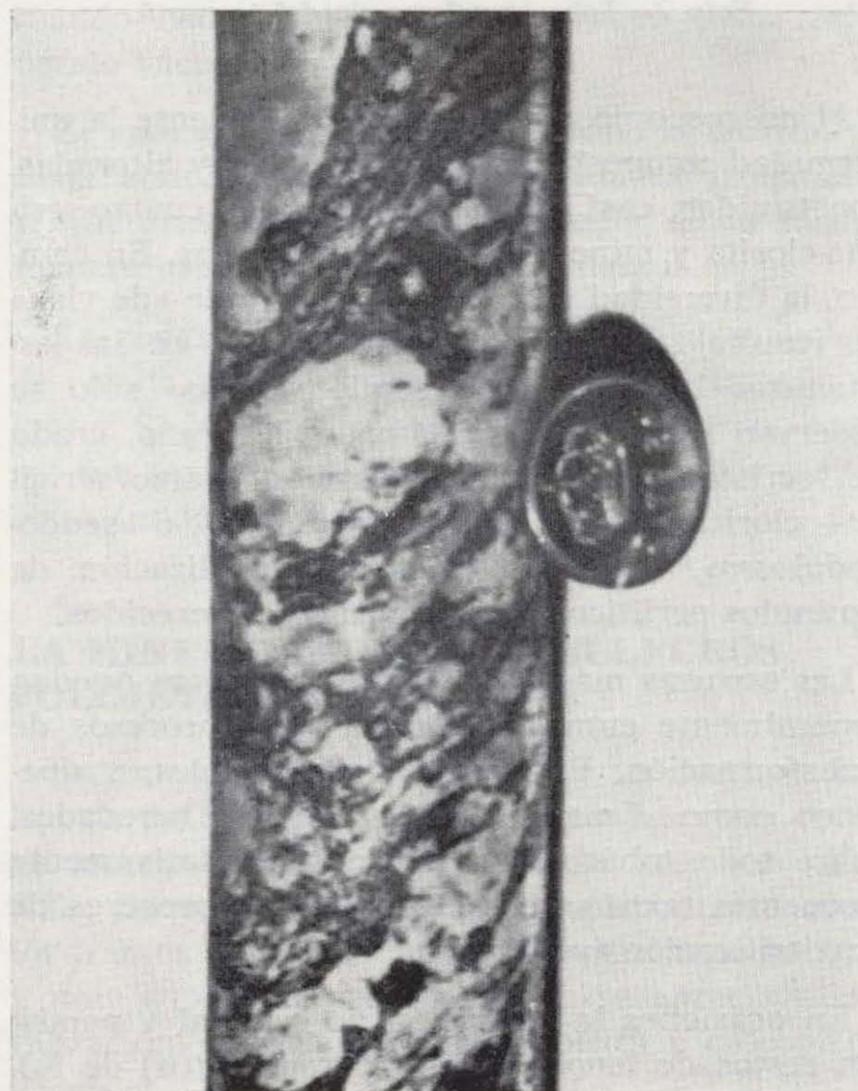


Foto 1.—Roca de cuarzo-sericita-clorita típica del tramo A.

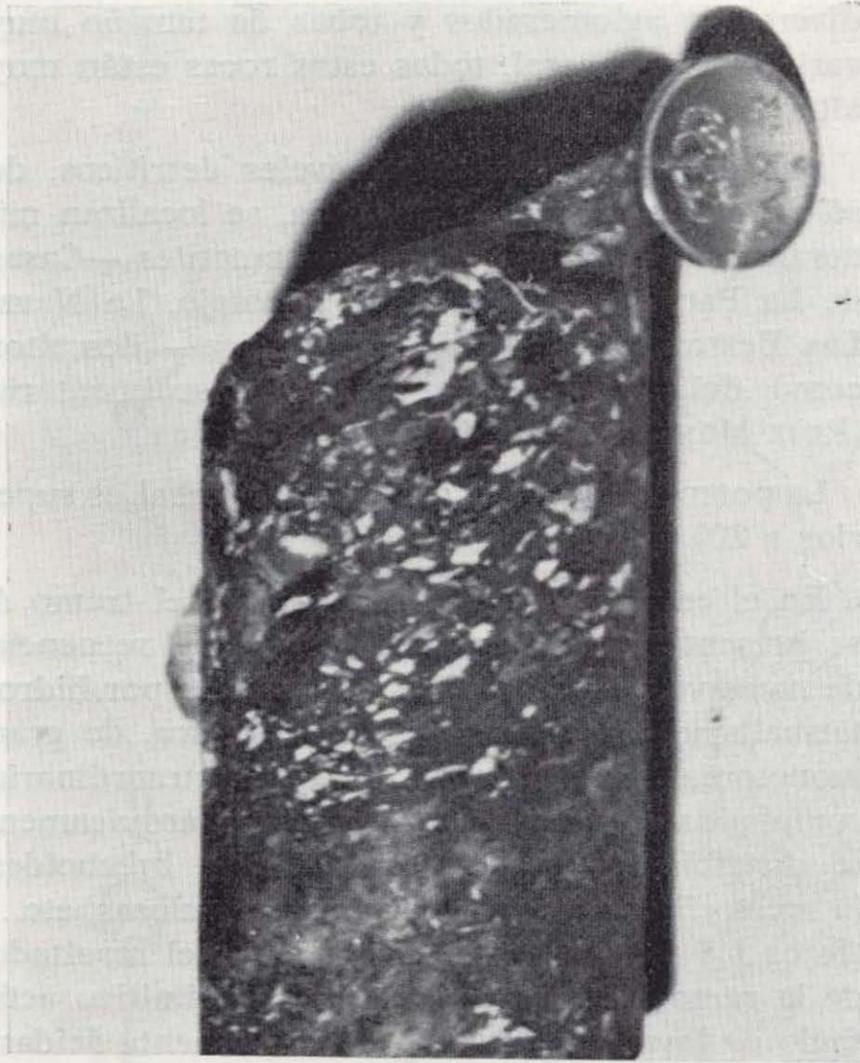


Foto 2.—Toba transformada del tramo A.

Al microscopio resulta aún más evidente la uniformidad composicional. Son rocas muy alteradas, constituidas, casi exclusivamente, por cuarzo-sericita-clorita y minerales opacos dispersos. En cambio, la diversidad estructural observable «de visu» no resulta tan nítida al microscopio: en las estructuras brechoides o «seudotobáceas» sólo se observan variaciones de tamaño de grano, grado de recristalización o de proporción cuarzo/sericita + clorita; ciertas texturas nodulosas, o «seudonodulosas», obedecen a la individualización de «gránulos perlíticos» posteriormente recrecidos.

Las texturas más típicamente volcánicas quedan generalmente enmascaradas por los procesos de transformación. En general, son visibles, y aparecen como «fantasmas» de texturas heredadas, sobre todo tobáceas. También son relativamente frecuentes texturas características de procesos de desvitrificación (perlíticas).

En ocasiones la alteración no es total y persisten restos de fenocristales (o fragmentos) de feldespatos potásico y/o cuarzo y/o plagioclasa, en una matriz cuarzofeldespática de vítrea a microcristalina. Los fenocristales o fragmentos a veces

aparecen recristalizados o pseudomorfizados (total o parcialmente).

Algunas rocas de cuarzo-sericita-clorita albergan estructuras orgánicas pseudomorfizadas por cuarzo.

A la vista de estos rasgos composicionales y texturales, se cree que en la transformación de las rocas originarias han debido intervenir procesos propios de alteración hidrotermal en un contexto volcánico activo, de desvitrificación y, sobre todo, de diagénesis en un medio muy rico en sílice, incluso en estado de gel, como parece demostrar la presencia de cuarzo con crecimientos coliformes o «arriñonados».

B) Sobre el anterior, en contacto discordante a veces retocado por fallas normales, se sitúa un tramo de rocas «fragmentarias» entre las cuales predominan las clasificadas como «tobas híbridas», constituidas por fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias, ambas con bajo grado de redondeamiento, en matriz tobáceo-vítrea con componente detrítica y cemento de sericita-clorita-epidota-sílice. Se trata de una serie de rocas fragmentarias con importante componente volcánica y constantes variaciones de tamaño de grano que

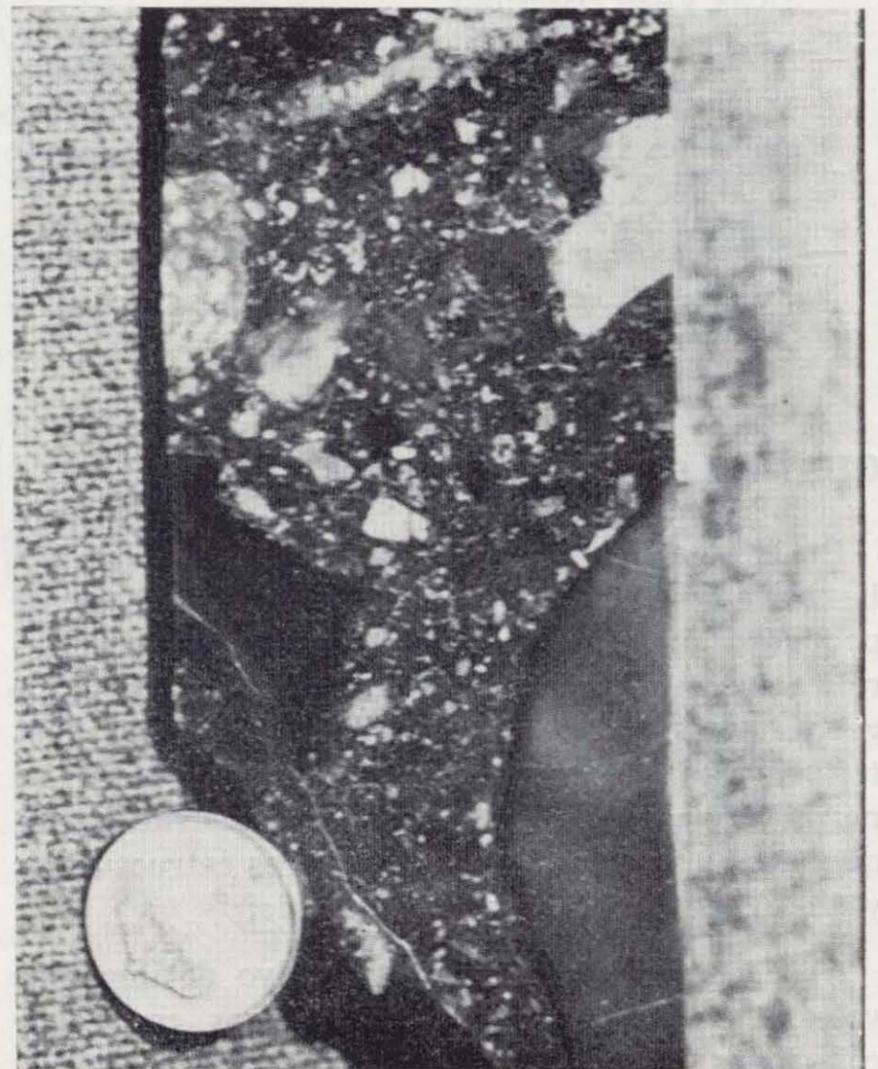


Foto 3.—Toba híbrida de grano grueso. Tramo B.

se repiten según ciclos o ritmos, no siempre completos: desde brechas con fragmentos de uno o más metros de magnitud hasta episodios de grano muy fino (pizarras silíceas y/o chert), pasando por tobas híbridas de grano grueso a medio y probables grauvacas (foto 3).

En este tramo se incluyen episodios (uno de ellos invariablemente situado muy próximo al techo del nivel mineralizado principal) de tobas gruesas rosadas que han sufrido un proceso de transformación igual al descrito en el tramo A), de forma que son rocas de cuarzo-sericita-clorita, aunque conservando restos de su carácter tobáceo y constitución originales (foto 4). En las proximidades de estos episodios las tobas híbridas muestran una silicificación apreciable.

La proporción de fragmentos de rocas es variable, siempre mayor en las variedades de grano más grueso. Predominan fragmentos de roca volcánica de composición traquiandesítica y texturas variadas, desde glomeroporfídica de matriz pilotaxítica-hialopilítica hasta vidrios volcánicos parcialmente desvitrificados. Están presentes también fragmentos de rocas sedimentarias/metamórficas (areniscas, esquistos, pizarras) y de chert. Los fragmentos de cristales más frecuentes son de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico y a veces de biotita.

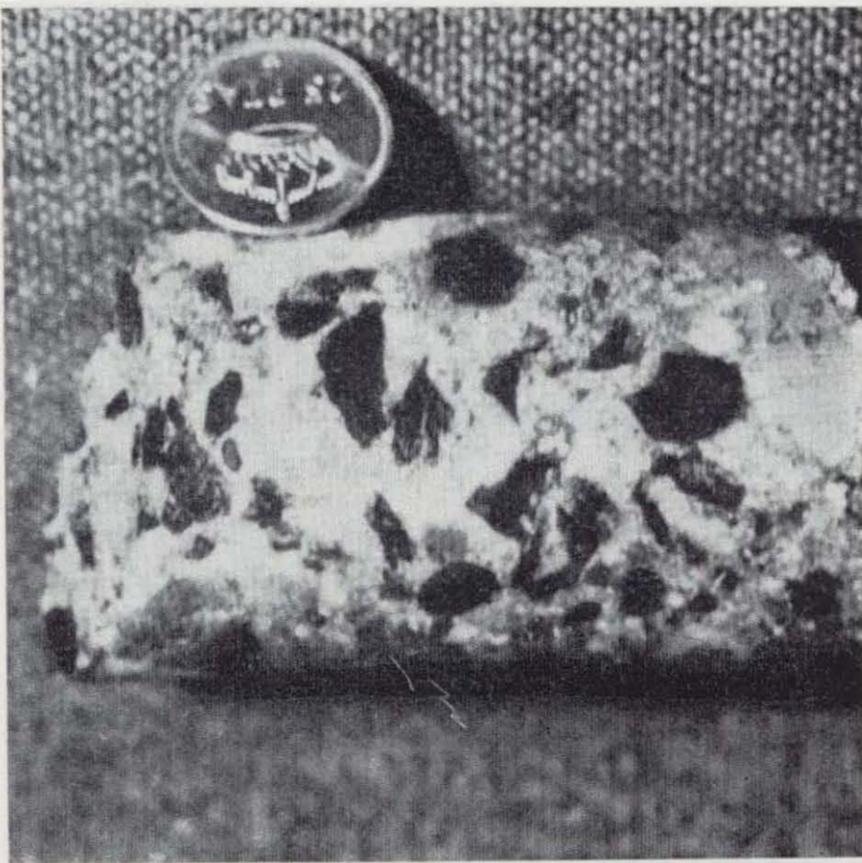


Foto 4.—Episodio de tobas rosadas gruesas incluido en el tramo B.

Se piensa que este tramo B) ha debido formarse por acumulación de materiales detríticos proximales procedentes de la denudación de un área con volcanismo activo. Este volcanismo explosivo ha arrastrado los materiales previamente depositados, como fragmentos de rocas (pórfidos traquiandesíticos, lavas y tobas ácidas, pizarras, etc.) y también de sulfuros masivos.

B') Con frecuencia en estrecha relación espacial con el tramo anterior existen masas de rocas ígneas básicas clasificadas como espilitas con características de colada submarina. Así, pueden observarse estructuras en pillow-lavas, diferencias texturales y composicionales entre zonas de borde e internas, procesos de espilitización generalizados (3).

Esencialmente están constituidos por fenocristales de plagioclasa (albita-oligoclasa) parcialmente potasificada en un cemento de clorita, cuarzo y carbonato. Las texturas más frecuentes son intersticiales, aunque ocasionalmente se observan porfídicas y vacuolares.

La clorita aparece en finos cristales, a veces formando haces fibroso-radiados, y en parte rellenando vacuolas o cavidades.

El cuarzo, en ocasiones asociado a clorita, rellena abundantes vacuolas, cavidades irregulares y fracturas. La calcita se presenta de la misma manera asociada a clorita y/o cuarzo.

En zonas que corresponden a antiguos núcleos de colada, aumenta progresivamente el tamaño de grano. Se han identificado diabasas de grano grueso, con textura subofítica, constituidas por plagioclasa (andesita) y clinopiroxeno.

LA MINERALIZACION DE SULFUROS POLIMETALICOS

En un área restringida entre La Nava y Las Lomas de El Paredón, los tramos descritos configuran una estructura sinforme de dirección NNO-SSE. En su flanco O, a favor del contacto entre los tramos A y B, se abre una labor minera antigua y muy superficial en la que no se aprecia mineralización importante —salvo pirita y calcopirita

(3) Asociada a rocas espiliticas, en el arroyo de La Parrilla, existe una pequeña mineralización cuprífera (pirita, calcopirita, galena, calcosina, covellina) diseminada y en delgados filoncillos con cuarzo.

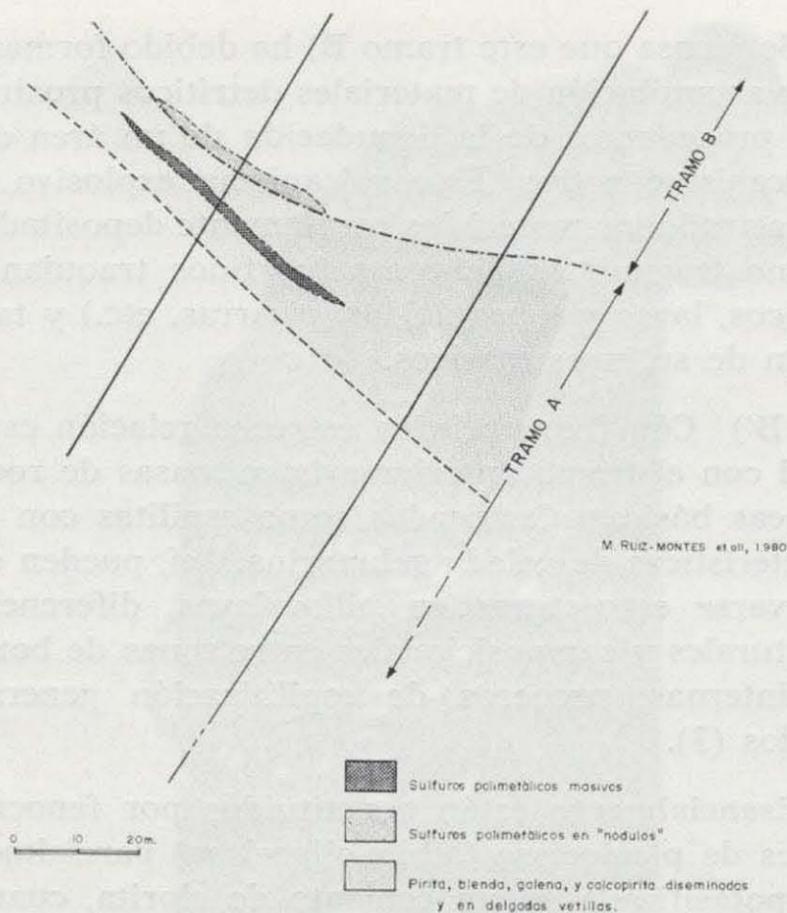


Fig. 5.—Sección hipotética de la zona mineralizada según un plano de sondeos.

escasas y diseminadas—, pero sí una zona más amplia con evidentes muestras de alteración (gossan y caolinización) y congruentemente una anomalía geoquímica en la red de drenaje. La investigación realizada hasta el momento ha puesto de manifiesto la existencia de una mineralización de sulfuros polimetálicos con tres estructuras distintas: masiva con morfología lenticular situada invariablemente a techo del tramo A, diseminada y en fisuras, con zonas de mayor riqueza hacia el muro de la mineralización masiva, y por último clástica, con clastos de sulfuros en los episodios basales del tramo B (fig. 5).

En la mineralización masiva (foto 5), pirita, esfalerita, calcopirita y galena son los minerales esenciales, en orden decreciente de abundancia. Tetraedrita es mineral subordinado. Bornita, calcosina y covellina son secundarios. Cuarzo, sericita, clorita, feldespato potásico y calcita, también en orden decreciente de abundancia, son los minerales de ganga más frecuentes.

La pirita, sulfuro mayoritario, se presenta en tres formas bien diferenciadas:

1) Pirita de aspecto limpio, en cristales de hasta 0,9 mm. dispersos sobre la ganga, de formas subhedral-anhedral, frecuentemente también euhedral.

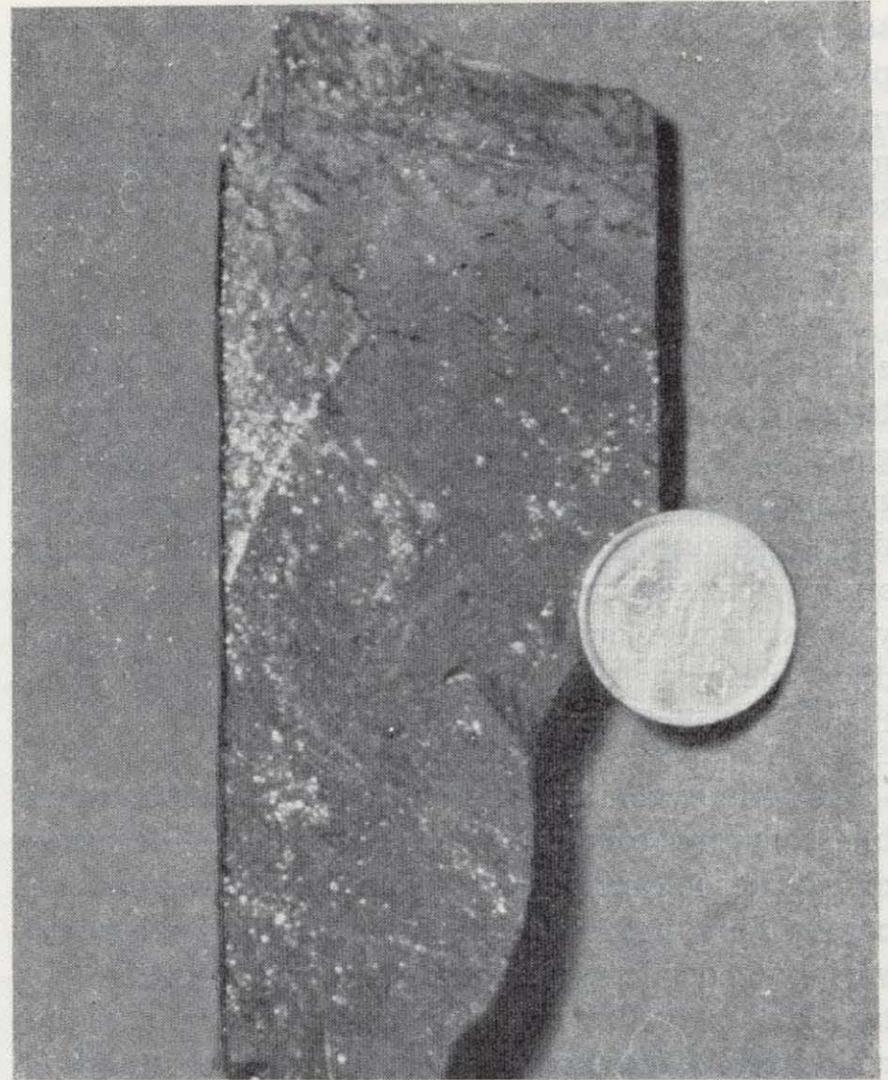


Foto 5.—Mineralización masiva (las zonas de más brillo corresponden a esfalerita + galena, el resto a pirita + calcopirita).

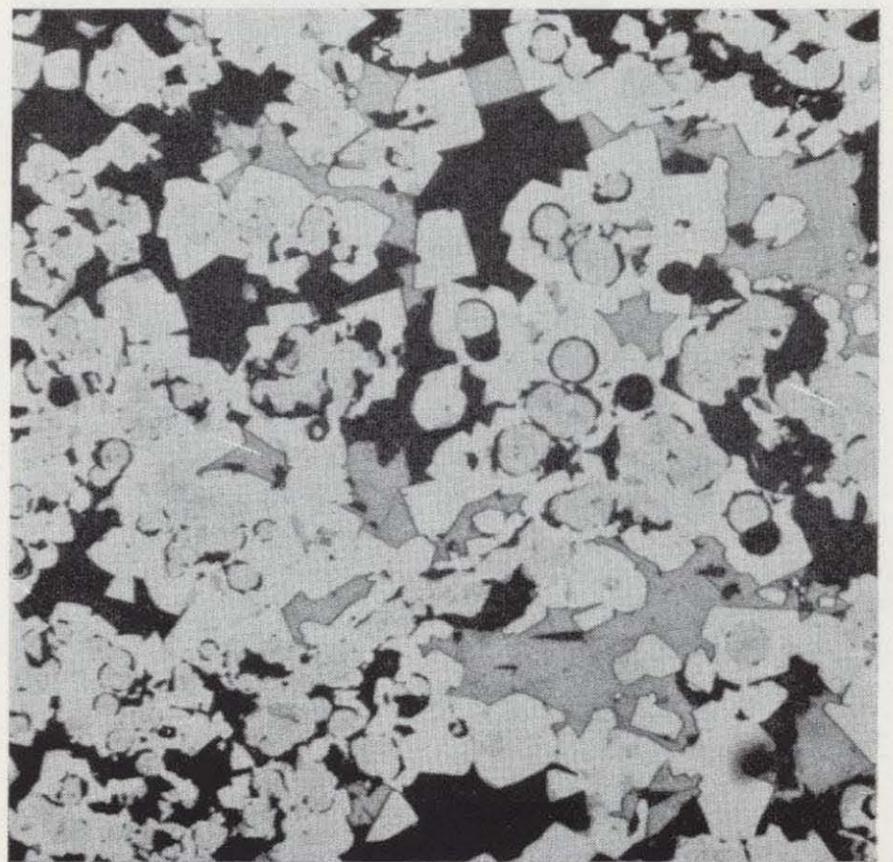


Foto 6.—Texturas coloformes de pirita sobre pirita y galena. (Luz reflejada, aceite, X350, NII.)

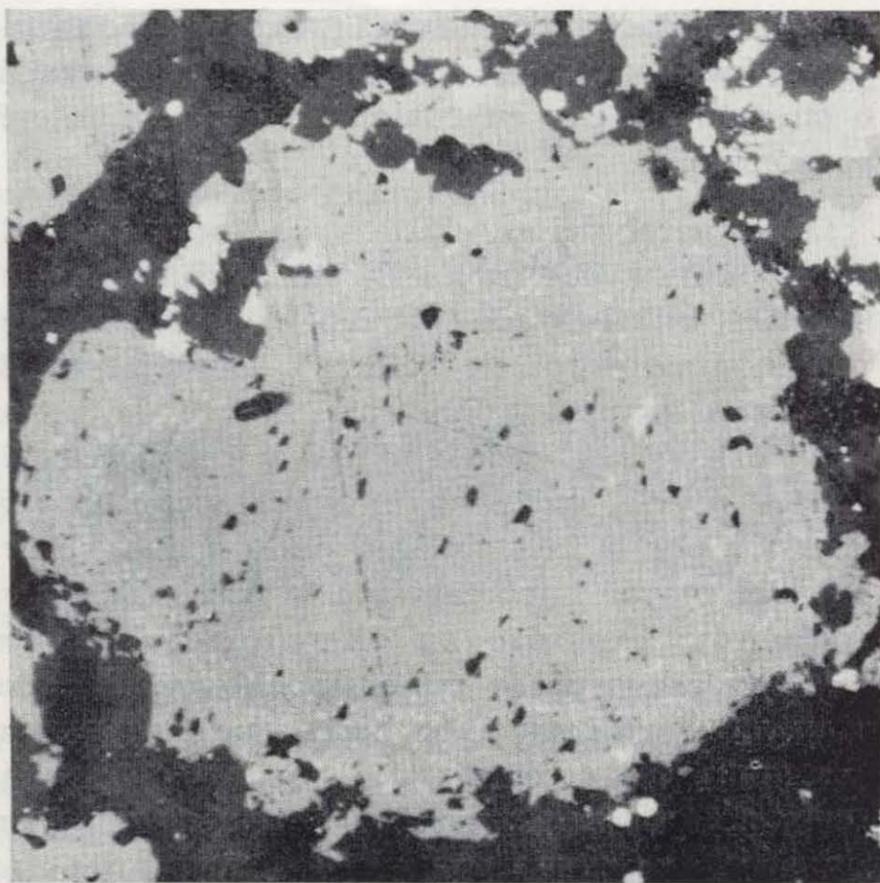


Foto 7.—Exholuciones de calcopirita en bordes de grano de blenda. (Luz reflejada, X145, NII.)

2) Pirita coloforme, con sustituciones de galena, esfalerita y calcopirita.

3) Pirita de grano fino, masiva y con textura granoblástica, generalmente con aspecto sucio y poroso.

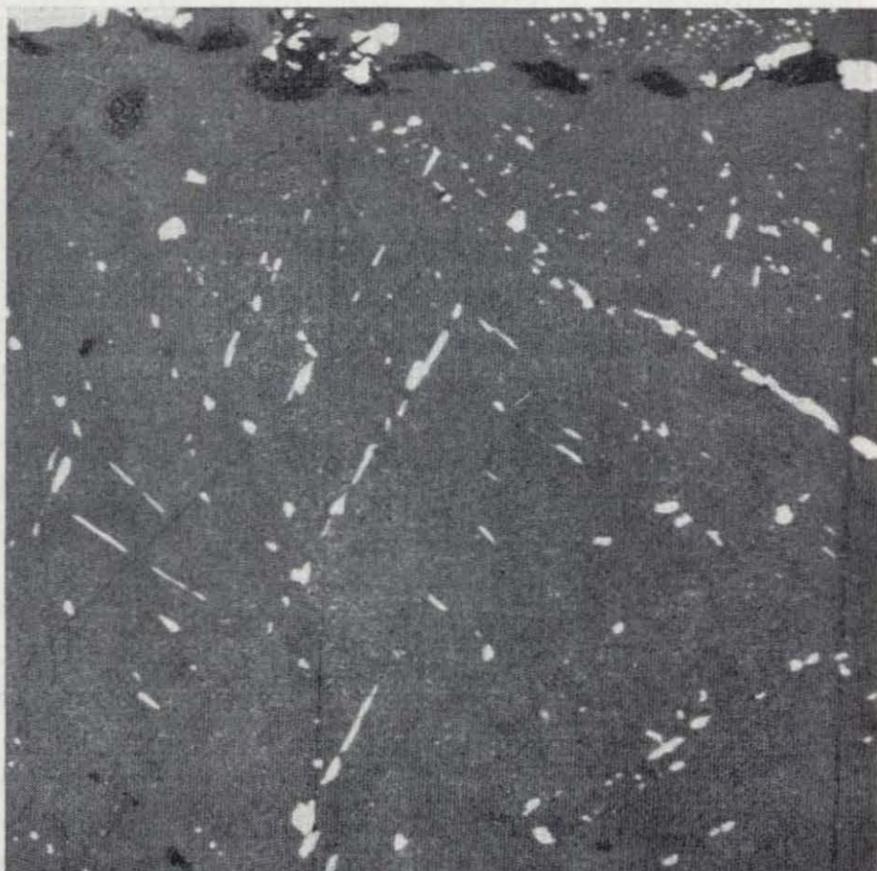


Foto 8.—Exholuciones de calcopirita en blenda según planos de crucero de ésta (111). (Luz reflejada, aceite, X350, NII.)

La pirita granoblástica conserva restos de estructuras coloformes observables más claramente después de un ataque oxidante. Por otra parte, es frecuente que la pirita coloforme aparezca rodeada por pirita granoblástica (foto 6).

Esfalerita y galena suelen aparecer asociadas, en bandas alternantes entre sí y con niveles piríticos. La esfalerita alberga generalmente exholuciones de calcopirita en forma de finas gotas uniformemente distribuidas o concentradas, ya en los bordes (foto 7) ya en la zona central; otras veces las exholuciones de calcopirita se alinean según los planos de crucero de la esfalerita (foto 8). Ocasionalmente la esfalerita es reemplazada por covellina y frecuentemente, como se ha indicado, galena y esfalerita sustituyen parcial o totalmente a pirita coloforme.

La calcopirita, aparte de las exholuciones citadas, se presenta en fisuras que cortan al resto de los minerales (principalmente pirita) y en bandas alternantes con otras de esfalerita-galena. Algunos granos de calcopirita están parcialmente sustituidos por calcosina.

Tetraedrita, asociada, sobre todo, a galena o a calcopirita (foto 9). Incluye plata en proporción del 4,3 por 100 ($\pm 0,4$) según una distribución levemente heterogénea (microsonda electrónica).

La bornita es escasa, sólo aparece en pequeñas inclusiones dentro de la pirita.

En cuanto a metales preciosos, se ha reconocido algún grano aislado de oro-plata nativos (70 % Ag; 30 % Au). No se excluye que existan oro y plata asociados a pirita y galena, respectivamente, pero en cantidades por debajo del límite de resolución de la microsonda utilizada (los análisis químicos dan contenidos máximos de 5 ppm. en Au y 600 ppm. en Ag).

La mineralización diseminada y en fisuras aparece a lo largo del tramo A, aunque no de forma homogénea. Su distribución está condicionada por los procesos posteriores, ya mencionados, de alteración hidrotermal; es en este tipo de mineralización donde los fenómenos de removilización son más patentes. Los sulfuros se presentan en formas diversas: granos pequeños alotriomorfos uniformemente distribuidos o concentrados en puntos con clorita-sericita, cuarzo, granos idiomorfos en zonas con cuarzo, clorita-sericita, nódulos zonados y rellenando fisuras y huecos asociados a cuarzo y carbonatos (foto 10).

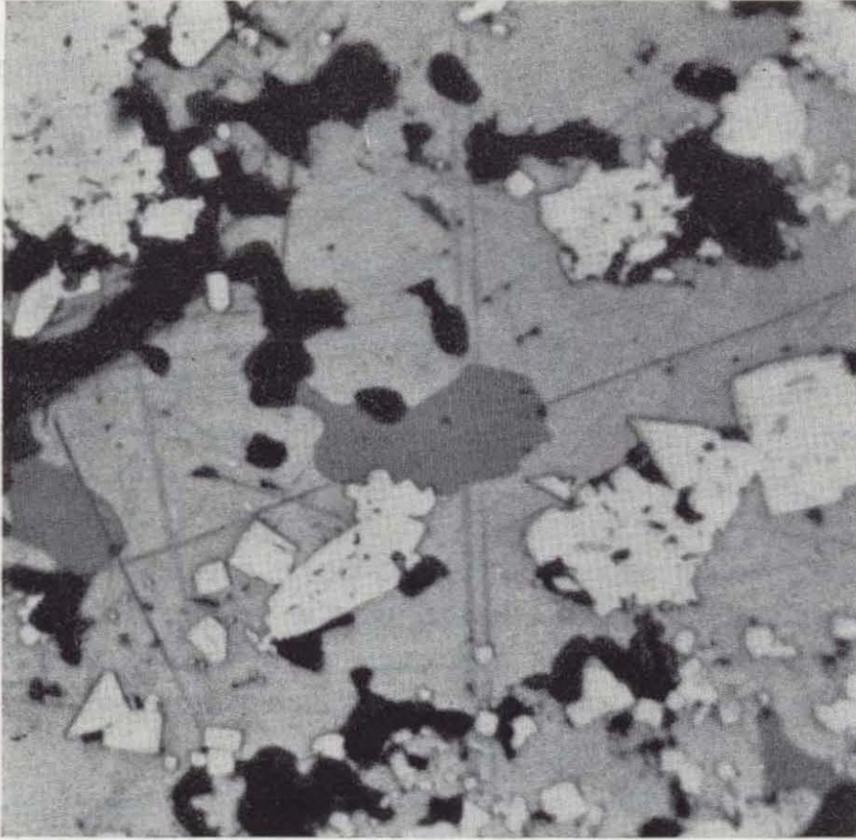


Foto 9.—Dos granos de tetraedrita (grises, zona central) incluidos en galena. (Luz reflejada, aceite, X400, NII.)

Esta mineralización dispersa alcanza su mayor grado de concentración en zonas próximas al muro del nivel mineralizado principal, donde también es máximo el contenido en sílice hasta constituir prácticamente episodios de chert.

A lo largo de todo el tramo B es frecuente una

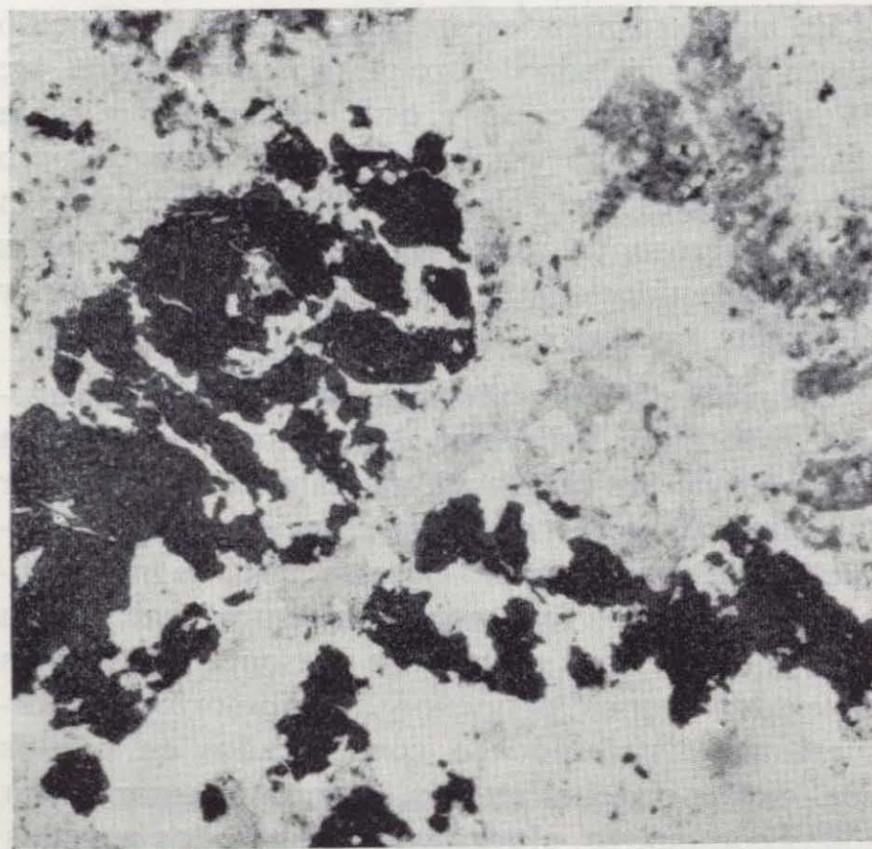


Foto 10.—Minerales metálicos asociados a silicificación, a sericitización y a carbonato en toba. (X36, NII.)

fina disseminación de sulfuros (pirita y calcopirita), ya en los fragmentos volcánicos, ya en la matriz o en ambos pero, en cualquier caso, sin interés económico.

La mineralización clástica se localiza en la parte inferior del tramo B, sin continuidad con el nivel mineralizado principal. Está constituida por fragmentos de sulfuros polimetálicos de magnitud incluso decimétrica. Aparte de su posible origen por remoción de la mineralización masiva previa, quizá no totalmente consolidada, ocurrida por la inestabilidad de la cuenca, habrá que dar mayor importancia a la presencia de un volcanismo explosivo en diferentes pulsaciones, que ha arrancado la mineralización masiva previamente depositada y ha hecho que los fragmentos, junto con otros de roca, se depositen en un ambiente que ha permitido su granoclasificación. En ocasiones, zonas con mayor densidad de clastos de sulfuros constituyen un nivel rico, pero no masivo, que alcanza potencias de hasta tres metros.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En un intento de interpretación genética de las mineralizaciones estudiadas de La Nava-Paredón hay una serie de hechos, entre los mencionados, que permiten clasificarlos como volcanogénicos-exhalativos de sulfuros masivos polimetálicos (SANGSTER, 1972, y HUTCHINSON, 1973-1979), estos hechos son los siguientes:

— Muy estrecha relación espacial con materiales volcánicos-sedimentarios restringidos y una secuencia volcánica bimodal, que incluye rocas ácidas-intermedias, rocas básicas y abundantes piroclásticos.

— Mineralización de sulfuros polimetálicos con tres estructuras diferentes:

a) Masiva lenticular (situada en el techo del Tramo A) con techo bien definido y límite inferior difuso. Dentro de esta mineralización se reconocen finas texturas bandeadas alternantes de pirita, esfalerita-galena y calcopirita.

b) Disseminada y en fisuras, localizada en el tramo basal A que está constituido por rocas volcánicas (lavas ácidas y piroclásticas) casi totalmente transformadas a rocas de cuarzo-sericita-

clorita. Esta mineralización se hace más rica hacia muro de la mineralización masiva.

c) Clástica, localizada en la base del Tramo B, con diferenciación granulométrica.

— Paragénesis de piritita-esfalerita-calcopiritita-galena-tetraedrita, con presencia esporádica de granos de plata y oro.

— Importancia de la estrecha relación existente entre alteraciones hidrotermales (silicificación-cloritización y sericitización) y las mineralizaciones, destacando la mayor alteración del Tramo A sobre el B.

— Mineralizaciones de Fe asociadas a lavas en la zona de La Parrilla. La correlación de estas mineralizaciones con las ahora estudiadas es dificultosa, aunque podría tratarse del mismo nivel en posiciones inferiores. La alteración hidrotermal de la mineralización de La Nava-Paredón es superior a la de La Parrilla, posiblemente por su mayor proximidad al foco volcánico.

Es la primera vez que en este sector de Sierra Morena, a caballo entre las zonas Centro Ibérica y de Ossa Morena, se describen procesos metalogénicos de este tipo.

Como guías de exploración, habrá que tener en cuenta tanto el contacto geológico tobas híbridas-volcanismo ácido, como la alteración de la roca a muro.

Quedan numerosos aspectos por aclarar (distribución y sucesión de fases volcánicas, localización de focos emisores, etc.) pero, aún caso de que la mineralización de El Paredón no fuese económicamente rentable, los datos aportados deben tenerse en cuenta, no sólo como guías en exploraciones geológicas futuras, sino en cualquier intento por explicar la tectónica global de esta zona del Macizo Ibérico.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Dirección de Recursos Minerales del IGME la autorización y el apoyo prestados para la publicación de estos datos, fruto de las investigaciones que el Instituto Geológico y Minero de España lleva a cabo en el Suroeste peninsular.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDERSON, C. A.: *Massive sulfide deposits and volcanism*. Econ. Geol., vol. 64, pp. 129-146 (1969).
- BAEZA-ROJANO, L. J.; RUIZ GARCÍA, C., y RUIZ MONTES, C.: *Presencia de formaciones volcanso-sedimentarias y mineralizaciones de hierro asociadas en el eje magmático La Coronada-Villaviciosa (Córdoba)*. Bol. Geol. y Minf., volumen 89, pp. 431-437 (1978).
- CARVALHO, D.: *Geologia, metalogenia e metodologia da investigação de sulfuretos polimetálicos do sul de Portugal*, 1.º Curso Roso de Luna (1977).
- CARVALHO, D.: *The metallogenetic consequences of plate tectonics and the upper Paleozoic evolution of southern Portugal*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M., volumen 20, pp. 297-320 (1970).
- CARVALHO, D.; GOINHAS, J.; OLIVEIRA, V., e RIBEIRO, A.: *Observações sobre a Geologia do sul de Portugal e consequencias metalogenéticas*. Estudos, Notas e Trabalhos do S. F. M., vol. 20, pp. 153-177 (1970).
- CHACÓN, J., y PASCUAL, E.: *El anticlinorio Portalegre-Badajoz-Córdoba divisoria entre las zonas Centro-Ibérica y Ossa Morena (sector SW del Macizo Hespérico)*. Cuad. Geol., vol. 8-9, pp. 21-35 (1978).
- DELGADO QUESADA, M.; LIÑÁN, E.; PASCUAL, E., y PÉREZ LORENTE, F.: *Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central*. Studia Geológica, vol. 12, pp. 75-90 (1977).
- GARROTE, A.: *Asociaciones minerales del núcleo metamórfico de Sierra Albarrama (prov. de Córdoba)*. Sierra Morena Central. Memorias e Noticias, vol. 82, pp. 17-39 (1976).
- GILMOUR, P.: *Strata-bound massive pyritic sulfide deposits. A review*. Econ. Geol., vol. 66, pp. 1239-1244 (1971).
- HUTCHINSON, R. W.: *Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance*. Econ. Geol., vol. 68, páginas 1223-1246 (1973).
- HUTCHINSON, R. W.: *Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution*. Transcripción de conferencia pronunciada en Madrid (1979).
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Memoria del Proyecto de Investigación Alanís-Cerro Muriano*. 1975. Inédito.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Memoria del Proyecto de Investigación Adamuz-La Puebla de Los Infantes*. 1977. Inédito.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Investigación en la Reserva Estatal Cerro Muriano*. 1978. Inédito.
- PASCUAL, E., y PÉREZ LORENTE, F.: *El magmatismo ácido superficial al sur de Villanueva del Rey-Villaviciosa de Córdoba (Sierra Morena, Córdoba)*. Cuad. Geol., vol. 6, pp. 15-30 (1975).
- SANGSTER, D. F.: *Precambrian volcanogenic massive sulphide deposits in Canada. A review*. Canada Geol., Survey Paper 72-22, 44 pp. (1972).

- STRAUSS, G. K.; MADEL, J., y FERNÁNDEZ ALONSO, F.: *La Faja Pirítica hispano-portuguesa y el papel de la Geología en su prospección minera*. Industria Minera, número 149, 12 pp. (1974).
- STRAUSS, G. K.; MADEL, J., y FERNÁNDEZ ALONSO, F.: *La Faja Pirítica hispano-portuguesa y el papel de la Geofísica en su investigación minera*, núm. 150, 15 pp. (1974).
- STRAUSS, G. K.; MADEL, J., y FERNÁNDEZ ALONSO, F.: *Exploration practice for strata-bound volcanogenic sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt: Geology, Geophysics and Geochemistry*, in *Time and strata-bound ore deposits*, Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, pp. 55-93 (1977).
- STRAUSS, G. K., y MADEL, J.: *Geology of massive sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt*. Geol. Rund., vol. 63, pp. 191-211 (1974).
- WOLF, K. H.: *Handbook of strata-bound and stratiform-ore deposits*, vol. 1. Amsterdam, Elsevier Scientific Pub. Co., 338 pp. (1976).

Recibido: Junio 1980