

# Estudio geológico y metalogénico de la mineralización argentífera de Hiendelaencina, Sistema Central.

Por MARTINEZ FRIAS, J. (\*), LUNAR, R. (\*) y VINDEL, E. (\*)

## RESUMEN

En este trabajo se estudian las características geológicas, mineralógicas y texturales de la mineralización argentífera de Hiendelaencina. Se establece la morfología y la disposición del yacimiento, así como la paragénesis y sucesión mineral, definiéndose los distintos tipos de sulfosales de plata presentes.

## ABSTRACT

In this paper, the geology, mineralogy and textures of Hiendelaencina ore deposit, are studied. The morphology and disposition of veins, paragenesis and mineral sequences, were determined, taking into account the different terms of silver sulphosalts.

## INTRODUCCION

Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral presentada para la opción al título de doctor en C. C. Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (1986).

Para la publicación de este estudio, la Tesis se ha subdividido en tres trabajos distintos, que corresponden a tres de las zonas argentíferas del Sector Oriental del Sistema Central: Hiendelaencina, La Bodera y Congostrina.

En el Sistema Central existe un conjunto importante de mineralizaciones, caracterizadas por la presencia de plata en forma de sulfosales complejas, que constituyen una banda argentífera de dirección este-oeste, que se extiende desde Bustarviejo hasta La Bodera (fig. 1).

El yacimiento principal se encuentra situado en Hiendelaencina (fig. 2), zona que en su momento fue uno de los distritos mineros argentíferos más importantes de Europa.

La larga historia minera del distrito de Hiendelaencina comienza en 1844, año en que fue descu-

bierto por don Pedro Esteban Gorrioz. Sucesivos problemas político-económicos afectaron el desarrollo de la actividad minera, que tuvo dos épocas de apogeo entre los años 1844 a 1870 y 1900 a 1914. Durante este último período, se explotaron los filones en los niveles más profundos y más occidentales del distrito, con leyes superiores a 200 kilogramos de plata pura por tonelada.

Desde el año 1914 en adelante la explotación estuvo totalmente inactiva y se sucedieron los estudios regionales y las recopilaciones de antiguos trabajos. Posiblemente el proyecto más ambicioso fue el llevado a cabo por el IGME (1974), en el cual se realizaron investigaciones sobre la prolongación occidental del filón «RICO» y se dio una visión de conjunto del distrito minero.

Por último, desde 1983 hasta la actualidad, se comenzó a realizar el lavado y posterior flotación del material procedente de antiguas escombreras, por una Sociedad de inversores particulares. Se llegaron incluso a iniciar trabajos de desagüe en el pozo «Catalina» para su posible puesta en explotación.

Actualmente la actividad minera se encuentra

(\*) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.

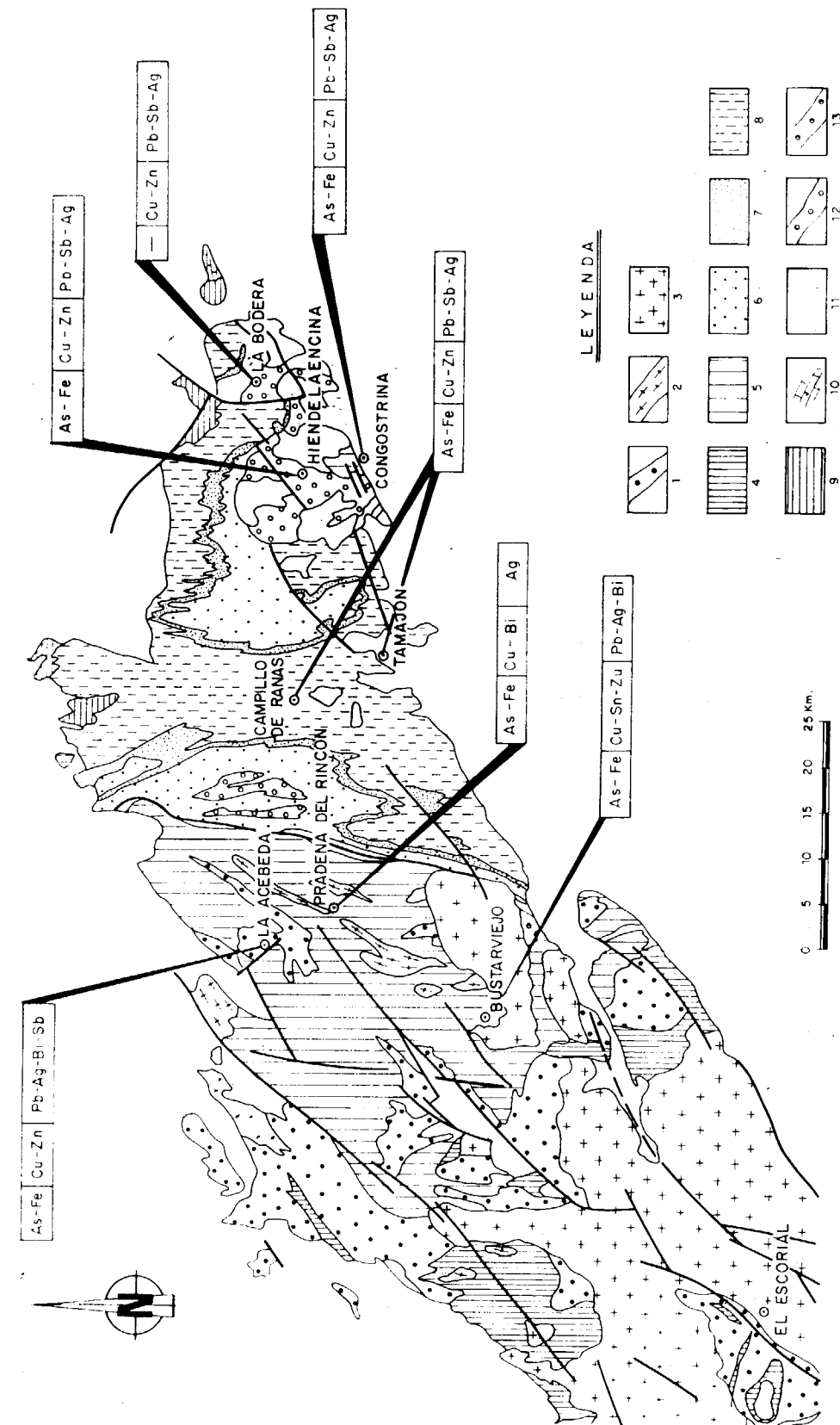


Figura 1.—Esquema geológico-estructural del Sistema Central mostrando la situación de las zonas de estudio.

1.—Gneises glandulares. 2.—Leucogneises. 3.—Granitoides tardihercínicos. 4.—Serie félica. 5.—Metasedimentos. 6.—Tremadoc. 7.—Skiddaviense. 8.—Llandello. 9.—Silúrico. 10.—Carbonífero. 11.—Sedimentos postpaleozoicos. 12.—«Ollo de Sapo». 13.—Gneis de Riaza-Nazarét.

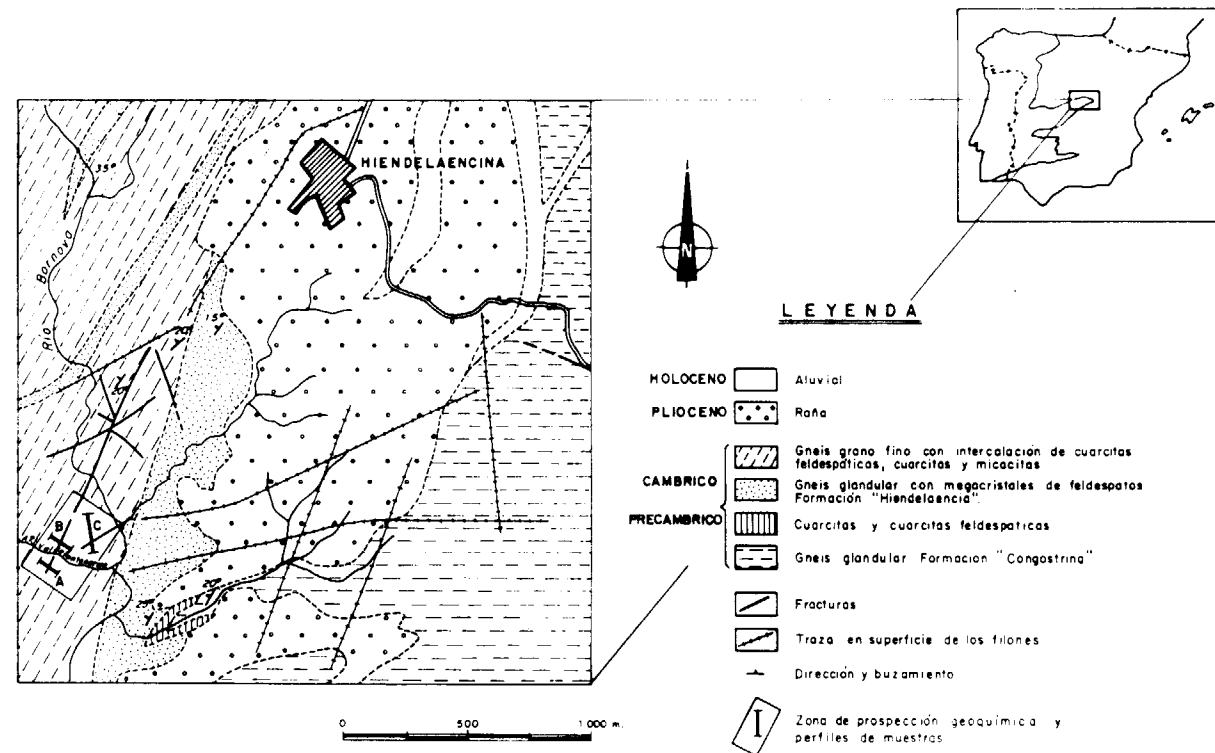


Figura 2.—Esquema geológico de la zona de Hiendelaencina.

parada, continuando únicamente el lavado y flotación de los materiales de escombreras.

#### DESCRIPCION DEL YACIMIENTO

El yacimiento de Hiendelaencina presenta una morfología de carácter filoniano (fig. 3) en la que se distinguen varias etapas sucesivas de relleno. Esta sucesión de los fluidos mineralizadores ha dado lugar a la formación de una brecha filoniana, en la cual los minerales correspondientes a las etapas más tardías han asimilado a los minerales primarios de la mena y a fragmentos de las rocas encajantes.

Inicialmente, se diferenciaron mediante antiguos trabajos mineros tres tipos de sistemas filonianos:

- Primer sistema: Dirección este-oeste.
- Segundo sistema: Dirección norte-sur.
- Tercer sistema: Dirección noreste.

La reciente reexplotación de la mina «La Cata-

lina» ha permitido el estudio directo de la disposición estructural de los diques y las fallas asociadas a la mineralización. A partir del estudio de sus orientaciones se han determinado los elipsoides de esfuerzo y deformación responsables de la mineralización (VICENTE, G.; MARTÍNEZ FRÍAS, J.; CAPOTE, R., y LUNAR, R., 1985).

Las direcciones de las 41 fallas y diques medidos en el interior de la mina, se disponen según la figura 4. Se aprecian cuatro direcciones principales: la N70 (correspondientes al denominado filón «RICO» y a las fallas del borde sur del Sistema Central como la de Alcorlo), las N30 (parte central del filón «RICO») y menos desarrolladas las norte-sur y las N130.

Todos estos filones aparecen en la zona con una potencia muy irregular, alcanzando a veces un metro de espesor. La potencia media oscila entre 20 y 30 cm., siendo esta variabilidad la principal característica de la metalización.



Figura 3.—Filón de baritina, galena y sulfosales de plata correspondiente a la mineralización de Hiendelaencina (mina «La Catalina»).

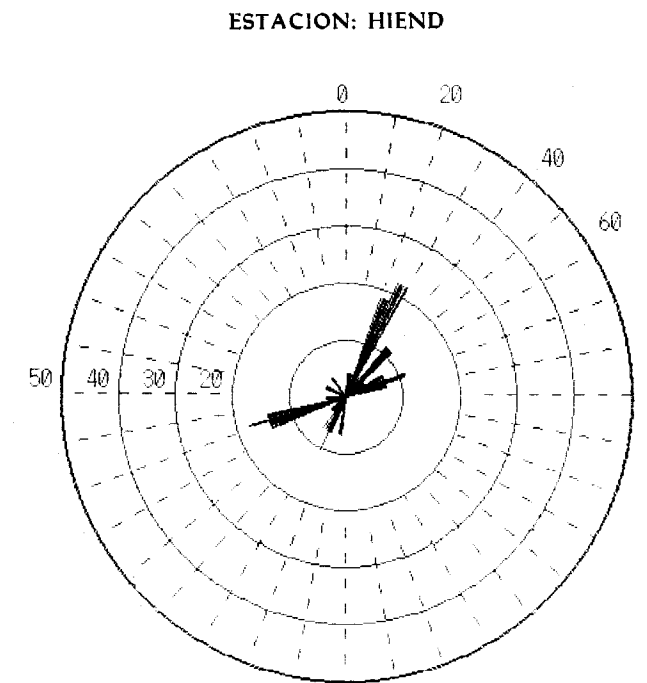


Figura 4.—Rosa de direcciones de las fallas y diques medidos.

los presentan dos tipos texturales: un tipo más gneísico donde la foliación aparece muy bien definida, y un segundo tipo más porfídico de matriz casi criptocristalina y con foliación escasamente definida.

A partir del estudio en profundidad de los materiales encajantes se han distinguido, dentro de la formación Hiendelaencina, los siguientes tipos litológicos:

#### Gneises glandulares

Son los materiales que aparecen con mayor frecuencia en la secuencia en profundidad (fig. 5). Se presentan generalmente alterados por procesos de carbonatización, seritización, cloritización y silicificación.

La paragénesis tipo estaría constituida por cuarzo - feldespato potásico - plagioclasa - moscovita - biotita - granate y turmalina y opacos como accesorios.

#### EL MEDIO ENCAJANTE

Los materiales que constituyen el ámbito encajante de la mineralización, corresponden a la denominada «Formación Hiendelaencina».

NAVIDAD, M. (1975) distingue dos conjuntos dentro de esta formación:

- El inferior con grandes megacrístales.
- El superior sin megacrístales y con intercalaciones de esquistos y cuarcitas, o bien localmente rocas de tipo grauváquico hacia el techo de la formación.

Petrográficamente ambos tipos de gneises poseen idénticas características; sin embargo, am-



Figura 3.—Filón de baritina, galena y sulfosales de plata correspondiente a la mineralización de Hiendelaencina (mina «La Catalina»).

#### EL MEDIO ENCAJANTE

Los materiales que constituyen el ámbito encajante de la mineralización, corresponden a la denominada «Formación Hiendelaencina».

NAVIDAD, M. (1975) distingue dos conjuntos dentro de esta formación:

- El inferior con grandes megacratales.
- El superior sin megacratales y con intercalaciones de esquistos y cuarcitas, o bien localmente rocas de tipo grauváquico hacia el techo de la formación.

Petrográficamente ambos tipos de gneises poseen idénticas características; sin embargo, am-

#### ESTACION: HIEND

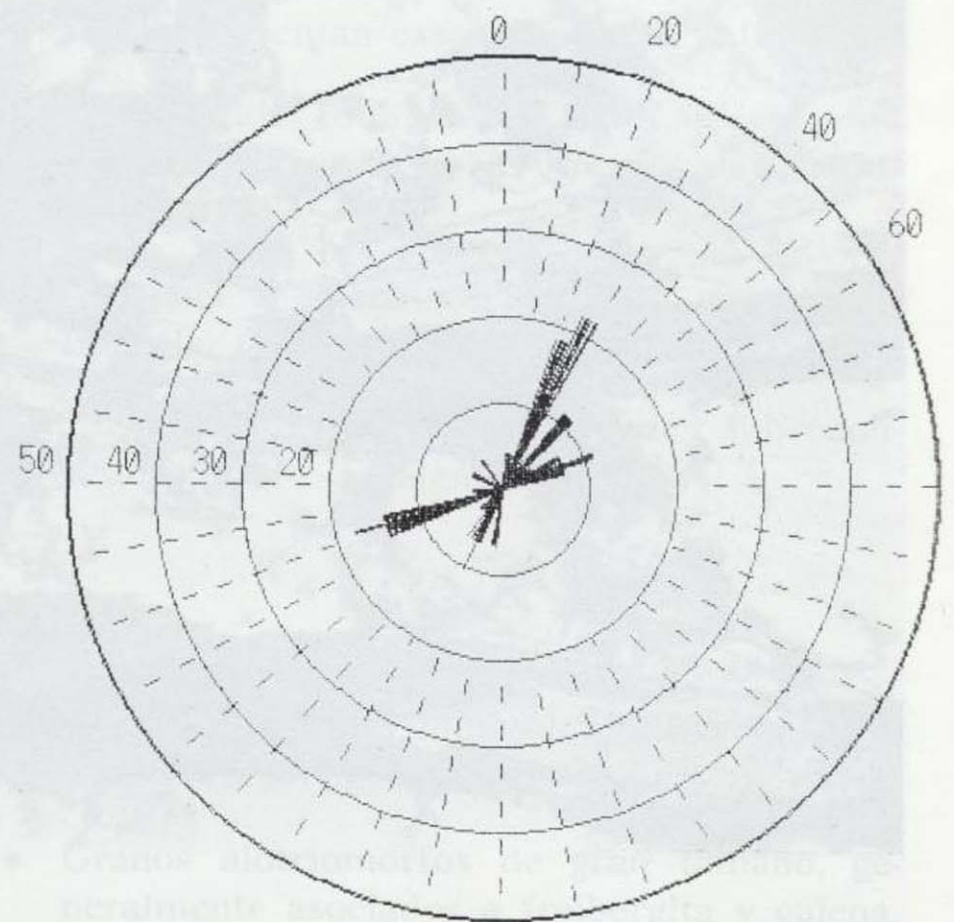


Figura 4.—Rosa de direcciones de las fallas y diques medidos.

bos presentan dos tipos texturales: un tipo más gneísico donde la foliación aparece muy bien definida, y un segundo tipo más porfídico de matriz casi criptocristalina y con foliación escasamente definida.

A partir del estudio en profundidad de los materiales encajantes se han distinguido, dentro de la formación Hiendelaencina, los siguientes tipos litológicos:

#### Gneises glandulares

Son los materiales que aparecen con mayor frecuencia en la secuencia en profundidad (fig. 5). Se presentan generalmente alterados por procesos de carbonatización, seritización, cloritización y silicificación.

La paragénesis tipo estaría constituida por cuarzo - feldespato potásico - plagioclasa - moscovita - biotita - granate y turmalina y opacos como accesorios.

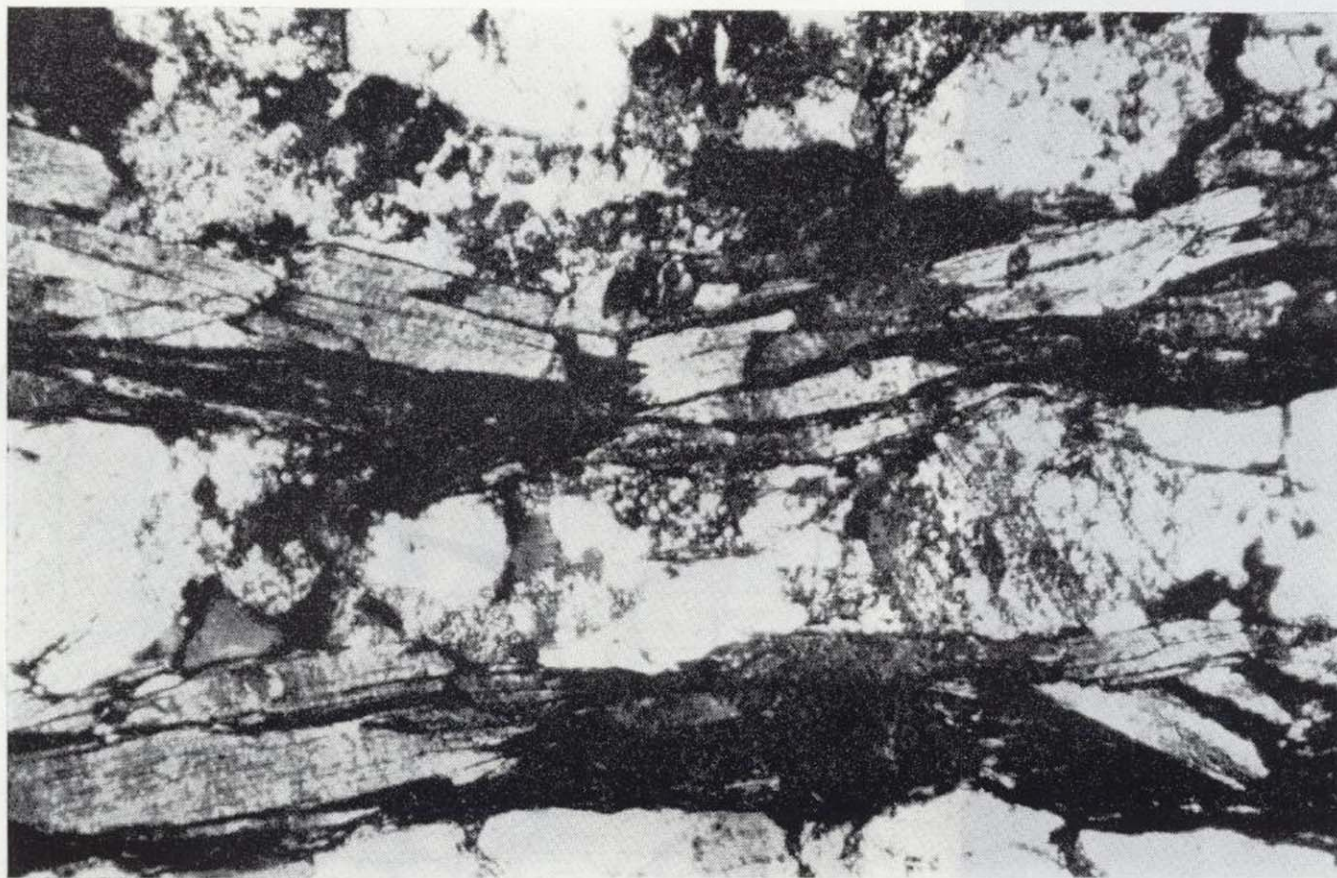


Figura 5.—Microfotografía correspondiente a los gneises glandulares de la formación «Hiendelaencina».

### Esquistos micáceos

Son las intercalaciones más frecuentes dentro de la formación gneílica. Están constituidos por cuarzo - plagioclasas (escasas) moscovita - biotita - cloritas y carbonatos y opacos como accesorios.

Es importante destacar en ellos la alteración irregular de los límites de grano del cuarzo a carbonatos y la seritización parcial de las plagioclasas.

### Esquistos moscovíticos

Están fundamentalmente constituidos por cristales de feldespato potásico que presentan una intensa silicificación y sericitización. El mineral que constituye la esquistosidad es la moscovita y suele ir asociada generalmente a carbonatos.

### Esquistos biotíticos

Son intercalaciones cuarzo-feldespáticas con plagioclasa y granates, todos ellos de pequeño tamaño.

La esquistosidad, poco desarrollada, está formada por biotita de hábito tabular asociada generalmente con opacos.

Las plagioclasas y el feldespato potásico presentan una silicificación incipiente.

### Metasamitas

Son, junto con los esquistos biotíticos, las intercalaciones menos frecuentes en la formación Hiendelaencina. El cuarzo va unido casi siempre a grandes cristales de feldespato potásico y plagioclasa, intensamente fracturados. La alteración hidrotermal más frecuente es la carbonatización, aunque esporádicamente los feldespatos han sufrido procesos de transformación parcial a sericita.

### LA MINERALIZACION

- M. Hipogénicos: Galena, freibergita, esfalerita, calcopirita, pirita, arsenopirita, marcasita, pirrotina, pirargirita, polibasita, estefanita, bournonita, freieslebenita.
- M. Supergénicos: Goethita, hematites.
- M. Ganga: Baritina, cuarzo, siderita.



Figura 5.—Microfotografía correspondiente a los gneises glandulares de la formación «Hiendelaencina».

#### Esquistos micáceos

Son las intercalaciones más frecuentes dentro de la formación gneílica. Están constituidos por cuarzo - plagioclasas (escasas) moscovita - biotita - cloritas y carbonatos y opacos como accesorios.

Es importante destacar en ellos la alteración irregular de los límites de grano del cuarzo a carbonatos y la seritización parcial de las plagioclasas.

#### Esquistos moscovíticos

Están fundamentalmente constituidos por cristales de feldespato potásico que presentan una intensa silicificación y sericitización. El mineral que constituye la esquistosidad es la moscovita y suele ir asociada generalmente a carbonatos.

#### Esquistos biotíticos

Son intercalaciones cuarzo-feldespáticas con plagioclasa y granates, todos ellos de pequeño tamaño.

La esquistosidad, poco desarrollada, está formada por biotita de hábito tabular asociada generalmente con opacos.

Las plagioclasas y el feldespato potásico presentan una silicificación incipiente.

#### Metasamitas

Son, junto con los esquistos biotíticos, las intercalaciones menos frecuentes en la formación Hiendelaencina. El cuarzo va unido casi siempre a grandes cristales de feldespato potásico y plagioclasa, intensamente fracturados. La alteración hidrotermal más frecuente es la carbonatización, aunque esporádicamente los feldespatos han sufrido procesos de transformación parcial a sericita.

#### LA MINERALIZACION

M. Hipogénicos: Galena, freibergita, esfalerita, calcopirita, pirita, arsenopirita, marcasita, pirrotina, pirargirita, polibasita, estefanita, bournonita, freieslebenita.

M. Supergénicos: Goethita, hematites.

M. Ganga: Baritina, cuarzo, siderita.

#### MINERALES HIPOGENICOS

##### Galena

La galena es el mineral mayoritario en Hiendelaencina (figs. 6, A y B); se presenta siempre rellenando huecos en la ganga, en la esfalerita y pirita.

Frecuentemente aparece asociada a freibergita, esfalerita, pirargirita y calcopirita, dando lugar a los siguientes intercrecimientos:

- 1) Galena-freibergita.
- 2) Galena-pirargirita.
- 3) Galena-esfalerita-calcopirita.
- 4) Galena-esfalerita-freibergita.
- 5) Galena-freibergita-calcopirita.
- 6) Galena-freibergita-pirargirita.

La galena es un mineral económicamente importante, puesto que a él se asocian todas las sulfosales de plata, bien como intercrecimientos o en forma de exsoluciones.

En algunas ocasiones se encuentra deformada, especialmente en las zonas de centro de grano.

##### Esfalerita

La esfalerita no es un mineral muy abundante en esta zona (fig. 6, C y D). Se presenta de las siguientes formas:

- Aislada, rellenando huecos en la ganga.
- Asociada a calcopirita, freibergita y galena en forma de cristales alotriomorfos de gran tamaño, intensamente fracturada y parcialmente alterada por goethita. A veces presenta exsoluciones de calcopirita.
- En forma de cuerpos huéspedes irregulares como producto de exsolución sobre la calcopirita.

##### Freibergita

Es el segundo mineral en importancia después de la galena (fig. 6, E y F). Se han distinguido las siguientes formas de aparición:

- Aislada, en cristales alotriomorfos-subidiomorfos de gran tamaño, que en algunas ocasiones presentan exsoluciones de calcopirita.
- Intercrecida con galena (fig. 7, A y B) en forma de cristales subidiomorfos de tamaño variable.
- Asociada a galena y pirargirita con hábito irregular (fig. 7 F).
- En forma de cuerpos huéspedes subredondeados sobre la galena.

##### Calcopirita

La calcopirita es un mineral relativamente escaso en esta zona (fig. 7 C). Se distinguen:

- Granos alotriomorfos de gran tamaño, generalmente asociados a freibergita y galena, que en algunas ocasiones presentan exsoluciones de esfalerita.
- Cuerpos huéspedes subidiomorfos, productos de desmezcla sobre freibergita.
- Aislada, rellenando huecos en la ganga.
- Incluida en la galena, en forma de cristales subidiomorfos de tamaño variable.
- Cuerpos huéspedes subidiomorfos, productos de desmezcla sobre esfalerita.
- Granos alotriomorfos de muy pequeño tamaño asociados a pirrotina.

##### Pirita

Se han observado tres tipos distintos de cristales de pirita:

- Granos alotriomorfos, generalmente subredondeados, rodeados de cristales idiomorfos de arsenopirita y parcialmente transformados a marcasita.
- Cristales idiomorfos de pequeño tamaño, incluidos en la ganga.
- Rellenando grietas entre galena y esfalerita, claramente tardía.

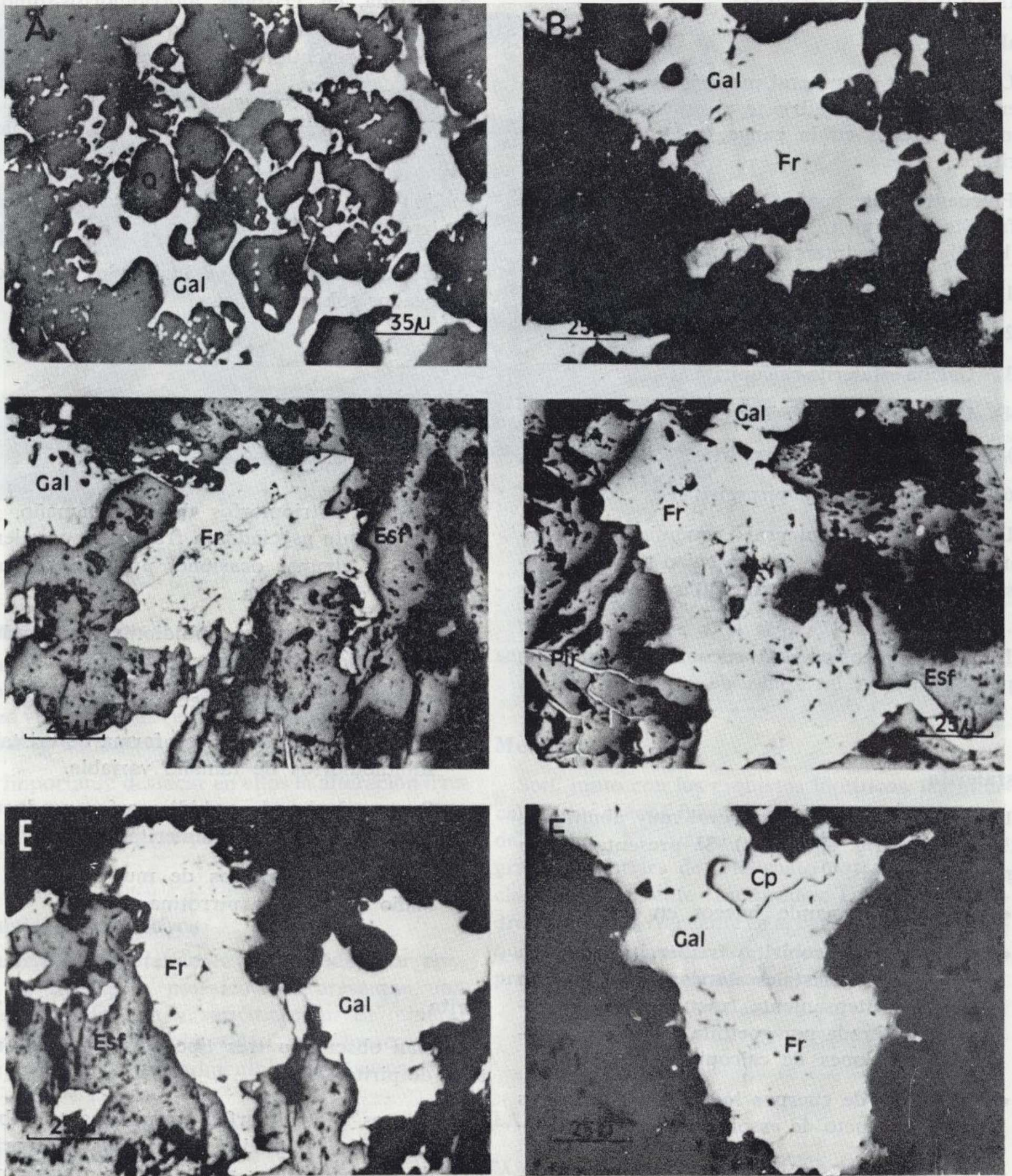


Figura 6

- A) Galena masiva (Gal) englobando a granos de cuarzo (Q). L.R.  
 B) Galena (Gal) relleno de huecos en la ganga asociada a freibergita (Fr). L.R.  
 C) Esfalerita masiva (Esf) asociada a galena (Gal) y freibergita (Fr). L.R.  
 D) Esfalerita masiva (Esf) asociada a freibergita (Fr) y galena masiva (Gal). Obsérvese las grietas de pirargirita (Pir) atravesando la esfalerita. L.R.  
 E) Freibergita (Fr) intercrecida con galena (Gal), relleno de huecos en la esfalerita (Esf). L.R.  
 F) Asociación freibergita (Fr) - galena (Gal) - calcopirita (Cp), relleno de un hueco en la ganga. L.R.

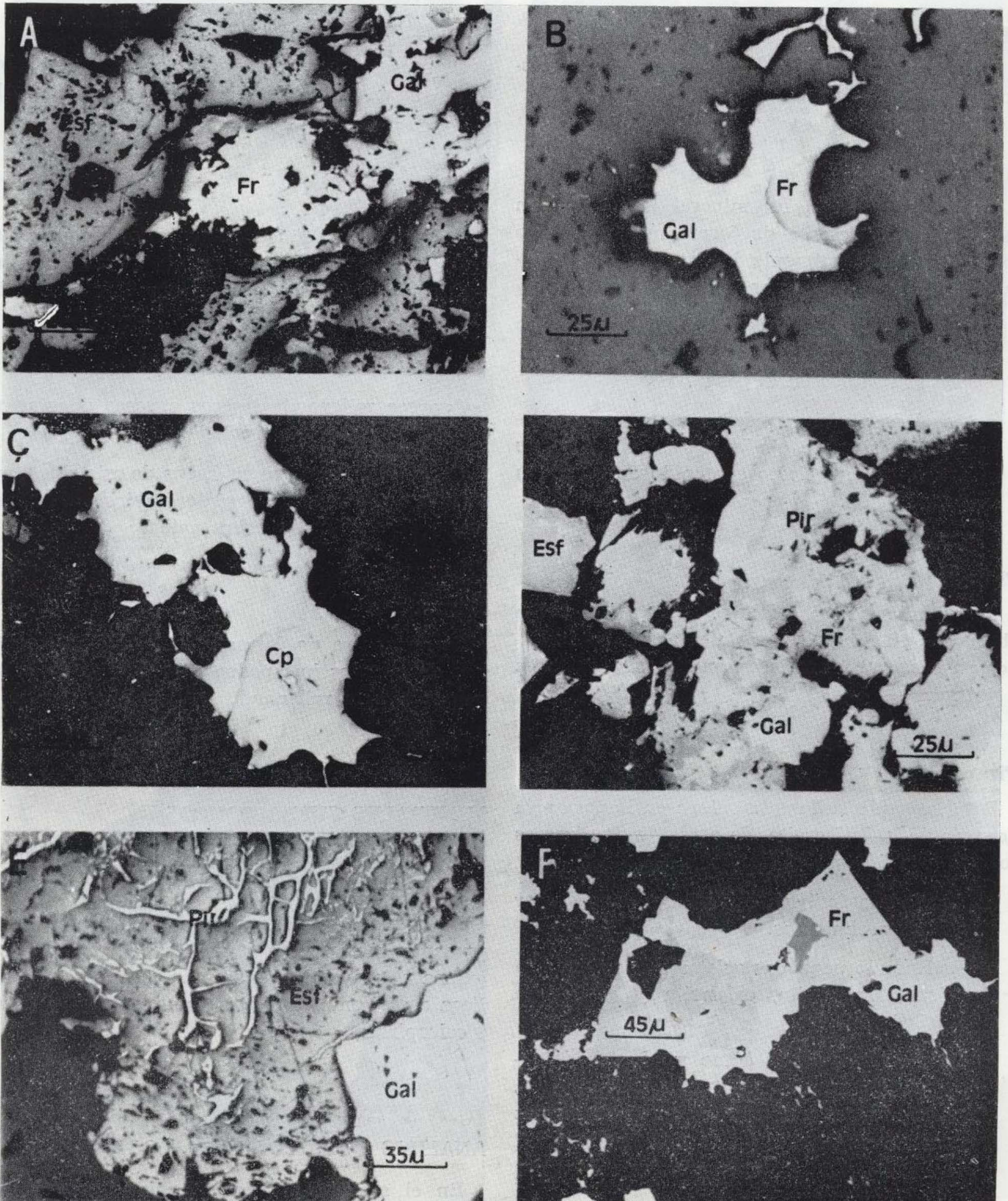


Figura 7

- A) Intercrecimiento freibergita (Fr) - galena (Gal), entre los huecos de la esfalerita (Esf). L.R.  
 B) Asociación freibergita (Fr) - galena (Gal), relleno de un hueco en la ganga. L.R.  
 C) Cristales subidiomorfos de calcopirita (Cp) asociados a galena (Gal). L.R.  
 D) Aspecto típico de los intercrecimientos freibergita (Fr) - galena (Gal) - pirargirita (Pir). L.R.  
 E) Grietas rellenas de pirargirita (Pir) atravesando a la esfalerita masiva (Esf). L.R.  
 F) Freibergita (Fr) subidiomorfa asociada a galena (Gal) y pirargirita (Pir). Microsonda electrónica.

**Marcasita**

Únicamente se presenta como producto de transformación de la pirita.

**Arsenopirita**

La arsenopirita es un mineral abundante en esta zona, se presenta de forma masiva, siendo los cristales generalmente idiomorfos. Se distinguen las siguientes formas de aparición:

- Aislada, en cristales idiomorfos de tamaño variable, con la típica macla múltiple compleja incluidos en la ganga.
- Asociada a pirita en forma de cristales idiomorfos, siempre en las zonas de borde de grano, con un cierto contenido de Sb en su composición.

**Pirrotina**

Es un mineral muy escaso. Únicamente se ha observado en forma de cristales alargados incluidos en la ganga y asociados en algunas ocasiones a calcopirita.

**Pirargirita**

Es el segundo sulfoantimoniuro en importancia después de la freibergita. Se presenta de diversas formas (fig. 7 D y E y fig. 8 A y B).

- Asociada a freibergita y galena, dando lugar a intercrecimientos.
- Rellenando pequeñas grietas que cortan a la galena, freibergita, esfalerita y calcopirita (fig 8 C y D).
- Formas irregulares, como productos de segregación a partir de patrones freibergíticos, marcando parcialmente las zonas de bordes de grano.
- Cuerpos alotriomorfos de desmezcla sobre galena en zonas de centro de grano y segregaciones en las zonas de borde.
- Cristales idiomorfos de gran tamaño, generalmente maclados.
- Aislada, relleno de huecos en la ganga.

**Polibasita**

Se presenta como producto de exsolución sobre la galena en forma de cuerpos huéspedes irregulares (fig. 8 D).

**Estefanita**

Aparece con el típico tinte rosado, como producto de desmezcla sobre la galena, en cristales subredondeados (gotas) e irregulares (fig. 8 E y F).

**Freieslebenita**

Aparece relleno de huecos a veces de gran tamaño, generalmente maclada.

Se presenta también en forma de cristales, generalmente alargados y/o seudorómbicos, como producto de exsolución sobre galena.

**Bournonita**

Se encuentra en forma de pequeñas exsoluciones de cuerpos huéspedes subredondeados sobre galena o bien relleno de huecos en la pirita.

**MINERALES SUPERGENICOS**

Los minerales supergénicos que aparecen en esta zona son goethita y hematites.

La goethita es el mineral más importante, se presenta alterando a la esfalerita, calcopirita y galena a través de fisuras. En algunas ocasiones llega a pseudomorfizar casi totalmente a la galena y calcopirita.

**ANÁLISIS QUIMICO-MINERALOGICO**

En el sector de Hiendelaencina se realizaron 51 análisis químico-mineralógicos, mediante microsonda electrónica cuyos resultados se detallan en la tabla I.

Los análisis se llevaron a cabo según la siguiente distribución:



Figura 8

- A) Relaciones entre galena (Gal), esfalerita (Esf) y pirargirita (Pir). Obsérvese a la galena relleno de un hueco en la esfalerita y a la pirargirita en una pequeña fractura cortando a la esfalerita. L.R.
- B) Intercrecimiento pirargirita - galena. Microsonda electrónica.
- C) Pequeña grieta de pirargirita (Pir) atravesando un grano de galena (Gal). Microsonda electrónica.
- D) Grietas de pirargirita (Pir) en galena (Gal). Obsérvese el grano de polibasita (Pb) exsuelto en galena. Microsonda electrónica.
- E) Grano irregular de estefanita (Esf), marcando una zona de borde de grano en galena (Gal). Microsonda electrónica.
- F) Freibergita (Frb) y estefanita (Esf) relleno de una grieta en un grano de freibergita (Fr). Obsérvese las pequeñas inclusiones de galena (Gal). Microsonda electrónica.



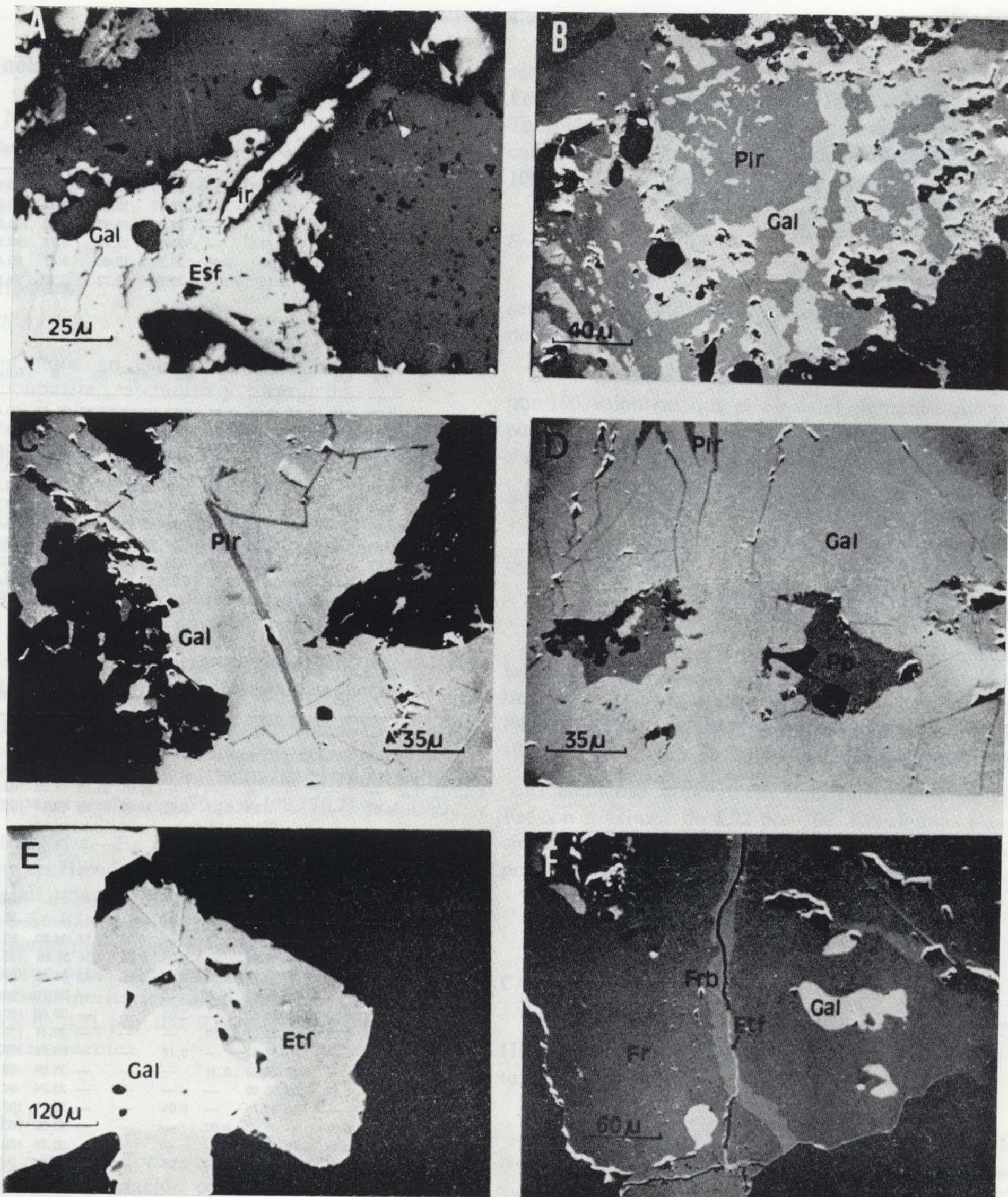


Figura 8

- A) Relaciones entre galena (Gal), esfalerita (Esf) y pirargirita (Pir). Obsérvese a la galena relleno un hueco en la esfalerita y a la pirargirita en una pequeña fractura cortando a la esfalerita. L.R.
- B) Intercrecimiento pirargirita - galena. Microsonda electrónica.
- C) Pequeña grieta de pirargirita (Pir) atravesando un grano de galena (Gal). Microsonda electrónica.
- D) Grietas de pirargirita (Pir) en galena (Gal). Obsérvese el grano de polibasita (Pb) exsuelto en galena. Microsonda electrónica.
- E) Grano irregular de estefanita (Etf), marcando una zona de borde de grano en galena (Gal). Microsonda electrónica.
- F) Freibergita (Frb) y estefanita (Etf) relleno una grieta en un grano de freibergita (Fr). Obsérvese las pequeñas inclusiones de galena (Gal). Microsonda electrónica.

## Análisis

Calcopirita ... ..	13
Polibasita ... ..	6
Freibergita ... ..	11
Pirargirita ... ..	5
Galena ... ..	3
Estefanita ... ..	6
Freieslebenita ... ..	1
Bournonita ... ..	6

## Sulfuros

## S-Pb

*Galena.*—Los resultados obtenidos concuerdan perfectamente con la fórmula ideal. No se han detectado anomalías representativas de Ag en su composición.

## S-Cu-Fe

*Calcopirita.*—Presentan una gran variación en el contenido en Fe y Cu. Se observa una distribución aleatoria de contenidos, desde valores atómicos del 24,13 por 100 a 25,45 por 100 de Fe y 24,44 por 100 a 25,70 por 100 de Cu.

TABLA I.—Porcentajes en peso

GALENA							
	Fe	Cu	Ag	Sb	Pb	S	Total
1 ... ..	—	—	0.68	0.48	83.27	15.57	100.00
2 ... ..	—	—	0.68	0.97	83.70	14.65	100.00
3 ... ..	—	—	0.59	0.70	85.54	13.60	100.42
ESTEFANITA							
	Fe	Cu	Ag	Sb	Pb	S	Total
1 ... ..	—	—	68.53	18.20	—	13.88	100.82
2 ... ..	—	—	64.73	20.45	—	15.25	100.43
3 ... ..	—	—	70.71	15.81	—	13.32	99.84
4 ... ..	—	—	64.47	21.08	—	14.84	100.39
5 ... ..	—	—	64.29	20.80	—	15.51	100.60
6 ... ..	—	—	64.13	20.02	—	15.25	99.39
FREIESLEBENITA							
	Fe	Cu	Ag	Sb	Pb	S	Total
1 ... ..	—	—	28.14	9.08	45.83	17.85	100.91

TABLA I.—(Continuación)

BOURNONITA										
	Fe	Cu	Ag	Sb	Pb	S	Total			
1 ... ..	—	12.75	0.12	25.70	19.75	—	100.39			
2 ... ..	0.45	12.51	—	25.10	19.76	0.45	100.38			
3 ... ..	1.02	12.73	—	24.36	19.92	1.02	100.01			
4 ... ..	0.77	12.77	—	25.34	19.92	0.77	99.93			
5 ... ..	0.47	12.58	0.16	24.77	19.66	0.47	99.46			
6 ... ..	0.13	13.16	—	25.08	19.73	0.13	99.50			
FREIBERGITA										
	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sb	S	Total
1 ... ..	4.03	0.06	0.23	18.01	1.73	0.37	26.42	27.36	21.40	99.40
2 ... ..	3.58	0.13	0.06	19.26	2.91	0.82	26.15	25.60	21.23	99.74
3 ... ..	5.26	0.19	—	12.97	0.42	—	27.10	34.70	19.35	100.00
4 ... ..	3.69	0.11	0.03	19.55	2.71	0.12	27.20	25.16	21.56	100.13
5 ... ..	4.15	—	0.03	18.69	2.37	0.48	26.78	25.19	21.48	99.16
6 ... ..	3.27	0.05	—	12.49	2.91	0.15	26.54	35.13	19.22	99.75
7 ... ..	2.60	—	—	13.40	3.87	0.02	26.55	34.72	19.28	100.44
8 ... ..	2.44	—	0.11	12.54	3.55	0.14	25.93	35.49	19.07	99.27
9 ... ..	3.46	—	—	12.85	2.67	0.33	26.28	35.42	18.98	99.99
10 ... ..	3.03	0.01	0.02	13.13	2.73	0.25	26.11	35.15	19.17	99.60
11 ... ..	2.94	—	0.07	13.03	3.30	—	26.33	35.94	19.21	100.82
PIRARGIRITA										
	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sb	S	Total
1 ... ..	—	—	—	—	—	—	23.09	62.02	15.78	100.88
2 ... ..	—	—	—	—	—	—	21.79	62.33	15.88	100.01
3 ... ..	—	—	—	—	—	—	21.87	62.44	15.96	100.27
4 ... ..	—	—	—	—	—	—	21.61	63.13	16.09	100.83
5 ... ..	0.07	—	—	0.24	0.21	0.62	21.63	61.85	16.47	101.08
CALCOPIRITA										
	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sb	S	Total
1 ... ..	30.17	—	—	34.42	0.30	—	0.28	0.14	34.43	99.74
2 ... ..	29.95	0.14	—	34.85	—	0.08	0.09	0.04	34.85	100.01
3 ... ..	30.88	0.21	—	33.77	0.09	0.09	0.05	0.03	34.90	100.01
4 ... ..	30.05	—	0.16	34.10	0.02	—	—	—	34.70	99.04
5 ... ..	30.21	0.10	0.18	34.65	—	0.03	—	—	35.40	100.57
6 ... ..	30.05	0.05	—	35.04	0.14	—	—	—	35.41	100.70
7 ... ..	30.30	—	—	34.52	—	0.17	—	—	35.66	100.72
8 ... ..	30.20	—	0.07	34.23	0.31	—	—	—	35.09	99.86
9 ... ..	29.24	0.12	0.03	35.10	—	—	—	—	35.04	99.50
10 ... ..	29.58	—	—	35.75	—	0.05	—	—	35.15	100.53
11 ... ..	30.32	0.07	—	35.03	0.03	—	—	—	35.32	100.78
12 ... ..	29.89	0.27	0.19	34.78	—	—	—	—	35.32	100.44
13 ... ..	29.34	0.33	0.10	34.68	—	0.24	—	—	35.08	99.71
POLIBASITA										
	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sb	S	Total
1 ... ..	0.08	0.12	—	0.24	—	—	66.13	19.53	14.21	100.31
2 ... ..	0.01	0.08	—	—	0.37	—	70.32	16.72	12.52	100.01
3 ... ..	—	—	—	0.09	0.16	—	75.11	13.84	10.82	100.02
4 ... ..	—	0.32	—	0.62	0.44	0.09	67.74	17.45	13.35	100.01
5 ... ..	0.31	—	0.06	0.27	0.13	0.19	68.93	17.84	12.41	100.16
6 ... ..	—	0.03	0.49	0.59	0.11	—	68.80	16.66	12.32	99.01

En cuanto al contenido en elementos menores, los valores máximos los constituyen 0,19 por 100 de Ni, 0,33 por 100 de Co, 0,24 por 100 de As, 0,14 por 100 de Sb y 0,28 por 100 de Ag.

Los contenidos en Zn son bajos (máximos de 0,31 por 100).

## Sulfosales

## S-Sb-Ag

Incluidos en este sistema se han distinguido la polibasita, estefanita y pirargirita.

*Polibasita.*—Presenta una gran variación del contenido en Ag, con valores que oscilan entre 66,13 por 100 y 75,11 por 100.

En algunas ocasiones aparecen pequeñas proporciones de elementos menores tales como Zn y Cu (máximos de 0,44 por 100 y 0,62 por 100, respectivamente). Así como Fe y Ni (máximos de 0,31 por 100 y 0,49 por 100, respectivamente).

*Estefanita.*—Junto con la pirargirita es el sulfoantimoniuro más común en Hiendelaencina.

Presenta composiciones prácticamente puras, no detectándose contenidos en elementos menores. El contenido en plata de la estefanita puede sobrepasar incluso el 70 por 100 (70,71 por 100).

*Pirargirita.*—Es el sulfoantimoniuro más abundante en Hiendelaencina. Los resultados analíticos reflejan una amplia variación composicional, tabla I. Se han detectado tanto composiciones prácticamente puras, con más de un 60 por 100 de Ag, así como otras con pequeñas proporciones de elementos minoritarios tales como Zn, Cu y As (máximos de 0,21 por 100, 0,24 por 100 y 0,62 por 100, respectivamente).

## S-Ag-Sb-Cu

*Freibergita.*—Como se observa en la tabla I, existe una gran variación composicional. Hiendelaencina es la zona donde los valores de plata son más elevados en las freibergitas (máximos atómicos de 44,18 por 100 y mínimos de 30,517 por 100). Los contenidos en Cu también son muy variables (máximos atómicos de 40,242 por 100 y mínimos de 26,543 por 100).

En cuanto al contenido en elementos menores,

son especialmente importantes los contenidos en Fe y Zn (máximos de 5,26 por 100 y 0,31 por 100). También aparecen freibergitas con muy pequeñas cantidades de As, Co y Ni (máximos de 0,83 por 100, 0,19 por 100 y 0,23 por 100, respectivamente).

## S-Ag-Sb-Pb

*Freieslebenita.*—En esta zona este mineral presenta un contenido en plata muy elevado (máximo de 28,14 por 100).

El Pb también llega a alcanzar valores del 45,83 por 100, mientras que el Sb es el elemento que se encuentra en menor proporción (9,08 por 100).

## S-Sb-Cu-Pb

El único mineral correspondiente a este sistema es la bournonita.

Únicamente se ha detectado en esta zona.

*Bournonita.*—Presenta unas composiciones muy homogéneas en las que no se aprecia una variación importante de los elementos mayoritarios. Los valores máximos de Cu, Sb y Pb son de 13,16 por 100, 25,7 por 100 y 42,56 por 100, respectivamente.

El elemento minoritario más importante es el Fe, con máximos de 1,02 por 100. En algunas ocasiones aparecen pequeñas proporciones de Ag, poco representativas (máximos de 0,16 por 100).

## CARACTERES TEXTURALES

En los minerales que aparecen en la zona de Hiendelaencina se distinguen los siguientes tipos texturales:

- 1) Texturas de exsolución.
- 2) Texturas de deformación.
- 3) Maclas.

## Textura de exsolución

Dentro de este grupo de texturas se han diferenciado cuerpos huéspedes generalmente irregulares, situados en zonas de centros de grano y segregaciones típicas de zonas de borde.

Las asociaciones mineralógicas correspondientes al primer tipo son las siguientes:

<u>Patrón</u>	<u>Huésped</u>
Esfalerita	Calcopirita
Calcopirita	Esfalerita
Freibergita	Calcopirita
Galena	Pirargirita
Galena	Polibasita
Galena	Estefanita
Galena	Bournonita
Galena	Freieslebenita

Por otro lado, únicamente se han distinguido dos asociaciones mineralógicas en las que el proceso dominante es la segregación hacia las zonas de borde de grano:

<u>Patrón</u>	<u>Huésped</u>
Freibergita	Pirargirita
Galena	Pirargirita

**Texturas de deformación**

El único mineral que presenta deformación es la galena, con los pliegues típicos de zonas de centros de grano (deformación dúctil intramineral). La fracturación según los planos de exfoliación en los bordes de grano es menos frecuente.

**Maclas**

La arsenopirita y la freieslebenita aparecen casi siempre macladas, la primera con la típica macla múltiple compleja y la segunda con macla polisintética.

**GEOTERMOMETRIA**

A partir de los máximos de estabilidad térmica y las temperaturas de exsolución es posible suponer que el yacimiento de Hiendelaencina se formó entre un rango aproximado de 500-190° C a partir del enfriamiento paulatino de soluciones hidrotermales ricas en plata.

La presencia de bournonita, generalmente asociada a depósitos hidrotermales de plomo-zinc de temperatura intermedia, junto con las exsoluciones de esfalerita-calcopirita y pirrotina-calcopirita constituyen los criterios más decisivos para esta-

blecer un primer rango térmico aproximado entre 300-500° C.

<u>Mineralogía</u>	<u>Temperatura (°C)</u>
Esfalerita-calcopirita	500 ± 10 (temperatura desmezcla) (M <sub>0</sub> H, 1975 a; GZAMANSKE, 1974).
Bournonita	522 ± 3 (FRUMAR et al., 1973).
Freieslebenita	340 (HODA y CHIANG, 1975).
Polibasita	400 (HALL, 1967).
Freibergita-calcopirita	—
Pirrotina-calcopirita	334 ± 17 (temperatura desmezcla) (YUND y KULLERUD, 1966).
Pirargirita	485 (KEYCHIN y HONEA, 1969).
Entefanita	197 ± 5 (KEYGHIN y HONEA, 1969).

Asimismo, la coexistencia de pirargirita, freieslebenita, estefanita y pirargirita como productos de exsolución sobre la galena, indican temperaturas inferiores: la pirargirita es un mineral característico de yacimientos filonianos de tipo epitermal, Pb-Zn-Ag.

La freieslebenita es claramente tardía, acompañada de calcita, cuarzo y baritina en yacimientos de minerales preciosos.

La polibasita y estefanita son minerales mucho más problemáticos, puesto que aparecen con paragénesis similares cuando su formación es tanto hipogénica como de enriquecimiento secundario. El hecho de que aparezcan como exsolución sobre la galena apunta más el primer tipo genético, indicando temperaturas ligeramente inferiores a las de la formación del mineral patrón.

**MINERALES DE LA GANGA**

Los minerales de la ganga son la baritina, el cuarzo y la siderita.

Existe una zonación vertical según la cual hasta aproximadamente los 300 m. de profundidad el principal mineral de la ganga es la baritina, presentándose generalmente de forma masiva.

A partir de los 300 m., la baritina es sustituida totalmente por el cuarzo, siendo mucho mayor

la riqueza en minerales argentíferos. El cuarzo se presenta casi siempre en forma de cristales idiomorfos-subidiomorfos que quedan englobados como inclusiones, cuando se produce la entrada de los fluidos ricos en Pb y minerales argentíferos. La consiguiente formación de galena provoca una corrosión parcial de las zonas de borde de los cristales de cuarzo.

La siderita aparece en forma de cristales generalmente idiomorfos, corroídos como consecuencia de la entrada de galena y minerales argentíferos, y en los filones corresponden a la primera sustancia depositada.

**PARAGENESIS Y SUCESION MINERAL**

La paragénesis de Hiendelaencina corresponde al tipo q Ba (Pb, Ag, Sb).

Según se ha indicado en el gráfico de paragénesis y sucesión mineral, se han reconocido tres etapas metalogénicas, una primera de As-Fe, de alta temperatura; una segunda, de temperatura intermedia, de Cu-Zn, y, finalmente, una última de baja temperatura, de Pb-Sb-Ag.

Los primeros minerales en depositarse son la arsenopirita y pirita, seguidos de calcopirita y esfalerita. La freibergita marca el tránsito entre la etapa de Cu-Zn-Fe y Pb-Sb-Ag.

Durante la etapa de Pb-Ag-Sb, el mineral principal es la galena. Simultáneamente se producen las desmezclas de los minerales de plata (pirargirita, polibasita, estefanita, bournonita y freieslebenita).

Los únicos reemplazamientos que se han reconocido son los de galena, esfalerita y calcopirita por goethita y pirrotina por siderita (fig. 9).

**CONCLUSIONES**

Los filones argentíferos de Hiendelaencina se consideran de tipo hidrotermal, de edad tardiher-

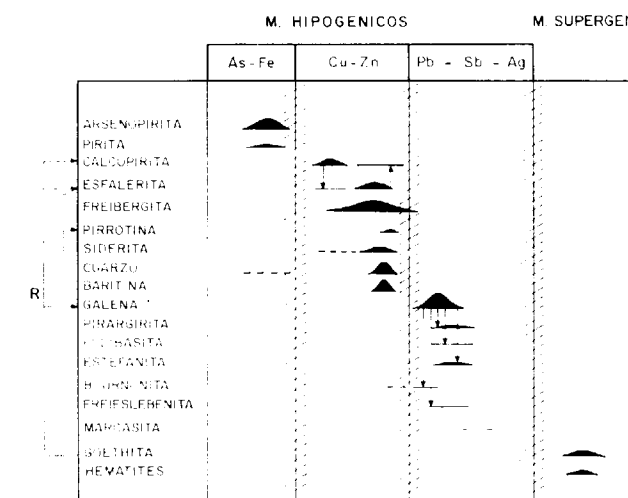


Figura 9.—Esquema de paragénesis y sucesión mineral de la mineralogía de Hiendelaencina. El espesor del trazo es aproximadamente proporcional a la abundancia del mineral en el yacimiento.

cínica, con predominio de la etapa metalogénica rica en plata, de menor temperatura.

El análisis textural de los distintos minerales pone de relieve el escaso desarrollo de texturas de desmezcla, en relación con otras mineralizaciones como la de Bustarviejo (MARTÍNEZ FRIAS et al., 1984). Este escaso desarrollo textural plantea la existencia de un enfriamiento rápido, que impidió la separación de las pequeñas proporciones de elementos, que se encontraban como impurezas en las estructuras de los minerales principales.

Por otro lado, los análisis de microsonda indican que las sulfosales de plata son fundamentalmente sulfoantimoniuros, que caracterizan, junto con la galena, la etapa metalogénica más representativa del yacimiento.

En conjunto se considera que la mineralización de Hiendelaencina se formó como consecuencia de una actividad meso-epitermal, generalizada en todo el distrito argentífero.

## BIBLIOGRAFIA

- CZAMANSKE (1974), en BARNES, H. L. (ed.) (1979): *Geochemistry of hidrothermal ore deposits*, 2nd ed. John Wiley, New York.
- FRUMAR et al. (1973), en BARNES, H. L. (ed.) (1979): *Geochemistry of hidrothermal ore deposits*, 2nd. ed. John Wiley, New York.
- HALL (1967), en WUENSCH et al. (1974): *Sulfide Mineralogy*. Short Course Notes, vol. 1.
- HODA y CHANG (1975), en WUENSCH et al. (1974): *Sulfide Mineralogy*. Short Course Notes, vol. 1.
- KEIGHN, C. W., y HONEA, R. M. (1969): *The system Ag-Sb-S from 600° to 200° C*. Mineral Deposits, 4 pp., 153-171.
- MARTÍNEZ FRÍAS, J.; VINDEL, E., y LUNAR, R. (1984): *Estudio*

*textural y metalogénico de la mineralización de Bustarviejo*. Rev. Mat. Proc. Geol., V, II, pp. 177-192.

MOH (1975 a), en BARNES, H. L. (ed.) (1979): *Geochemistry of hidrothermal ore deposits*, 2nd. ed. John Wiley, New York.

NAVIDAD, M. (1975): *Caracterización petrológica de los gneises glandulares del macizo de Hiendelaencina (Guadajara Oriental)*. Est. Geol., vol. XXXI, pp. 343-350.

VICENTE, G. DE; MARTÍNEZ FRÍAS, J.; CAPOTE, R., y LUNAR, R. (1985): *Determinación del elipsoide de deformación asociado a las fallas encajantes de la mineralización argentina de Hiendelaencina (Sistema Central)*. IX Reuniao de geología do Oeste Peninsular, Porto, 30.9 a 4.10.

YUND, R. A., y KULLERUD, G. (1966): *Thermal stability of assemblages in the Cu-Fe-S systems*. J. Petrology, 7, pp. 454-488.

Recibido: Diciembre de 1987

## Determinación de estaño en minerales de baja ley por espectrometría de Emisión de Plasma (DCP). Comparación de los resultados con el método de análisis volumétrico

Por S. DEL BARRIO MARTIN (\*), J. GARCIA GARZON (\*) y A. VERGARA PARDEIRO (\*)

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es comparar los resultados de Sn, en minerales de baja ley, obtenidos con un espectrómetro de Emisión Plasma DCP con los resultados obtenidos con el método de análisis volumétrico. Los análisis obtenidos con muestras de referencia indican que la espectrometría de emisión plasma DCP puede ser una técnica alternativa al análisis volumétrico en el rango de concentración de 0.01 por 100 al 2 por 100.

## ABSTRACT

A direct current plasma spectrometer system has been used to determine Sn in ores of low law. His made a comparison of the precision and accuracy of the conventional Sn-volumetric. Analysis of standard reference materials indicates that the direct current plasma yields results comparable to other analytical method.

## INTRODUCCION

El principal mineral explotable de estaño, de las diecisiete especies existentes, es la casiterita, que es el que se beneficia en casi todos los yacimientos del mundo. Otros minerales que pueden considerarse como menas son la estannina, la teallita, la cilindrita y la frankeíta, que se producen en pequeña cantidad.

Los métodos clásicos de análisis disponibles para analizar estaño en minerales son laboriosos y lentos, están sujetos a considerables errores, ya que no son totalmente específicos y además el análisis completo requiere de varias etapas.

Los métodos colorimétricos se emplean para determinar concentraciones trazas, en general, son métodos poco selectivos y poco sensibles y en los que es necesario a veces recurrir a separaciones preliminares de posibles elementos interferentes.

La determinación volumétrica, basada en la oxidación del cloruro de estaño II a cloruro de estaño III en solución clorhídrica, sigue siendo el método más extendido para la determinación de macro cantidades de estaño, debido en parte a la falta de otros métodos más fiables.

El objetivo de este trabajo es comparar los resultados del análisis de estaño, obtenidos por volumetría, con los obtenidos con un espectrómetro de emisión de plasma (DCP), con el fin de estudiar la posibilidad de reemplazar el método volumétrico, para concentraciones comprendidas entre el 0.01 por 100 y el 2 por 100, por la espectrometría de plasma (DCP) que presenta, entre otras, las siguientes ventajas:

- No presenta problemas de interferencias de matriz.
- La gran linealidad de sus curvas de calibrado permite analizar concentraciones de estaño desde ppm hasta porcentaje, sin tener que diluir la muestra.
- Permite un análisis rápido y económico de grandes series de muestras.

## PARTE EXPERIMENTAL

## Determinación volumétrica del Sn

En una navecilla de porcelana se pesan 3 gramos del mineral cuyo contenido en Sn se quiere

(\*) Instituto Geológico y Minero de España.