

MICROSCOPIA ELECTRONICA Y MICROANALISIS EN LA CARACTERIZACION DE MINERALES

F.N. Saavedra 1

La caracterización química mineralógica de la mena, es el prerequisite indispensable para emitir juicio sobre la factibilidad de beneficio, selección del proceso más adecuado y metodología de control del mismo.

La configuración microscópio electrónico de barrido, micro sonda de electrones, es una herramienta complementaria muy útil para la caracterización de minerales, tanto en lo referente a sus características morfológicas y asociaciones como de su composición química.

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización de una mena compleja de sulfuros de la Veta la Horcada del distrito Capillita Pcia de Catamarca, y de dos menas de oro y plata, una de la zona de Cerro Vanguardia, Pcia de Chubut y otra de la Veta La Esperanza del Alto de la Bienda Pcia de Catamarca.

En todos los casos fué fundamental el uso de microscopio electrónico y microanálisis para su caracterización.

SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND X RAY MICROANALYSIS IN THE MINERALS CHARACTERIZATION

The ore mineralogical and chemical characterization is the ore-requisite indispensable to judge its beneficiation feasibility, most adequate process and control.

The scanning electron microscope X rays microanalysis configuration is a very important complement any tool to carry on mineral technological characterization non only from its composition point of view, but also from its morphological characteristics and mineralogical associations one.

This research works shows some results obtained from a sulphur complex ore Veta la Horcada del distrito Capillita Pcia de Catamarca and two other ores bearing gold and silver from Cerro Vanguardia Pcia Chubut and Veta la Esperanza, Alto de la Bienda Pcia de Catamarca. The use of scanning electron microscopy and microanalysis conducted to their characterization.

1 - Instituto de Investigaciones, Departamento de Ingeniería de Minas - Universidad Nacional de San Juan - Av Libertador 1.109 - 0 - San Juan C.P. 5.400.

INTRODUCCION

La caracterización de la mena es el prerequisite indispensable para emitir juicio sobre la posibilidad de beneficio de un mineral, la aplicación del proceso más adecuado, la selección de la metodología de control del proceso y la evaluación de sus resultados.

La combinación de microscopía electrónica de barrido con microanálisis por sonda de electrones, es una herramienta complementaria muy útil e importante para la caracterización química mineralógica de menas. La interacción del haz de electrones con la muestra produce electrones secundarios, rayos X característicos, electrones retrodifundidos, corriente absorbida, electrones transmitidos, catoluminiscencia, electrones auqer, etc (1).

Todos estos fenómenos dan información de la morfología y composición de la muestra.

De ellos los más comúnmente utilizados en la caracterización de minerales, son electrones secundarios, electrones retrodifundidos y rayos X característicos.

El microscopio electrónico de barrido y el sistema de análisis de rayos X proveen respectivamente una imagen generada por electrones secundarios y un espectro de las radiaciones X características de los elementos que componen la muestra. La información es superficial y provienen de un volumen de 2 a 5 micrones de profundidad dependiendo del potencial usado para la excitación de la muestra(2). Esta es una excelente técnica para obtener información de las

características morfológicas, composición cualitativa y excepcionalmente cuantitativa(3),(4),(6).

DESARROLLO

En este trabajo se muestra el uso de estas técnicas en la caracterización mineralógica de una mena compleja de sulfuros de la veta "La Horcada" del distrito Capillita y de dos muestras de oro y plata, una de Cerro Vanguardia y la otra del Alto de la Blenda.

La primera está constituida en su mayor parte por sulfuros, predominando la pirita, acompañada de galena, esfalerita, calcopirita, covelina, bornita, calcosina, arsenopirita y sulfosales, además de cuarzo, carbonatos, yeso y material arcilloso.

La segunda está constituida principalmente por cuarzo, acompañada de óxidos de hierro del tipo hematita goethita, sulfuros y oro nativo.

La tercera está constituida principalmente por pirrolusita, cuarzo, calcita, rodocrosita y psilomelano, oro nativo o electrum, calcopirita y sulfosales.

En la tabla Nº1 se dan los análisis químicos correspondientes a cada una de las muestras.

TABLA Nº 1 ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS

ELEMENTO	CAPILLITA		CO VANGUARDIA		ALTO DE LA BLENDA	
	%	g/t	%	g/t	%	g/t
Fe	40.0		2.9		9.9	
Cu	2.9		0.3		0.8	
Zn	1.2		---		0.3	

Mn	0.9	---	40.0
As	0.7	0.04	0.2
Pb	0.6	---	0.1
Bi	0.4	---	---
Ag	197.0	128.0	507.0
Au	3.7	10.7	23.5

METODOLOGIA

Estos estudios se realizaron sobre briquetas pulidas, en las que previamente se hicieron observaciones mediante microscopia por reflexión marcandose convenientemente las zonas en que estaban presentes minerales que no pudieron identificarse con esta técnica debido a su tamaño y/o características.

La metodología seguida para identificar estos componentes en el microscopio electrónico de barrido apoyado por microanálisis dispersivo en energía se puede sintetizar en los siguientes pasos.

- 1 - Obtención de una imagen de electrones secundarios observandose textura, hábito y asociación.
- 2 - Focalización del haz electrones en el grano de interes y colección del espectro de rayos X.
- 3 - Identificación de los picos y estimación de su intensidad relativa.
- 4 - Uso de las características morfológicas y análisis químico semicuantitativo para determinar las especies mineralógicas presentes (7).

RESULTADOS

Las características morfológicas y asociaciones son muy útiles en la identificación de minerales al microscopio, pero en el caso de las sulfosales u otras especies que se presentan en series isomórficas es de vital importancia el conocimiento de la composición química para su identificación.

La aplicación de la técnica anteriormente descrita permitió identificar los siguientes minerales en la mena Veta la Horcada del distrito de Capillita que no fueron posible reconocer bajo el microscopio óptico.

- Oro (Au) : En forma de pequeños granos dentro de la enargita, conteniendo aproximadamente 10% de Ag. La figura N91 corresponde al espectrograma que muestra la presencia de oro y plata mediante el cual se identificó esta especie como oro.
- Freibergita : $[(Cu Ag)_2 Sb_4 Si_3]$ la variedad de tetraedrita con un contenido de mas de 20% de Ag. La figura N92 corresponde al espectrograma que muestra la presencia de azufre, antimonio, cobre y plata, composición característica de freibergita (8).
- Enargita : $(Cu_3 As S_4)$ sulfosal del grupo del mismo nombre. La figura N93 muestra la presencia de azufre, cobre, arsenico, manganeso y hierro que reemplazan algo de cobre (8).

Bournonita : (Cu Pb Sb S₂) la figura N^o4 muestra la presencia de azufre, plomo, antimonio y cobre.

Lindstroemita : (Cu Pb Bi₃ S₆)

Bertonita : (Cu₄ Pb Sb₃ S₇)

Aikinita : (Bi Pb Cu S₃)

Emplectita : (Cu Bi S₃)

Estannita : (Cu₂ Fe Sn S₄)

En la mena de cerro Vanguardia se identificaron los siguientes minerales que no pudieron reconocerse bajo el microscopio óptico.

Electrum : (Au Ag) Presente en forma libre y ligada con un tamaño entre 10 y 15 micrones, generalmente asociada a argentita. El Espectrograma de la figura N^o5 corresponde a esta especie y muestra la presencia de Au y Ag. El análisis cuantitativo dió una composición de 51% Ag y 49% de Au.

Argentita : (Ag₂ S) Se presenta fundamentalmente libre en tamaños que oscilan entre 10 y 120 micrones. Las figuras N^o6, 7 y 8 muestran una partícula de electrum asociada a argentita y la distribución correspondiente a cada elemento (11).

Pirita : (Fe S₂)

Arsenopirita : (Fe As S)

Calcopirita : (Fe Cu S₂)

Baritina : (Ba SO₄)

Monacita : (Ce, La, Y, Th) PO₄

RATE: CPS TIME 60LSEC
 00-20KEV: 10EV/CH PRST: OFF
 A: ORO CON PLATA B: I. I. M. - U. N. S. J
 FS = 4927 MEM: A FS = 200

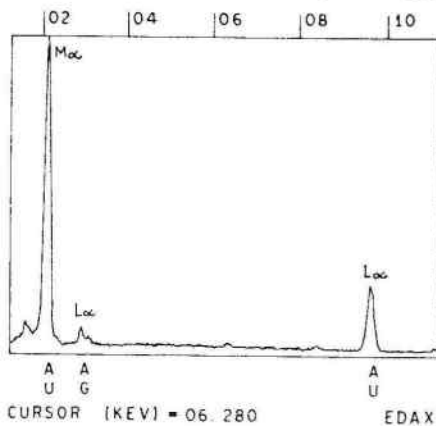


Fig Nº 1 : Espectrograma de Oro.

RATE: CPS TIME 60LSEC
 00-20KEV: 10EV/CH PRST: OFF
 A: FREIBERGITA B: I. I. M. - U. N. S. J
 FS = 1061 MEM: A FS = 200

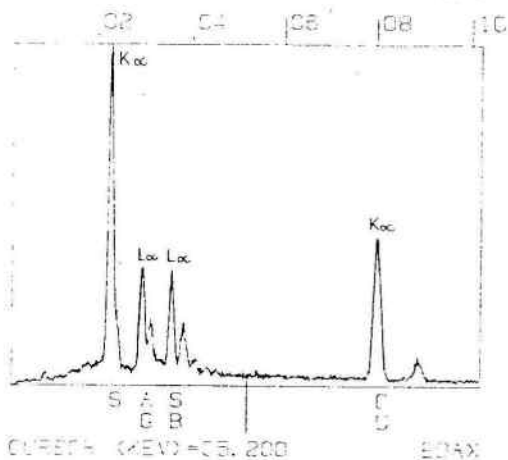


Fig Nº 2 : Espectrograma de Freibergita.

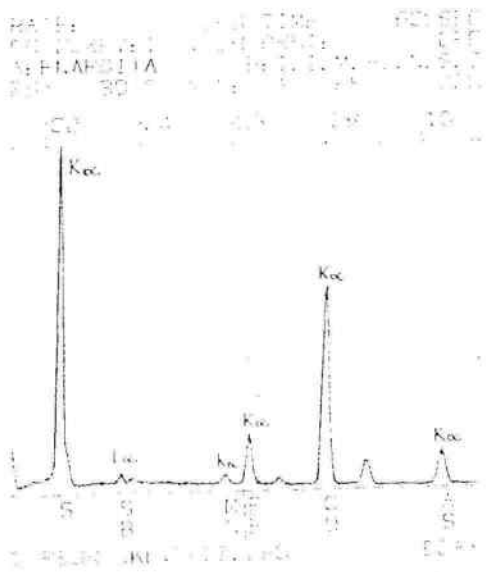


Fig No 3 : Espectrograma de Enargita.

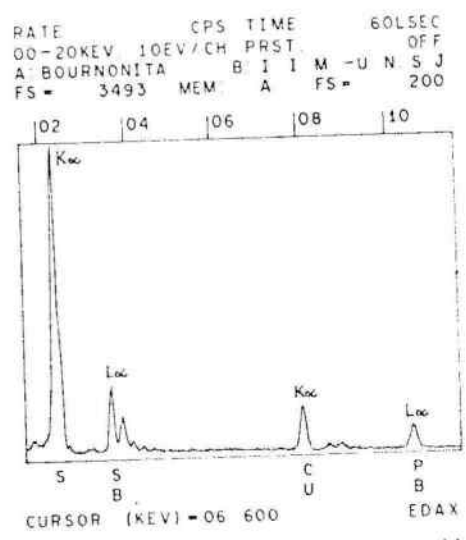


Fig No 4 : Espectrograma de Bournonita.

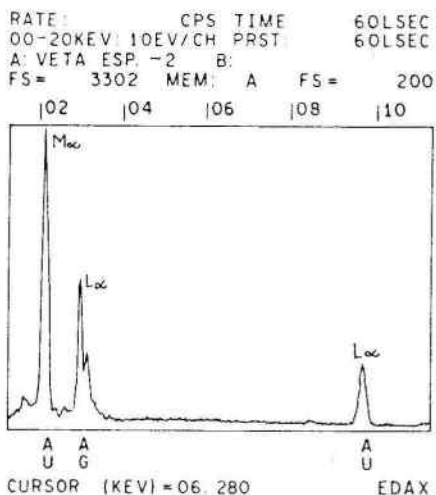


Fig No 5 : Espectrograma de Electrum.

En la mena del Alto de la Blenda esta técnica permitió identificar las siguientes especies.

Electrum : Presente en un tamaño de aproximadamente 50 micrones asociada a minerales secundarios y de ganga. La composición determinada mediante microanálisis es de 65,4% de Au y 34,4% de Ag.

Plata Nativa : (Ag) Se presenta asociada a calcopirita.

Cerargirita : (Ag Cl) Asociada a cuarzo y rodocrosita en tamaños variables entre 15 y 200 micrones.

Figura No9.

Jalpaíta : (Cu₂ Ag₆ S₄) Asociada a cuarzo con tamaño aproximado entre 5 y 10 micrones y una composición de 71,3% Ag, 15,4% S y 13,3% de

Cu. Figura N°10.

Argentita : $(Ag_2 S)$ Se presenta libre y reemplazando parcialmente a galena. Figura N°11, 12 y 13.

Tetraedrita : $[Cu_{12} (As Sb)_4 S_{13}]$ conteniendo cantidades variables de zinc y plata.

Boulangerita : $(Pb_5 Sb_4 S_{11})$

Gudmundita : $(Fe Sb_5)$

Arsenopirita : $(Fe As S)$

Calcopirita : $(Cu Fe S_2)$

Galena : $(Pb S)$

Cerussita : $(Pb Co_3)$

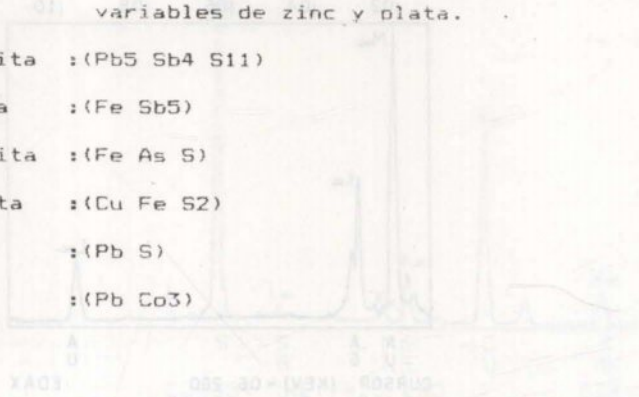


Fig N° 6 Imagen de electrones secundarios de una partícula de Argentita ligada a Electrum.

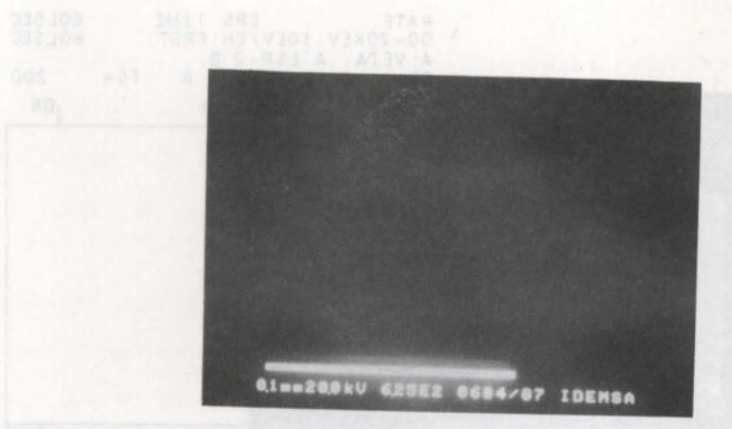
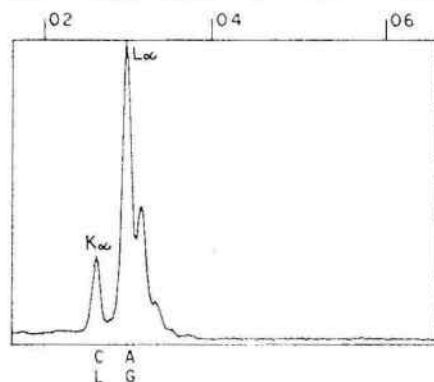


Fig Nº 7 - Distribución de Oro en la partícula de la figura 6.



Fig Nº 8 - Distribución de Plata en la misma partícula.

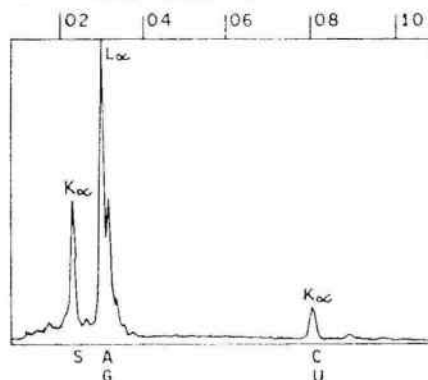
RATE CPS TIME 60LSEC
 00-20KEV 10EV/CH PRST 60LSEC
 A: VETA A ESP-2 B
 FS= 6313 MEM: A FS= 200



CURSOR (KEV)=04 120 EDAX

Fig Nº 9 - Espectrograma de Cerargirita.

RATE CPS TIME 60LSEC
 00-20KEV 10EV/CH PRST OFF
 A: VETA ESP. 2 B
 FS= 4182 MEM: A FS= 200



CURSOR (KEV)=05 840 EDAX

Fig Nº 10 - Espectrograma de Jalpaita.

CONCLUSIONES

El uso de la configuración electrónica electrónica de

partículas de galena y argentita en la mineralogía aplicada. Del análisis de las

especies que comúnmente se presentan en porfirios de



Fig Nº 11 - Imagen de electrones retrodifundidos de partículas de Galena y Argentita.



Fig Nº 12 - Distribución de Plata en la partícula de la figura anterior.

CONCLUSIONES

El uso de la configuración microscopio electrónico de barrido sonda de electrones es una herramienta complementaria muy útil en la mineralogía aplicada. Del análisis de las imágenes de electrones secundarios, retrodifundidos y espectros de rayos X puede identificarse minerales que en algunos casos no es posible realizarlo mediante otras técnicas.

El conocimiento de la composición química es distintiva, para el caso de tener cristales o granos de minerales con características morfológicas similares, tal es el caso de especies que comúnmente se presentan en series isomorfas.

REFERENCIAS

- (1) - Well D.C., Boy de A., Lifshin C., Rezanowich A: Scanning electron microscopy, 1974.
- (2) - Goldstein J., Yakowits H.: Practical scanning electron microscopy. 1975.
- (3) - Beaman D.R., Isasi J.A.: Electron beam microanalysis ASTM special Pbn. 506. 1972.
- (4) - Read S.J.B.: Electron microprobe analysis. 1975.
- (5) - Goldstein J. : Scanning electron microscopy and X ray micro análisis.
- (6) - Hren J. Goldstein J. Joy D.C. : Introduction to analitical electron microscopy. 1974.
- (7) - Saavedra F.N., Juarez C., Matar J. : El uso del microscopio electrónico y microsonda en caracterización

y control de procesos. 1988.

- (8) - Randoohr P.: The ore minerals and their intergrowths. 1980.
- (9) - Amstutz G.C. : Microscopy applied to mineral dressing. 1961.
- (10) - Freund H. : Applied ore microscopy. 1976.
- (11) - Kostov J. : Mineralogy. 1968.