

Tesis de Posgrado

Mineralogía y génesis del yacimiento de estaño y plata, Mina Pirquitas

Malvicini, Lidia

1966

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias
Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Malvicini, Lidia. (1966). Mineralogía y génesis del yacimiento de estaño y plata, Mina Pirquitas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1275_Malvicini.pdf

Cita tipo Chicago:

Malvicini, Lidia. "Mineralogía y génesis del yacimiento de estaño y plata, Mina Pirquitas". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1966.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1275_Malvicini.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

MINERBOGIA Y GENERALIS DEL YACIMIENTO DE COTABO Y PLATA, MINA CIRQUITAS

Las vetas de Mina Cirquitas, están situadas en la zona de Atacama, a una altura que varía de 4.200 a 4.700 ms. sobre el nivel del mar, en el departamento de Rinconada, Sujoy.-

En la constitución geológica de la zona predominan las sedimentarias ordovícicas.- Por encima de ellas, yacen discordantemente rocas arenos-tobáceas de sedimentación continental, pertenecientes al terciario medio (?).- A continuación cubriéndolas ampliamente, se hallan vulcanitas dacíticas, de edad terciaria superior, y tobas dacíticas, andesitas, y basaltos del cuaternario.- Completan este conjunto depósitos aterrazados y acarreos fluviales.-

Las vetas alojadas en las rocas sedimentarias del ordovícico, fuertemente plegadas, con rumbo N-60 a N 10 E, constituidas en las proximidades del yacimiento por grauvacas, areniscas cuarzosas, liolitas, lutitas y lutitas carbonosas.-

La alteración hidrotermal consiste principalmente en la silicificación, pirritización, caolinitización y alunitización.-

Las vetas han podido reunirse de acuerdo a su rumbo en N 75 E; N 45 E y N 30 E.- El grupo N 75 E comprende las vetas Totosí, Opitoca, y algunas menores de los sectores Llallagua, Chicharrón y San Miguel.- En el grupo N 45 E están las vetas Blanca, Colquechaca, las mayores del sector Llallagua, y algunas de Chocaya y Colquiri.- Dentro del grupo N 30 E, se hallan la veta más importante del sector Chocaya-San Miguel, San Pedro; y algunas de Llallagua.- Las vetas son en general ramificadas, y su inclinación varía entre los 30° a 55°.- Tienen una potencia promedio entre los 30 a 50 cm., con excepción de Totosí que tiene 1 m. y de San Miguel-Chocaya y San Pedro que están compuestas por venillas de 1 a 15 cm. de potencia.-

La veta más importante por su producción ha sido la Blanca, así como también la veta Blanca San Miguel-Chocaya y San Pedro.-

La textura característica de las vetas es bandeada coliforme, crus-
tificada.- Esta textura se mantiene desde los niveles superficiales a los profundos, disminuyendo en profundidad el ancho de las bandas y el tamaño de grano de los minerales.-

De acuerdo con su mineralogía y paragénesis, las vetas, se han reunido en dos grupos.- El primero, comprende las vetas Potosí, Blanca, Colquecaca, Oplaca, Llallagua, Chicharrón y Colquiri.- El segundo: San Pedro, Chocaya y San Miguel.-

El primer grupo se caracteriza por la presencia de un solo período mineralizador, teniendo lugar en tres sistemas de fracturas.- Dicho período se ha dividido en dos estadios.- Durante el primero se produjo la depositación de pirita, pirrotina, arsenopirita y casiterita, sin variación vertical.- En el segundo, se depositó un grupo de minerales, con marcada zonación vertical.-

En los niveles inferiores a intermedios se depositó: schalenblenda, galena y algunas estaminitas.- En los intermedios a superficiales: schalenblenda y boulangierita, senoyita, y fizelyita.- En los superficiales: teallita, frankita, freibergita, pirargirita, miargirita y polibasita.-

En el segundo grupo de vetas, se encuentran superpuestos dos períodos, el primero idéntico al citado y un segundo distinto.- Las características de este último son: (a) emplazamiento a mayor profundidad que el anterior y por un solo sistema de fracturas; (b) menor volumen de las soluciones mineralizadoras.- (c) zonación telescópica.- La depositación de los minerales ha sido la siguiente: schalenblenda, pirita, cuarzo, hexaestaminita, isoestaminita II; estaminita I, schirmerita, schap-

bacnita, alaskaíta, bourbonita, pirargirita, miargirita, estannita ca
tana, cañielita, polibasita, estefanita, con desmezcla local de calco
pirita y plata nativa.- Hay que destacar que la parte apical de la mi-
neralización de éste período coincide con la zona de depositación de
sulfosales de plomo y antimonio del primero.-

Este emplazamiento de dos períodos mineralizadores a distinta pro-
fundidad, explica las paragénesis anómalas halladas por otros autores
y la presencia de dos niveles de depositación de los sulfosales de pla-
ta y antimonio.-

La composición aproximada de los fluidos mineralizadores puede de-
ducirse de los minerales depositados y de su abundancia relativa.- Los
elementos más abundantes parecen haber sido: S-O Sn-Fe y In; mediana-
mente abundantes: Si, Pb, Sb y Ag; escasos Ba y Ni; otros In, Ge y H,
(en H₂O).- Estos elementos reflejan la composición de la provincia me-
talogenética del noroeste argentino y sur de Bolivia, exceptuando el
W y Au que no se hallaron en circuitos.-

En las condiciones de formación de éste depósito la forma más pro-
bable de transporte de los elementos metálicos es la de tio o cloro es-
tannatos para el estano y de bisulfuros complejos para los otros, en so-
luciones alcalinas.-

La depositación tuvo lugar posiblemente debido a cambios en las
concentraciones de oxígeno y azufre.- En el transcurso de la deposita-
ción el pH de las soluciones se fué haciendo ácido, evidenciado por la
depositación de caolinita, alunita y marcasita, al finalizar el mismo.-

El segundo período pudo haberse producido por una reactivación de
las fuentes de origen, siendo la composición de las soluciones semejan-
te a las del primer período.-

Por la asociación mineralógica, texturas y paragénesis se puede calcular aproximadamente, la temperatura y profundidades del emplazamiento.- La temperatura pudo llegar a 400°C. al comenzar el primer período, disminuyendo de 300 a 100°C, durante el segundo estadio de dicho período.- En cuanto al segundo período, la temperatura pudo variar de 350° a 100°C.-

El emplazamiento del depósito fué relativamente cercano a la superficie, evidenciado por texturas, tamaño de grano, variación notable de la potencia de veta en profundidad y la marcada zonación en un corto rango vertical.- La depositación de los minerales de dos períodos, a diferente profundidad, podría deberse a que el volumen de las soluciones inyectadas fué menor, durante el segundo, y la refracturación débil; a la acción precipitante de minerales de mena anteriores; o a ambas causas combinadas.-

Con respecto a la edad y fuentes de la mineralización, puede relacionarse con el ciclo metalogénico del terciario medio, con una posible reactivación durante el plioceno.-

La superposición de minerales característicos de temperaturas altas, con otros de media a baja; que presentan zonación telescópica, hace que el depósito sea clasificado como xanotermal.-

M. J. ...

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

T I T U L O : Mineralogía y génesis del
yacimiento de es taño y plata Mina Pirquitas

A U T O R : L I D I A M A L V I C I N I

Tesis presentada para optar al título de:

Doctor de la Universidad de Buenos Aires

A Ñ O : 1 9 6 6

MINERALOGIA Y GENESIS DEL YACIMIENTO DE ESTEÑO
Y PLATA MINA PIRQUITAS

RESUMEN

<u>INTRODUCCION</u> /.....	4
Agradecimientos	5
Ubicación	5
Antecedentes	8
<u>RESEÑA GEOLOGICA DEL AREA</u>	8
<u>LAS VETAS</u>	10
Roca de caja	12
Alteración hidrotermal	13
<u>MINERALOGIA Y TEXTURAS</u>	
Minerales hipogénicos	16
Minerales supergénicos	
<u>TEXTURAS PARAGENESIS Y ZONACION VERTICAL</u>	55
<u>GENESIS DEL DEPOSITO</u>	
Composición química de los fluidos	71
Carácter de las soluciones mineralizadoras	72
Temperatura y presión de formación de las vetas	76
Causas de la diferente profundidad de emplazamiento .	77
Origen y edad de la mineralización	78
Clasificación del depósito	80
<u>OXIDACION Y ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO</u>	81
<u>CONCLUSIONES</u>	82
<u>LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO</u>	85

RESUMEN

Las vetas de Mina Pirquitas están situadas en la puna de Atacama, a una altura que varía entre los 4.200 y 4.700 m s. n. m., en el Departamento de Rinconada, provincia de Jujuy.

En la constitución geológica de la zona predominan las sedimentitas ordovícicas, por sobre las cuales se apoyan discordantemente areniscas tobáceas de origen continental, pertenecientes al terciario medio. A continuación, cubriéndolas ampliamente, se hallan vulcanitas dacíticas, de edad terciario superior, y tobas dacíticas, andositas y basaltos de edad cuarteria. Completan este conjunto depósitos aterrazados y acarreos fluviales.

Las vetas están alojadas en las rocas sedimentarias del Ordovícico, fuertemente pliegadas, con rumbo N-S a N 10° E, constituidas, en las proximidades del yacimiento, por granvacas, areniscas cuarzosas, limolitas, lutitas y lutitas carbonosas.

La alteración hidrotermal consiste principalmente en la silicificación, piritización, casiteritización, caolinización y alunitización de la roca de caja.

Las vetas han podido reunirse, de acuerdo a su rumbo, en N 75° W; N 45° W y N 80° E. El grupo N 75° W comprende las vetas Potosí, Oploca y algunas menores de los sectores Llallagua, Chicharrón y San Miguel. En el grupo N 45° W están las vetas Blancas, Colquechaca, las mayores del sector Llallagua y algunas de Chocaya y Colquiri. Dentro del grupo N 80° E se hallan la ~~una~~ veta más importante del sector Chocaya-San Miguel, San Pedro y algunas de Llallagua. Las vetas son en general ramificadas, y su inclinación varía entre los 80 y 65° generalmente hacia el S. Tienen una potencia promedio entre los 0,30 a 0,50 m, con excepción de Potosí que tiene 1 m y de San Miguel-Chocaya y San Pedro que están compuestas por venillas de 1 a 15 cm de potencia.

La veta más importante por su producción ha sido Potosí, destacándose también la veta Blanca, San Miguel-Chocaya y San Pedro.

La textura característica de las vetas es bandeada colloforme crustificada. Esta textura se mantiene desde los niveles superficiales a los profundos, disminuyendo en profundidad el ancho de las bandas y el tamaño de grano de los minerales.

De acuerdo con su mineralogía y paragénesis, las vetas se han reunidos en dos grupos. El primero, comprende Potosí, Blanca, Colquechaca, Oploca, Llallagua, Chicharrón y Colquiri. El segundo: San Pedro, Chocaya y San Miguel.

El primer grupo se caracteriza por la presencia de un solo período mineralizador

teniendo lugar en tres sistemas de fracturas. Dicho periodo se ha dividido en dos estadios. Durante el primero se produjo la depositación de pirita, pirrotina, arsenopirita y casiterita, sin variación vertical. En el segundo, se depositó el siguiente grupo de minerales con marcada zonación vertical de tipo telescópico: en los niveles inferiores a intermedio se depositó: schalenblenda, galena y algunas estannitas. En los intermedios a superficiales: schalenblenda y bowlingerita, wensersita y fizelyita. En los superficiales: teallita, frankoita, freibergita, pirargirita, miargirita y polibasita.

En el segundo grupo de vetas, se encuentran superpuestos dos periodos, el primero, idéntico al citado, y un segundo, distinto. Las características de este último son: a) emplazamientos a mayor profundidad que el anterior y por un solo sistema de fracturas b) menor volumen de las soluciones mineralizadoras, c) zonación telescópica. La depositación ~~intermedia~~ de los minerales de los minerales ha sido la siguiente: schalenblenda, pirita, cuarzo, clorita, hexaestannita, isoestannita II, (estannita I, schirmorita, schapbachita, alaskaita, bournonita, pirargirita, miargirita, estannita castaña, canfieldita, polibasita, estefanita, con desmezcla local de calcopirita y plata nativa. Hay que destacar que la parte apical de la mineralización de este periodo coincide con la zona de depositación de sulfosales de plomo y antimonio del primero.

Este emparejamiento de dos periodos mineralizadores a distinta profundidad, explica las paragénesis anómalas halladas por otros autores y la presencia de dos niveles de depositación de las sulfosales de plata y antimonio.

La composición aproximada de los fluidos mineralizadores puede deducirse de los minerales depositados y de su abundancia relativa. Los elementos más abundantes parecen haber sido: S_2O , Sn , Fe y Zn , medianamente abundantes: Si , Pb , Sb , Ag , As , Bi , Cu , escasos: Be y Ni otros: In , Ge y Hf . — Estos elementos reflejan la composición de la provincia metalogenética del noroeste argentino y sur de Bolivia, exceptuando el W y Au que no se hallaron en Mina Pirquitas —

En las condiciones de formación de este depósito la forma más probable de transporte de los elementos metálicos es la de tio- o cloro- estannatos para el estaño y de bisulfuros complejos para los otros, en soluciones alcalinas.

La depositación tuvo lugar posiblemente debido a cambios en las concentraciones de oxígeno y azufre. En el transcurso de la depositación el pH de las soluciones se fue haciendo ácido, evidenciado por la depositación de caolinita, alunita y marcasita, al

finalizar el mismo.

El segundo periodo pudo haberse producido por una reactivación de las fuentes de origen, siendo la composición de las soluciones semejantes a la del primer periodo.

Por la asociación mineralógica, texturas y paragénesis se puede calcular aproximadamente la temperatura y profundidad del emplazamiento. La temperatura pudo llegar a 400° C al comenzar el primer periodo, disminuyendo de 300 a 100° C, durante el segundo estadio de dicho periodo. En cuanto al segundo periodo, la temperatura pudo variar de 350 a 100° C aproximadamente.

El emplazamiento del depósito fue relativamente cercano a la superficie, evidenciado por texturas, tamaño de grano, variación notable de la potencia de la veta en profundidad y la marcada zonación en un corto rango vertical. La depositación de los minerales en dos periodos, a diferente profundidad, podría deberse a que el volumen de las soluciones inyectadas fue menor, durante el segundo, y la refracturación débil, y/o a la acción precipitante de minerales de zona anteriores, o a ambas causas combinadas.

Con respecto a la edad y fuente de la mineralización, puede relacionarse con el ciclo metalogénico del terciario medio, con una reactivación durante el plioceno.

La superposición de minerales característicos de temperaturas altas, con otros de media a baja, que presentan zonación telescópica, en vetas relativamente cercanas a la superficie, hace que el depósito sea clasificado como remotermal.

I N T R O D U C C I O N

El trabajo que aquí se presenta en carácter de tesis para optar al título de "Doctor de la Universidad de Buenos Aires", bajo la dirección del Dr. Amílcar Herrera en carácter de Padrino, fue realizado con el objeto de estudiar la mineralogía y génesis de las vetas y plata Mina Pirquitas. El tema fue elegido en ocasión de reactivarse los estudios del distrito mineralizado, con relación de la Dirección Nacional de Geología y Minería. En dicha oportunidad el Dr. J.C. Fernandez Lima, llamó la atención de la autora sobre el interés que la investigación mineralógica y genética ofrecía para el esclarecimiento de algunos problemas de significado económico. Con este propósito se inició el trabajo en dicha repartición, siendo proseguido en el seno del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires, en el cual se realizó el trabajo de laboratorio. El trabajo de campo se efectuó entre los meses de febrero a abril de 1962 y consistió en el muestreo de las vetas en los siguientes niveles accesibles: veta Potosí: niveles C $6\frac{1}{4}$, H $8\frac{1}{2}$, H $9\frac{3}{4}$; veta Blanca: niveles H $7\frac{1}{2}$, H $8\frac{1}{2}$, H $9\frac{3}{4}$, veta Colquechaca: niveles H $8\frac{1}{2}$, H $9\frac{3}{4}$, H $10\frac{1}{4}$, H $11\frac{1}{2}$; veta San Pedro: niveles $9\frac{3}{4}$, 11, 12; Sector San Miguel: niveles H $10\frac{1}{2}$, H $11\frac{3}{4}$; Sector Chocaya, niveles H $7\frac{1}{2}$, H $10\frac{1}{2}$, 12, $13\frac{1}{2}$, 15, sector Opleca niveles G $5\frac{1}{4}$, G $6\frac{1}{2}$, G $7\frac{3}{4}$, Sector Llallagua: niveles $9\frac{3}{4}$, H 10, Sector Chicharrón niveles K $5\frac{1}{4}$, L $7\frac{3}{4}$, $9\frac{1}{2}$; sector Colquiri: niveles M $6\frac{1}{2}$, M 8.

La tarea de laboratorio consistió en el examen al binocular de las muestras macroscópicas de las vetas y el estudio al microscopio de 150 cortes opacos y

90 transparentes, la realización e interpretación de 60 diagramas de rayos-X, construcción de perfiles verticales de las vetas y de un esquema del sistema de vetas (fig. 2) realizado sobre la planimetría de los niveles según Field (1941) con los datos de campo de la autora.

Agradecimientos: Se agradece en primer término al Dr. Amílcar Herrera, Profesor de Geología Económica, de la F.C.E.N de la Universidad de Buenos Aires, por la discusión y sugerencias sobre los problemas presentados y por la revisión del manuscrito.

También a la Dra D. Redlivy por el asesoramiento prestado en la realización de los diagramas de rayos-X de las estannitas; a la Dra. M.K. de Brodtkorb y especialmente al Sr. T. Askonasy, por la preparación y lectura de numerosos diagramas de prueba, que hubo que efectuar antes de poder aislar cada grupo de estannitas; a los doctores G. Moh, del "Mineralogische Petrographische Institut," de la Universidad de Heidelberg, y N. L. Markham del "School of Applied Geology" de la Universidad de New South Wales, Kensington, por algunas indicaciones sobre el referido grupo de minerales (comunicación epistolar); al Lic. A. Mezzetti, por el envío de muestras procedentes de la zona; al Dr. E. Llambías por su asesoramiento sobre problemas petrográficos, y finalmente al Dr. B. Cuertino por sus diversas sugerencias referentes al trabajo, y al Lic. J. Astarloa, por el análisis de schalenblendas. Al Sr. J.C. Rodríguez por la obtención de las fotografías que ilustran el trabajo.

Ubicación : El distrito de estaño y plata de Mina Pirquitas está situado en la Puna de Atacama, a unos 63 km, en línea recta, al oeste de la estación ferroviaria de Abra Pampa, en el Departamento de Rinconada, Provincia de Jujuy, a una altura comprendida entre los 4.200 a 4.700 m s.n.m..

En el año 1930, fue descubierto el aluvión estannífero (donde hoy está ubicado el campamento central) en una planicie formada a la salida del profundo valle del río Pirca. Posteriormente, debido a los trabajos de exploración realizados entre los años 1934 y 1936, se encontraron las vetas, a unos 5 km al oeste, remontando dicho río. Actualmente el aluvión - que ha sido detalladamente descrito por Field (1941), Agrosso (1943) y Angelelli (1950) - está prácticamente agotado, explotándose las vetas por su contenido de estaño y plata.

La producción total de las minas, en los últimos 10 años, fue de alrededor de 10.320.000 kg de concentrados, con una ley media aproximada de 17,65% de estado y 8,22% de plata

Antecedentes: Respecto a la geología, mineralogía y génesis de las vetas, existe información en los trabajos de Field (1941), Grosso (1943), Ahlfeld (1950), y Angelelli (1950). Field (1941) basándose en la mineralogía y paragénesis determinadas por Ambros (1836) y a los datos de campo que obtuviera durante los años en los que trabajó en el depósito, lo clasificó como epitermal y originado por un cuerpo magmático en profundidad. Además añade que la mineralización afecta a las areniscas terciarias, hecho que amado al ambiente geológico de la zona, hizo que le asignara edad terciaria inferior (?). Los minerales hipogénicos citados por este autor para Mina Pirmitas son en orden del más antiguo al más moderno: cuarzo, casterita, pirita, blenda, selena, rosicler, estannita, polibasita, andorita, y marcasita.

Los trabajos posteriores, no presentan grandes diferencias con la génesis dada por Field. Angelelli (1950) y Ahlfeld (1950) lo clasificaron como epitermal y relacionado a un "cuerpo dacítico" oculto.

Ahlfeld (1950) además de determinar otros minerales estableció tres periodos mineralizadores caracterizados por: 1° periodo: cuarzo, castterita, y pirita; 2° periodo: calcopirita, blenda(I), selena (I), estannita común (I); y tetraedrita; 3° periodo: boulang^{er}ita, margirita, pirarsirita, estefanita, polibasita, can-

riolita, galena (II), blanda (II), estannita común (II), pirita (II), proustita, zencita, wurtzita, ankerita, alunite y coelinita. Hay que destacar que el mineral canfieldita, fue determinado por Benichr (véase Ahlfeld y Angelilli, 1948).

Del análisis de estos trabajos la autora considera:

- 1) La clasificación del depósito como epitermal, no está de acuerdo con las asociaciones minerales halladas por los autores citados;
- 2) Ningún trabajo explica el porque de la presencia de dos niveles de deposición distintos para las sulfosales de antimonio y plata principalmente;
- 3) Las siguientes paragénesis indican (o determinaciones mal realizadas) o alguna anomalía en la deposición - como galena reemplazada por estannita - coeliter reemplazado por estannita, boulangierita seguida por galena y estannita común, zencita seguida por wurtzita, etc. (Ambros, 1936, Ahlfeld (1970)).
- 4) Las determinaciones mineralógicas solamente fueron realizadas en base a las características ópticas y algunos análisis cualitativos, restando por esto dudas, como en el caso de las sulfosales de antimonio y plomo y antimonio y plata, minerales que exigen las determinaciones sean hechas por otros medios más precisos.
- 5) El muestreo realizado resultó insuficiente como en el caso de Ambros, que realizó sus determinaciones sobre 4 cortes opacos y 2 transparentes, y de Ahlfeld que sólo contó con el muestreo de algunos niveles de la veta Potosí, Blanca y San Miguel-Chocaya.

De lo arriba expresado, surgió la necesidad de efectuar un muestreo representativo de todas las vetas y de un estudio mineralógico detallado, y determinaciones paragenéticas, necesarios para determinar la génesis del distrito, como lo hizo notar Stoll (1948) en un breve informe sobre esta zona.

Además, este yacimiento ofrecía la posibilidad de realizar el estudio de una probable zonación vertical y lateral de las vetas.

RESEÑA GEOLOGICA DEL AREA

La geología de los alrededores del yacimiento se ha basado en las descripciones dadas por Field (1941), Sgrosso (1943) y por algunas referencias suministradas por el Dr. J.C.M. Turner, quien se halla realizando actualmente la hoja geológica que incluye el yacimiento de Mina Pirquitas.

Forman parte de la constitución geológica de la zona aladaña a las vetas sedimentitas clásticas predominantemente pelíticas. Por encima yacen discordantemente rocas arenosas tobáceas de sedimentación continental. A continuación cubren en forma amplia vulcanitas de composición variada, pero que en las cercanías de la veta son predominantemente dacíticas. Más al oeste de Mina Pirquitas abundan las andesitas y basalto.

Ordovícico: Está constituido por sedimentitas marinas pelíticas y psamíticas de coloración gris verdosa, que forman acumulaciones de considerable espesor. Las capas están bien estratificadas, encontrándose afectadas por un plegamiento intenso y corresponden a lo que Turner (1959) llamó formación Acoyte en la hoja Rinconada. Estos estratos afloran a todo lo largo de la quebrada del río Pircas, y constituye la roca de caja de las vetas.

Este complejo sedimentario está atravesado por gran cantidad de venas de cuarzo blanco lechoso de pocos centímetros de espesor, aunque algunos afloramientos llegan a medir 2-3 m.

Terciario: Sedimentos continentales areno-limosos y arcillosos de coloración rojiza, con intercalaciones de bancos grises de composición tobácea, constituyen las rocas terciarias más antiguas de la región. Están inclinados suavemente al NNE. Afloran frente al campamento central de Mina Pirquitas, poniéndose en contacto por falla con la formación Acoyte, donde el río Pircas amplía su valle.

Intruyendo estos sedimentos terciarios, se hallan cuerpos dacíticos, como por ejemplo, el del C° Galán, donde la roca de caja se halla fuertemente dislocada por la intrusión, como se puede ver en el borde sur de dicho cuerpo. Más al oeste de Mina Pirquitas, a unos 70 km, en C° Palulus, abundan lavas dacíticas que contienen, en las cercanías de la Laguna Vilama, grietas rollenadas por casiterita. Con respecto a la edad esta es posiblemente terciario superior.

Cuartario. En su mayoría las rocas que lo componen son de origen volcánico y afloran al oeste de Mina Pirquitas.

La sucesión en orden de las más antiguas a las más modernas es la siguiente : tobas dacíticas, andesitas, tobas dacíticas, y basaltos.

Completan este conjunto los depósitos aterrazados y los acarreos fluviales.

LAS VETAS

Las vetas se hallan ubicadas sobre ambas márgenes del río Pircas, siendo principalmente la roca de caja, como ya dijimos anteriormente, sedimentitas ordovícicas fuertemente plegadas, cuyo rumbo general es NS - N 10° E.

De acuerdo con su rumbo promedio se las ha reunido en tres grupos: N 75° W, N 45° W, y N 80° E (fig. 2).

ESQUEMA DEL SISTEMA DE VETAS DE MINA PIQUITAS

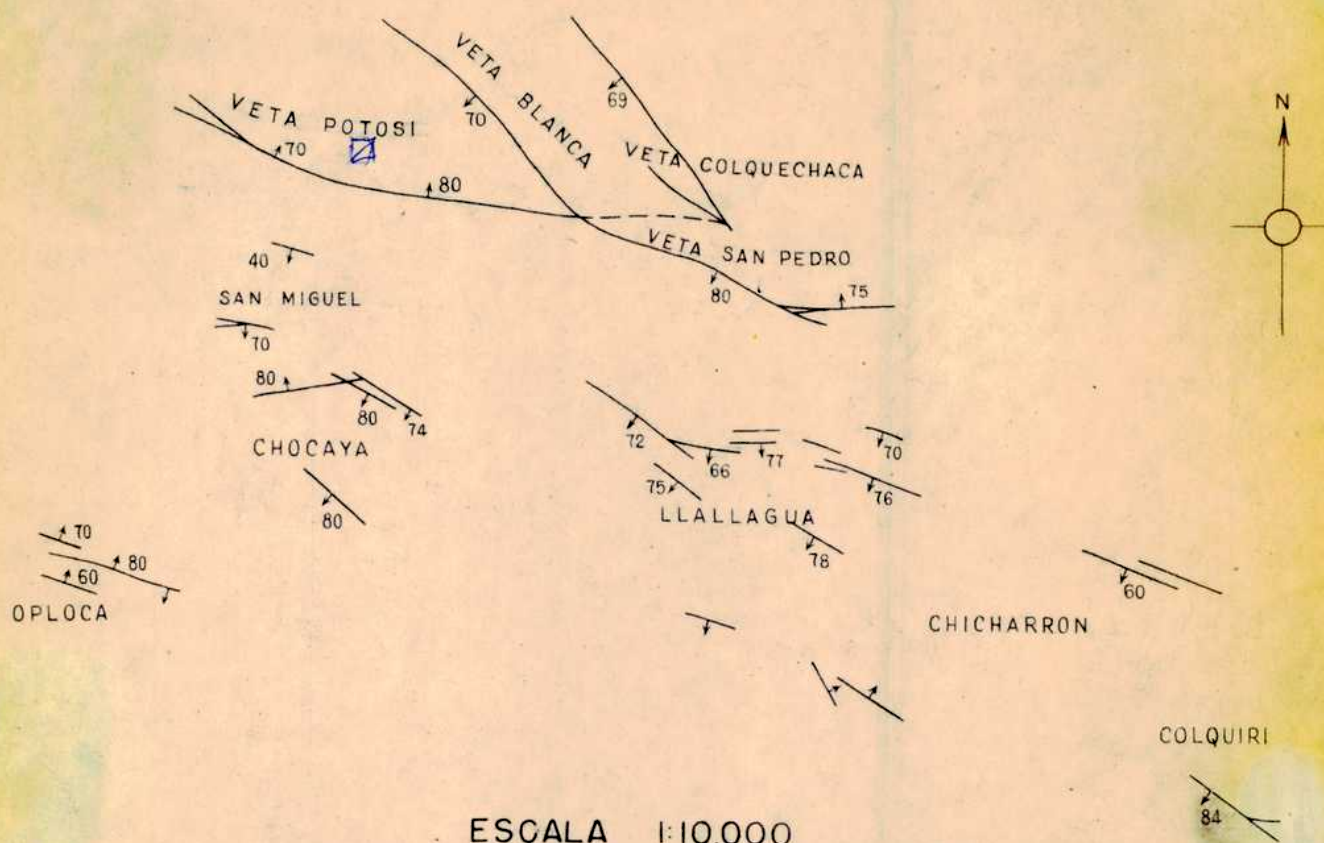


Fig 2

Grupo N 75° W: comprende las vetas Potosí, Oploca, San Pedro, y algunas menores de los sectores Llalagua, Chicharrón y San Miguel.

Grupo N 45° W: las vetas Blanca, Colquechaca, las mayores del sector Llalagua y algunas de Chocaya y Colquiri.

N 80° E: comprende las vetas más importantes del sector Chocaya-San Miguel, San Pedro y algunas menores del sector Llalagua.

Como puede observarse en el esquema de las vetas (fig. 2) tienen inclinación entre 80 y 65°, generalmente hacia el sur (exceptuando Potosí, Oploca y algunas del sector Chocaya) variando un poco a lo largo del rumbo y en profundidad.

Las vetas de mayor corrida se hallan situadas al N de la quebrada del río Pircas, siendo Potosí la más extensa (500 m). En cambio las situadas al sur de la quebrada, son de menor corrida, oscilando estas entre los 150 y los 50 m.

La mayoría de las vetas son de forma lenticular, muy ramificadas, tanto en sentido horizontal como vertical, y teniendo una potencia media que varía de los 30 a los 50 cm (Blanca, Colquechaca, Oploca, Llallagua, Chicharrón y Colquiri) exceptuando Potosí, cuya potencia media es 1 m, y que llega a alcanzar en algunas zonas hasta 2,50 m de potencia. Otro caso particular lo constituyen las vetas San Miguel-Chocaya, y San Pedro, que están formadas por un conjunto de venillas delgadas con textura de rosario y cuya potencia varía de 1 a 15 cm, pero que en conjunto son económicamente explotables.

La veta Potosí que ha sido la más importante por su producción, tiene según Field (1941) dos claves mineralizadas de significación. El principal de ellas sigue el flanco occidental de un pliegue anticlinal de la roca de caja. El otro bolsón, más pequeño, se halla situado al este del principal y fue explotado por su contenido en plata en la zona de enriquecimiento secundario.

Con respecto al relieve de la zona, resulta interesante destacar que la diferencia de altura entre los afloramientos de las vetas de mayor cota (Potosí, Oploca, Llallagua, y Blanca) y las de menor cota (San Miguel-Chocaya y San Pedro) difiere unos 170 m.

La textura general de las vetas es bandada crustificada, formada por bandas de pirita-casiterita alternantes con schalenblenda, resultando difícil de observar en las galerías debido a la gran cantidad de sulfatos y caolinita que las cubren. Los sulfatos forman también drusas y estalactitas de casi 1 m de longitud.

Además, en algunas vetas como Potosí y Llallagua hay grandes zonas de brechamiento testónico, donde fragmentos de roca de caja, se hallan silicificados y cementados por pirita, casiterita, schalenblenda, hidróxidos de hierro, caolinita y sulfatos. Otras veces los minerales de mena se hallan fracturados, como pirita y casiterita y cementados por schalenblenda, hidróxidos de hierro, caolinita y sulfatos. Por otra parte en otras vetas (Chocaya-San Miguel) hay zonas de pronunciada

de lajamiento, donde se forma la característica textura de libro por reemplazo o inyección de venas de cuarzo entre las láminas de la roca de caja.

Estas texturas sugieren que el proceso predominante en la formación de las vetas ha sido el relleno, pero como va a demostrarse en los capítulos siguientes, la mineralización es muy compleja y el reemplazo acompañó y siguió al relleno.

La veta más importante por su producción ha sido Potosí, destacándose también las vetas Blanca, San Miguel-Chocaya y San Pedro.

En las vetas, muchas de las cuales han sido agrupadas en sectores para su explotación, hay desarrolladas numerosas labores. La veta Potosí, solamente tiene 10 niveles, alcanzando algunos de ellos unos 400 m de extensión. Un pique de 200 m de profundidad a partir del nivel $9 \frac{3}{4}$ une los niveles más profundos. Además se efectuaron numerosos trabajos de exploración entre los que se destacan perforaciones a diamante realizadas en ciertas áreas que suman varios miles de metros (Angelielli 1950).

Roca de caja:

Las vetas se hallan alojadas en las rocas sedimentarias del ordovícico, las cuales están constituidas, en las proximidades del yacimiento, principalmente por gravacas, areniscas cuarzosas, limolitas, lutitas, y lutitas carbonosas, hallándose fuertemente plegadas con un rumbo general NS a N 10° E.

La nomenclatura utilizada en la denominación de las rocas sedimentarias es la propuesta por González Bonorino y Teruggi (1952).

En las gravacas los clastos representan aproximadamente el 70% mientras que el resto, 30%, corresponde a la matriz. Los clastos son angulosos y el tamaño promedio es de alrededor de 0,4 mm, existiendo sin embargo, desviaciones importantes de este valor, variando entre un máximo de 0,9 mm a un mínimo que se confunde con las partículas de la fracción limo. En la exposición los fragmentos de cuarzo y frotitas son los más abundantes, la proporción de feldespatos, debido a su alteración en sericita, es difícil de determinar, ya que muchas veces se los podría confundir con la sericita que forma parte de la matriz. Menos abundantes aparecen clastos provenientes de rocas metamórficas de bajo grado, como ser restos de micacitas y filitas. Los granos de cuarzo tienen extinción ondulosa y en corte-ro y sus bordes están bastante corroídos, con la característica interperitérica de sericita llamada "chevaux de frise".

La matriz consiste en un intercrecimiento de sericita, clorita, y cuarzo,

Las areniscas cuarzosas son de colores algo más claros que las grauvacas y el porcentaje de matriz es mucho menor. También los clastos de cuarzo son un poco más redondeados y la variación en el tamaño es menor, el cual corresponde en general a la fracción arenisca fina. Los clastos están compuestos predominantemente por cuarzo, con una proporción variable entre el 90% y el 95%. El resto está formado por fragmentos de ftanitas y feldespato, totalmente alterado este último a sericita. La matriz, que representa, entre el 10 y el 15% de la roca está recristalizada, formando el cuarzo un agregado muy fino con textura de implicación, en el cual se hallan abundantes láminas de sericita, que cuando está en contacto con los granos de cuarzo, forma en la periferia del mismo un intercrecimiento con forma dentada. Distribuidos en cantidades ínfimas se encuentran clastos pequeños (0,06 mm) de circón y turmalina.

En las limolitas los clastos de cuarzo son angulosos y están acompañados por abundante sericita y clorita en menor proporción. El feldespato aparentemente es muy escaso, aunque bien podría haberse alterado en un material arcilloso, ocultando de esta forma su verdadera cantidad.

Las lutitas se caracterizan por la abundancia de sericita. En las lutitas carbonosas la materia orgánica se dispone formando una microlaminación que a veces no es continua, teniendo ligeras interrupciones o pequeños curvamientos que hacen que se anastomosen unas láminas con otras.

Alteración hidrotermal:

Las rocas que constituyen las cajas de las vetas no son favorables para evidenciar los procesos de alteración hidrotermal. Muchas de ellas tienen una mineralogía similar a la de los productos de la alteración: cuarzo y minerales arcillosos, de modo que es bastante difícil distinguir entre los minerales primarios de la roca que han recristalizado y aquellos que se han formado a causa de los procesos hidrotermales. Asimismo, la permeabilidad a los fluidos es muy baja en las lutitas y limolitas, mientras que en las areniscas cuarzosas y grauvacas, si bien es algo mayor, la carencia de minerales capaces de reaccionar con los fluidos hidrotermales, con excepción de los feldespatos, es un factor importante para el

escaso desarrollo de la zona de alteración hidrotermal en Mina Pirquitas.

Practicamente todas las rocas contienen en gran parte sericita, cuyas laminitas están distribuidas homogéneamente, parte puede ser de origen sedimentario y parte de origen hidrotermal.

Entre los minerales de alteración es la pirita uno de los más importantes. Se encuentra en dos formas distintas: en una diseminada en cristales idiomorfos, de alrededor de 0,1 mm de lado, y en la otra en venillas constituidas también por cristales idiomorfos, de modo que el contorno de las venillas es irregular, y tienen las formas geométricas correspondientes a las caras de los cristales externos. Algunas de estas venillas se hallan en la parte interna de otra mayor formada por caolinita. La pirita diseminada aparece mucho más abundante en las rocas póliticas que en las psamíticas, muchas veces está alterada a óxidos de hierro hidratados. Además a veces se hallan con ella pequeños cristales de pirrotina.

La casiterita es poco común y se encuentra en cristales idiomorfos diseminados en la roca de caja, a veces maclados, de 0,05 mm de lado.

El cuarzo se observa en dos tipos: uno de grano fino, casi submicroscópico, reemplazando en forma masiva a la roca de caja y con textura de implidación; y el otro de grano mediano, en venillas y formando drusas, con texturas en mosaico, asociado en general con la pirita de venillas.

La caolinita es un mineral muy común, desarrollando cristales idiomorfos, generalmente en forma de venas finas de recorrido sinuoso o rellenando drusas tapizadas por cuarzo hidrotermal y pirita.

La alunita, aunque no se halla tan extensamente distribuida como la caolinita es común en los niveles superiores a intermedios de algunas vetas, forma venillas de reemplazo y relleno que llegan a alcanzar unos 5 cm de espesor (Colquiri), siendo en otras ocasiones mucho más delgadas y ramificadas (Oploca). En la veta Llallagua forma parte del cemento de la mena brechada. En Colquiri las venillas mencionadas tienen una textura bandeada simétrica, formada por alunita granosa fina en varias capas, y terminando en la parte central con cristales idiomorfos de 1 cm de longitud, dispuesto perpendicularmente al bandeamiento, en forma de peine.

En síntesis, los procesos de alteración hidrotermal han sido: silicificación, sericitización, y formación de pirita, escasa pirrotina y casiterita en la roca de caja. Posteriormente debido a una probable variación de las soluciones hidroter-

MINERALOGIA Y TEXTURA

A continuación se describen los minerales hipogénicos y supergénicos hallados en las vetas del distrito Mina Pirquitas y sus texturas y asociaciones.

De acuerdo con sus paragénesis se los ha podido agrupar dentro de dos periodos mineralizadores, como podrá verse en el capítulo "Texturas y paragénesis de las vetas". El primero, que ha sido dividido en dos estadios, se caracteriza por sucesivas refracturaciones de las vetas, y es el que tiene mayor proyección económica, debido al volumen de minerales depositados. El segundo, de menor intensidad, se caracteriza por la formación de interesantes especies minerales, como sucede con las estaminitas, que es un grupo no totalmente investigado y en la actualidad muy discutido, dadas las dificultades que presentan su determinación y los contados depósitos donde han sido halladas.

El trabajo de microscopía se realizó totalmente en emersión en aceite debido al tamaño de grano casi submicroscópico de los agregados. Las características ópticas determinadas por la altura de los minerales, se dan solamente en aquellos casos en que son nuevos o poco comunes en la literatura. En la Tabla n° 1 se indican los minerales que componen el yacimiento. Los que están subrayados han sido hallados por primera vez en Mina Pirquitas, y los indicados por una x han sido determinados por rayos-X, dándose solamente las mediciones obtenidas, en el caso de minerales nuevos o en discusión.

Pirita y pirrotina

La asociación pirita-pirrotina es característica del primer periodo mineralizador, aun que la mineralización de pirita se continúa en el segundo. Han sido los dos primeros minerales en depositarse y reemplazan a la roca de caja, en venillas finas siguiendo fracturas o planos de sedimentación. En las vetas, la textura típica desarrollada por estos dos minerales es la de un bandeamiento cruzado, con bandas de pirita y pirrotina. Parte de estas bandas han sido fracturadas y los minerales citados fueron reemplazados por casitorita y luego por schalenblenda.

Con posterioridad a la depositación de grandes cuerpos de schalenblenda se produjo un nuevo aporte de pirrotina pirita (con un cierto predominio de éste mineral) que originó un reemplazo pseudomórfico de la textura coloforosa de schalenblenda y que produjo una textura metacoloidal. Se aplica éste término para no utilizar el de melnikovita o el de pirita (Edwards, 1960; Randohr, 1960), que en la actualidad se considera un nuevo mineral (Polushkina y Sidorenko, 1963).

hipogénicos

<u>argyronita</u>	<u>arsenita</u>
arsenopirita x	<u>fibrelita</u>
alunita x	<u>frankita</u> x
<u>alaskaita</u>	<u>geocronita</u>
<u>antimonita</u> x	mirargirita x
<u>baritina</u>	mercasita
blenda x	<u>plata nativa</u>
boulangerita x	pirita
<u>bournonita</u>	<u>pirrotina</u>
canfieldita	pirargirita x
casiterita	polibasita
calcopirita	<u>senesita</u> x
escolinita x	<u>schapbachita</u>
<u>cilindrita</u>	<u>schinnerita</u> x
cuarsa	<u>teallita</u>
<u>clorita</u>	wurtzita x
estefanita	
estannitas	
estannita común x	
<u>hexastannita</u>	
<u>estannita III</u> x	
<u>heptastannitas I y II</u> x	

supergénicos

argentita	<u>óxido</u>
calciofloria	plata nativa
casiterita	<u>mercasita</u>
<u>covellita</u>	volanterita x
merargirita	<u>fibrelita</u>
goethita	pirita
<u>rosslarita</u> x	pirargirita
<u>renatita</u>	<u>szekelovita</u> x
terrosita	

Los minerales subrayados han sido determinados por primera vez en Mina Pirquitas.

x minerales determinados por rayos-X

La presencia de esta textura tipo metacoloidal de pirita y marcasita, con restos o inclusiones de pirrotina, y pseudomorfosis según pirrotina, puede interpretarse como la resultante de una precipitación coloidal de pirita-pirrotina o de un reemplazo pseudomórfico.- Debido a que en los reemplazos parciales se encontraron restos de schalenblenda dentro de pirita y pirrotina, la segunda interpretación sería la correcta.- (Lam. II. . . Fig. 5-6. . Estos minerales se hallan en bandas siguiendo la forma típica en capas de este mineral, o en venillas que se entrecruzan formando una especie de red sobre el mismo.- Finalmente otro reemplazo característico fue el pseudomórfico de fibras curvadas de wurtzita (integrante de la schalenblenda) por pirita y pirrotina.-

PIRITA:

Composición química: $S_2 Fe$.

Sistema cristalino: cúbico.-

La pirita es muy común en la zona, y se presenta en varias generaciones;

las más abundantes son las pertenecientes al primer periodo mineralizador.-

Las primeras generaciones presentan una textura bandeada crustiforme con alternancia de bandas de pirrotina y pirita (citados más arriba).- En dichas bandas la pirita tiene textura de mosaico con individuos de forma de piritoedro, cubo, y menos frecuentemente octaedro.- El tamaño máximo de los cristales observado fue de 1/2 cm. de arista aproximadamente en la veta Potosí.-

La mayoría de los cristales poseen una marcada zonalidad por crecimiento, y probablemente también por diferencia de composición.- Esto se manifiesta por la variación en sus propiedades ópticas: color más claro y una anisotropía anómala.- Además dichas zonas se hallan generalmente marcadas por una serie de pequeñas cavidades producidas por posibles inclusiones gaseosas.- Es probable que la variación de composición se deba a una fluctuación en el contenido de arsénico, porque generalmente están asociados cristales de arsenopirita a las zonas externas de la pirita.-

Reemplaza a casiterita en finas venillas y a schalenblenda, junto con pirrotina, originandose la textura metacoloidal antes citada.-

En cuanto respecta a las generaciones de pirita pertenecientes al segundo periodo mineralizador, son de grano más fino y con la forma de cubo predominante sobre las otras citadas.- Reemplaza a galena y a schalenblenda en venillas finas.- Rellena drusas con cristales piritoedricos y cubos.-

Por ultimo, cerrando el segundo periodo mineralizador, se desarrollaron localmente cristales esqueléticos de pirita en drusas, posteriores a los minerales de plata.-

A lo dicho hay que agregar que por descomposición de pirrotina se origina tambien pirita pseudomorfica (ver pirrotina).- Analisis cualitativos de agregados de pirita (veta Potosi) dieron como resultado niquel (Ambross, 1936).-

El niquel podría originarse, según nuestra opinión, como resultado del reemplazo de pirrotina con alguna desmezcla de peritlandita, por pirita o porque originalmente ciertas piritas zonales debieron su zonalidad debido al contenido variable de niquel en su estructura.-

PIRROTINA:

Composición química: $S Fe_{1-x}$

Sistema cristalino: Hexagonal y monoclinico

Solamente se halla en forma de relictos alargados en pirita y más comunmente reemplazada pseudomorficamente por pirita y marcasita.- (Lam 1, fig 1-2

A pesar que el tamaño de grano medio de los minerales de las vetas es muy fino, los cristales llegan a alcanzar hasta 3 mm. de longitud en los niveles superiores, disminuyendo en profundidad.-

El hábito predominante es el tabular con desarrollo de prisma y pirámide hexagonal.- Los cristales se hallan intercrecidas o maclados según (1012) en forma de haces de leña.- Estos intercrecimientos siguen el bandeamiento crustificado general de la veta, comunmente con sus ejes o dispuestos perpendicularmente

al mismo.- A veces rellenan drusas.-

En algunas zonas de las vetas hay un predominio de la pirrotina sobre la pirita hipofénica.-

Las pseudomorfosis (producto de la descomposición de la pirrotina) observadas, son el resultado de un pasaje total a pirita o marcasita o de un fino intercrecimiento de ambas.- ~~Para~~ ~~vez~~ se observa la textura llamada ojo de pájaro, producto incipiente de la descomposición de la pirrotina (Ramdohr, 1960), 2) ~~como se~~ ~~ve~~ ~~en~~ ~~algunos~~ ~~niveles~~ ~~superiores~~ ~~de~~ ~~Potosí~~ ~~y~~ ~~Chicharrón~~.-

El pseudomorfismo de pirita según pirrotina es visible ya sea porque el límite entre granos están enmarcado por una serie de cavidades o porque el reemplazo posterior de casiterita intergranularmente o paralelo el clivaje, conservó su forma primitiva (Lam I, fig. 2).- Otras veces, al pasar a pirita se producen una serie de pequeñas fracturas paralelas a (0001) de pirrotina, tomando la pirita resultante un aspecto escamoso.- Este tipo de reemplazo predomina en los niveles inferiores aunque en ciertas vetas se encuentra también en los superiores (Potosí, Blanca, Colquechaca, Mollagua).-

En cambio, en los niveles más superficiales es notable el pasaje de pirrotina a marcasita.- La marcasita reemplaza a pirrotina generalmente en individuos maclados, con maclas laminares perpendiculares al eje C de la pirrotina, es decir paralelo al clivaje basal (0001).- Además la transformación de pirrotina se produjo probablemente antes de finalizar el período de mineralización, porque se han hallado cristales de marcasita pseudomórficos de pirrotina fracturados y desplazados, cementados por una mineralización de blenda clara.-

Hay que recordar que la pirrotina está formada por dos componentes: uno claro, laminar, llamado β , y otro más oscuro α .- Estas dos formas se hallan generalmente intercrecidas, con las láminas del componente β , dispuestas paralelamente a (0001) de (Ramdohr 1960).- Posteriores investigaciones (Oehlen y Piller, 1965, Desborough y Carpenter, 1965), mostraron que el componente α es la forma hexag

nal, y el β , la monoclinica.- La composición química de α sería Fe_9S_{10} y de β Fe_7S_8 .- Con respecto a esto, en la veta Blanca fue hallada una pseudomorfosis de ese intercrecimiento, muy interesante, porque la pirita reemplaza a la forma β y la marcasita a la α .- Este reemplazo selectivo no ha sido citado antes en la literatura y podría ser un tema interesante de investigación.- La descomposición de la pirrotina produce a veces una textura en forma de paquetes de cristales curvados como hojas de libro dobladas) formados por marcasita.- Ramdohr, (1960) la interpreta como un grado intermedio de disolución de pirrotina y Turneaure y Gibson (1945), como pseudomorfosis según teallita.- En nuestra opinión los cristales de pirrotina estaban ya doblados antes de ser reemplazados pseudomórficamente por marcasita y este fenómeno pudo producirse, ya sea por cristalización en un medio metacolooidal, por razones tectónicas o, por ser pseudomórficos de cristales curvados de wurtzita dentro de schalenblenda.-

El orden de depositación de pirrotina ya ha sido tratado junto con pirita, al tratar las texturas presentadas por estos dos minerales.-

ARSENOPINITA

Composición química: $Fe As_{0.9} S_{1.1}$ - $Fe As_{1.1} S_{0.9}$
 Sistema Cristalino: pseudorómbico y pseudomonoclinico.- Según Morimoto y Clark (1961) triclinico.-

Es un mineral común en todas las vetas, aunque se halla en escasa proporción.- Se observa en secciones pseudorómbicas o en cristales prismáticos de tamaño reducido, no mayores de 0,15 mm. de longitud, a veces arusoides en niveles cercanos a la superficie.- En otros niveles más profundos se hallaron drusas con cristales de hasta 5 mm. de longitud, idiomorfos, de hábito prismático con estrigaciones paralelas a (001).- Dichos cristales tienen maclas lamelares muy finas, probablemente de inversión del sistema monoclinico al triclinico.-

Se depositó durante los dos periodos de mineralización.- En el primero, acompañando a pirrotina y pirita, en forma rítmica, siendo los cristales muy corroi-

dos y reemplazados principalmente por casiterita y minerales posteriores, quedando a veces relictos en forma de cristales esqueléticos.-

Los cristales del segundo período se formaron al comenzar este, y luego de la depositación de miargirita, y reemplazando también, en pequeños metacristales rómbicos, a veces con textura en cadena, a schalenblenda, estannita común y del tipo II, isceostannita I, schirmerita, y pirargirita.- Estos cristales están corroídos parcialmente por estannita castaña.-

Las distintas generaciones se debieron a fluctuaciones en el contenido de arsénico de las soluciones mineralizadoras.-

CASITERITA

Composición Química: Sn O₂

Sistema Cristalino: tetragonal

Junto con pirrotina y pirita es uno de los primeros minerales en depositarse durante el primer período de mineralización.-

Se determinaron varias clases de casiterita: 1) casiterita granular; 2) casiterita acicular y fibrosa; 3) casiterita criptocristalina.-

(1) - Casiterita granular: reemplaza a la roca de caja desarrollando metacristales bien formados (prisma y pirámide tetragonal) a veces maclados según (101) (tipo pico de pájaro).- Generalmente es más abundante en las areniscas y grauvacas que en las lutitas.- En estas últimas reemplaza a la pirrotina y pirita, depositadas con anterioridad.-

En las vetas se halla en agregados cristalinos a veces arrinonados, especialmente en los niveles mas superficiales, -como Potosi 6 1/4, Oploca G 5 1/4, Blanca 7 1/2- y compuesta por cristales bien desarrollados en forma de prisma y bipirámide tetragonal sola.- Dichos cristales, cuyo color varia desde el naranja rojizo al amarillo y blanco, son muchas veces zonales, alcanzando un tamaño no mayor de 0,3 mm. en las muestras observadas, y un tamaño medio de 0,06 mm.-

Los agregados de tipo arrinonado, a veces con forma de rosetas, no son de origen coloidal, ya que están formados por individuos bien cristalizados (Lam. II..

Fig. 4.....).- El color de los agregados varia desde el centro a los bordes (rojizo a blanco).- En los niveles inferiores la casiterita generalmente es más coloreada y existe un desarrollo notable del prisma tetragonal, mucho mayor que en los superiores.- El tamaño medio de los cristales disminuye en los niveles inferiores a unos 0,02 mm.- Considerando la variación de formas halladas, corresponden a las tipos 4 y 8 (bipirámide tetragonal y bipirámide y prisma tetragonal combinados respectivamente), en las vetas, y al tipo 11 (bipirámide tetragonal de 1° y 2° orden, prisma tetragonal de 1° y 2° orden, con maclas según 101) en la roca de caja y rara vez en vetas (Varlamoff (1949).- Según este autor, las distintas formas desarrolladas en casiterita, son producidas por diferencias de temperatura debidas a la mayor o menor proximidad con el cuerpo magmático intrusivo que originó el depósito.- Aunque el desarrollo de diferentes formas cristalinas de un mismo mineral producidas por las variaciones de temperatura, es un problema aún no totalmente resuelto, puede tomarse en ciertos casos como guía.- Las formas predominantes halladas en Pirquitas, correspondientes a los tipos 4 y 8, son características de zonas de temperatura intermedia, y concuerdan con las condiciones de temperaturas previsibles para depósitos de casiterita y sulfuros.-

La casiterita granular reemplaza a pirrotinapirita, formando venillas que siguen límites entre bandas y dando a las vetas una textura que podría confundirse con las producidas por precipitación rítmica fraccionada (pirrotina-pirritas-casiterita), si no fueran tan evidentes los relictos de dichos sulfuros dentro de las masas de casiterita (Lam. V.... Fig. 13...).- Este tipo de reemplazo predomina en todas las vetas y en todos los niveles de la zona.- Además, los reemplazos en pirrotina y pirrita se produjeron siguiendo zonas de crecimiento, clivajes y límites entre granos, y originando texturas de tipo atolón, de brechas de reemplazo y pseudocutéticas.- (Lam. IV, Fig 12)

(2) - Casiterita acicular y fibrosa: Es común hallar en los niveles más cercanos a la superficie pequeñas drusas, formadas por casiterita granular y rellenas de

este mismo mineral en forma de agujas transparentes o blancas (ej. Colquechaca niv. H10 1/4; Oploca, 0 5 1/4).- Esta forma acicular puede ser hipogénica o supergénica, no existiendo criterios para diferenciarlas.-

Otras veces pueden observarse agregados en forma de fibras curvadas de casiterita pseudomórfica según teallita o franckeita.- Esta casiterita es a veces drusoide y en algunas muestras puede observarse reemplazando a teallita, por lo que puede considerarse secundaria.- (Lám. IV.... Fig. 10....)

(3) - Casiterita criptocristalina: En los niveles intermedios de San Pedro y Chocaya fueron hallados agregados criptocristalinos de casiterita color blanco lechoso, que a veces tienen una tonalidad rojiza en el contacto con schalenblenda.- Estos agregados tienen a veces textura framboidal o botroidal con centros microcristalinos rodeados por fibras de casiterita concéntrica (ej. H10).- Estos cuerpos, frecuentemente, en forma de venillas, reemplazan a las estannitas y probablemente se producen por descomposición de otras estannitas más superficiales, con migración y redepositación de casiterita.- Como solo se encuentran localmente y en proporción relativamente pequeña, carecen de valor económico, (Véase San Pedro niv 12).-

En algunos niveles de Potosí se la encontró asociada con una schalenblenda también secundaria (ej. Potosí, 9 3/4 y 8 1/2).-

BLANDA Y WURTZITA

Composición Química: SnZn pueden entrar en la estructura en lugar de Zn; Mn, Fe, Cd, Ba, In, Ge, etc.-

Sistema Cristalino: cúbico y hexagonal respectivamente

Schalenblenda: Se denomina así a agregados colloiformes de blenda y wurtzita, de origen coloidal o metacoloidal (Lamböhr, 1960; Edwards, 1954).- Generalmente consiste en núcleos de wurtzita rodeados de capas concéntricas de blenda que alternan con aquella y con características texturales de depositación coloidal bien marcadas (formas redondeadas, fracturas de contracción, superficies de interferencia rectas por crecimiento.- (Lám. II..... Fig. 5.....).-

En Mina Pirquitas se presenta en grandes bandas crustificadas y a veces en nódulos aplanados que llegan a tener unos 30 cm. de diámetro.-

Este tipo de mineralización alcanzó proporciones relativamente grande en todo el distrito y fue la que siguió luego de la mineralización de pirrotina-pirita-casiterita, continuando en los últimos estadios del primer período de mineralización y en el principio del segundo período.-

Dentro de la schalenblenda se pueden distinguir fácilmente las blendas y las wurtzitas por su diferente textura y características ópticas.- En algunos agregados de grano muy fino esta distinción se hace muy difícil.-

Blenda: Este mineral cuyo color varía desde el blanco al rojo (poco frecuente), pasando por el amarillo y naranja, presenta diferentes grados de cristalización, desde el criptocristalino al de cristales con caras bien desarrolladas.- Conserva siempre sin embargo, la forma externa arriñonada o nodular de los agregados coloidales.-

Wurtzita: Se encuentra generalmente en fibras o cuerpos prismáticos curvados, ^{Fig. 1} dispuestos radialmente, alrededor de los cuales muchas veces se depositaron capas de blenda y del mismo mineral.- El color varía del rojo naranja al blanco.-

Características de la schalenblenda del primer período mineralizador: Como la textura general de la veta lo indica (bandedo crustificado) hubo repetidas pulsaciones de schalenblenda, separadas por refracturaciones de la veta.- Esto dio origen a que fragmentos de los minerales depositados anteriormente, (pirrotina-pirita-arsenopirita-casiterita y galena schalenblenda), sirvieran como centros de depositación de las siguientes generaciones de blenda y wurtzita.- Generalmente la blenda fué más abundante durante los primeros impulsos mineralizadores, aumentando el contenido de wurtzita hacia el final del primer período mineralizador.- Hay que destacar además, que las depositaciones ricas en blenda están asociadas a las mineralizaciones de galena, y las de wurtzita a las de sulfuros de plomo y antimonio.-

La schalenblenda rellena fracturas y reemplaza siguiendo límites entre gra

nos, zonas, y clivajes a los agregados y fragmentos de pirrotina-pirita-casiterita.- A veces sus componentes, ya sea la blenda en finas venillas o la wurtzita, reemplazan automáticamente a los minerales antes citados. En algunos contactos con marcasita (ex-pirrotina) se observó dentro de la blenda coloidal una difusión de hierro en forma de halo coloreado.-

Con respecto a la schalenblenda del segundo período mineralizador, presenta diferencias marcadas con las anteriores, por su escasa proporción en las vetas, carácter menos coloidal, aumento en el contenido de blenda rojo-naranja bien cristalizada, y una notable disminución de wurtzita.- Forma venillas que cortan a veces en ángulo de 25° al bandeado de la primera mineralización. Está acompañada por cuarzo, estannitas, y sulfosales de Bi, Sb, y Ag, contiene pequeños cuerpos de meamezola de isoestannita II y calcopirita.-

Hay que mencionar además, blenda coloidal secundaria que forman a veces venillas o bandas junto con casiterita secundaria y cuyo color varía del blanco al naranja vivo.-

Otro tipo de blenda es la que aparece en pequeños cuerpos redondeados en forma de halos en los límites del reemplazo de schirmerita sobre estannita común, estannita II o isoestannita I, debido a una probable exolución de Sn.-

Los diagramas efectuados con difracción de rayos X en varias muestras de schalenblenda dieron siempre la asociación de blenda y wurtzita, bien cristalizadas.-

Freibergita:

Composición química: $5 (Cu, Ag)_2 S_2 (Cu, Fe) 3.23b_2S_3$.-

Sistema Cristalino: cúbico.-

Características Microscópicas:

Color: gris con tinte castaño amarillento, más claro que la blenda y más amarillo que las tetraédritas,

Anisotropía: isótropa.

Reflejos internos: castaños rojizos observables en los bordes del mineral.-

Reflectividad aproximada: = tetraédrita.

Dureza: < blenda > margarita

Se presenta en pequeña cantidad en los niveles superficiales de algunas ve

tas (Potosí, nivel 6 1/4 y Chocaya, nivel 7 1/2 y 8 1/2.- Forma masas redondeadas como las tetraedritas, generalmente aisladas, en cuarzo y schalenblenda.- En la zona de oxidación es reemplazada por plata nativa y goethita

Galena

Composición Química (SPb)

Sistema Cristalino: cúbico.-

Es un mineral que se deposita junto con las primeras generaciones de schalenblenda y esta presente en todas las vetas.- Reemplaza a los minerales anteriores, -pirrotina-pirita-casiterita-en venillas de grano fino.- Se halla reemplazando a pirita y arsenopirita intergranularmente y presentando contactos de caries y apofisis.-

Los cristales desarrollados en schalenblenda tienen a veces contactos inversos de caries, y otras muestran un buen automorfismo (cubos), dependiendo del grado de cristalización de la schalenblenda en el momento de formarse.- Una característica notable de los contactos presentados por la galena en algunas venas de schalenblenda, es que los cristales cercanos al borde muestran contactos inversos de caries y los del centro, en cambio, son metacristales perfectos.-

Fueron halladas algunas pseudomorfosis de galena, aparentemente según cilindrita (Potosí y Oploca)?.-

La galena es común en todos los niveles intermedios y menos frecuente en los superficiales y profundos.- En los intermedios suele estar intensamente reemplazada por los minerales pertenecientes al segundo período mineralizador.-

Cilindrita ?

Composición Química: 3PbS. Sb₂S. 4 SnS.-

Sistema Cristalino: hábito cilíndrico, formado por capas concéntricas.-

Características Microscópicas:

color: blanco grisáceo,

pleocroismo: blanco crema a blanco gris azulado,

anisotropía: azul oscuro a blanco amarillento,

reflectividad aproximada: cercana a galena,

dureza: < schalenblenda.-

Forma de presentarse y asociaciones: Por la poca cantidad del material hallado la determinación realizada es dudosa.- Solamente fue encontrada en los niveles 8 1/2 de Potosí y H 10 1/4 de Colquechaca y algunas pseudomorfiósis de galena según cilinirita fueron observadas en la veta Oploca, nivel 7 3/4.-

Se presenta en forma de cuerpos alargados y rara vez se observaron secciones basales circulares.- Las secciones longitudinales presentan especies de estratificaciones debido a las diferentes capas que componen al mineral y que se comportan, con nicóles cruzados, como maclas lamelares.- Reemplaza a pirita y schalenblenda.-

Boulangerita.

Composición química: 5 PbS. 2 Sb₂S₃.-

Sistema Cristalino: monoclinico.

Características Microscópicas:

color: blanco con un tinte verdoso azulado,

pleocroismo: notable, blanco grisáceo a gris verdoso,

anisotropía: en aceite menor que en aire, gris claro, canela, castaño y gris azulado,

reflejos internos: rojos, a veces observables en los bordes de algunas fibras,

dureza: blanda, algo menor que galena,

reflectividad aproximada: como galena,

Se encuentra en agregados cristalinos granulares, fibrosos, aciculares o tabulares, reemplazando a schalenblenda (especialmente wurtzita), a veces con contactos inversos de caries y menos frecuentemente reemplaza a pirita (cm.3, fg)

Se encuentra en los niveles superiores de las vetas Potosí y Blanca y muy abundantemente en los de Chocaya y San Miguel, disminuyendo hasta desaparecer en los intermedios.-

El diagrama de rayos-X coincide con el dado en el Peacock Atlas (Garry y Thompson, 1961).-

Semseyita:

Composición química: 9 PbS. 4 Sb₂S₃.-

Sistema cristalino: monoclinico,

Características microscópicas:

color: blanco amarillento verdoso,
pleocroismo: blanco amarillento a gris verdoso,
anisotropía: gris claro, gris azulado, castaño,
dureza: casi igual a galena,
reflectividad aproximada: como galena,

Se encuentra en agregados cristalinos granulares, fibrosos o tabulares, en schalenblenda, a la cual reemplaza, como también a galena y pirita, desarrollando a veces metacristales tabulares de formas perfectas.-

A veces forma venillas de grano muy fino en schalenblenda.-

Es abundante en el nivel 8 de la veta Colquiri.- No se observó en otros lugares.-

El diagrama de rayos X coincide con el dado en el Peacock Atlas.- (Berry y Thompson, 1961).-

Teallita:

Composición química: Pb_3SnS_4 .

Sistema cristalino: ortorrómbico,

Características microscópicas,

color: blanco crema,
pleocroismo: blanco a amarillo claro,
anisotropía: fuerte: azul, violeta, verde, amarillo,
dureza: < blenda,
reflectividad aproximada: como galena,

Se halla en los niveles superiores de las vetas (ej. Oploca, nivel G 5 1/4) en individuos en forma de fibras y cintas curvadas.- Reemplaza automórficamente a casiterita.- Se descompone o es reemplazada pseudomórficamente por casiterita secundaria.- (Lom IV, Fig 10)

Este mineral no fue encontrado en los niveles superiores de las vetas que fueron muy trabajadas.- Esto puede deberse a la insuficiencia del muestreo o a la intensa alteración en las vetas cerca de la superficie ya que algunas pseudomorfosis encontradas en otras vetas (Chocaya, Potosí, Colquechaca) sugieren que

la depositación de teallita fue general en la zona, aunque en poca proporción.-

Frankeita:

Composición química: $5\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 3\text{SnS}_2$

Sistema cristalino: ortorrómbico,

Características microscópicas,

color: gris blanquecino, con tinte azulado,

pleocroismo: paralelo a c : gris blanquecino azulado; perpendicular a c : gris amarillento claro,

Anisotropía: azul, gris amarillento, gris castaño,

dureza: $<$ blenda,

reflectividad aproximada: como galena,

maclas: polisintéticas,

Solamente fué hallada en el nivel G 5 1/4 de Oploca.- En cuerpos tabulares o fibras en forma de plumas menos curvadas que las de teallita.- A veces se observan maclas polisintéticas producidas por corrimiento.-

Reemplaza pirrotina y casiterita automórficamente.- Es reemplazada por casiterita secundaria.- La frankeita, al igual que la teallita, debe haberse depositado también en otras vetas.- Las razones por las cuales no ha sido encontrada son probablemente las mismas que se han dado para ese mineral.- (Lam IV, fig 11)

Andorita-fizelyita: ?

Composición química: $5\text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot 4\text{Sb}_2\text{S}_3$ (Hiller y Walenta, 1960).-

Sistema cristalino:

Características microscópicas:

color: blanco amarillento verdoso; en contacto con galena; gris verdoso,

pleocroismo: débil, blanco amarillento a verdoso,

anisotropía: verde grisáceo, gris violeta, azul grisáceo,

reflejos internos: rojos,

dureza: $D >$ galena; $D \leq$ blenda,

reflectividad aproximada: mayor que tetraedrita,

maclas: lamelares,

Se halla en agregados cristalinos y en metacrystalos prismáticos, con maclas polisintéticas en dos direcciones, reemplazando a galena y schalenblenda.-

Solamente ha sido hallada en la veta Potosí, en los niveles intermedios, y en forma relicta en Chocaya, en niveles similares.-

Como sucede en grupo de sulfosales de antimonio y plomo, solamente es segura su identificación por medio de rayos-X, y debido a la poca cantidad del material hallado, no ha podido realizarse el diagrama correspondiente.-

Geocronita:

Composición química: $5PbS \cdot (Sb,As)_2S_3$.-

Sistema cristalino: pseudohexagonal, monoclinico.-

Características microscópicas:

color: blanco verdoso,

pleocroismo; débil, blanco amarillento a blanco verdoso,

anisotropía: notable en las láminas de maclas: gris azulado a blanco,

reflectividad aproximada: alta, parecida a galena,

dureza: D galena,

maclas: polisintéticas, en una sola dirección, de grosor uniforme, que carac
terísticas.-

Se halla asociada a galena, formando masas aisladas o relictas en schlanblenda y estannitas respectivamente.-

Se lo observó en algunas muestras del nivel 12 de Chocaya.-

La clasificación de este mineral ha sido hecha ^{en} ^{de} base a sus características ópticas, porque no pudo realizarse diagrama de rayos-X.- Como sucede con las sulfosales complejas de plomo, este método no es seguro.-

Estannitas:

La estructura similar entre estannita, calcopirita, tetraedrita y blenda (tipo blenda de zinc) es uno de los factores que permite que los compuestos

S_4Cu_4FeSn ; S_2CuFe ; Cu_3SbS_3 - Cu_3AsS_3 ; S_2Zn , S_2Fe , formen soluciones sólidas entre sí a temperaturas relativamente altas.- También favorece la formación de soluciones sólidas la similitud de los radios iónicos de los elementos que entran en su composición: $Fe^{3+} = 0.83 \text{ \AA}$; $Sn^{4+} = 0.74$; $Cu^+ = 0.96 \text{ \AA}$; $Zn^{2+} = 0.83 \text{ \AA}$.- Por otra parte, estos cationes pueden además ser sustituidos por otros - Ag; As; Sb; Cd; Bi; Ce; etc.- dando origen a soluciones sólidas bastantes extensas.-

Como es de esperar, estas variaciones en la composición química de los compuestos citados producen modificaciones importantes en el tamaño de la celda elemental y en las propiedades ópticas, físicas y químicas.-

En el grupo de las estannitas esta variación es notable y su estudio fue emprendido por varios investigadores mediante la utilización de diversos métodos; como son los de determinación de propiedades ópticas, síntesis, rayos-X; y análisis con microsonda.- Sin embargo las investigaciones son siempre difíciles debido a que las estannitas presentan comunmente intercrecimientos microscópicos que imposibilitan prácticamente la separación del mineral, impidiendo de esta manera, en muchos casos, su determinación exacta.-

Ramdohr (1944) reunió los datos de sus investigaciones y los conocidos hasta esa fecha y agrupó a las estannitas - de acuerdo con sus diferencias ópticas y röntgenográficas - en los siguientes tipos:

estannita común,
estannita I (= hexaestannita),
estannita II (= isoestannita),
estannita III,
estannita IV.

La denominada estannita común por Ramdohr, no coincide en su diagrama de rayos-X con la estannita común determinada por Brockway (1934) en Berry y Thompson (1961).-

Moh (1960) y Moh y Otteman (1962), considerando que quedaban muchos problemas sin aclarar en lo que corresponde a composición química, propiedades ópticas, diagramas de rayos-X, y génesis de este grupo de minerales, trataron de resolverlos mediante síntesis.- En primer término estudiaron las fases correspondientes al sistema $FeS - CuS - SnS$ y posteriormente introdujeron otros elementos como Ag, Zn, As, Sb, Bi, Cd, Ni, Ge, Ta, In, etc., en los productos sintéticos.- Observando la tabla n° 2 :

TABLA Nº 2 Elementos que pueden ser incorporados en la estructura de las estannitas, según Moh y Otteman (1962)

23 <u>V</u>	24 Cr	25 <u>Mn</u>	26 <u>Fe</u>	27 <u>Co</u>	28 <u>Ni</u>	29 <u>Cu</u>	30 <u>Zn</u>	31 <u>Ga</u>	32 <u>Ge</u>	33 <u>As</u>	34 <u>Se</u>
41 Nb	42 <u>Mo</u>	43 Te	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 <u>Ag</u>	48 <u>Cd</u>	49 <u>In</u>	50 <u>Sn</u>	51 <u>Sb</u>	52 <u>Te</u>
73 Ta	74 W	75 <u>Re</u>	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 <u>Hg</u>	81 <u>Tl</u>	82 <u>Pb</u>	83 <u>Bi</u>	84 Po

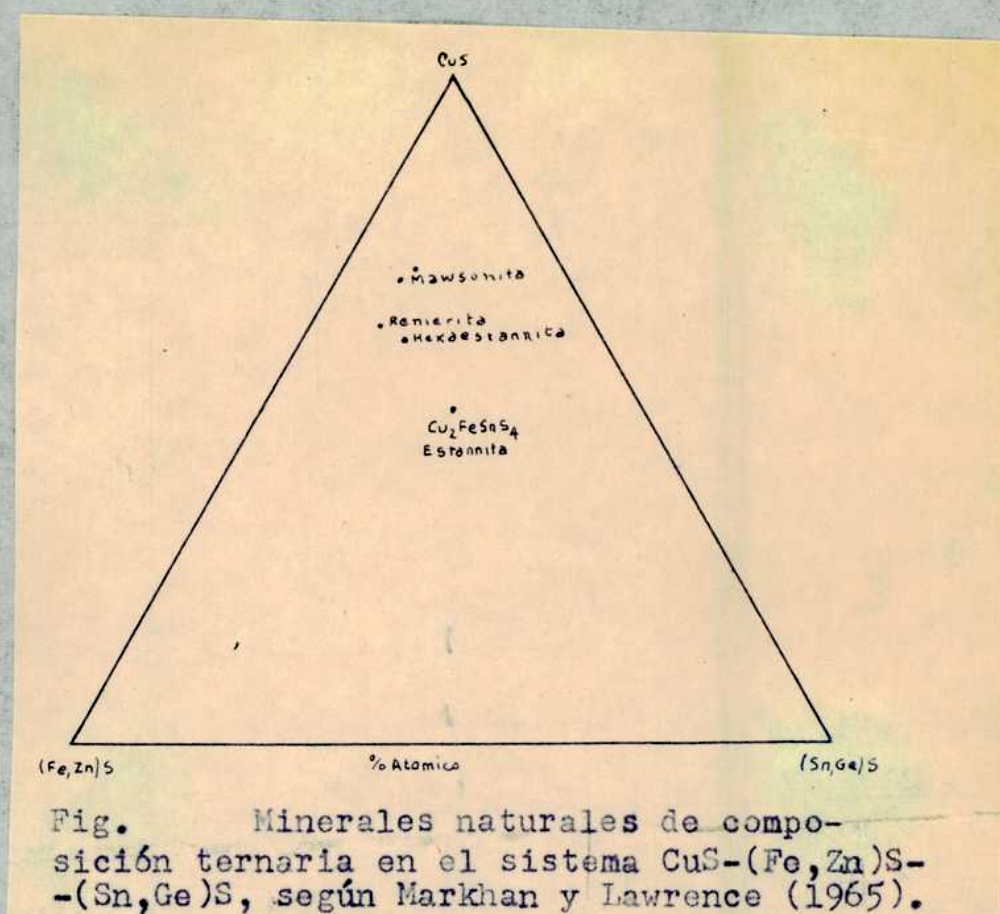
- según Moh y Otteman (1962)- ~~figuran~~ ^{que} - salvo el azufre, todos los otros elementos de la tabla periódica pueden ser incorporados en la estructura de las estannitas.- Los que están marcados con doble línea indican los que fueron investigados mediante microsonda, tanto en productos sintéticos como en productos naturales, y los marcados con una sola, sobre estannitas naturales.-

Hay que hacer notar que los diagramas de rayos-X realizados con los productos sintéticos no coincidieron con los de las estannitas naturales de igual composición.-

Además, en el trabajo citado anteriormente se mantuvo la clasificación de Ramdohr, pero se diferenciaron 4 tipos de isoestannitas mediante la determinación de su composición química, propiedades ópticas, y paragénesis, y fueron agregados otros grupos relacionados con las estannitas como las tetraedritas de estaño, las estannoluzonitas, etc.-

Markham y Lawrence (1965) hallaron otro mineral en Mt. Lyell, Tasmania y en Tingha, Nueva Gales del Sur, Australia, correspondiente al sistema $SCu-S(Fe, Zn)-S(Sn, Ge)$ que había sido clasificado anteriormente, como bornita naranja.- Este nuevo mineral, cuya fórmula es $Cu_7Fe_2SnS_{10}$, fue denominado mawsonita por dichos autores; es tetragonal pseudocúbico y está asociado a bornita, hexaestannita y casiterita.- La composición de los minerales naturales encontrados

hasta ahora en el sistema mencionado está representada en el siguiente gráfico (seg. Markham y Lawrence, 1965):



Las estannitas de mina Pirquitas han sido determinadas en base a sus características ópticas, diagrama de rayos-X, y también por sus asociaciones minerales.- Para su descripción se las ha agrupado de acuerdo con la estructura cristalina, en los siguientes términos:

- A: estannitas hexagonales (hexaestannita, estannita III)
- B: estannitas cúbicas (isoestannitas I, II y III ?)
- C: estannitas tetragonales (estannita común)

Hexaestannita:

Composición química: $\text{Cu}_3\text{Fe}_2\text{Sn}_6$ (Zn).- La composición química exacta es dudosa, Ramdohr (1944) le atribuyó la fórmula citada, pero Moh y Otteman (1962) no pudieron obtenerla con sus minerales de síntesis.- Radkewitsch y Poljakowa (1960) mencionan un mineral del grupo de las estannitas hexagonales con un cierto contenido de zinc.- Moh y Otteman (1962) mediante un análisis químico cualitativo con microsonda obtuvieron zinc para una hexaestannita de la mina Ashio (Japon).-

Markham y Lawrence (1965) dan, además, el valor de 4.1 % de zinc para la hexaestannita de Tingha.-

Es probable que la hexaestannita observada en Pirquitas, debido a su estrecha relación con blenda, contenga también zinc.-

Sistema cristalino: hexagonal, con red de wurzita (Ramdohr, 1944)

Características microscópicas: presentan diferencias con la estannita de Ramdohr, acercándose más a la descrita por Markham y Lawrence (1965).-

pulido: bueno

color: amarillo rosado

pleocroísmo: notable, amarillo rosado a castaño naranja

anisotropía: fuerte; castaño rojizo - amarillo grisáceo

duresa: $D >$ galena; $D <$ isoestannita II y blenda

reflectividad (aproximada): semejante a estannita común.-

Se halla en metacristales basales hexagonales y en secciones triangulares.-

Raras veces es masiva.- (Lam V, fig 13)

Se forma generalmente en el frente de reemplazo que constituye la segunda mineralización de cuarzo y estannitas sobre la anterior de casiterita, pirita, schalenblenda y galena.- Probablemente debido a su mayor fuerza de cristalización relativa, los cristales más perfectamente desarrollados se producen sobre la schalenblenda.- El reemplazo sobre casiterita, pirita, y galena es menos autómrfico.-

Puede decirse que la hexastannita es un mineral inestable en este yacimiento y que pasa rápidamente a isoestannita II, o es reemplazado periféricamente por ella.- Fue observada únicamente en el nivel 12 de Chocaya (Lam V, fig 15)

Por el tamaño microscópico de los cristales, por su poca cantidad, y por encontrarse generalmente intercrecida con otros minerales fue imposible hacer la identificación mediante rayos-X, problema que generalmente presentan las hexaestannitas estudiadas por otros autores (Markham, com. epistolar).- El único diagrama conocido de hexaestannita es el de Ramdohr (1944), pero como es evidente en este grupo, pueden variar al introducirse otros cationes en la estructura.-

Estannita III

Composición química: La composición química corresponde a la fórmula general $XSnS_2$, donde X es igual a plata o cobre y en menor proporción zinc y hierro.- Dentro de este grupo se colocan las llamadas estannitas castañas (isótropas y anisótropas) que parecen ser, según lo conocido hasta ahora, una variedad de la estannita III, con un alto contenido de plata.-

Moh y Otteman (1962) hallaron mediante un análisis químico con microsonda, realizado sobre una estannita castaña de la mina Pirquitas (determinada ópticamente por Ramdohr (1944), que la plata había reemplazado casi el 40% del contenido teórico de cobre de la estannita y que la proporción de zinc era más alta que la común.- Es nuestra opinión que deben contener antimonio o bismuto, por las paragénesis halladas.-

Sistema cristalino: Hexagonal, pseudocúbico, con red de wurzita. (Ramdohr, 1944)

Caracteres microscópicos: Fueron determinados en un agregado de estannita III con pasaje a estannita castaña.-

color: negro grisáceo,
raya: negra grisácea,
brillo: metálico,
fractura: subconcooidal a irregular,
dureza: 2 1/2

Características microscópicas: Ópticamente se pueden distinguir fácilmente estannita III de las estannitas castañas y grises castañas.-

Estannita III:

color: gris castaño amarillento,
pleocroismo de reflexión: castaño amarillento - castaño grisáceo,
anisotropía: notable; azul - rosa púrpura,
dureza: D = estannita común; D < blenda; D > calcopirita,
poder de reflexión: algo menor que el de la estannita común,
maclas: polisintéticas, generalmente en 3 direcciones (parquet).-

Estannitas Castañas y Grises Castañas: A pesar de las variedades que presentan, se dan a continuación solamente las características ópticas del término extremo (isótropo) y de algunas estannitas intermedias entre ésta y la estannita III.-

color: gris oscuro con tonalidad café (los términos intermedios son más claros, a veces más grisáceos, otras más rosados o castaños).-se muy común hallar un término castaño oscuro, ligeramente anisótropo.

pleocroismo: muy débil

anisotropía: isótropo.- El término castaño citado tiene colores de anisotropía semejantes a los de estannita III.-

duresa: $D <$ estannita III; $D >$ pirargirita.-

Reemplaza pseudomorfiamente a hexaestannita, isoestannita II ? , y a estannita normal.- Al reemplazar a la hexaestannita se producen pequeños cuerpos de desmezcla de calcopirita.- Pero el reemplazo más común de hallar es el de la estannita normal por la estannita III.- Cuando este reemplazo no es total pueden verse relictos del mineral anterior dentro de masas del nuevo mineral, solo distinguible con nicoles cruzados, y la pseudomorfosis puede producirse según planos de macla, de manera tal, que muchas veces la estannita III presenta maclas heredadas de la estannita común (Lam. VI, fig. 16.).-

Reemplaza en agregados masivos o en venillas a pirita, según límite entre granos y olivajes, y a la schalenblenda siguiendo zonas de crecimiento.- Rara vez se halla reemplazando a casiterita, haciéndolo en venillas finas.-

Es muy abundante en los niveles ricos en sulfosales de plata y de bismuto donde predomina el segundo tipo de mineralización: veta San Pedro N 9 3/4 y N 12; veta Chocaya, N 10 1/2 (sector San Miguel).- En estos lugares gran parte de la estannita común ha sido reemplazada por estannita III.- En los niveles donde se superpone con los minerales de la primera mineralización los reemplaza.- Es buen ejemplo el reemplazo pseudomórfico de boulangerita, (Chocaya, nivel 8 1/2; San Miguel, nivel 12).- En niveles superiores, se forma localmente en el contacto de minerales de plata con casiterita.-

En cuanto a las estannitas castañas, son notables los cambios de color observados en los términos intermedios durante el pasaje de la estannita III a la estannita gris chocolate, isotropa; generalmente se manifiestan por un aumento de color (más oscuro) y una disminución en su anisotropía.- Puede suceder que ciertas variaciones locales de color sean producidas por la incorporación de otros cationes (Zn, Bi).-

La estannita gris café, reemplaza a las de la estannita III y de los minerales que esta había reemplazado anteriormente, a isoestannita I, a schirmerita y a pirargirita y a schalenblende (Lam. II, fig. 11-18).- Por lo tanto puede considerarse la posibilidad de formación de esta estannita cubica de plata (o plata y bismuto) a una temperatura baja, sin la necesidad de un reemplazo ionico en la estructura de una estannita III previamente existente.- Cuando reemplaza total o parcialmente a isoestannita II, suelen formarse fracturas de contracción en su superficie.-

La razon de haber colocado el término, isotropo dentro del grupo de las estannitas III es que los diagramas de polvo de rayos-X son coincidentes, tanto el obtenido en una estannita III como el realizado en una sección donde hay un pasaje directo de estannita III a estannita gris café.-

En la tabla N° 3 se da el diagrama de polvo obtenido de una sección pulida en el pasaje de estannita III a estannita gris café isotropa.- Este diagrama no coincide con el dado por Hambohr (1944), pero dada su paragenesis y características ópticas, se colocó este grupo entre las estannitas III siguiendo la posición de von Otteman (1962) en su clasificación.- Las líneas medidas no coinciden exactamente con ningun mineral conocido.-

Se debe agregar a lo dicho, que Hambohr (1944) determinó en dos cortes pulidos de mina Firquitas la llamada estannite castaña (de color gris oscuro) asociada a minerales de plata y probablemente no realizó diagrama de rayos-X debido al intercrecimiento muy fino con otros minerales y a la poca cantidad de material disponible.-

Estannita Común:

Composición química: Cu_2FeSn_4

Sistema cristalino: tetragonal (pseudocúbico).-

Caracteres macroscópicos

color: gris bronce,
raya: negra,
brillo: metálico,

dureza = 4,

fracturas: irregular,

formas observadas: cristales de forma tetraédral, combinados con maclas de contacto, siendo el plano de macla paralelo $\bar{3}$ ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) y de penetración, plano de macla paralelo a (101) .-

Características microscópicas: difieren de las dadas por Kamohr (1960).-

color: castaño crema oliva.- A veces más claro: crema castaño,

pleocroísmo: crema grisáceo, castaño oliva,

anisotropía: notable; castaño amarillento-verde oliva-gris azulado a claro.- Generalmente hay una superposición de colores y se observan solo 2, cada 90° : oliva amarillento y gris azulado claro,

reflectividad = bornita,

dureza: $D >$ calcopirita; $D <$ blenda,

maclas: polisintéticas en 2 ó 3 direcciones (fig. n° 19-20, 24) ^(Lam VII) Algunas maclas son en forma de huso (inversión) y otras son las comunes de crecimiento.- Rara vez se observan las tipo microclino.- Los agregados de grano muy fino no tienen maclas (recristalización?).-

Es a veces pseudomórfica de isoestannita II?, y se la observa en secciones de tetraedro o en formas redondeadas desarrolladas en schalenblenda.- En la mayoría de las secciones pulidas observadas forma agregados masivos de grano variable.-

Reemplaza zonalmente a piritita y corroe algunos cristales de arsenopiritita ^(Lam I)

Forma venillas en casiterita, o la reemplaza en forma centripeta paralelamente al clivaje (100) ; a veces cuando la casiterita reemplazada es de grano muy fino la textura resultante es similar a la mirmequítica.- Generalmente reemplaza a la schalenblenda siguiendo el bandeado coliforme típico de este mineral, quedando en algunas zonas relictos de blenda entre banda y banda.- A veces puede observársela en la schalenblenda con textura de desmezcla, pero proviene del reemplazo pseudomórfico de ~~iso~~estannita II.- En algunas muestras se observan cuerpos de desmezcla de calcopirita en esta estannita.- En algunos niveles forma pequeñas drusas acompañando a cuarzo, schalenblenda y a otros minerales de la segunda mineralización.- Poco comunmente, se hallaron reemplazos de cuarzo por esta estannita.-

Es un mineral abundante en los niveles mas profundos disminuyendo su proporción hasta desaparecer en los superiores.- En algunos niveles donde su deposición se superpone a los minerales del primer periodo, se halla reemplazán-

dolos Nj. Chocaya, nivel 8 1/2.- El diagrama de polvo de rayos-X (tabla) coincide en terminos generales con el realizado por Brockway (1934) (en Berry y Thompson (1961), correspondiente a una estannita de Oruro, Bolivia.- No coincide sin embargo con el uno por Ramdohr (, 1944).-

Isoestannita II: De acuerdo con la clasificación de Moh y Otteman (1962), se llama así a la modificación cúbica de la estannita común (tetragonal).-

Composición química: Tiene una composición idéntica que la estannita común (Cu_2FeSn_4) (Moh y Otteman, 1962), aunque probablemente otros cationes puedan entrar en la estructura, como zinc y cadmio, rara vez plata e indio, pero nunca arsénico o antimonio.- Como estos resultados fueron obtenidos mediante análisis químico con microsonda sobre pequeñas superficies, no se conoce de que manera se hallan incorporados estos elementos, y si ocupando el lugar de cobre o hierro en la red cristalina, o en forma de sulfuros estabilizando la modificación química de mayor temperatura.-

Sistema cristalino: cúbico, con red semejante a la blenda.-

Caracteres macroscópicos: son iguales que los observados para la estannita común.-

Características microscópicas:

color: amarillo grisáceo con tonalidad castaño suave, es más clara que la estannita común.-

anisotropía: isotropa o ligeramente anisótropa,

reflectividad: similar a la estannita común,

dureza: $D <$ blenda; $D >$ calcopirita,

Se puede observar en hermosos cristales, aunque muy pequeños, en schalenblenda, en secciones triangulares rómbicas, y octogonales resultantes de la intersección de cristales tetraedrales maclados, con el plano del pulido.- También forma agregados cristalinos redondeados o siguiendo la tonalidad coloforne de la schalenblenda del segundo período o en desmezcla en ella (como parrilla, moteada o gráfica).-

Reemplaza contripetamente a hexaestannita, siendo a veces pseudomórfica

de ésta.- Durante este metasomatismo se producen pequeños cuerpos de calcopirita.- Reemplaza a pirita y casiterita en venillas o zonalmente.- Forma junto con los minerales de la segunda generación pequeñas drusas.-

Se la halla como mineral de reacción entre schalenblenda, casiterita en los niveles superiores.- Es más abundante en los inferiores, donde queda a veces como mineral metaestable, porque tiende a pasar a estannita común.-

El diagrama de rayos-X de polvo obtenido, coincide (en sus líneas más fuertes) con el dado por Kamdohr (1960) de isoestannita.- (Tabla 3)

Isoestannita I:

Sistema cristalino: Moh y Ottman (1962), determinaron un nuevo tipo de isoestannita, la cual se halla íntimamente relacionada por sus características ópticas, composición química, y estructura cristalina, con las llamadas tetraedritas de estaño ya mencionadas por Kamdohr (1960).- Esto es posible porque los miembros de la serie de las tetraedritas, tienen una estructura similar a las de las estannitas (tipo blenda de zinc).-

Es un hecho conocido que la familia de las tetraedritas forman aparentemente una serie completa entre tetraedrita $(Cu_2Sb)_4S_{13}$ y tennantita $(Cu_3As)_4S_{13}$

.- Además presentan numerosas variaciones pues el cobre puede ser reemplazado por hierro, zinc, plata y plomo, y el arsénico y antimonio por bismuto, dando lugar a las tennantitas y tetraedritas de hierro, zinc, argentíferas (freibergita). etc. (Palache, Berman y Fossé, 1955). Hay que agregar, de acuerdo con los investigadores citados, que el arsénico y el antimonio pueden ser reemplazados por estaño, dando origen a las llamadas estannotetraedritas, dentro de las cuales pueden ubicarse las isoestannitas I.- También dentro de este grupo se colocan algunas colusitas $Cu_3(As, Sn, V, Te, Fe)S_4$, con alto contenido en estaño, como la de Butte, Montana, (Kamdohr, 1960).-

Composición química: Los análisis con microsonda obtenidos sobre arsenotetrahe-

Tabla N°3: Diagramas de Rayos X, de las estannitas de Mina Pirquitas

(aparato: PHILLIPS

CAMARA 114,6 mm., Cu K)

estannita común		estannita III ⁽¹⁾		isoestannita II		isoestannita	
5.40	20	6.17	20	3.12	100	3.12	100
4.88	20	3.92	10	2.71	10	2.70	20
3.12	100	3.62	10	1.91	70	1.91	75
2.71	30	3.23	70	1.63	45	1.63	60
2.43	10	3.09	100	1.56	50	1.56	40
2.37	10	3.06	100	1.35	50	1.35	18
2.21	< 10	2.95	10	1.24	18	1.24	30
1.918	90	2.86	< 10	1.21	70	1.21	50
1.564	< 10	2.82	30	1.105	25	1.104	40
1.360	< 10	2.77	10	1.043	15	1.041	30
1.353	< 10	2.71	40	0.957	8	0.956	15
1.243	20	2.60	< 10	0.916	10	0.914	35
1.109	30	2.55	20	0.903	1	0.902	< 10
1.043	10	2.49	30	0.856	6	0.885	20
0.957	10	2.45	30	0.826	3	0.825	15
0.948	10	2.42	< 10			0.781	10
0.926	< 10	2.37	10				
0.912	< 10	2.25	< 10				
0.860	< 10	2.20	30				
0.857	< 10	2.18	20				
0.829	< 10	2.06	50				
		1.982	20				
		1.950	10				
		1.915	80				
		1.893	80				
		1.825	10				
		1.632	20				
		1.553	10				
		1.471	10				
		1.242	30				
		1.104	10				
		1.042	10				
		0.916	< 10				
		0.826	< 10				

(1) El material analizado proviene de un intercrecimiento de estannita III y estannita castaña.-

dritas de estaño, procedentes de la mina Suttu Hokkaido (Moh y Otteman, 1962) dieron como resultado una considerable cantidad de estaño, poco de antimonio, algo de bismuto, cobre e hierro y trazas de plata y cadmio.- La relación aproximada que se halló fue: Sn: (As, Sb, Bi) = 2:1.- Luego a las tetrahedritas de estaño podría atribuíseles la siguiente fórmula aproximada $(Cu, Fe, Zn, Ag, Pb)_{12} (Sb, As, Sn, Bi)_4 S_{13}$, según nuestra opinión.-

En la isoestannita tipo tennantita de estaño hallada en mina Pirquitas, debe considerarse la posibilidad de que parte del cobre e hierro halla sido reemplazada por plata y plomo, y el arsénico o antimonio por bismuto, debido a su estrecha relación con schirmerita y porque cuando reemplaza a estannita común se producen venillas de segregación de calcopirita en la masas del meta soma, (isoestannita I).-

Características microscópicas:

color: gris verdoso ligeramente azulado o amarillento,
anisotropía: isótropo,
dureza: $D >$ schirmerita; $D <$ estannita común (puede variar según el contenido de plata, bismuto y plomo, probablemente),
reflectividad: aproximada, algo mayor que tetrahedrita,
reflejos internos: rara vez observables.-

Se halla en cuerpos redondeados reemplazando a estannita común y a la de tipo III.- A veces dichos reemplazos se producen progresivamente pudiéndose observar una variación de color (hacia el gris celeste), una disminución gradual de la anisotropía y un cambio de dureza hasta llegar al término final.-

Cuando reemplaza a estannita normal se forman venillas de exsolución de calcopirita (antes mencionada), que solamente atraviesan a la isoestannita I.-

(Lam...X... Fig..25..) En consecuencia, reemplaza a los mismos minerales que las estannitas citadas: pirita, casiterita, schalenblenda e isoestannita II.- Reemplaza a galena siguiendo planos de clivaje o en forma mirmequítica.- Menos frecuentemente rellena drusas formadas por cuarzo y estannitas.- (normal y III)

Es reemplazada por schirmerita, pirargirita, miargirita y estannita castaña.-

En el contacto schirmerita-isoestannita I suelen formarse anillos de reacción

de bournonita.- (Lam. VIII... Fig. 22...)

Se abundante en los niveles intermedios a profundos de las vetas Chocaya y San Pedro.-

Bournonita:

Composición química: $2\text{Pb}_3\text{Cu}_2\text{Sb}_2\text{S}_3$.-

Sistema cristalino: ortorrombico.-

Características microscópicas:

Color: blanco grisáceo, con un tinte verdoso azulado, más claro que tennantita,

pleocroísmo: débil,

anisotropía: azul pálido, gris verdoso, amarillo, castaño y púrpura,

reflectividad aproximada: algo mayor que tetraedrita,

urezas: $\mu >$ schirmerita, $\mu <$ isoestannita II y estannita común.-

Se encuentra en agregados cristalinos de grano fino que forman halos de reacción entre isoestannita I (tipo tetraedrita) y schirmerita.- Menos frecuentemente

se observa entre estannita III y schirmerita.- A veces se hallan pequeñas masas

de bournonita en estannita III, cercanas a schirmerita,

o en este último mineral.- Los halos de reacción observados son:

- 1) isoestannita I (tipo tetraedrita) + schirmerita = bournonita (Lam VIII, Fig 22)
- 2) estannita III + schirmerita = bournonita

Hay que destacar que en la literatura solamente se halla citada bournonita en halos de reacción entre tetraedrita y galena; tetraedrita-galena y goeckronita; y entre calcopirita y boulangerita (Uytenbogaart, 1951; Rindohr, 1966).-

Este mineral se halla en escasa proporción pudiéndose constatar únicamente en los niveles intermedios a profundos de San Pedro (nivel 12), Chocaya (niveles 12 y 13) y San Miguel (nivel 12, nuevo).-

Calcopirita:

Composición química: Cu_2S .

Sistema cristalino: tetragonal.-

Solamente ha sido hallada en pequeños cuerpos y venillas de segregación en schalenblende, estannita común, y estannita III, isoestannita II y I y pirarquirita.- Hay numerosos casos citados de mezcla de calcopirita con blenda y estannita

común (Kamohr, 1960; Edwards, 1954), pero los otros mencionados en el presente trabajo, no fueron hasta el presente observados.- Especialmente si se tiene en cuenta que la formación de esta calcopirita se produce cuando un mineral conteniendo Fe y Cu es reemplazado por otro que luego la segrega de su estructura, quedando en masas o en venillas irregulares dentro del metacuarzo, que se interrumpen en el mineral no reemplazado.- Los casos observados han sido en los siguientes reemplazos:

hexaestannita \rightarrow isoestannita II + calcopirita

hexaestannita \rightarrow estannita común + calcopirita

estannita común + x (Sb, Ag, Bi) \rightarrow isoestannita I + calcopirita (Lam. IX. Fig. 25)

estannita común + x (Sb, Ag) \rightarrow pirargirita + calcopirita (Lam. IX. Fig. 26.)

La calcopirita solamente ha sido observada en las formas citadas en los niveles intermedios a profundos San Pedro (nivel 12), Chocaya (niveles 12 y 13) San Miguel (nivel 12).-

No fue hallada en cristales bien desarrollados, en arusas, como lo menciona Ahlfeld (1948).-

Schirmerita:

Composición química: $2Ag_2S \cdot PbS \cdot 2Sb_2S_3$.-

Sistema cristalino: cúbico \rightarrow ortorrómbico.-

Características microscópicas:

- color: blanco crema,
- pleocroísmo: débil
- anisotropía: observable, dependiente del tamaño de grano: gris amarillento, rosado, azul grisáceo (con nicolas cruzado no cruzado completamente.-
- sureza: $<$ bournonita e isoestannita I, $>$ pirargirita,
- reflectividad aproximada: cerrea, pero algo menor que galena.-

Forma de presentarse y asociaciones: Se halla en agregados masivos (que si ven, la textura bandada colleforme de las vetas), o formados por fibras entrecruzadas en dos o tres direcciones, a veces curvadas, o por pequeños cuerpos redondeados de grano fino.- En algunas ocasiones se observa en secciones cónicas: cuadrados o triángulos.-

Reemplaza generalmente a estannita normal, o isoestannita I, con contactos

(Lám. VIII, Fig. 22)

inversos de caries o en finas venillas. - Sonos frecuentes con los reemplazos en schalenblende, isocostannita II y estannita III, que se producen siguiendo los contactos entre granos de dichos minerales.-

Una textura que se encuentra comunmente es la tipo porfirica que se produce por el reemplazo según planos de olivaje de schirmerita por pirita, quedando restos idiomorfos del mineral reemplazado, dentro del metasoma (Lám. VIII.. Fig. 23, 24).-

Reemplazos más avanzados originan una textura pseudomorfica, entre pirita y schirmerita.- Esta textura es también común en los reemplazos de estannita.- La reemplazada por estannita (gris castaño y sulfosales de antimonio y plata.-

Es abundante en los niveles más profundos de las vetas Chocaya-San Miguel (nivel 10-11) y San Pedro (nivel 12) disminuyendo hasta desaparecer en los superiores; forma venillas no mayores de 10 cm. de potencia.-

Su determinación fue corroborada mediante un diagrama de polvo de rayos-X.-

Schappbachita

Composición química: $Ag_2S \cdot Bi_2S_3$.-

Sistema cristalino: cúbico \rightarrow ortorrómbico, junto con schirmerita son miembros de una misma serie isomorfa.-

Características microscópicas:

color: blanco, a veces con tinte crema o gris,

pleocroísmo: débil,

anisotropía: fuerte, blanco, gris claro, gris oscuro, azul (más anisótropa que schirmerita).-

dureza: D < isocostannita I, D > pirargirita,

reflectividad aproximada: cercana a galena.-

Se halla en agregados fibrosos con fibras dispuestas en las direcciones.- Presenta las mismas asociaciones y secuencias que schirmerita, y solo se halla en pequeña proporción en las muestras, y en los mismos niveles que el mineral mencionado.- Probablemente en las condiciones de depositación predominante es más estable la schirmerita que es la que predomina en las vetas citadas.-

La determinación óptica no pudo ser verificada, ni con corrosión diagnóstica, ni con diagrama de rayos-X, dadas las ínfimas cantidades encontradas.-

Alaskaita

Composición química: $PbS \cdot (Ag, Cu)_2S \cdot 2Bi_2S_3$.-

Sistema cristalino: ortorrómbico (?)

Características microscópicas:

color: blanco rosado,
pleocroísmo: notable: blanco a blanco rosado,
anisotropía: fuerte, blanco a gris oscuro,
dureza: D = pirargirita,
reflectividad aproximada: como galena.-

Solamente ha sido hallado en masas aisladas de grano fino y probablemente relicticas en pirargirita y miargirita.- se forma probablemente por la acción de las soluciones portadoras de bismuto, plomo y plata sobre las estannitas, siendo luego muy reemplazada por los minerales de plata posteriores.-

Fue encontrado en muestras de Chocaya-San Miguel, nivel 10 1/2 y en San Pedro, nivel 12.- (Lam VI, Fig 18)

Antimonita:

Composición química: Sb_2S_3 .-

Sistema cristalino: ortorrómbico.-

Es un mineral que solo se encuentra localmente en San Miguel nivel 10 1/2, en forma de venillas de relleno paralelas a la veta principal, de unos 5 cm. de potencia.- es uno de los últimos minerales en depositarse, perteneciendo al segundo período mineralizador.- Forma cristales de hábito tabular, con textura de peine o de sol.- en la zona del contacto de estas venas con la mineralización anterior reemplaza automáticamente desarrollando metacristales en schalenblende, estannita común y tipo III, y menos comúnmente en cuarzo.-

Su identificación fue corroborada con rayos-X.-

Pirargirita:

Composición química: $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$.-

Sistema cristalino: hexagonal.-

Forma agregados masivos o cristales prismáticos bien desarrollados en drusas de hasta 5 mm. de longitud.- Se encuentra en los niveles superiores de las vetas

Potosí, Blanca, Oploca y Llallagua y en los intermedios a profundos de Chocaya-San Miguel y San Pedro.-

Su depositación tuvo lugar durante los dos periodos mineralizadores, y a eso se debe la doble distribución que se observa en las vetas.- En ambos periodos es uno de los últimos minerales en depositarse, acompañado por miargirita.- Reemplaza schalenblenda y a estannitas con contacto inverso de caries o en venillas ramificadas.- A veces, dichos reemplazos dan origen a una textura pseudomorfométrica.- Reemplaza menos frecuentemente a pirita y casiterita y selectivamente a tsoestannita. I (Lam X, Fig 28, 29)

En algunas muestras observadas en el nivel 12 de San Pedro y en el 10 1/2 de Chocaya, tiene en su interior inclusiones de plata nativa.- Es reemplazada por miargirita, estannita castaña, canfieldita, estefanita y polibasita.-

La determinación fue corroborada con diagrama de polvo de rayos-X.-

Miargirita

Composición química: $Ag_2S \cdot Sb_2S_3$.-

Sistema cristalino: monoclinico.-

Tiene la misma asociación mineralógica que el mineral anterior y como él su depositación se produce en los dos periodos mineralizadores.-

Es muy abundante en los niveles intermedios de Chocaya, San Pedro y San Miguel. Se la suele hallar en agregados masivos o en buenos cristales prismáticos achata- dos, con caras estriadas; rollenando aristas.- Estos cristales tienen un desarrollo de hasta 8 mm. (San Miguel, nivel 10 1/2.- Se halla generalmente intercrecida con pirargirita a la que reemplaza y por consiguiente también lo hace con los minera- les que fueron reemplazados por esta schalenblenda, estannitas, schirmerita, alaska ta, pirita y casiterita).- Suele contener inclusiones de plata nativa.- Es reemplaz- da por polibasita y estefanita.-

En las zonas de oxidación de algunas vetas se la encuentra como mineral super- génico junto con goethita y plata nativa (Potosí nivel 6 1/4 .-

su determinación fue corroborada por rayos-X.-

Canfieldita - argyrodita:

Composición química: $4Ag_2S \cdot 3As_2S_5 \leftrightarrow 4Ag_2S \cdot 6Sb_2S_3$.-

Sistema cristalino: cúbico.-

Se encuentra en agregados cristalinos formando bandas coliformes, o en cristales isomorfos tetraedrales y en venillas.- Macroscópicamente es drusoidal depositándose en costras botroidales de color negro con tono púrpura, asociada a pirargirita, miargirita y estannitas.-

Reemplaza a blenda, a veces totalmente, a isoestannita I y a pirargirita (véase... fig. 24).- A veces se halla como halo de reacción entre estannita castaña y estannita III o entre isoestannita I y pirargirita.- Es reemplazada por polibasita y estefanita.-

Es un mineral que se deposita en el segundo período mineralizador y se lo encuentra generalmente en los niveles intermedios de Chocaya-San Miguel y San Pedro.-

Polibasita:

Composición química: $3(Ag, Cu)_2S \cdot (Sb, As)_2S_3$.-

Sistema cristalino: monoclinico, pseudohexagonal.-

Es un mineral común en los niveles más superficiales de las vetas (Ambrose, 1936) p. ej., Potosí, Chocaya.- en la Veta Oploca, nivel 5 1/4, se lo encuentra reemplazando a una estannita no determinada, en forma centripeta.- Se depositó también durante el segundo período mineralizador en los niveles intermedios o profundos de algunas vetas: Chocaya-San Miguel, nivel 10 1/2 a 13 1/2, San Pedro, niveles 9 3/4 y 12.- Generalmente reemplaza a pirargirita, proustita y canfieldita en forma masiva.- Forma venillas finas en casiterita, pirita, schalenblenda y estannitas.- A veces se deposita en pequeñas drusas sobre los minerales anteriores en forma de cristales pseudohexagonales.- En las zonas donde se superpone con los minerales del primer período mineralizador, reemplaza a boulangierita, quedando restos de este mineral fibroso dentro de masas de polibasita.- Reemplaza a scha-

lanblenda con contactos inversos de cuarcas aunque a veces desarrolla metacristales tabulares, generalmente maculados.-

Estefanita:

Composición química: $5Ag_2S \cdot 3Sb_2S_3$.-

Sistema cristalino: ortorrómbico.-

Se le halla en menor proporción que polibasita, a la que generalmente reemplaza.- Se diferencia de ésta por ser de color rosa más claro y por no tener reflejos internos rojos.- Presenta la misma paragénesis que el mencionado.-

Plata nativa:

Se halla como mineral hipogénico, solamente en forma de pequeñas inclusiones en pirargirita y miargirita (Chocayo-San Miguel, nivel 10 1/2), y (San Pedro, nivel 9 3/4).-

Es bastante abundante como mineral supergénico en los niveles superiores de plata.- En la actualidad debido a la exhaustiva explotación de esa zona, solo puede ser observada en muestras aisladas de la veta Fotosí, nivel 6 1/4.- En ellas se encuentra en masas irregulares, rodeadas por goethita o en venillas, asociada a este último mineral, atravesando agregados cristalinos de casiterita.-

Cerargirita:

Composición química: $ClAg$.

Fue un mineral intensamente explotado en la zona de oxidación y cementación de las vetas, principalmente Fotosí (Ahlfeld y Angelelli, 1948), Ross Field, 1945; Ambrose, 1936).- Según estos autores forma masas compactas incoloras, encerrando a veces núcleos de plata nativa.- También en dendritas constituidas por pequeñas cristales cúbicos o venillas ramificadas, que atraviesan masas de calcedonia, casiterita y rosiclar.- No fue encontrado, debido a la imposibilidad de muestrear en dichas zonas, agotadas por la explotación.-

Argentita:

Composición química: Ag_2S

Sistema cristalino: cúbico.-

Segun Ahlfed y Angelalli (1948) este mineral presentaba notables concentraciones en las zonas de cementación de las vetas, donde se hallaba asociado a cerargirita y a plata nativa.- Estos sectores han sido totalmente explotados.-

Solamente fue observado en forma esporádica y en pequeña proporción en el nivel 7 1/2 de la veta Blanca y en 9 3/4 de Ictosí, donde se encuentra en agregados masivos reemplazando piritas, casiterita y blenda.-

Argyropirita ?

Composición química: $Ag_2Fe_3S_6$.-

Sistema cristalino: ortorrómbico.-

En la veta Uploca nivel 6 y 1/4 y Chocaya-San Miguel nivel 10 1/2, se encuentran restos de un mineral muy alterado y reemplazado por sulfosales de plata que podrían ser de argyropirita.-

Mineral X:

Aparece junto con el mineral anterior, otro mineral indeterminado, con características ópticas bien definidas que se describen a continuación:

color: crema grisáceo,
pleocroísmo: crema a crema grisáceo,
anisotropía: amarillo a azul brillante,
dureza: D > polibasita
reflectividad aproximada: como la de las estannitas.-

Se presenta en cristales aparentemente rómbicos y que parecen estar descomponiéndose y pasando a un material más isotropo.- Es reemplazado centropotamente por polibasita y estefanita.-

Aunque las características ópticas lo acercan a sawsonita, el diagrama de rayos-X no coincide con el de este mineral ni con ningún otro conocido (?.....)

Cuarzo:

El cuarzo es el mineral de ganga más abundante, se depositó durante varias pulsaciones, comenzando la primera luego de la depositación de casiterita, la segunda después de blenda y la tercera al finalizar el primer período mineralizador. Durante el segundo período, su presencia resulta importante porque va acompañado

de estannitas y se deposita al comenzar la nueva mineralización, continuándose hasta ya avanzada la depositación de estannitas. (Lam X, Fig 30)

La textura que comúnmente presenta es en mosaico, con tamaño de grano variable, siendo generalmente más fino en los primeros impulsos minerales y haciéndose más grueso hacia el segundo período, aunque hay excepciones en algunas zonas cercanas a la superficie (Cplocas, Potosí) donde el cuarzo de la primera generación es de grano bastante grueso.- En estos casos presenta la típica textura en llama del cuarzo hidrotermal.- Generalmente reemplaza minerales de mena y cuando estos tienen menor fuerza de cristalización relativa, lo hace desarrollando cristales idiomorfos con apófisis y en roseto, que reúnen perfectamente las condiciones de los meta-cristales dados por (Borodin, 1963 y Genkin, 1963), como los encontrados en schalenblenda, bostlangierita y estannita común.- En otros casos forma venillas paralelas de cuarzo estéril, de grano fino con marcado paralelismo en la roca de caja (probablemente de relleno), originando una textura de libro.-

Baritina:

Composición química: BaSO_4 .-

Sistema cristalino: ortorrómbico.-

Se encuentra en los niveles intermedios a profundos de las vetas Chocaya-San Miguel y San Pedro.- Se deposita durante el segundo período mineralizador y desarrolla cristales tabulares, cuyo tamaño máximo no pasa de los 5 mm. en drusas, junto con cuarzo, schalenblenda y estannitas.- Además forma meta-cristales bien desarrollados en estos dos últimos minerales.-

Calcedonia y Opalo

En las zonas de los sombreros de hierro, de las vetas fueron hallados fragmentos de calcedonia y ópalo, de origen probablemente supergénico, asociados a agregados de casiterita, cerargirita e hidróxidos de hierro.-

Marcozita:

Composición química: Fe_2S_3

Sistema cristalino: ortorrómbico.-

La mayor parte de la marcasita de Piriquitas es de origen secundario y proviene de la descomposición de pirrotina (veces pirrotina), siendo la mayoría de ella pseudomórfica de pirrotina.-

Otras pseudomorfosis observadas son las de marcasita según teallita (veta Oplaca y Choocaya), aunque son dudosas.-

En cuanto a la formación de marcasita primaria, solo se han observado en la veta retosí, algunos reemplazos en wurtzita, probable redepositación de soluciones coloidales originadas por la descomposición de pirrotina (Gottaynov (1965)).-

Melnikovita: (?)

En algunas muestras de la veta retosí nivel 8 1/2, donde los minerales de hierro están bastante alterados, fueron observadas bandas de un mineral que macroscópicamente es de color bronce negruzco, y en cortes pulidos amarillo más castaño que la pirita y la marcasita, pero con una dureza aproximadamente igual a la de ellos.- está depositada en capas que se han originado probablemente por descomposición de pirrotina.- El mineral es fibroso radial, disponiéndose las fibras perpendicularmente al bandeamiento coloidal de las capas y atravesando varias de ellas, textura típica de minerales que se depositan como coloides.- Por las características ópticas similares a las dadas por Handberg (1960) podría tratarse de melnikovita.-

Goethita

Composición química: α $Fe_2O_3 \cdot H_2O$.-

Sistema cristalino: ortorrómbico.-

Es un mineral común en la zona de oxidación donde se deposita en forma de venillas o bandas coliformes alrededor de minerales supergénicos de plata o acompañando agregados de casiterita.- se origina probablemente por la oxidación de pirita-pirrotina-marcasita.- Forma también venillas pseudomórficas de pirita en roca de caja.-

Hematita:

Composición química: Fe_2O_3 .-

Sistema cristalino: hexagonal.-

Solamente se observa en forma pulverulenta pseudomorfa de pirita en la zona de oxidación de las vetas.-

Sulfatos:

Todos los sulfatos hallados, exceptuando baritina y alunita son de origen secundario, observándose en los niveles superficiales e intermedios de las vetas Potosí, Huanó y Colquechaca en grandes masas granulares a veces terrosas o estalactíticas en las galerías de las minas.- Estos minerales se hallan general mente rodeando relietos de pirita y eschaleblenda.-

Los sulfatos, determinados por medio de rayos-X, son los siguientes:

larocita $[K Fe_3(OH)_6(SO_4)_2]$; gooslarita $(Zn SO_4 \cdot 7H_2O)$; melanterita $[(Fe, Zn, Cu, Co, Mg) SO_4 \cdot 7H_2O]$; sucolnokita $(Fe SO_4 \cdot H_2O)$.- La determinación de muchos de ellos puede no corresponder a los del depósito, ya que es factible que varíe su composición (sobre todo su estado de hidratación) al cambiar, con el transporte, las condiciones de presión y temperatura en que se hallaban.-

TEXTURAS, PARAGENESIS Y ZONACION VERTICAL

La textura dominante de todas las vetas de Mina Pirquitas es la bandada coliforme, generalmente crustificada, y con asonancia de arusas.-

Este tipo de textura se mantiene desde los niveles más superficiales a los más profundos conocidos, disminuyendo con la profundidad el ancho de las bandas (de 10 a 0,1 cm.) y el tamaño de grano.- Como ya se ha mencionado dentro de la descripción de cada mineral y de texturas, estas son de relleno y reemplazo combinadas, predominando los caracteres de relleno en los primeros minerales depositados.- Hay que destacar además, el carácter metacoloidal marcado de dichos minerales, en los niveles más cercanos a la superficie, haciéndose menor, aunque manteniéndose, en profundidad, como sucede con la casiterita, pirita, pirrotina y schalenblenda.-

Muchos de los minerales que se depositaron con posterioridad desarrollando texturas de reemplazo generalmente pseudomórficas de las citadas, de manera tal que presentan rasgos metacoloidales heredados, como por ejemplo, estannitas, schiferita, y canfieldita de schalenblenda.-

De las observaciones macro-/microscópicas de las muestras de cada veta en sus diferentes niveles, se han podido realizar los diagramas paragenéticos y tablas de distribución de minerales, N°s 4a-4d. De acuerdo con la mineralogía y paragénesis se las ha reunido en dos grupos (gr 1) vetas Potosí, Blanca, Colquechaca, Oploca, Mallegua, Chicharrón, y Colquiri; 2) vetas San Pedro, Chocaya-San Miguel.-

Grupo 1: - Las vetas de este grupo presentan todas, en términos generales, la misma mineralogía y paragénesis.- En los diagramas paragenéticos sin embargo se nota la ausencia de algunos minerales en ciertas vetas, que aparecen en otras.- Esto en nuestra opinión se debe a diferencias en el nivel de erosión (ver capítulo correspondiente a insuficiencias en el muestreo y/o a una mayor alteración en las zonas más explotadas.- Es así que en la veta Oploca, por ejemplo que ha sido poco trabajada se ha podido hallar en niveles cercanos a la superficie tenilita sin al-

(a) - En el caso de sectores, solamente se consideraron las vetas más importantes de cada uno, dándoseles el nombre del sector correspondiente.-

teración, la que, en otras vetas muy trabajadas, como Potosí (que tiene aproximadamente igual nivel de erosión) solo pudo ser observada como una pseudomorfosis de casiterita según teallita.- Es decir que en vetas poco explotadas y erosionadas como Opleca, Llallagua y Chicharrón, fue posible muestrear mejor los niveles superficiales y hallar así muestras más representativas de los niveles de deposición superiores del período citado, que en las zonas ya casi agotadas de las vetas Potosí, Blanca y Colquechaca.-

En este grupo de vetas la deposición se produjo durante un período de inyección bastante extenso, compuesto por varias pulsaciones mineralizantes, separadas por refracturaciones de las vetas.- Las vetas presentan caracteres típicos de relleno y llegan a alcanzar en zonas relativamente cercanas a la superficie potencias de hasta 2,50 m., como en Potosí, disminuyendo en profundidad hasta menos de 0,50 m.- De acuerdo con los caracteres mineralógicos y texturales se pueden separar dos estadios principales dentro de este primer período mineralizador.-

En el primer estadio tuvo lugar el emplazamiento de pirita y pirrotina con algo de arsenopirita.- Estos minerales luego de una ligera refracturación, fueron intensamente reemplazados por casiterita.-

En los niveles intermedios a profundos la schalenblenda (con predominio de blenda) con escasa isocantita II y estannita III, está asociada con galena.- En los niveles más superficiales este mineral (con predominio de wurtzita) aparece junto con seneseyita, fizelyita, y boulangierita y algo de galena, reemplazada parcialmente por dichas sulfosales.- Finalmente en las zonas más cercanas a la superficie, se depositaron sulfosales de antimonio y plata principalmente pirargirita, miargirita, y, en menor proporción freibergita, polibasita y estefanita.- El hallazgo de teallita y frankcita en la misma zona de las sulfosales de antimonio y plata, hacen suponer la formación local de estos minerales, por acción de soluciones remanentes con antimonio y plomo sobre casiterita.- Estos minerales se hallan reemplazando pirita-pirrotina y casiterita.- Al finalizar este período mineralizador se depositó caolinita en venillas y drusas, y alunita en algunas vetas.- Durante todo este pe-

riodo se ha ido depositando cuando, en forma intermitente, aunque el mayor aporte se produjo al finalizar el mismo.- Es aproximadamente a fines de este período cuando tuvo lugar la descomposición de la pirrotina, en marcantit. y pirita.- Es evidente que durante el primer período, se produjo la superposición de dos estadios mineralizadores.- el primero, con una distribución vertical uniforme de los minerales depositados, y el segundo, con una marcada zonación, en un espacio vertical relativamente corto, de unos 200 mts. aproximadamente.- (ver tabla N° 15).-

Las vetas San Pedro y San Miguel-Chocaya tienen paragénesis coincidentes y presentan dos períodos mineralizadores bien definidos por su mineralogía, texturas y emplazamiento.-

El primero, que es exactamente igual al observado en el grupo anterior de vetas, predomina desde la superficie hasta el nivel 9 1/2 de San Pedro y aproximadamente el 10 1/2 de San Miguel-Chocaya.- A partir de estos niveles se le superpone un segundo período continuándose los trabajos hasta la profundidad máxima alcanzada (San Pedro, nivel 12 y Chocaya-San Miguel, nivel 1).-

Los minerales de este segundo período, que forman venillas de pequeña potencia (1 a 1,5 cm. aproximadamente), se encuentran casi exclusivamente en un sistema de fracturas de rumbo N. 60°.- el primer período mineralizador en cambio, afecta a los tres sistemas de fracturas conocidos en el distrito.- La característica principal de esta mineralización, es que presenta una marcada zonación en un corto rango vertical (menos de 100 mts.)-es decir, es de tipo telescópico-coincidente en su parte apical, con la zona de deposición de las sulfosales de antimonio y plomo, del primer período mineralizador (Tabla 15)

Los minerales depositados durante este período son en orden de deposición abundante cuarzo; casiterita (?); pirita, clorita y schalenblenda (?) en poca proporción; hexastannita; isoestannita II; estannita común; estannita III; isoestannita I; sublimarita; schapbachita; bourmonita; pirargirita; margirita; estannita octaédrica; canfieldita; polibasita y estefanita; y algunas veces se encuentran calcopirita y

plata nativa.- Finalmente se formó baritina, caolinita, algo de alunita y pirita en pequeñas arusas.-

El cuarzo, la pirita y la schalenblenda, tienen una distribución vertical uniforme en las venillas.- Las estannitas se extienden desde los niveles de deposición más profundos a los intermedios.- La schirmerita es abundante en profundidad, siendo escasa en los intermedios.- Las sulfocales de antimonio y plata, principalmente pirargirita y margirita, y en menor proporción polibasita y estefanita, alcanzan un gran desarrollo en los niveles intermedios, para desaparecer en los superiores.- Calcopirita, bourbonita, arsenopirita, schapbachita y alaskaíta, aparecen localmente y en poca cantidad.-

En resumen, en el distrito hay dos períodos mineralizadores, emplazados a diferente profundidad.- (Tabla No 15....)

Como consecuencia en aquellos niveles donde los mismos se superponen se hallan paragénesis aparentemente anómalas como: boulangerita reemplazada por estannita común y estannita III, y galena por estannita común, inocstannita I (tipo tetraestannita) y hexaestannita.- Lo además la causa es que se encuentren sulfocales de plata y antimonio en dos niveles separados entre sí, uno a 100 mts., uno cerca de la superficie y otro a profundidad.- Sería también la razón de paragénesis anómalas determinadas por Ambros, 1936; Ross Field, 1941; y Ahfeld, 1950.-

En la actualidad, se observa que en las vetas que ^{mas a zonación} tienen alturas topográficas menores (como Colquiria, Llallagua y especialmente San Pedro y San Miguel-Chocaya) ha desaparecido la mineralización característica de los niveles superiores de deposición del primer período mineralizador, como sulfocales de plata y antimonio, tealita y frankita, junto con casiterita, pirita y pirrotina, encontrándose la zona de sulfocales de plomo y antimonio, cercana a la superficie.- Teniendo en cuenta que las diferencias de nivel que tienen las vetas en el presente, son relativamente pequeñas, ese hecho indicaría, que en la época de la deposición, el relieve debió ser muy suave.- En cuanto a una posible zonación lateral no se han hallado evidencias de la misma en el distrito.-

Mineral

V e t a s

Mineral	Potosí	Blanca y Colquechaca	San Pedro	Oploca	Chocava y San Miguel	Llallagua	Chicharrón	Colquirí
argyropirita	X			X				
arsenopirita		X	X		X	X	X	
alunita				X		X		
alaskaita			X		X			X
antimonita					X			
baritina					X			
blenda	X	X	X	X	X	X	X	X
boulangierita	X	X	X		X	X		
bournonita			X		X			
canfieldita			X		X			
casiterita	X	X	X	X	X	X	X	X
calcopirita			X		X			
caolinita	X	X	X	X	X	X	X	X
cilindrita	X	X	X	X	X	X	X	X
cuarzo			X		X	X	X	X
clorita			X		X	X		
estefanita			X		X			
estannitas	X	X	X	X	X			
freibergita	X	X	X		X		X	
fizelylita	X							
francckeita				X				
geocromita?					X			
miargirita	X		X	X	X		X	
marcasita	X	X	X	X	X	X	X	X
plata nativa			X		X			
pirita	X	X	X	X	X	X	X	X
pirrotina	X	X	X	X	X	X	X	X
pirargirita	X	X	X	X	X	X	X	X
polibasita	X	X	X	X	X			
semseyita					X			X
schapbachite			X		X			
schirmerita			X		X			
teallita								
wurzita	X	X	X	X	X	X	X	X

TABLA No 4 Distribución de los minerales hipogénicos en las vetas de Lina Pirquitos

TABLA No 5 Veta Potosí. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	1er. período mineraliza or	
		I esta io	II esta io
cuarzo	—		—
sericita	—		—
pirita	—	—	—
pirrotina	—	—	—
casiterita	—	—	—
schalenblenda	—	—	—
arsenopirita	—	—	—
isoestannita I.	—	—	—
galena	—	—	—
cinnabrita	—	—	—
estannita III	—	—	—
freibergita	—	—	—
fizelyit.	—	—	—
boulangierita	—	—	—
argentita	—	—	—
polibasita	—	—	—
pirargirita	—	—	—
miargirita	—	—	—
marcasita	—	—	—
caolinita	—	—	—

TABLA Nº 6 Veta Colquechaca. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	Ler. perío o mineralizador	
		I estadio	II estadio
cuarzo	—	—	—
sericita	—	—	—
pirita	—	—	—
pirrotina	—	—	—
casiterita	—	—	—
schalenblenda	—	—	—
arsenopirita	—	—	—
silinrita	—	—	—
galena	—	—	—
marcasita	—	—	—
caolinita	—	—	—

TABLA No 7 Veta Blanca. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	Ier, periodo mineralizador	
		I estadio	II estadio
cuarzo	—	—	—
sericita	—	—	—
pirita	—	—	—
pirrotina	—	—	—
casiterita	—	—	—
schaalenblenda	—	—	—
isoestannita II	—	—	—
galena	—	—	—
boulangerita	—	—	—
proustita	—	—	—
argentita	—	—	—?
caolinita	—	—	—

TABLA Nº 8 Veta Llallagua. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	1er. período mineralizador	
		I estadio	II estadio
cuarzo	—		—
sericita	—		—
pirita	—		—
pirrotina	—	—	
arsenopirita	—	—	
casiterita	—	—	
schalenblenda	—	—	
clorita	—	—	
galena	—	—	
boulangerita	—	—	
marcasita	—	—	
caolinita	—	—	
alunita	—	—	

TABLA No 9 Veta Oploca. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	Ier. periodo mineralizador	
		I estado	II estado
cuarzo	—		—
sericita	—		
pirrotina		—	
pirita	—		
casiterita		—	
schalenblende			—
galena			—
teallita			—
frankelita			—
argyropirita			—
pirargirita			—
microgirita			—
polibesito			—
estefanita			—
marcasita			—
caolinita			—
alunita			—

TABLA N° 4C Veta Chicharrón. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	1er. periodo mineralizador	
		I estadio	II estadio
cuarzo	—		— . . .
sericita	—	—	
pirita	—	—	
pirrotina	—	—	
arsenopirita	—	—	
casiterita	—	—	
schaalenblenda	—	—	
isocostannita II	—	—	
galena			—
pirargirita			—
miargirita			—
caolinita			—
marcasita			—
alunita			—

TABLA N° 11 Veta Colquiri. Diagrama paragenético

Minerales	Alteración de la roca de caja	1er. periodo mineralizador	
		I estadio	II estadio
cuarzo	—		—
sericita	—		—
pirita	—	—	—
pirrotina	—	—	—
casiterita		—	—
schalenblenda		—	—
galena			—
semseyita			—
marcasita			—
caolinita			—
alunita			—

TABLA N° 12 Veta Chocaya-San Miguel. Diagrama paragenetico

Minerales	Alteración de la roca de caja	1er. periodo mineralizador		2º periodo mineralizador
		I estadio	II estadio	
cuarzo	—	?	—	—
sericita	—	—	—	—
pirita	—	—	—	—
pirrotina	—	—	—	—
arsenopirita	—	—	—	—
casiterita	—	—	—	—
schalenblenda	—	—	—	—
estannitas	—	—	—	—
galena	—	—	—	—
boulangerita	—	—	—	—
marcasita	—	—	—	—
caolinita	—	—	—	—
clorita	—	—	—	—
hexaestannita	—	—	—	—
isoestannita II	—	—	—	—
calcopirita	—	—	—	—
estannita común	—	—	—	—
estannita III	—	—	—	—
isoestannita I	—	—	—	—
schirmerita	—	—	—	—
schapbachita	—	—	—	—
alaskaita	—	—	—	—
bournonita	—	—	—	—
pirargirita	—	—	—	—
estannita castaña	—	—	—	—
canfieldita	—	—	—	—
niargirita	—	—	—	—
polibasita	—	—	—	—
estefanita	—	—	—	—
baritina	—	—	—	—

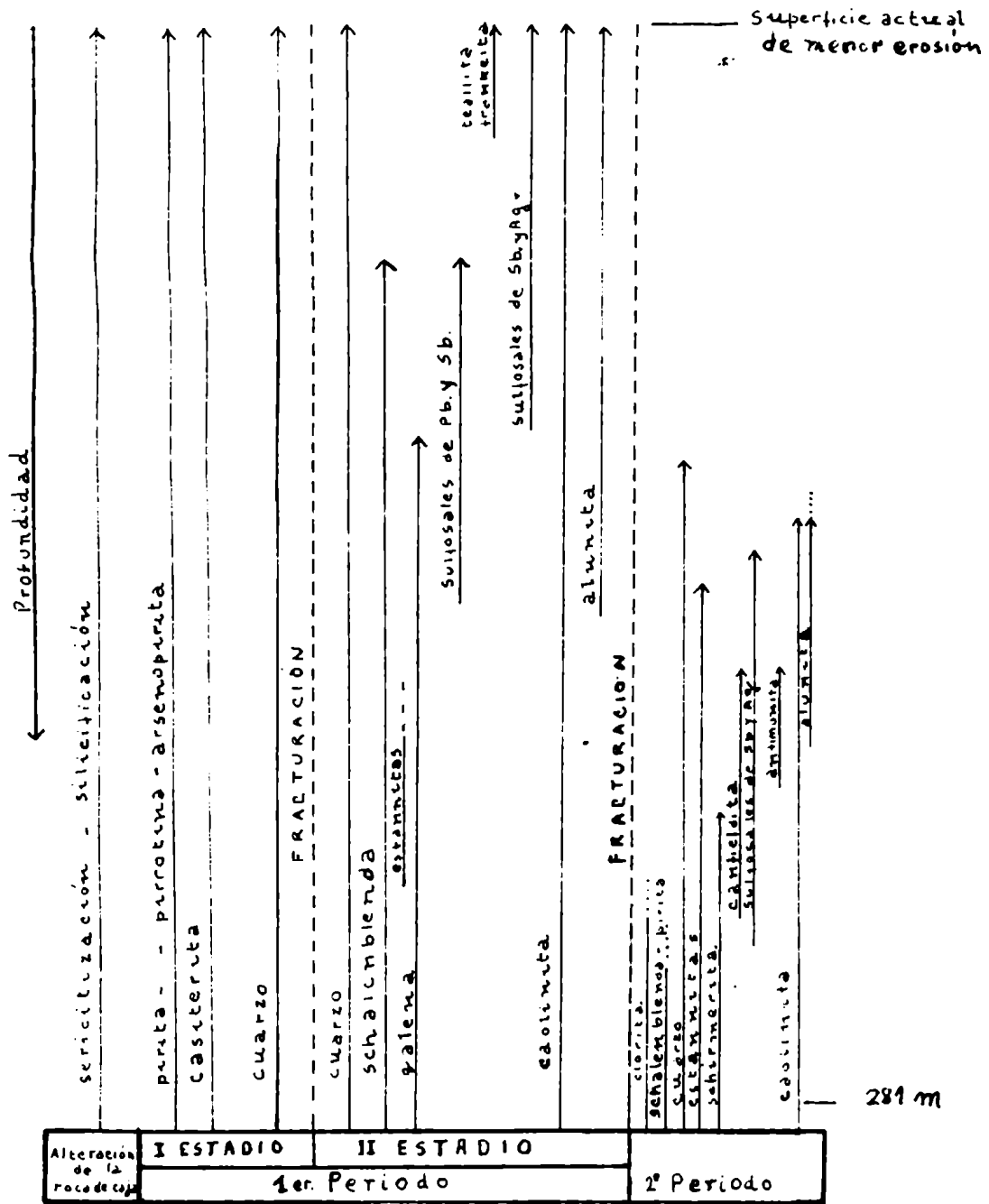
TABLA No 13 Vista San Pedro. Diagrama paragenetico

Minerales	Alteración de la roca de caja	1er periodo mineraliza or		2º periodo mineraliza or
		I etapa	II etapa	
cuarzo	—	—	—	—
sericita	—	—	—	—
pirita	—	—	—	—
pirrotina	—	—	—	—
arsenopirita	—	—	—	—
casiterita	—	—	—	—
schalenblendas	—	—	—	—
estannitas	—	—	—	—
galena	—	—	—	—
boulangerita	—	—	—	—
marcasita	—	—	—	—
caolinita	—	—	—	—
clorita	—	—	—	—
hexaestannita	—	—	—	—
isoestannita II	—	—	—	—
calcopirita	—	—	—	—
estannita común	—	—	—	—
estannita III	—	—	—	—
isoestannita I	—	—	—	—
schirmerita	—	—	—	—
schappachita	—	—	—	—
alaskaita	—	—	—	—
bournonita	—	—	—	—
pirargirita	—	—	—	—
estannita castaña	—	—	—	—
canfieldita	—	—	—	—
niargirita	—	—	—	—
polibasita	—	—	—	—
estefanita	—	—	—	—

TABLA N° 17 Diagrama paragenético de Mina Pirquitas

Minerales	Alteración de la zona de caja	1er. periodo mineraliza or		2º periodo mineraliza or
		I estadio	II estadio	
cuarzo	—	—	—	—
scrucita	—	—	—	—
pirita	—	—	—	—
pirrotina	—	—	—	—
arsenopirita	—	—	—	—
casiterita	—	—	—	—
schalenblenda	—	—	—	—
isoestannita II	—	—	—	—
Galena	—	—	—	—
cinlirita?	—	—	—	—
estannita III	—	—	—	—
freibergita	—	—	—	—
firollyita?	—	—	—	—
boulangerita	—	—	—	—
semseyta	—	—	—	—
geocronita?	—	—	—	—
teallita	—	—	—	—
frankeita	—	—	—	—
pirargirita	—	—	—	—
miargirita	—	—	—	—
polibasita	—	—	—	—
estefanita	—	—	—	—
marcasita	—	—	—	—
caolinita	—	—	—	—
alunita	—	—	—	—
clorita	—	—	—	—
hexaestannita	—	—	—	—
calcopirita	—	—	—	—
estannita común	—	—	—	—
estannita III	—	—	—	—
isoestannita I	—	—	—	—
schirmerita	—	—	—	—
schapbachita	—	—	—	—
alaskaita	—	—	—	—
bourbonita	—	—	—	—
estannita castaña	—	—	—	—
canfieldita	—	—	—	—
antimonita	—	—	—	—
baritina	—	—	—	—

TABLA Nº 15 Zonación vertical



GENESIS DEL DEPOSITO

COMPOSICION QUIMICA DE LOS FLUIDOS MINERALIZADORES

siguiendo a grandes rasgos el método usado por Petersen (1965), para los depósitos del centro del Perú consideraremos que a pesar que dentro de cada depósito, la composición de las soluciones cambian de un punto a otro, una primera aproximación de la composición química de los fluidos mineralizadores, puede obtenerse señalando los elementos que constituyen los minerales introducidos en la roca de caja para formar el depósito.-

Aunque no se siguió el método estadístico utilizado por dicho autor, se pudo obtener aproximadamente la proporción de los elementos, teniendo en cuenta la composición de los minerales introducidos y su abundancia en las vetas. De lo cual se tiene:

elementos abundantes: S - O - Sn - Fe - Zn
medianamente abundantes: Si - Pb - Sb - Ag
poco abundantes: As - Bi - Cu
escasos: Ba - Ni
elementos trazas: solamente han sido determinados In y Ge
otros: H₂ (en H₂O)

Por lo tanto los elementos más abundantes en los fluidos mineralizadores fueron S, O, Sn, Fe, Zn, Si, Pb, Sb y Ag y en menor proporción As, Bi y Cu. Estos grupos de elementos reflejan fundamentalmente la composición de la provincia metalogénica o geoquímica (a pesar de no existir en el depósito estudiado Au y Hg), del NE argentino y del sur de Bolivia (Ahfeld, 1948).-

El azufre y el oxígeno figuran entre los elementos más comunes de los minerales de las vetas.-

La presencia de sílice se halla corroborada por ser el cuarzo el principal mineral de ganga.- Una evidencia directa del contenido de agua de los fluidos mineralizadores, son los minerales hidratados de alteración de la roca de caja, como sericita y celadinita.- La evidencia indirecta está dada por los resultados obtenidos por Little (1960) sobre la composición de inclusiones fluidas en casiterita

y cuarzo provenientes de los depósitos de Bolivia del mismo tipo que Mina Pirqui-
tas: Llallagua y Potosí.- Estos análisis dieron agua, como principal y casi único
componente de las inclusiones.-

Hay que agregar que los elementos hallados son comunes durante los dos perío-
dos mineralizadores, exceptuando bismuto y bario que solo aparecen durante el se-
gundo período, y cobre, que aparece fundamentalmente en este último.- Los elementos
trazas, indio y germanio, fueron detectados (1), en schalenblendas oscuras del
primer período en las siguientes proporciones:

In.: 200 a 2000 p.p.m.; Ge = 150 a 600 p.p.m.

El contenido de indio, llama la atención porque es mucho mayor que el que
comumente se obtiene en el análisis cuantitativo de schalenblenda.- Fleischer,
1955, halló como máximo 10 p.p.m. y destacó que los análisis indican un contenido
de indio extremadamente bajo en comparación con los de blenda y varzita.- La pro-
porción de germanio obtenido está, en cambio, dentro del rango usado por dicho au-
tor (31 a 3000 p.p.m.).- Además, hay que agregar que posiblemente la canfieldita
contenga también este último elemento pues forma una serie con la argyrodita.-

El níquel se halla en las piritas o pirrotinas del primer período (Ambros,
1936).-

CARACTER DE LAS SOLUCIONES MINERALIZADORAS

En los últimos años, se ha investigado muy intensamente el modo de transpor-
te de metales, en fluidos hidrotermales.- No es posible en un trabajo como el pre-
sente efectuar una discusión detallada de las varias hipótesis formuladas; como con-
secuencia nos limitaremos a mencionárselas en la medida que se pueda aplicar al ca-
so en discusión.-

En las condiciones de formación de este tipo de depósito, la manera más pro-
bable de migración de los elementos metálicos es en fluidos acuosos, que tienen
predominantemente propiedades de líquidos, de acuerdo con lo investigado por Lit-

(1) - Análisis J. Matamoros, Laboratorio de Análisis de Rocas, ENICP-FCEN.-

tle (1960), en inclusiones en casiterita y cuarzo, de Llallagua y Ictonf, Bolivia.-

La composición de estas soluciones puede variar, siendo lo más probable que los elementos metálicos sean transportados en forma de cloruros o bisulfuros complejos (Hegelson, 1964; Barnes, 1965), predominando una u otra forma según el pH de las mismas.-

Si se tiene en cuenta que el estado, que es uno de los principales componentes, es soluble en forma de ticoestannatos o cloroestannatos en soluciones alcalinas (Smith, 1947; Scherbina, 1966; Little, 1960), es probable que en esas condiciones de alcalinidad, los otros elementos metálicos se hallaran en forma de bisulfuros complejos (Zn, Pb, Ag,) los que son estables en ambientes de sulfuro, fuertemente reductores, y en condiciones alcalinas o levemente ácidas (Barnes, 1965).- Con respecto al hierro y al níquel, ni los cloruros ni los bisulfuros complejos parecen tener la suficiente capacidad de transporte de esos elementos, pero podría considerarse la formación de complejos con el ión amonio, que parecen aumentar la solubilidad de la pirita (Barnes, 1965).- Estas condiciones de alcalinidad en los primeros avances de las soluciones hidrotermales durante los cuales la temperatura presumible debió ser mayor de 350°C (ver capítulo: temperatura de formación de las vetas), son concordantes con la alteración sericitica de la roca de caja, encontrada (Stringham, 1952; Barnes, 1965).-

La precipitación de la casiterita y los sulfuros probablemente tuvo lugar debido principalmente a un cambio en las concentraciones de oxígeno y azufre (Radkevich, 1965; Barnes, 1965).- estas variaciones pueden ser provocadas por una disminución de temperatura o presión, expansión adiabática de las soluciones, diluciones con aguas superficiales, mezcla con otras soluciones hidrotermales, o reacción con la roca de caja (esquistos carbonosos), (Hegelson, 1964; Barnes, 1965).-

Durante el primer estadio de la mineralización la precipitación de pirita seguida por pirrotina y arsenopirita indicaría una disminución en la concentración

de azufre (Mac Kinstry y Kennedy, 1957; Mac Kinstry, 1963).- A su vez esta disminución en la concentración del ión sulfuro, o una disminución en la alcalinidad de las soluciones o ambos fenómenos combinados, habría originado la precipitación de casiterita.- Hay que hacer notar que la variación en la concentración del ión sulfuro, puede ser producida por la piritización y seritización de la roca de caja (Smith, 1947).-

Durante el segundo estadio, seguramente el pH de las soluciones continuó siendo alcalino y la bienda, galena y los otros sulfuros quisieron ir precipitando por la variación los factores ya citados.-

Como es evidente, en el avance de las soluciones hacia la superficie el proceso de oxidación se acentúa y como consecuencia el pH va haciéndose menor.- Esto es debido probablemente a la generación de hidrogenemas libres provocados por la formación de sulfatos a partir de los iones bisulfuros (Barnea, 1963).- Este incremento en la acidez se evidencia a fines del primer período mineralizador, por el pasaje de pirrotina a marcasita y pirita, y por la formación de caolinita y alunita.- Se destaca que en hacia fines del primer período mineralizador, porque estando ya bastante avanzado éste, se originó una segunda generación de pirrotina, mineral que no podría haberse formado en un medio ácido porque es inestable.-

La precipitación de caolinita, a las temperaturas probables al término del primer período, o sea menor de 350°C, indicaría un ambiente de deposición ácido (Gruner, 1944; González Sonorino, 1939).-

La posterior formación de venillas de alunita corroboran el proceso de oxidación y el incremento de acidez de las soluciones.-

Esta gradual transformación de las soluciones mineralizadoras de alcalinas a ácidas, es un fenómeno común en muchos depósitos, p. ej. Co. de Pasco (Perú), observado por Graton y Bowditch, (1936); Bolivia Central, por Campbell, (1947); Chagüa (1948) y Turneure, (1960); Red Mountain district (Colorado, E. Unidos), por Burbank, (1941) y Capillitas, en nuestro país, y ha dado lugar a explicaciones distintas a

la formulada por Barnes, antes citada.- Burbank, 1941, la atribuye a la evaporación de soluciones de tipo alcalino, en el ascenso a la superficie (debido a una disminución de presión) y condensación de la fase gaseosa en los niveles superiores que originan líquidos de composición ácida.- Chace, 1948, da una explicación bastante similar para el distrito de Oruro, Bolivia.- Turneaure, 1960, la da como una probable aunque discutible razón, para los depósitos de Bolivia Central.- Korzhinsky, 1958, comprobó en forma experimental, el llamado efecto de filtración ácido-básico, por el cual los ácidos se mueven más rápidamente que las bases durante la percolación de las soluciones, a través de poros y fisuras cerradas en la roca de caja, y es de acuerdo con este autor una de las causas que origina lo que él llamó "diferenciación hidrotermal ácido-básica", para referirse al aumento de acidez en las soluciones.-

Es nuestra opinión sin embargo, que Barnes es el que explica en forma más simple los hechos observados, de acuerdo con lo que se conoce sobre la composición más probable de las soluciones hidrotermales.-

El segundo período pudo haberse producido por un rejuvenecimiento de las fuentes de origen de las soluciones.- Las diferencias que presenta con el primer período son las siguientes:

- a) - Alteración clorítica de la roca de caja durante la primera fase de la inyección.-
- b) - Aumento en la concentración de cobre en las soluciones, que fue probablemente el factor más importante en la depositación de las estannitas, en lugar de casiterita (Smith, 1947; Taylor, 1963) o introducción de bismuto.-
- c) - Menor temperatura inicial de depositación.-
- d) - Carácter ligeramente menos alcalino de las soluciones, evidenciado por la formación de pirita y no de pirrotina, pero no lo suficientemente ácido como para originar marcasita al finalizar el mismo.-
- e) - Carácter telescópico de la depositación.-

La evolución general de las soluciones es la misma que la observada durante el primer período acentuándose, al igual que en éste, el incremento de los procesos de oxidación y disminución del pH a fines del mismo (formación de baritina y

caolinita).-

TEMPERATURA Y PRESIÓN DE FORMACIÓN DE LAS VETAS

Por la asociación mineralógica, las texturas, y las paragénesis halladas, se puede determinar en forma aproximada la temperatura de depositación y la presión de las soluciones mineralizadoras.- La asociación pirita-pirrotina-arsenopirita-casiterita, existente en el primer estadio, indica una temperatura de depositación mayor de 500°C , según Edwards (1954).- La temperatura de equilibrio entre pirrotina y pirita, varía desde 325°C hasta 600°C , de acuerdo con Arnold (1957).- Además, los tipos de formas cristalinas predominantes en la casiterita, corresponden a temperaturas intermedias (ver esp. minerales y sus texturas), lo que coincide aproximadamente con las temperaturas generales de depositación de este mineral, determinadas por el método de termometría de inclusiones, en depósitos de estado de Bolivia, Malilagua y Potosí, similares genéticamente a Siriquitas, y que son de 400°C (Little, 1960).- Entonces, podemos atribuir una temperatura del orden de los 400°C , a los comienzos del primer período mineralizador.-

Los minerales que precipitaron durante el segundo estadio del primer período (schalenblenda, galena, teallita, frankelita, boulangierita, bismutita, pirargirita, miargirita, polibasita) se presentan conjuntamente dentro del rango de temperatura de 300° a 100°C .- Esto señala que a medida que fue avanzando la depositación durante el segundo estadio, hubo un descenso en la temperatura de las soluciones, como lo evidencian la depositación ya citada de sulfosales de antimonio y plomo, antimonio y plata y la formación de caolinita y alunita al finalizar el mismo.-

Estas temperaturas, establecidas aproximadamente, concuerdan con los resultados obtenidos por Little (1960), para inclusiones en cuarzo de varias generaciones, en los depósitos, Malilagua y Potosí, Bolivia, que son rangos de temperatura de 350° a 140°C .-

La asociación mineralógica originada durante el segundo período mineraliza-

dor indica una temperatura de depositación que varia desde unos 250°C al comenzar el mismo, con la depositación de eschalonblenda, estannita común, calcopirita, y schirmerita hasta alrededor de 100°C con la formación de sulfosales de antimonio y plata, caolinita y alunita.-

Es decir, los rangos de temperatura del último estadio del primer período y los del segundo período mineralizador son bastantes cercanos, con una probable elevación de temperatura al comenzar el segundo período debido a una posible reactivación de la fuente de origen.-

La profundidad del emplazamiento estaría indicada por el tipo de texturas comunes en las vetas, bandeada crustificada, con rasgos metacoloïdiales pronunciados que son características de depositación en espacios abiertos y a presiones no muy altas.- Además, el tamaño de grano, generalmente muy fino de los minerales (tamaño máximo 5 mm.) sugiere una precipitación rápida que pudo producirse por un brusco descenso de la temperatura y/o de la presión, al acercarse las soluciones a la superficie.- El tipo de fracturas donde se hallan emplazadas las vetas, caracterizadas por una disminución rápida de la potencia en profundidad, sugieren un ambiente cercano a la superficie, lo mismo que la zonación vertical en un corto espacio, que se observa, en el segundo estadio del primer período y durante el segundo período.-

La razón del emplazamiento cercano a la superficie de minerales, de temperaturas relativamente altas, como pirita-pirrotina-cassiterita se explicaría por la presencia de un plutón relativamente cercano a la superficie con el consiguiente precalentamiento de la roca de caja.

CAUSAS DE LA DIFERENTE PROFUNDIDAD DE ENPLAZAMIENTO ...

El emplazamiento de los minerales de dos períodos, a distinta profundidad, se debe probablemente a diferencias de volumen en las soluciones inyectadas y a la acción precipitante de minerales anteriores sobre las mismas.- El primer factor determinaría que como el volumen total de las soluciones inyectadas durante el segundo período...

(zonación anómala)

ríodo es notablemente menor y la refracturación débil, las soluciones mineralizadoras no alcanzarían a llegar, a los niveles superiores de las vetas anti uas y se depositarían en profundidades relativamente mayores.- Y el segundo factor: como los canales de ascenso, son fracturas anteriormente mineralizadas, los minerales más antiguos podrían actuar como agentes precipitantes, como p. ej., casiterita, schalenblenda y galena sobre estannita y sulfosales de bismuto, antimonio y plata.- Esta última causa, que sin embargo no ha sido suficientemente considerada como explicación de zonaciones anómalas parecería ser muy importante de acuerdo con las observaciones realizadas al microscopio.- Si una de las condiciones fundamentales en el enriquecimiento supergénico de los depósitos, es la existencia de sulfuros anteriores, y la presencia de una ganga reactiva puede producir la precipitación de muchos minerales y formación de claves mineralizados, también la presencia de ciertos minerales anteriores, especialmente sulfuros, podría influir en la precipitación de otros, en condiciones de temperatura y presión anómalas para el grupo depositado.-

ORIGEN Y TIPO DE LA MINERALIZACIÓN

el distrito de estado y plata de Mina Virginitas, es la continuación meridional del arco estannífero de Bolivia, que se extiende aproximadamente desde el paralelo 14 al 23, como lo demostró Ahlfeld (1948).-

Este arco o cinturón estannífero, se halla ocupando un geosinclinal paleozoico situado en el borde del escudo brasileño y a lo largo de la Cordillera Central de Bolivia.- Dicho arco puede dividirse en dos partes.- en la norte que es más angosta, los yacimientos de estado están asociados a macizos graníticos de edad entre el límite Triásico-Jurásico (Ljunggren, 1962; Schneider Scherbina, 1962, 1963). Los depósitos de la porción sur de la faja estannífera, pueden relacionarse con cuerpos de rocas subvolcánicas que representarían remanentes del mismo magma, pero emplazados durante el terciario en condiciones tectónicas muy distintas (Ljunggren 1962). Por esta razón muchos depósitos de Bolivia Central, poseen carácter híbrido

(Ljunggren, 1961; Schneider-Scherbina, 1962, 1963), producto de la superposición en una misma zona estructural de dos épocas mineralizadoras diferentes,-

Tratar de explicar en Mina Firquitas la presencia de dos periodos mineralizadores tan separados en el tiempo, resulta tentador pero casi imposible.- Aun más las objeciones que vamos a señalar a esa hipótesis, creemos que deberían tenerse en cuenta para la interpretación de la génesis de varios depósitos de Bolivia Central.-

Si suponemos Trias-Jurásico la edad de las vetas, formadas en el primer periodo mineralizador, la fuerte erosión de la zona, y el hecho de haber sido emplazadas relativamente cerca de la superficie, como ha sido demostrado, hace sumamente improbable su afloramiento actual.- Además si colocáramos el segundo periodo en el Terciario, separado del anterior unos 150 millones de años, en las condiciones de depositación ya citadas, probablemente no hubieran quedado restos de la primera mineralización.- Resultando también llamativa la coincidencia de emplazamiento, texturas y mineralogía.-

Por lo tanto, nuestra opinión ^{más próxima de} es que la edad del depósito es terciaria, de acuerdo con la asignada por Field (1941).- Probablemente el primer periodo mineralizador se halla relacionado con la actividad tectónica y orogénica del terciario inferior a medio; y el segundo periodo, a una reactivación de la fuente magnética de origen durante el Eoceno.- A este último periodo pertenecerían también, de acuerdo con Ahlfeld (1948), los depósitos de "estaño madera" relacionados con lavas, en las zonas que se extienden desde el Co. Pululus al Co. Fairique y San Pedro; y los de antimonio, descritos por Sgrosso (1943), de Coyalvaina, todos ellos cercanos a Mina Firquitas.-

CLASIFICACION DEL DEPOSITO

Por las características analizadas, este depósito corresponde al grupo hidrotermal de Ljunggren, pero presenta ciertas particularidades que impiden colocarlo

dentro de los tipos dados por este autor.- Si se considera que en zonas relativamente poco profundas se han depositado minerales de temperatura media a baja, con una zonación telecópica, sobre asociaciones de otros de alta temperatura, podría colocarse dentro de la clase xenotermal propuesta por Buddington en 1935.-

OXIDACION Y ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO

La zona de oxidación de las vetas, está en la actualidad totalmente agotada, y probablemente la más rica sea la de la veta Potosí, de acuerdo con los informes que se tienen (Sgrosso, 1943; Field, 1941).

En ella se explotaron plata nativa, cerargirita, pirargirita, miargirita y argentita, asociadas a casiterita. La profundidad de la zona de oxidación en las vetas es aproximadamente 25 m, variando en cada caso particular. Habo además, de acuerdo a Field (1941), una corta zona de cementación que se extendía debajo de la anterior, aproximadamente hasta el nivel C 8 de la veta Potosí, que tuvo leyes de plata que alcanzaron un 10% y que en los niveles intermedios a más profundos desaparecía totalmente.

Las muestras típicas de la zona de oxidación observadas, son masas de aspecto terroso formadas por agregados de casiterita, cuarzo y calcedonia, cementados por plata nativa, cerargirita, enclinita, goethita y hematita pulverulenta, con abundantes barworks de sulfuros (principalmente pirita) rellenos de hematita, limonita y jarosita.

La casiterita (como se hizo notar en la descripción mineralógica) en los niveles más superficiales es arrillada, pero formada por individuos bien cristalizados, y no tiene las características del llamado estaño madera, que se halla generalmente asociado a lavas desérticas como las del C° Púlpus, en las que es primario.

En cuanto a un enriquecimiento secundario de estaño, sólo localmente, en algunas vetas, se han hallado finas venillas de casiterita microcristalina que pueden haberse originado por la descomposición de esteonitas más superficiales.

CONCLUSIONES

Mineralógicas:

- 1) Se determinaron los siguientes minerales no mencionados en la literatura anterior para Mina Pircuitas: **hipogénicos:** argyropirita (?), alaskaita, antimonita, baritina, bournonita, cilindrita (?), clorita, hexaestannita, estannita III, isoestannitas I y II, fizelyita, frankeita, geocronita (?), plata nativa, semseyita, schapbachita, schirmerita, teallita. **Supergénicos:** covellita, hematita, ópalo, marcasita, melanterita, melnikovita, gosslarita y szomolnokita.
- 2) Entre estos minerales figuran algunos poco frecuentes en el mundo, y citados por primera vez en nuestro país: argyropirita (?), alaskaita, cilindrita, hexaestannita, estannita III, isoestannitas I y II, fizelyita, frankeita, semseyita, schapbachita, schirmerita, teallita y melnikovita.
- 3) De las estannitas determinadas hay tres, cuyos diagramas de rayos-X no coinciden con los conocidos hasta el presente en la literatura, lo que se da a conocer junto con sus propiedades ópticas y físicas, texturas y paragénesis. Dichas estannitas son: estannita tipo III, estannita castaña y estannita tipo I.
- 4) Hay dos tipos de casiterita: una hipogénica y otra supergénica (proveniente de la descomposición de estannitas, teallita y frankeita). Esta casiterita secundaria es escasa en todas las vetas y sólo se la observa localmente.
- 5) La teallita al descomponerse origina casiterita fibrosa pseudomórfica de ópalo, y el plomo que contiene migra en solución, sin que necesariamente se forme galena "in situ", intercrecida con la casiterita como comúnmente se establece en la literatura (Turnaure y Gibson, 1954, ~~Randkowitzsch~~ Randkowitzsch y Poljakowa, 1960).
- 6) Se observaron nuevos halos de reacción de bournonita entre los siguientes minerales isoestannita I y schirmerita, estannita III y schirmerita; no registrados hasta el presente en la literatura (Uytenbogaart, 1951, Ramdohr, 1960).
- 7) Toda la calcopirita observada en las vetas se halla en cuerpos de desmezcla o en venillas de segregación, habiéndose producida durante los siguientes reemplazos: hexaestannita por isoestannita II, hexaestannita por estannita común, estannita común por isoestannita I y estannita común por pirargirita. Estos tampoco han sido citados en literatura mundial previa.
- 8) También, pequeños cuerpos de blenda fueron exsueltes durante los reemplazos de: schirmerita en isoestannita I, estannita común y estannita III.
- 9) La totalidad de blenda y wurtzita del depósito (con excepción de la blenda exsuelta)

10) La Schalenblenda de Mina Pirquitas contiene cantidades relativamente altas de la contrariamente a lo que es conocido en análisis de otras schalenblendas estudiadas.

11) La mayoría de la marcossita de Mina Pirquitas es supergénica y proviene de la descomposición de la pirrotina.

Genéticas:

12) El depósito de estaño y plata de Mina Pirquitas es de tipo xenotermal, es decir caracterizado por la depositación de minerales de alta temperatura (pirita-pirrotina-arsenopirita-casiterita) a presiones relativamente bajas, evidenciadas por la textura de las vetas (brecha, bandeada crustificada, coliforme) y por la zonación telescópica.

13) La alteración hidrotermal de la roca de caja es también la comúnmente hallada en depósitos de tipo xenotermal (sericita, cuarzo, caolinita y alunita).

14) La formación de las vetas, tuvo lugar en dos periodos mineralizadores emplazados a diferente profundidad. Durante el primero se formaron las vetas que siguen los tres sistemas de fracturas citados, dentro de los cuales se hallan las vetas más importantes del distrito. Este periodo está caracterizado por el notable volumen de los minerales depositados. En el segundo, con un volumen mucho menor de las soluciones, el emplazamiento se realizó en una refracturación de rumbo N 80° E, originando venillas de poca potencia, pero que en conjunto son económicamente explotables.

15) El primer periodo mineralizador puede dividirse en dos estadios, separados por una notable refracturación de todas las vetas. Durante el primer estadio y en forma invariable, desde los niveles más profundos a los más superficiales, se depositaron: pirita, pirrotina, arsenopirita, casiterita y cuarzo. En el segundo estadio, y presentando una marcada zonación vertical de tipo telescópica se depositaron en los niveles inferiores a intermedios: schalenblenda, galena, y algunas estannitas. En los niveles intermedios a superficiales: schalenblenda y boulangerita, semseyita y fizelyita. En los superficiales: teallita, frankita, freibergita, pirargirita, miargirita y polibasita.

Durante el segundo periodo (cuya zona apical coincide con la de sulfosales de antimonio y plomo del primer periodo mineralizador) se depositaron, también con una marcada zonación telescópica los siguientes minerales: schalenblenda, pirita, cuarzo, clorita, hexaestannita, isoestannita II, octestannita I, schirmerita, schapbachita, alaskaita, bournonita, pirargirita, miargirita, estannita castaña, canfieldita, polibasita, estefanita, con desmezcla local de calcopirita y plata nativa.

16) El emplazamiento de los minerales de los dos periodos a distinta profundidad puede deberse a que siendo el volumen de las soluciones inyectadas durante el segundo periodo notablemente menor y la refracturación débil, con respecto a la del primero, cualquier cambio que alterase el equilibrio de las mismas podría haber producido una precipitación rápida sin llegar a alcanzar niveles superiores de depositación y/o a que la presencia de minerales de mena anteriores actuaran como agentes precipitantes de las soluciones mineralizadoras.

17) La distinta profundidad de emplazamiento de los minerales de los dos periodos mineralizadores, con aproximadamente la misma composición mineralógica, explica la presencia de dos niveles de sulfosales de antimonio y plata (pirargirita-ningirita principalmente) distantes entre si unos 100 m. Igualmente explica la aparente zonalidad anómala del distrito y ciertas paragénesis minerales, también aparentemente anómalas, como son los reemplazos de galena y boulangerita por estannitas. Es interesante advertir que la aplicación de este ~~existente~~ criterio podría utilizarse para la explicación de algunos yacimientos de Bolivia Central.

18) Los distintos niveles de erosión que presentan los afloramientos de las vetas, hace que en las más erosionadas el nivel de sulfosales de plata y antimonio y de plata, antimonio y estaño, hayan desaparecido totalmente, aflorando la zona de sulfosales de plomo y antimonio, y que el segundo periodo mineralizador aparezca cerca de la superficie actual de erosión.

M. Alvarez

J. Ferrer

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ahlfeld F. - 1945: Los yacimientos de "estaño madera" de "Eacha" (Bolivia) y Yacimientos similares del noroeste argentino.- Notas Museo La Plata 10,35.-
- " " - 1948: La terminación meridional de la faja estannífera boliviana.- Rev.Asoc.Geol.Arg.III, N°2, 133-144.-
- " " - 1950: "Geología de la mina Firquitas" Minería Boliv., Año VII, 5-14, y Angelelli V., 1948.- Las especies minerales de la República Argentina, Univ.Nac.de Tucumán.-
- Ambros J.W. (1936) Report on ores from Sociedad Minera Firquitas, Inf.In.-
- Angelelli V. 1950: Recursos minerales de la República Argentina, Rev.Museo Historia Natural, B.Rivadavia, Vol.I, pp.424-428.-
- Arnold H.G.- 1957: "Annual Report of the Director of the Geophysical Laboratory 1956-57, Carnegie Inst.Wash Year Book 56, 191-195.-
- Barnes H.L.- 1962: Mechanisms of mineral zoning, Econ Geol.-vol. 57, 30-37.-
- " " " - 1965: Environmental Limitation to mechanisms of ore transport, Probl. Postmagm.- Dep. II, 316-324.
- Bearry L.G. y Thompson W.M. - 1961: "Powder data for ore minerals" The Peacock Atlas" Mem. 85, Geol.Soc.Am.
- Borodin L.S. 1963: "On the criteria of the determination of meta-crystals of ore and non-metallic minerals" Probl Post Magm Dep. I, 522-526.-
- Buddington A.F.- 1935: "High temperature mineral associations at shallow to moderate depths, Econ Geol, vol.30, 205-222.-
- Burbank W.S. - 1941: Structural control of ore deposition in the Red Mountains, Sneffels, and Telluride districts of the San Juan Mountains, Colorado Colorado Sci.Soc.Proc.vol.14, 141-261 en Turneaure, 1960.-
- Chace F.M. - 1948: "Tin-silver Veins of Oruro, Bolivia, Part I-II Econ.Geol. 1948, vol. XLIII, N 5-6, 353-384; 435-471.-
- Campbell D. - 1947: "Geology of the Colquiri Tin Mine, Bolivia Econ.Geol., vol. XLII, N 1, 1-22.-
- Desborough G.A. y Carpenter R.H. 1965: "Phase Relations of Pyrrhotite" Econ.Geol vol.60, n° 7, 1431-1451.-

- Edwards A.B. - 1954: "Textures of the Ore Minerals and Their Significance.-Aust Inst.Min. Metall Melbourne, 160.-
- Field Ross - 1941: "The Pirquitas Mine" Eng.Min.Jour 142, n° 7 New York.-
- Fleischer M. - 1955: "Minor elements in some Sulfide Minerals" Econ.Geol.50 Annv vol. 970-1017.-
- Genkin A.D. - 1963: "Metacrysts and selective replacements in ores" Probl. Postmagn Dep. I, 526-533.-
- Gehlen Knon y Piller H. - 1965: "Optics of hexagonal Pyrrhotine Mines Mag,35.-
- Gonzales Bonorino F. - 1959: "Hydrothermal alteration in the Front Range Mineral Belt, Colorado Bull of the Geol.Soc.of Am, vol.70,53-90.-
- Goryainov I.N. - 1964: "Textures resulting from the hypergene disulphidization of pyrrhotine" Zap.Uses.Min.Obshch (Mem All Union,Min Soc) en Min Abst. n° 4 1965.-
- Graton L.C. y Bowditch S.I. - 1936: "Alkaline And acid Solutions in hypogene zoning at Cerro de Pasco", Econ.Geol.vol. 31, 651-698.-
- Gruner J.W. - 1944: "The Hydrothermal Alteration of feldspars in acid solution between 300-400°0, Econ.Geol.vol.39 579-589.-
- Helgeson H. -(1964: "Complexing and Hydrothermal Ore Deposition, Cap. IV, 80, New York.-
- Korzhinskii D.S. -(1963): "Hypothesis of the advancing wave of acid components in postmagmatic solutions. Probl. Postmagna Dep. I,429-434.-
- Little W.M. - 1960: "Inclusions in cassiterite and associated minerals" Econ.Geol. vol. 55, 485-509.-
- Ljunggren P. - 1962: "Bolivian Tin Mineralization and orogenic evolution" Econ. Geol., vol 57, 978-981.-
- Markham N.L. y Lawrence L.J. - 1965: "Lawsonite a new copper iron-tin sulfide from Mt Lyell Tasmania and Tingha, New South Wales, Am.Min. vol. 50, 900-908.-
- Mc Kinstry H y Kennedy G.C. - 1957: "Some Suggestions concerning the sequence of certain ore minerals" Econ.Geol. vol.52, 379-390.-
- Mc Kinstry H. - 1963: "Mineral Assemblages in Sulfide ore, Econ.Geol. vol.58, 483-505.-

- Moh G.H. - 1960: Experimentelle Untersuchungen an Zinnkiesen und analogen Germaniumverbindungen. Neues Jahrb Mineral, Abh, Fesbb. Band 94, 1125-1146.-
- Moh G.H. y Ottemann J. - 1962: "Neue Untersuchungen an Zinnkiesen und Zinnkiesverwandten. Neues Jahrb Mineral Abb 99, 1-28.-
- Morimoto N. y Clark L.A. - 1961: "Arsenopyrite crystal-chemical relations" Am Min., vol.46, 1448-1470.-
- Palache C. Berman H y Frondel C. - 1955: "The System of Mineralogy of J.D. Dana and S.S. Dana, 7th Ed., vol. I.-
Perk R y MacDiarmid R (1964) " Ore Deposits". pag 138.
- Polushkina A.P. y Sidorenko G.A. - 1963: "Melnikovite as a mineral Species". Zap. Uses Min Obshch (Mem Alt Union Min Soc), 93, Min Abstrads n°4, 1965.-
- Randohr P. - 1944: "Zum Zinnkiesproblem - Abh. Preuss. Akad Wiss. math-naturw., K L 4, 1-30.-
- " " - 1960: "Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 3 Aufl. Akad. Verlag. Berlin, 508.-
- Radkewitch E.A. - (1965) On the Chemism of solutions in the formation of Tin Deposits of various Genetic Types. Probl. Postmag., 113.-
" " y Poljakova. OP (1960). "Umwandlung von Sulfidmineralen..." Abh, pag 191-207
Neues Jahrb Mineral.
- Schneider - Scherbena A. - 1962: " Ueber die metallogenetischen epochen und den hybriden Charakter der Zinnvererzung in Bolivien: Geol. J.B. 81, 157-170.-
- Schneider - Scherbena A. - (1965): Time-Space Paragenetic Sequences in The Hypogene Ore Deposits of Bolivia. Prob. Postmag. Dep., II, 67-81.-
- Shcherbina V.V. - 1963: "On the Problem of zoning of ore Deposits, Factors affecting the zoning of Deposition" Prob. Postmag. Dep. I 264-267.-
- Sgrosso F. - 1943: "Contribución al conocimiento de la minería y Geología del noroeste argentino. Div. Gen. Min. Bs. As., Bol. 53, 87.-
- Smith F.G. - 1947: "Transport and deposition of the nonsulphuride vein materials, II, cassitente. Econ. Geol., vol.42, 251-264.-
- Stoll W. - (1948) "Posibilidades de éxito para la exploración de estano, en la Región de Piriquitas, Jujuy, Inf. inédito D.N.G. Minería.-

... Gibson R
 ...
 ...
 ...

Verlamoff N - 1949 " Relations entre les facies des cristaux de cassiterite de la region de Kalina (Congo Bel) et la geol de leurs gisements. Ann. Soc Geol Bel. 72, 289-316, en Routhier (1963)

Routhier D. 1963 " Les gisements metalliferes" Tom 1, 125

Turner J C 1959 " Estratigrafia del Cordón de Escaya y de la Sierra Rinconada. (Guyay). Rev. As. Geol. Arg. Tomo XIII 1-2, pag 15-40

EXPLICACION DE LAS LAMINAS

Las fotografías fueron realizadas en secciones pulidas, con inmersión en aceite de cedro, salvo el caso, donde se indique lo contrario.-

Lamina I

Fig. 1 - Helictos de pirrotina (gris oscuro), en un intercrecimiento de pirita y marcasita, producto de su alteración.- La ganga es cuarzo (negro) Veta Potosí, nivel H 8 1/2; X 220.-

Fig. 2 - Pirita (blanco) pseudomórfica de pirrotina.- La pseudomorfosis es observable debido al remplazo de casiterita (negro) siguiendo los límites entre cristales y el clivaje de pirrotina.- Veta Blanca, nivel H 7 1/2; X 220.-

Fig. 3 - Textura en escamas, resultante de la alteración de pirrotina, formada por un intercrecimiento fino de pirita (gris claro) y marcasita.- Veta Potosí, nivel H 9 3/4; X 220.-

Lamina II

Fig. 4 - Agregados de forma arrionada de casiterita (blanco), bien cristalizada, en ganga de cuarzo (negro).- Veta Potosí, nivel C 6 1/4, X 220.-

Fig. 5 - Schalenblendas intercrecimiento coloidal de blenda (gris claro) y wurzita (gris oscuro) en capas.- Veta Potosí, nivel H 9 3/4, (sin inmersión en aceite y con nicoles cruzados), X 50.-

Fig. 6 - Cristales aciculares de wurzita (gris oscuro) en schalenblenda (gris claro a blanco).- Veta Potosí, nivel H 8 1/2.- Nicoles cruzados, X 220.-

Lamina III

Fig. 7 - Textura metacoloidal heredada, producto del remplazo de pirita y

marcasita-ex-pirrotina- (gris claro) en schalenblenda (gris oscuro), de la cual solo quedan relictos.- Veta Colquiri, nivel 8; X 220.-

Fig. 8 - Reemplazo centripeto y en venillas de pirita y marcasita (ex-pirrotina), en schalenblenda (gris oscuro), cuyo producto final es la textura metacoloidal, citada en la fig. 7.- Relictos de casiterita (negro), reemplazados intergranularmente por schalenblenda, se observan en la parte inferior del campo.- Veta Colquiri, nivel 8; X 220.-

Fig. 9 - Metacristales tabulares de boulangierita (blanco) en schalenblenda (gris).- el cuarzo (negro) se halla en metacristales mal desarrollados, reemplazando a los minerales citados.- Veta Chocaya, nivel H 7 1/2; X 220.-

Lamina IV

Fig.10 - Casiterita fibrosa (gris) pseudomorfica de teallita (blanco) -parte central- rodeada por una ganga de cuarzo (negro) y agregados de casiterita (gris) idiomorfa.- esta ultima, presenta una marcada zonalidad (gris algo mas claro) y ha sido reemplazada por pirita (blanco), observable en la periferia del campo.- Veta Oploca, nivel G 5 1/4; X 220.-

Fig.11 - Frankeita (gris oscuro), reemplazando a agregados de pirita y pirrotina -ahora pirita- (gris claro) según olivaje y límites entre granos.- Además solo reemplaza intergranularmente a casiterita (negro).- Veta Oploca, nivel G 5 1/4; X 220.-

Fig.12 - Reemplazo zonal en pirita (blanco) por casiterita (negro), schalenblenda (gris oscuro) y estannita común (gris algo más claro).- Veta Chocaya, nivel 15; X 220.-

Lamina V

Fig.13 - Metacristales de hexastennita (gris claro) en schalenblenda, la

que se halla reemplazando a casiterita en forma intergranular.-La casiterita ha su vez ha reemplazado parcialmente a agregados de pirita (blanco).- Veta Chocaya, nivel 12; X 220.-

Fig. 14 -Reemplazo zonal de isoestannita II (gris claro), en schalenblenda (gris oscuro), además reemplaza también a galena -del primer período- de la cual solo quedan relictos, observables a la derecha del campo (blanco y relieve bajo).- El mineral de relieve alto es pirita (blanco), la cual, ha sido intensamente reemplazada por casiterita (negro).- Veta Chocaya, nivel 12; X 220.-

Fig. 15 -Reemplazo zonal de isoestannita II (gris mediano) en schalenblenda (gris oscuro).- La isoestannita II, contiene restos de hexaestannita (gris claro), a la que reemplaza.- Además se observa pirita (blanco), relictica, reemplazada parcialmente por casiterita (negro).- Veta Chocaya, nivel 12; X 220.-

Lamina VI

Fig. 16-Pasaje de estannita común a estannita III.- A la derecha se observa un relikto redondeado (gris oscuro) de estannita común (con maclas), en una masa de estannita III, también maclada (grises intermedios).- Los cristales algo idiomorfos, son de pirita (blanco) y el agregado masivo que se observa en la parte inferior del campo, es cuarzo (blanco; con reflejos internos) - Veta San Pedro, nivel 12; X 220.-

Fig. 17-reemplazo de estannita común (gris clara) por estannita castaña (gris algo más oscuro) - contacto inverso de carie - El mineral blanco de alto relieve es pirita, el blanco de menor relieve es alaskita.- A la izquierda del campo se observa un relikto de schalenblenda (gris oscuro punteado).- La ganga es cuarzo (negro).- Veta San Pedro, nivel 9 3/4; X 220.-

Fig. 18 - Reemplazo zonal de schalenblenda (gris oscuro, punteado) por estannita castaña (gris claro), de la cual solo quedan relictos.- El mineral blanco, de bajo relieve es alackaita y el de alto, a la izquierda es pirita.- La ganga es cuarzo (negro grisáceo).- Veta San Pedro, nivel 9 3/4; X 220.-

Lamina VII

- Fig. 19 - Macras polisintéticas en estannita común.- La ganga es cuarzo (blanco, con reflejos internos).- Veta San Pedro, nivel 11; X 220, nicóles cruzados.-
- Fig. 20 - Macras polisintéticas, tipo "marquet", en estannita común.- Veta San Pedro, nivel 9 3/4; X 220, nicóles cruzados.-
- Fig. 21 - Macras polisintéticas, probablemente de inversión, en estannita común.- Los cristales (blanco), de mayor relieve, son relictos de pirita.- Veta Chocaya, nivel 15; X 220.-Nicóles cruzados.-

Lamina VIII

- Fig. 22 - Schirmerita (blanco), reemplazado parcialmente a isoestannita I (gris mediano) con contacto inverso de carie.- En el límite entre ambas, se observa un halo de bourbonita (gris claro) y pequeños cuerpos de mezcla de blenda (negro, punteado).- La isoestannita I, reemplaza a su vez a schalenblenda (gris oscuro, parte superior derecha).- La ganga es cuarzo (negro).- Veta Chocaya, nivel 15; X 220.-
- Fig. 23 - Schirmerita (blanco prismoso) reemplazando a pirita (blanco, relieve alto), según clivajes.- Dentro de las masas de schirmerita se observan siempre relictos de isoestannita I y bourbonita (gris mediano) y de caaiterita (negro).- Veta Chocaya, nivel 15; X 220.-
- Fig. 24 - Muestra lo mismo que la Figura anterior pero la schirmerita tiene

un grado de reemplazo más avanzado sobre los minerales anteriores la isoestannita I ha desaparecido casi totalmente, quedando restos de pirita, casiterita y cuarzo (negro) y schalenblenda (gris oscuro).-- Veta Chocaya, nivel 15; X 220.--

Lamina IA

Fig. 25 - Venilla de segregación de calcopirita (blanco grisáceo) en isoestannita I (gris claro), producida en los reemplazos de estannita común por dicha isoestannita.-- Además se observan relictos de pirita (blanco), schalenblenda (gris oscuro), casiterita (negro grisáceo) y cuarzo (negro).-- Veta Chocaya, nivel 12; X 220.--

Fig. 26 - Calcopirita, (blanca, centro del campo), segregada en isoestannita I (gris claro) y en pirargirita (gris oscuro).-- La pirargirita reemplaza selectivamente a la isoestannita I, en venillas que siguen los contornos redondeados de ese mineral.-- La isoestannita I, a su vez ha reemplazado a schalenblenda (gris oscuro) y a casiterita (negro grisáceo).-- La schirmerita (blanca) solo se halla en pequeñas masas discontinuas en isoestannita I.-- La ganga es cuarzo (negro).-- Veta San Pedro, nivel 9 3/4; X 220.--

Fig. 27 - Vanfieldita (blanco grisáceo) discoide, mostrando una marcada zonalidad por crecimiento, probablemente producida por el reemplazo zonal de blenda en schalenblenda (gris oscuro).-- Este último mineral ha reemplazado a pirita (blanco) y a casiterita (negro grisáceo).-- Veta San Miguel, nivel H 10 1/2; X 220.--

Lamina II

Fig. 28 - Venillas de pirargirita (gris mediano), reemplazando selectivamente a isoestannita I (gris claro), la que contiene pequeñas masas de schirmerita (blanco).-- La isoestannita I, como ya se di

jo, reemplaza a schalenblenda (s.o. gris mediano) y a casiterita (gris oscuro, relieve alto).- la ganga es de cuarzo (negro).- Veta San Pedro, nivel 9 3/4; X 220.-

Fig. 29 - Estannita castaña (c) reemplazando a isocostannita I (gris claro) y a pirargirita (p, gris mediano).- La isocostannita I, ha reemplazado a schalenblenda (sc.) con contacto inverso de curie.- Además se observan restos de pirita (blanco) en una ganga cuarzo (negro).- San Pedro, nivel 9 3/4; X 220.-

Fig. 30 - Arusa de cuarzo (negro) en la cual se han depositado minerales, con un intercrecimiento complejo, típicos de ciertos niveles de algunas vetas.- El orden de depositación ha sido, isocostannita I (I), schirnerita (s), pirargirita (P), y estannita castaña (C).- La estannita castaña reemplaza selectivamente a isocostannita I, y schirnerita.- Veta San Pedro, nivel 9 3/4; X 220.-

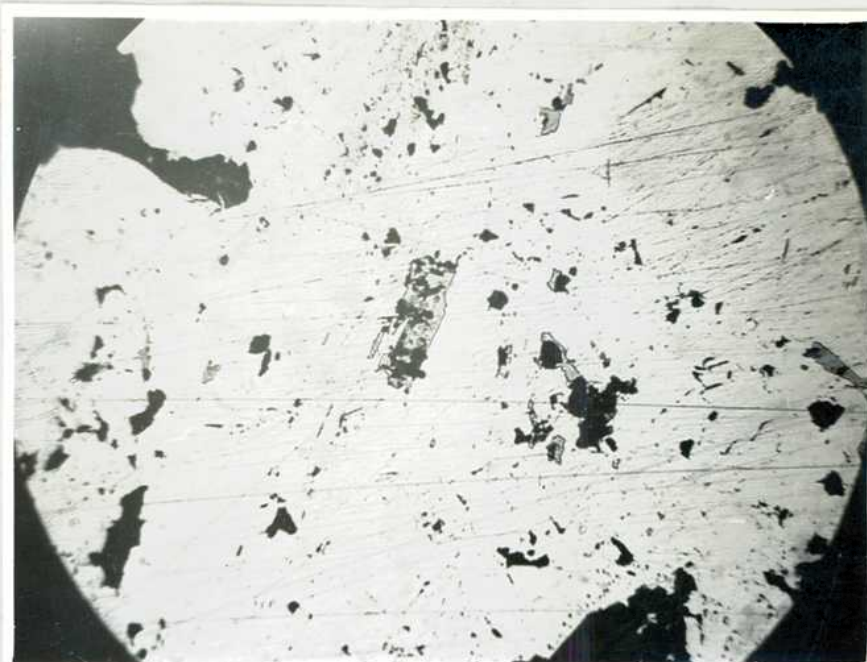


Fig 1



Fig 2

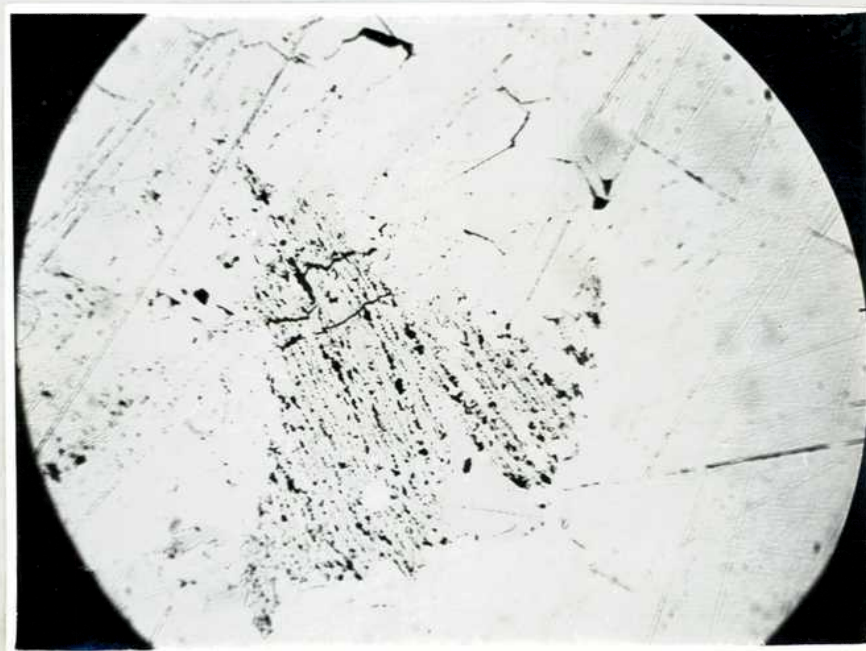


Fig 3

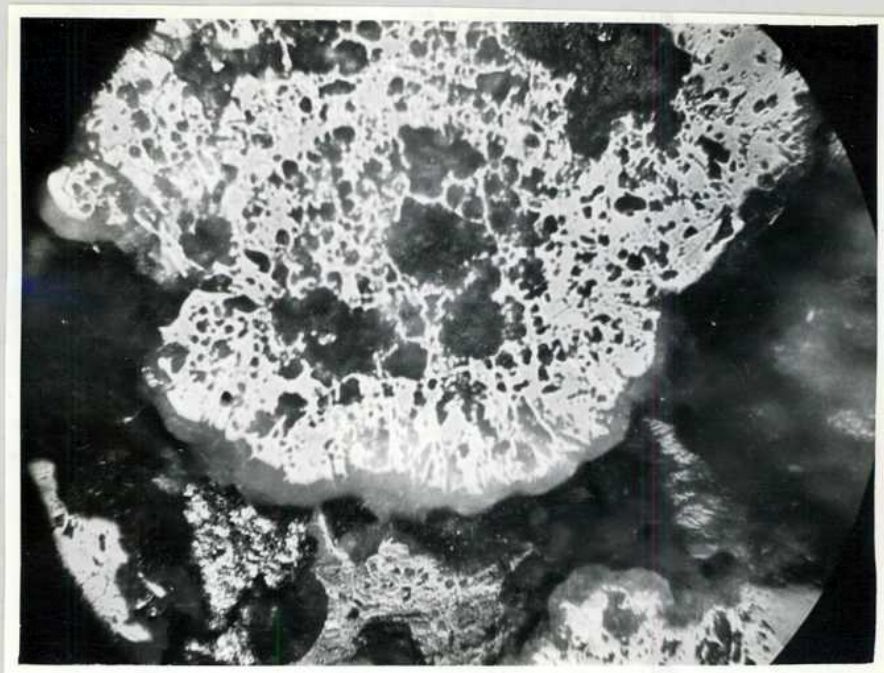


Fig 4



Fig 5

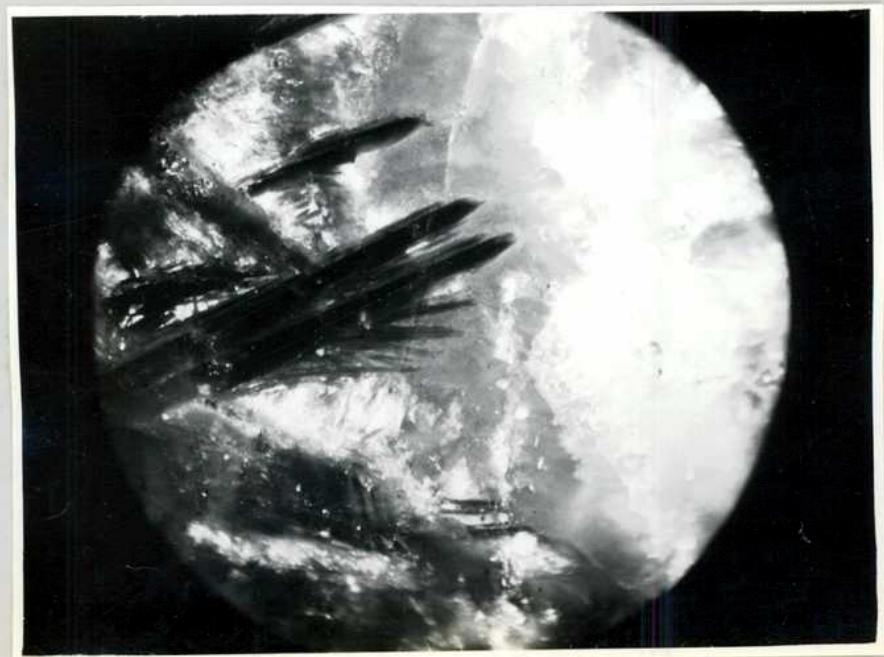


Fig 6

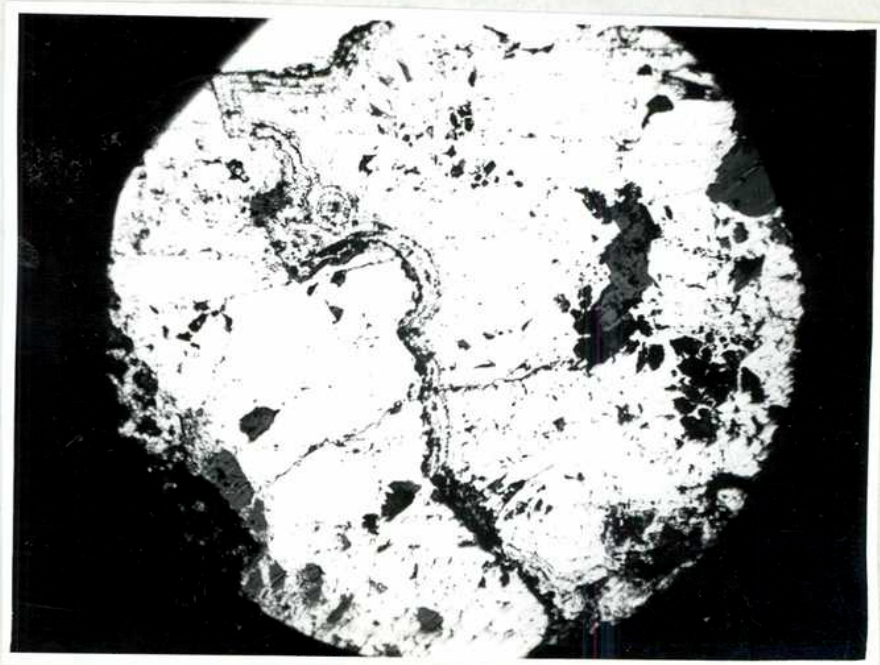


Fig 7

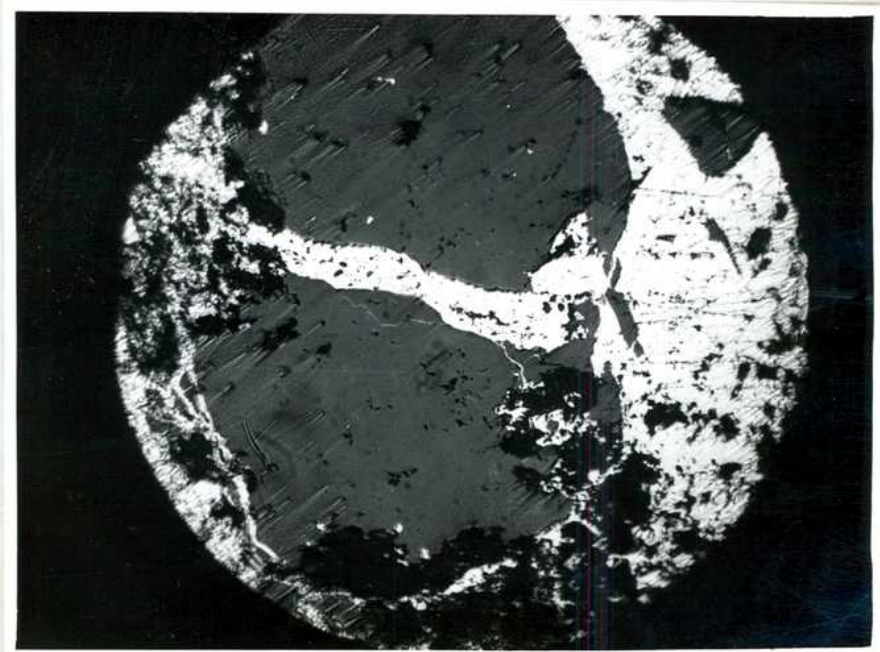


Fig 8



Fig 9

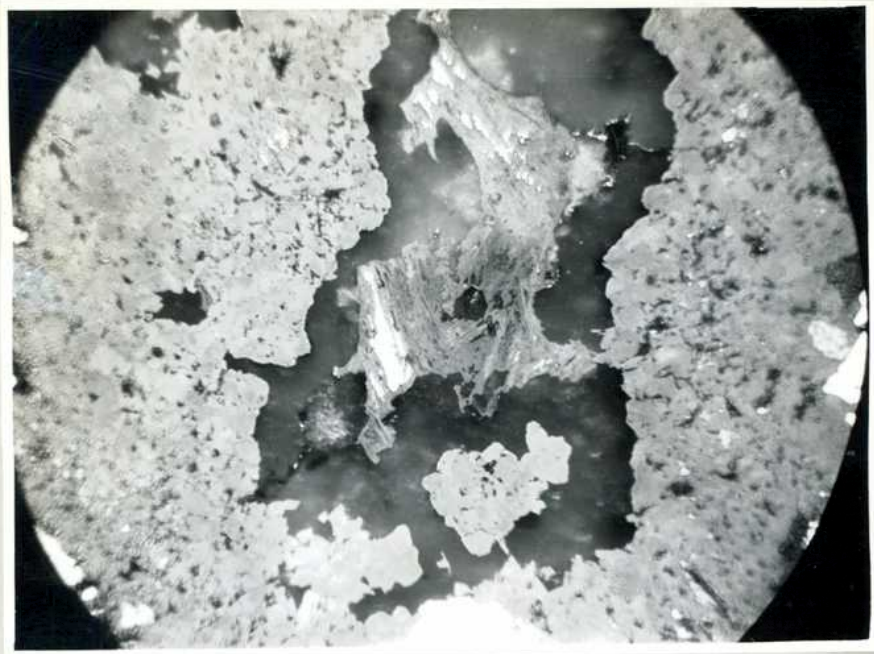


Fig 10

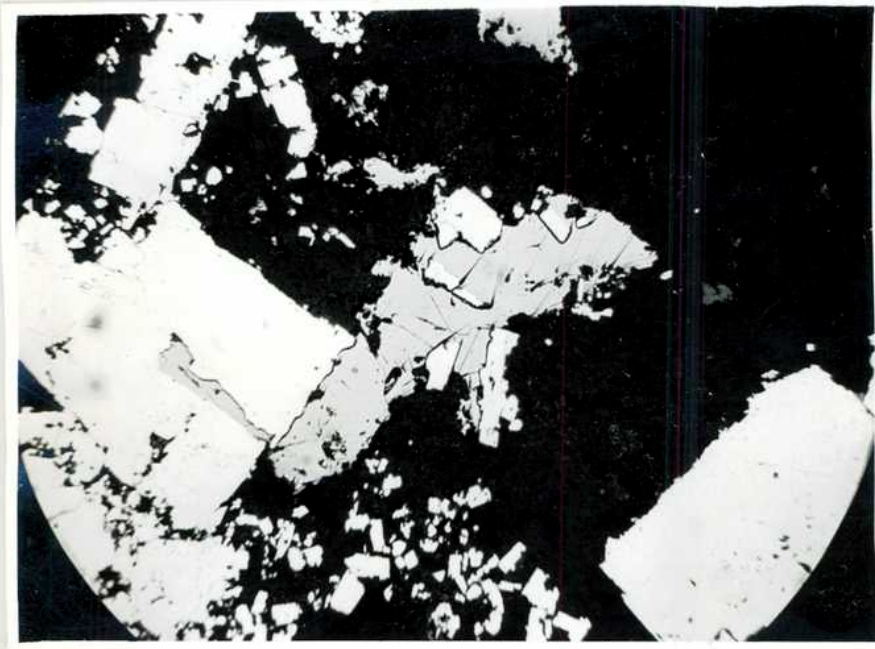


Fig 11

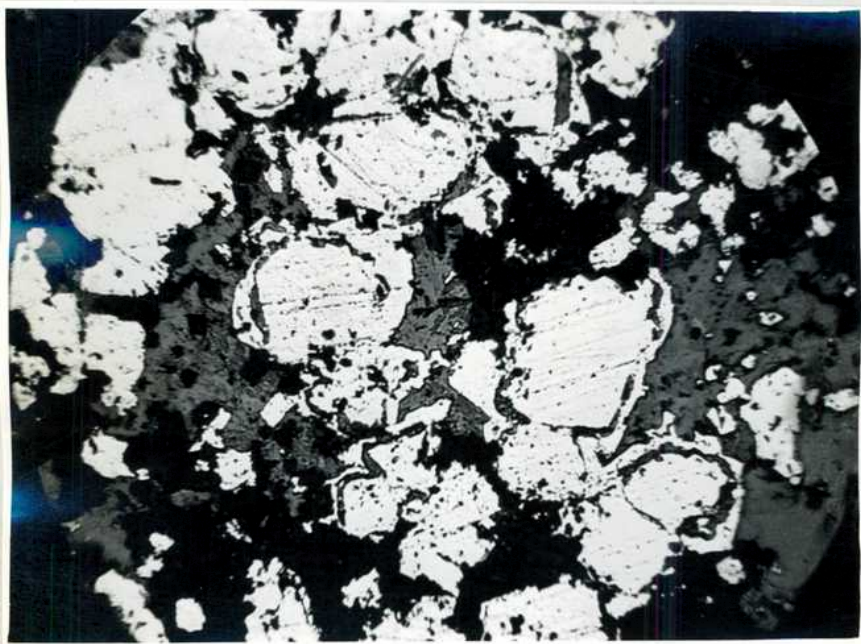


Fig 12

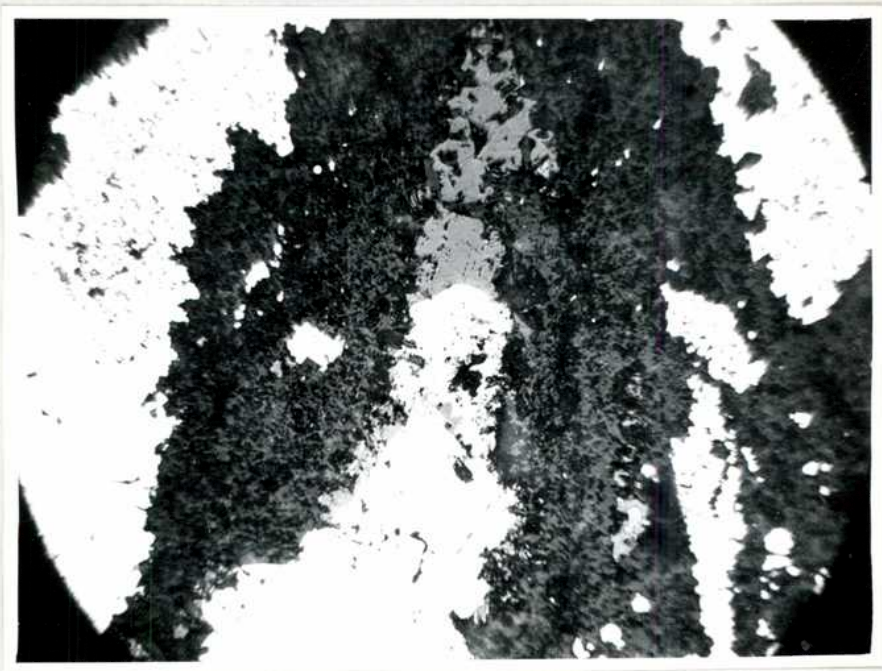


Fig 13

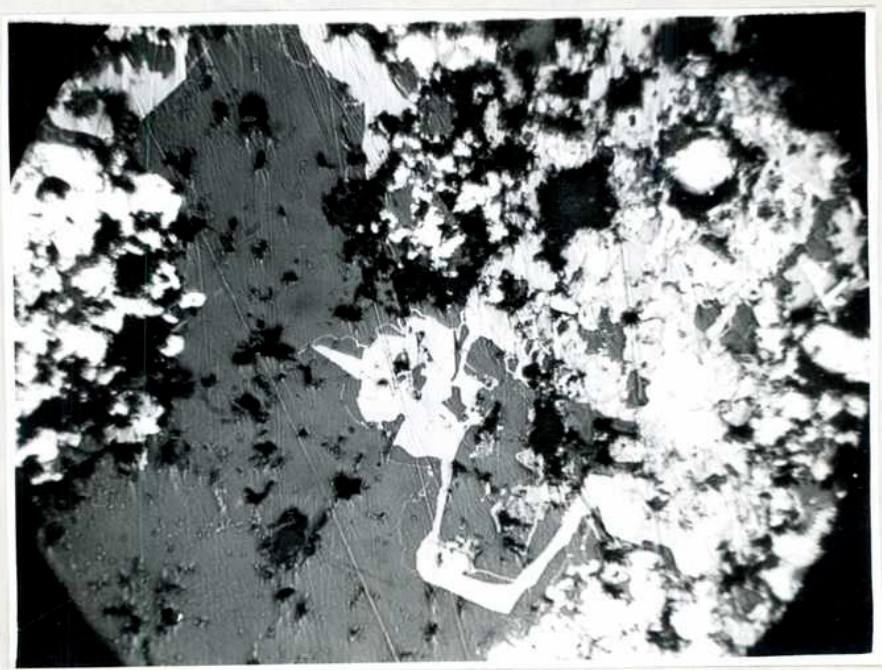


Fig 14

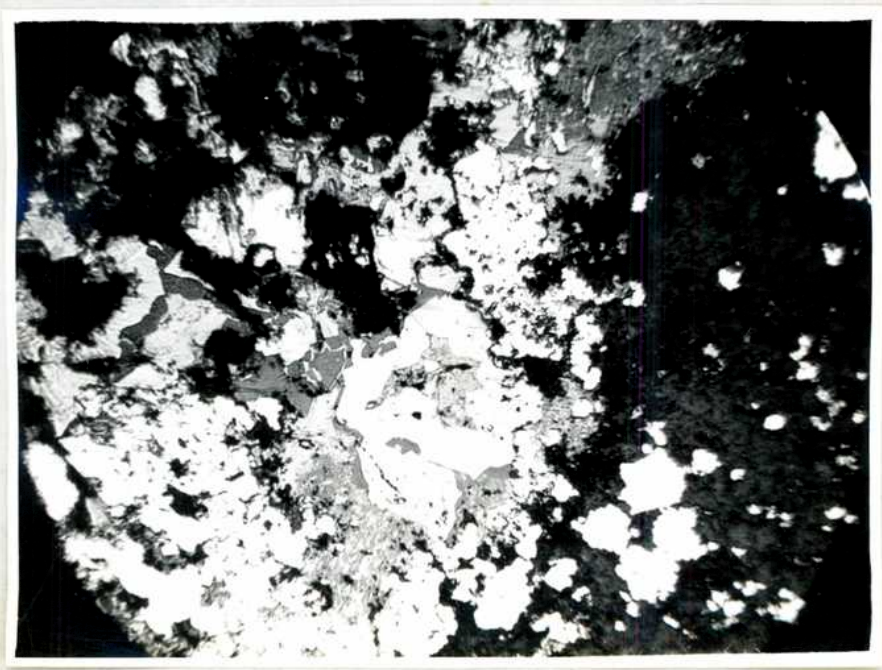


Fig 15



Fig 16



Fig 17



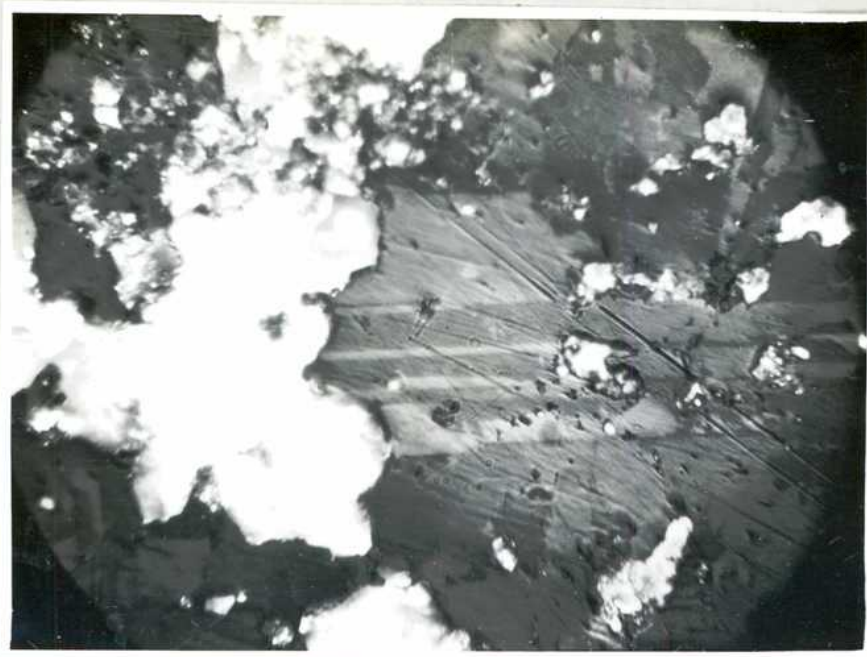


Fig 19



Fig 20



Fig 21



Fig 22



Fig 23

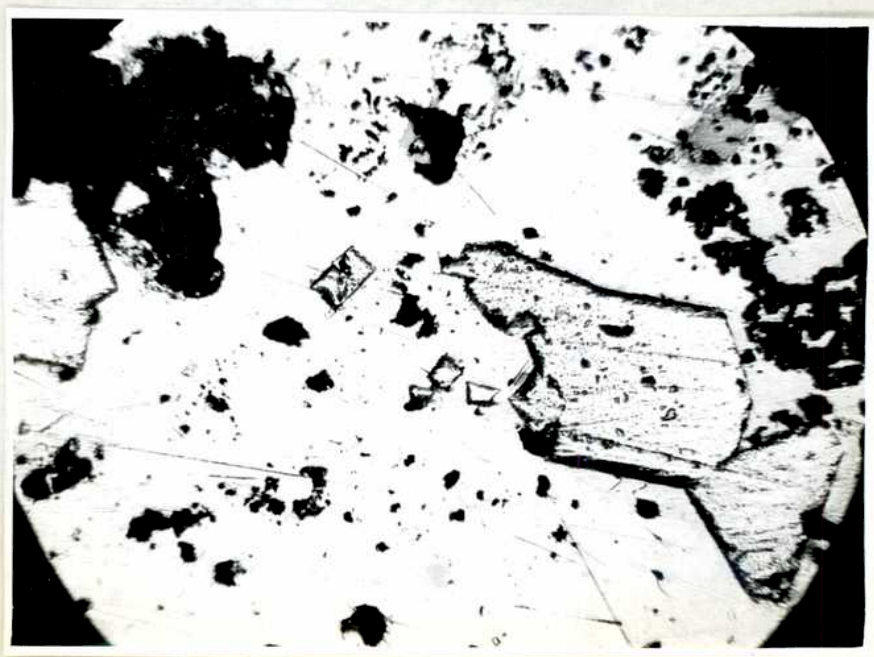


Fig 24



Fig 25

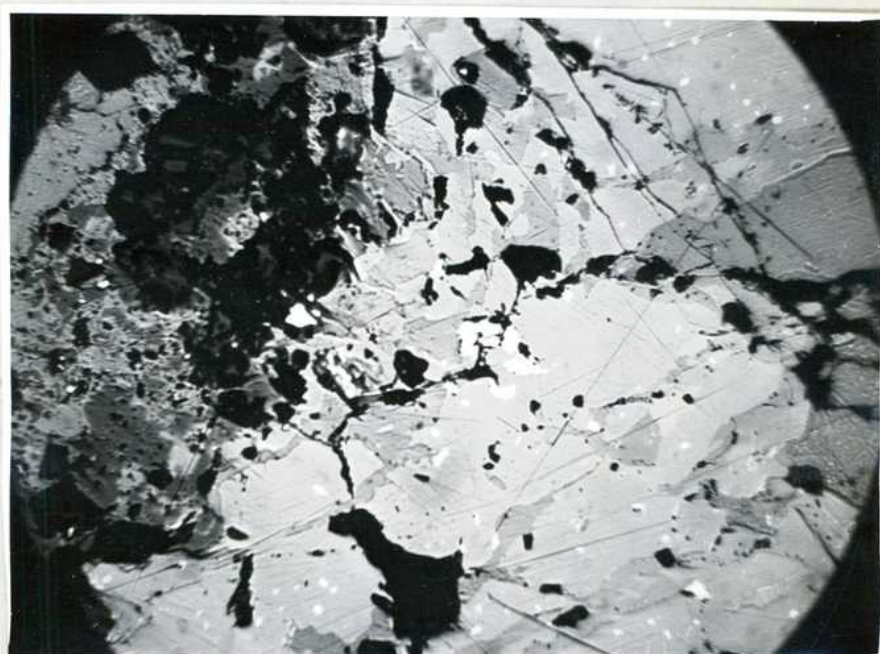


Fig 26

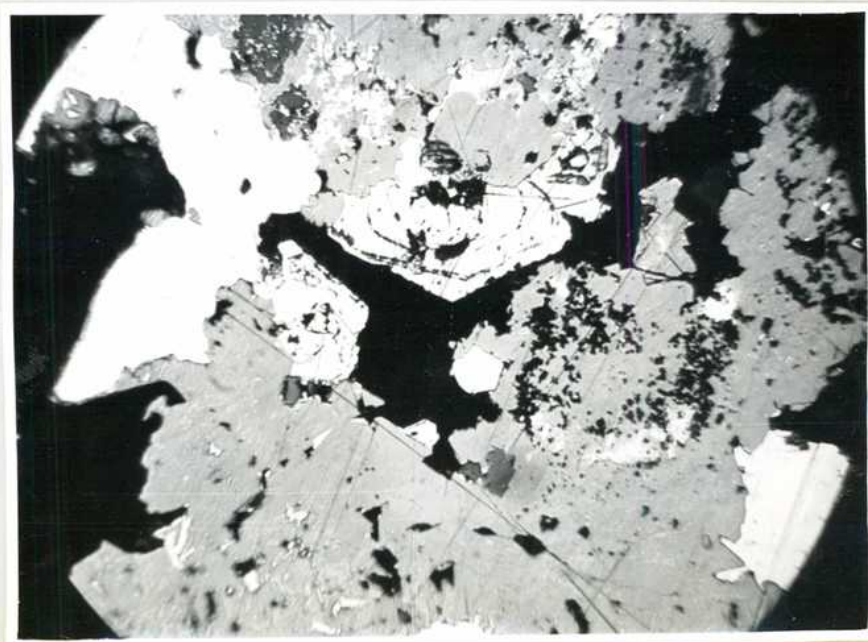


Fig 27

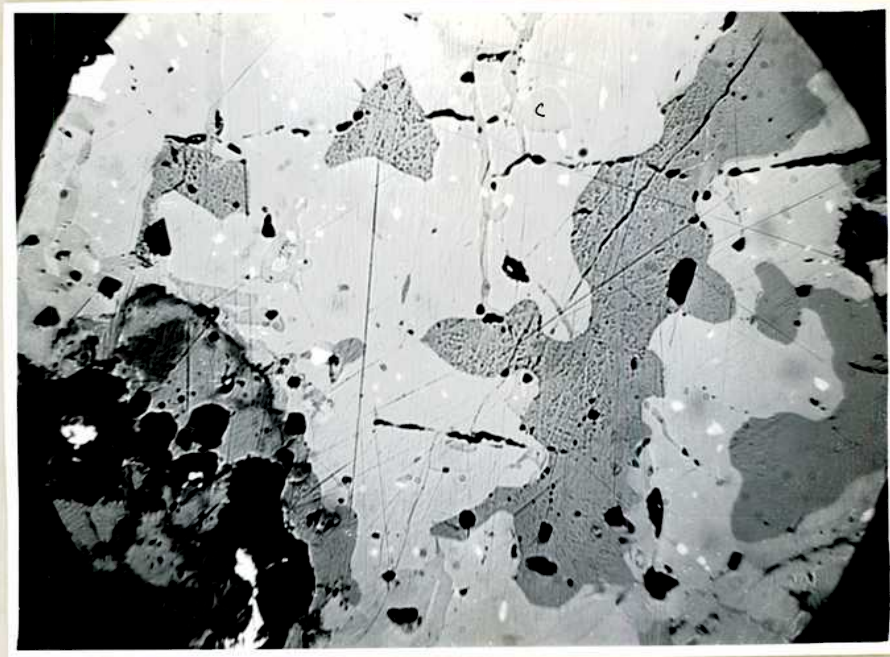


Fig 28

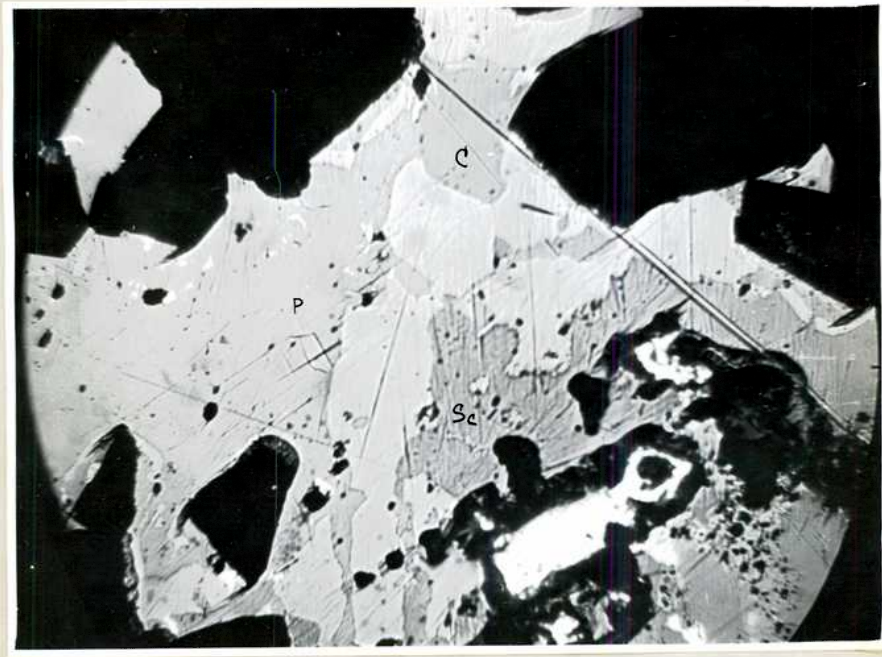


Fig 29

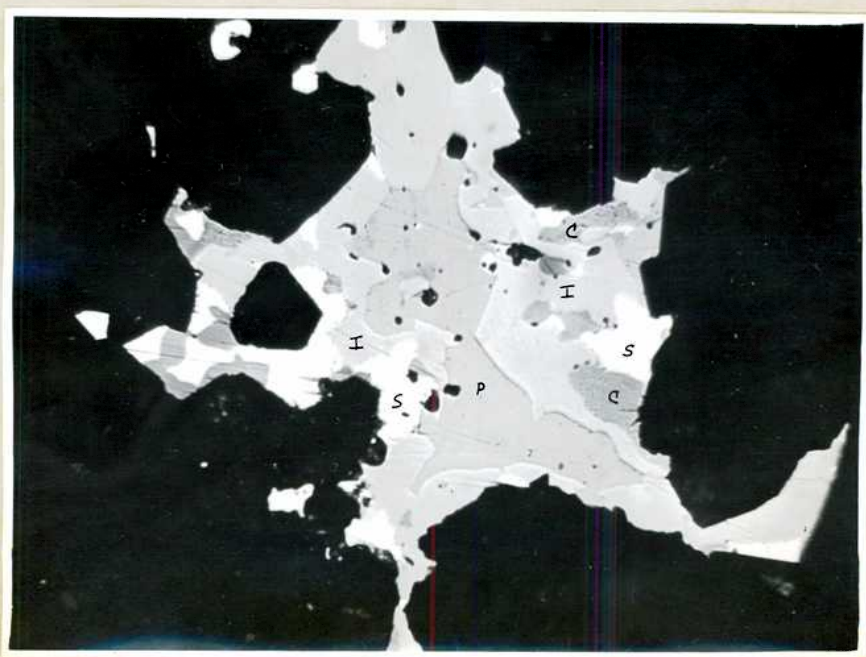


Fig 30