

MINERALOGIA Y PROBLEMAS DE GENESIS DEL YACIMIENTO "CARLOTA"

sep-oct
1965

Maria Starova
Dpto. Científico de Geología
Vladimir Gorielov
Dpto. de Minerales
Instituto Cubano de Recursos
Minerales

ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO "CARLOTA"

El yacimiento de piritas cupríferas de Carlota está situado en la parte Sur de la provincia de Las Villas. En el territorio del yacimiento se han determinado 2 bandas de desarrollo de los cuerpos de mineral: la banda Norte, nombrada "Victoria" y la del Sur, nombrada "Carlota".

Los datos sobre la estructura geológica del yacimiento están dados como resultado de una exploración detallada del cuerpo de mineral No. 1 que se encuentra en la banda Sur.

La zona del yacimiento está constituida por rocas sedimentariometamórficas que son de edad J1-2. Este complejo de rocas está representado por esquistos calcáreos y calizas. Entre los esquistos calcáreos se distinguen variedades gráficas, moscovíticas, cuarzosas, grafito-moscovíticas y otras. Entre las rocas mencionadas se registran intercalaciones pequeñas de dolomitas y calizas dolomitizadas en los contactos con las vetas de mineral. Entre los siguientes metamórficos se encuentran pequeños cuerpos concordantes de serpentinitas muy fragmentosas y esquistosas, así como las rocas formadas por procesos efusivos.

Los procesos del metamorfismo regional motivaron la esquistosidad de las rocas sedimentarias y la formación de serpentinitas está relacionada con los procesos del autometamorfismo. En la formación de rocas de este yacimiento lo que más ha influido es el metamorfismo hidrotermal, que ha cambiado a una parte de las serpentinitas en anfibolitas. Con el tipo de metamorfismo mencionado está relacionada la talcosidad de las serpentinitas y carbonatación, así como la formación en algunos casos de una roca talcosocarbonatada. En las rocas efusivas los procesos del metamorfismo hidrotermal han provocado una recristalización de rocas con la formación simultánea de anfibolitas.

El desarrollo ulterior de procesos del metamorfismo de dicho tipo, ha llevado a la clorización intensa de las anfibolitas, formadas tanto en las rocas efusivas como en las rocas intrusivas, incluso hasta la formación de esquistos cloríticos que en un 60-95% se componen de clorita cerca de los contactos con los cuerpos de mineral.

El metamorfismo de minerales posteriores, expresado en la carbonatación de todas las rocas que se encuentran en la zona del yacimiento, ha sido una manifestación más reciente.

La actividad tectónica disyuntiva abrió el acceso para soluciones hidrotermales.

En la formación del yacimiento ha influido mucho la tectónica plegable, que ha llevado al plegamiento intenso de todas las rocas plásticas de la zona y a la cataclasis de rocas eruptivas y dolomitas. Por lo mismo, crearon las condiciones para la influencia hidrotermal, lo que llevó a la formación de rocas nuevas del tipo metamórfico.

Se registró la presencia de una actividad tectónica de minerales posteriores que se ha expresado por la presencia de zonas de fallas y compresión en las rocas del lado colgante del cuerpo de mineral y desplazamientos pequeños (hasta algunos centímetros) con la presencia de espejos de fricción en los límites del cuerpo de mineral.

La actividad hidrotermal por lo visto fue relacionada con la misma fuente intrusiva con la cual está relacionada la intrusión de granitoides, situada al Norte del yacimiento.

Las rocas que forman el yacimiento, tienen la extensión sublatitudinal en los límites de 345-360° con buzamiento al Norte bajo el ángulo de 30-50° y en las partes superiores bajo los ángulos más abruptos. La dirección principal de extensión está complicada por un plegamiento pequeño complementario y una ondulación de rocas; sin embargo, el buzamiento total de las rocas está en los límites

del mencionado yacimiento. Los cuerpos de mineral substituyen a los estratos (lentes) de dolcomitas y están representados por 2 lentes de propagación pequeña, así por ejemplo el lente No. 1 (el cuerpo mineral No. 1) tiene el largo por su extensión de 300 metros, el largo por el buzamiento de 220 m con el espesor máximo de 20.4 m.

El lente No. 2 que no aflora, tiene una longitud de 225 m, el largo del buzamiento — 150 m con el espesor máximo de 22.1 m. Los dos lentes están situados conforme a las rocas encajantes que penetran una tras otra en forma de escalones.

Los procesos de erosión han llevado a la formación de zonas de minerales oxidados o "sombreros de hierro" en las partes superiores de los cuerpos de mineral. La profundidad máxima de influencia intensa de los procesos de oxidación alcanza 55 m desde la superficie, en los límites del cuerpo de mineral No. 1 (lente No. 1, perfil III, dibujo 2).

CARACTERISTICA DE LA COMPOSICION SUSTANCIAL DE MINERALES DEL YACIMIENTO "CARLOTA"

La composición sustancial de minerales está caracterizada de acuerdo con el estudio macroscópico y microscópico de testigos de mineral de los pozos Nos. 3, 8 (que al mismo tiempo son muestras tecnológicas) y 20 muestras de otros pozos.

En el presente trabajo se utilizaron las descripciones macroscópicas y petrográficas de Shirokova I. Y., así como los datos de los análisis químicos y espectrales de los minerales.

Los minerales del yacimiento Carlota son de pirita de hierro. El análisis químico determina los contenidos siguientes de los componentes principales de mineral:

| No. P.O. | Tipos de Minerales | Contenido de elementos en % | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | S | Fe | Cu | Zn | Pb | Ag | Au | P |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Minerales sulfuros primarios | de | de | de | de | de | | | |
| | | 28.0 | 29.0 | 0.3 | 0.2 | 0.06 | trazas | | traz. |
| | | a | a | a | a | a | a | a | a |
| | | 51.5 | 40.0 | 1.5 | 1.04 | 0.8 | 10.0 | 0.4 | 0.05 |
| | | | | | | | g/ton | g/ton | |
| 2 | Minerales mixtos | de | de | de | | | | | |
| | | 47.6 | 42.5 | 1.5 | tr | tr | 0.0 | 0.0 | tr |
| | | a | a | a | | | | | |
| | | 51.7 | 46.4 | 4.3 | | | | | |
| 3 | Minerales oxidados | de | de | de | | | | | |
| | | 0.06 | 49.0 | 0.30 | traz. | traz. | traz. | tr | traz. |
| | | a | a | a | | | | | |
| | | 1.18 | 59.5 | 0.81 | | | | | |

Según datos del análisis espectral, en los minerales se determina también el cobalto en el volumen siguiente: desde trazas hasta 0.05%; el arsénico desde trazas hasta 0.2%.

La parte principal de elementos enumerados está representada por los minerales propios. La excepción es de Co y Au. El primero de ellos posiblemente es una mezcla isomorfa en bisulfuros de hierro y pirrotina. El oro existe por lo visto como una mezcla en los sulfuros polimetálicos. De otros elementos en los minerales se determinan Al, Ca, Si, Mg. El contenido de SiO_2 es de 0.18 a 1.92%, CaO de 1.37 a 7.12%; Al_2O_3 de 0.09 a 0.33% MgO de 0.20 a 4.83%.

Tipos de Minerales: En el yacimiento se fijan bastante bien las zonas de oxidación de minerales sulfurosos primarios. La zona de concentración sulfurosa secundaria se fija con menos claridad. Cada una de estas zonas está repre-

sentada por un tipo correspondiente de minerales.

Los minerales oxidados se registran hasta 15-55 m de prof. Estos minerales se caracterizan por el alto contenido de hierro (hasta 60%) y bajo contenido de azufre (0.06-11.18%). El contenido de cobre varía en los límites de 0.30 a 0.81%.

La zona de concentración sulfurosa secundaria tiene el contorno indeciso con oscilaciones de 0.5 a 8 metros en su espesor. En los minerales mixtos de esta zona se registra el contenido en total más alto (hasta 4.3%), para el yacimiento.

Los minerales sulfurosos primarios que representan cerca del 90% del volumen total de los minerales de este yacimiento son ricos en azufre sulfuroso (hasta 51.5%). El contenido de cobre en estos minerales varía desde trazas hasta 1.5%.

Los minerales continuos de estructura maciza, laminada o brechosa, constituyen cerca de 98% del volumen total de los minerales. En el fondo de los minerales continuos se registran sectores pequeños de minerales diseminados en forma de vetitas.

TEXTURAS Y ESTRUCTURAS DE MINERALES

1) La constitución maciza y laminada es la más típica para los minerales sulfurosos continuos. El carácter de las formaciones macizas es el siguiente: en el fondo de las segregaciones de estructuras seriadas y a veces oculta-mente cristalinas de bisulfuros de hierro encerrados en los intersticios y grietas finas, se encuentran (en forma de vetitas y micronidos), calcopirita, esfalerita, pirrotina, así como el cuarzo y calcita. Muy raramente se registran galena y tennantita. Las dimensiones de los granos de bisulfuros de hierro en los minerales de dicha constitución varían en los límites de 0.004×0.004 a 15×15 mm.

La masa principal de segregaciones de pirita (más de 50%) tiene los granos de 0.2×0.2 a 1.0×1.0 mm. Para los minerales de constitución maciza son características las estructuras hipidiomórfico-granulares, alotriomorfo-granulares y porfiroides (fotos Nos. 3, 4, 5).

Los entrecrecimientos alotriomorfo-granulares son típicos en general, para las zonas con una constitución oculta-mente cristalina donde las segregaciones metacoloidales de bisulfuros de hierro están cementadas por las segregaciones irregulares de cuarzo, calcita, calcopirita, esfalerita y pirrotina. (Foto No. 4).

Las estructuras hipidiomórfico-granulares y porfiroides gozan de muy amplio desarrollo. Para estas estructuras es característico el idiomorfismo claramente expresado de pirita, en relación con otros minerales, así como en relación con las formaciones cristalinas ocultas de bisulfuro de hierro. En los entrecrecimientos estructurales de porfiroides, los cristales gruesos de pirita (hasta 15 mm de diámetro), se distinguen claramente por sus dimensiones en el fondo de la masa de granos finos de bisulfuros de hierro, así como de otros minerales (cuarzo, calcita y otros). La constitución laminada está acondicionada por las bandas intermitentes y estratos, limitadas por planos sub-paralelos. Se notan bandas que se distinguen por los tamaños de los granos, composición y espesor. A veces, las estructuras laminadas están complicadas por los elementos de estructuras plegadas (contorsiones y otros).

Más frecuentemente el bandeamiento se forma por una alternancia de bandas de pirita de grano medio y grueso con bandas de bisulfuro de hierro de grano fino y oculta-mente granular.

En la formación de las últimas bandas toman parte la melnicovita-pirita, melnicovita-marca-

sita, pirita, marcasita, así como el cuarzo, calcita y sulfuros polimetálicos.

En algunos lugares la textura mencionada se forma por una alternancia de bandas esencialmente piríticas con bandas esencialmente carbonato-cuarzosas. Para las últimas es característica la alternancia y micro-contorsión más finas (foto No. 2).

En los minerales continuos las transiciones de la constitución maciza a la constitución laminada y vice-versa son graduales frecuentemente. Las texturas brechosas y parecidas a brechas son típicas para los minerales procedentes del contacto del cuerpo de mineral con las dolomitas grafitizadas (en el lado yacente). Dichos minerales son transformados con mayor intensidad por los procesos más recientes (dinamometamorfismo, metamorfismo hidrotermal). Las texturas brechosas y parecidas a brechas se caracterizan por las combinaciones de 2 agregados minerales de distintas edades: fragmentos angulares y redondeados de una roca (dolomita grafitizada) de tamaños microscópicos hasta 5 y más centímetros y una masa de cemento más reciente de constitución de cuarzo-carbonato-pirita. En general, los fragmentos están fuera de su posición inicial y llevan una erupción fina, densa y proporcionada de pirita (foto No. 1).

En las zonas de elaboración intensa de minerales por los procesos más recientes, los fragmentos redondeados tienen una composición esencialmente pirítica y el cemento está representado por carbonato, cuarzo con calcopirita, esfalerita, pirrotina y la pirita más reciente. Las dimensiones de segregaciones minerales de cemento (calcopirita, esfalerita, pirrotina) son más gruesos de 0.1×0.3 a 0.6×1.0 mm.

Las tres estructuras principales mencionadas en la descripción de minerales masivos, en total, son típicos para los minerales de constitución brechosa. Además de esto, aquí gozan de una propagación relativa las estructuras siguientes: intersticiales, foto No. 14, rebordes periféricos y otros. Los dos últimos se forman a cuenta de rebordes sulfurosos esencialmente piríticos, de fragmentos redondeados de distintas rocas.

2) **Texturas de intersección.** Estas últimas se caracterizan por la combinación de 2 agregados minerales: un agregado mineral de composición esencialmente pirítica, sometida a la influencia de procesos más recientes y el agregado mineral que rellena las grietas: cuarzo, calcita, calcopirita, pirrotina, raramente galena y pirita más reciente. El espesor de las vetitas varía en los límites desde fracciones de un milímetro hasta 2,3 centímetros. A veces las vetitas tienen una constitución esencialmente calcopirítica. Los entrecrecimientos estructurales, descritos en otros tipos texturales son característicos también para las texturas de intersección.

La textura diseminada se observa raramente. Generalmente son pequeños sectores de un mineral diseminado densamente en el fondo de minerales macizos continuos y laminados. Además, la mineralización diseminada representada en general por la pirita (foto No. 6) y pirrotina (foto No. 9) se registra en los esquistos cloríticos del lado colgante del segundo lente de mineral, a alguna distancia de este lente (pozo No. 10, profundidad 207-209 metros).

Conjuntamente con la pirrotina y pirita en las formaciones de esquistos cloríticos se registran a veces la calcopirita y esfalerita.

CARACTERISTICA MINERALOGICA DE MINERALES Y ROCAS ENCAJANTES

La constitución mineralógica, considerando el grado relativo del desarrollo de uno u otro mineral, se puede ver en la siguiente tabla:

| Tipos de minerales | Minerales principales | Minerales secundarios | Minerales raros. |
|--------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Minerales primarios sulfurosos | Pirita | Calcopirita esfalerita melnicovita pirita Melnicovita marcasita pirrotina | galena tennantita plata natural |
| Minerales Mixtos | Son los mismos que en así como: | minerales primarios covellina calcosina | |
| Minerales oxidados | Limonita goethita hidrogoethita cuarzo calcita serpentina clorita moscovita grafito anfíbol | Malaquita crisocola covellina calcosina jarosita azufre natural asbestos talco epidota rutilo titanita leucoxeno | cuprita |

A continuación se cita la característica de los minerales conservando el orden de su separación:

Bisulfuros de hierro: gozan de mayor propagación entre los minerales del yacimiento Carlota. Este grupo está representado por los siguientes minerales: pirita, marcasita, melnicovita-pirita, melnicovita-marcasita y melnicovita. Cuantitativamente predomina la variedad cristalina del bisulfuro de hierro: la pirita. Juzgando por el material estudiado, la melnicovita-pirita-marcasita y melnicovita ocultamente cristalinas se encuentran en volúmenes muy limitados y a veces se determinan solamente como los minerales de relictos. La marcasita que predomina cuantitativamente sobre el grupo de melnicovita, cede mucho a la pirita. Los bisulfuros de hierro alcanzan un 80 y 95% del volumen total de la composición de mine-

rales. Se distinguen algunas variedades de bisulfuros de hierro.

Pirita:

1.—La pirita finamente cristalina de rocas encajantes de origen premineral (pirita I)

2.—La pirita II granulosa-cristalina que se caracteriza por la propagación desigual, grandes variaciones de dimensiones de granos (0.5 a 15 mm de diámetro) y por la presencia de elementos de fragmentación.

3.—La pirita II fina y ocultamente cristalina que cementa la pirita II.

4.—Pirita cristalina que se asocia estrechamente con los sulfuros recientes, así como con el cuarzo II y calcita II.

La pirita premineral se distribuye en las rocas en forma diseminada regularmente y no densa, con los tamaños de los fenocristales en los límites de algunas décimas de milímetros.

El bisulfuro I o la pirita de grano grueso y medio, se parecen mucho a los agregados de bisulfuros de distintos estados, antecedentes a la etapa de cristalización colectiva.

En los cristales gruesos, al desencrustarlos por medio de los reactivos químicos se determinan: agregados de pequeños granos de pirita de constitución maciza y cristalinamente zonal, los cristales de maclación polisintética de marcasita, los cristales de marcasita de sección rómbica y más raramente, los relictos del bisulfuro ocultamente cristalino (fotos Nos. 12, 13 y 14).

Las relaciones mutuas de estas formaciones relicticas del bisulfuro de hierro demuestran que éstos se han depositado tanto de soluciones verdaderas como de sales (solución coloidal). Como resultado de la diagénesis y de otros procesos, los productos de sales han pasado posteriormente al estado de melnicovita-pirita, melnicovita-marcasita, marcasita y pirita. Parte del bisulfuro se ha depositado de soluciones verdaderas y con esto han formado las segregaciones cristalinamente zonales de pirita y marcasita. En el transcurso del tiempo que ha precedido a la recrystalización colectiva en la pirita I, los bisulfuros han experimentado la influencia reiterada de procesos de metamorfismo. Esto lo demuestra la presencia de maclas polisintéticas encorvadas de marcasita relictica y el sistema nuevo de maclación expuesto en estas maclas polisintéticas (fotos Nos. 7, 13) etc.

La pirita finamente cristalina que junto con la calcita y cuarzo cementa la pirita de grano grueso y medio (estructura porfiroide), frecuentemente tiene una constitución córnea con granos alargados (foto No. 15). En la pirita de grano fino al desencrustarlo por reactivos químicos se determina una constitución análoga a la constitución interna de la pirita II, pero más nublada por los procesos de recrystalización. Por otra parte, las formaciones de pirita-marcasita finamente cristalina, parece como si cubrieran a los cristales gruesos. En algunas partes las transiciones de una a otra no son claras. La pirita macrocristalina desde la periferia está fragmentada intensamente. La pirita de estructuras córneas se forma también como resultado de la transformación metamórfica del bisulfuro de hierro. En una asociación con los sulfuros polimetálicos se observan agregados de metacristales de pirita esquelética en forma de estuche (foto No. 21). Frecuentemente los núcleos de estas formas están rellenos por sulfuros polimetálicos, cuarzo y raramente por calcita. Generalmente esta pirita III se observa en los entrecrecimientos granulares hipidiomórficos con los sulfuros polimetálicos (foto No. 3).

Pirrotina. Se nota en 23 muestras de mineral de los 30 investigados. En los minerales tomados del cuerpo de mineral No. 1 su número se determina por fracciones singulares y raras, y casi sin alcanzar 2%. En los minerales del

segundo cuerpo de mineral su número varía en los límites de 2 a 25% de su composición total.

Las formas de segregaciones de pirrotina en los minerales del primer cuerpo de mineral siempre son irregulares, subordinadas a las segregaciones de bisulfuros de hierro, así como de cuarzo. La forma de segregaciones de pirrotina en los minerales del segundo cuerpo mineral es preferentemente laminada, con láminas orientadas subparalelas a la esquistosidad por el anfíbol y la clorita (foto No. 9). Los tamaños de los granos varían en los límites de milésimas a 4×2 mm. Las segregaciones más gruesas son características para los sectores enriquecidos por la pirrotina. En los agregados de pirrotina de grano variable se observan segregaciones singulares irregulares de esfalerita y calcopirita. Con esto se determinan también los elementos de corrosión de pirrotina por la esfalerita y a veces por calcopirita. Entre las segregaciones de pirrotina, la pirita se observa en forma de cristales muy corroídos, así como en forma de relictos (fotos Nos. 16, 17). La fecha de segregación de pirrotina se determina como muy sincrónica pero un poco más adelantada que la formación de calcopirita. El metamorfismo de la masa principal de formaciones de bisulfuros de hierro y cuarzo I precedió a la deposición de pirrotina.

Calcopirita. Se registró en todas las muestras investigadas de minerales en volumen de 0.5 a 10% de la superficie de la sección pulida.

Los tamaños de sus segregaciones varían en los límites de una decena de micrones a 3.0×2.0 mm. Las formas de segregaciones son irregulares, siempre subordinadas a las formas de pirita, cuarzo y a veces calcita. Son bastante típicos los sistemas de vetitas finas, las estructuras reticulares de segregaciones y otros. En las vetitas de calcita y cuarzo, la calcopirita junto con la esfalerita y pirrotina rellenan los intersticios (fotos Nos. 10, 11). Estos 3 minerales metálicos a veces forman entre sí estructuras de límites mutuos. Pero a menudo las segregaciones de calcopirita están subordinadas a la pirrotina y la esfalerita corroe un poco a la calcopirita. Con las formaciones metasomáticas recientes de pirita, la calcopirita se observa en los entrecrecimientos hipidiomórfico-granulares (foto No. 3). Con esto, la calcopirita en este caso es siempre xenomórfica. En los minerales de la zona de minerales mixtos por la calcopirita, se desarrolla calcosina, covellina, así como cuprita, malaquita y crisocola.

En la pirita fina u ocultamente cristalina la calcopirita se desarrolla en forma de sistemas de vetitas, finamente reticulares. Por la pirita macro y mediocristalina la calcopirita se desarrolla en forma de vetitas rectilíneas hasta 2 centímetros de espesor. La calcosina y covellina al substituir a la calcopirita forman rebordes colomórficos, finamente cristalinos, así como sistemas de vetitas secantes. El cobre

se depositó parcialmente en la etapa de bisulfuros de hierro, con esto, el bisulfuro de hierro se depositaba más cerca del contacto con la roca clorítica y anfibolítica. Luego en el proceso del metamorfismo el cobre se separó en forma de mineral de calcopirita en el bisulfuro de hierro, en forma de formaciones finas reticulares, aislamientos irregulares, agregados parecidos a dentritas, segregaciones reticulares y discontinuas de calcopirita (fotos Nos. 18, 19, 20).

Después del dinamometamorfismo, por las grietas se han infiltrado en el mineral nuevas porciones de soluciones, por lo visto, distinguidas considerablemente de las primeras. Estas soluciones han depositado la calcopirita II que se asocia con pirrotina y esfalerita. La calcopirita II a veces forma vetitas calcopiríticas monominerales hasta 1-2 centímetros de espesor. La calcopirita II se asocia con el cuarzo reciente hidrotermal, calcita, así como con la esfalerita, galena, tennantita y pirita III recién formada (fotos Nos. 5, 10, 11, 21). En tanto que para las soluciones hidrotermales servían como vías las grietas en el mineral, originadas como resultado del dinamometamorfismo, en la deposición de calcopirita II no se observa esta regularidad.

Esfalerita. Se observa en una asociación con calcopirita. Se ha notado en 18 secciones pulidas en volúmenes que no sobrepasan al 0.5% más raramente 3%. Las formas de las segregaciones son irregulares, redondeadas. Sus dimensiones son de $0.004 \times 0.004 \times 0.24 \times 0.16$ mm. La masa principal de segregaciones de esfalerita (hasta 55%) está representada por los granos de 0.004×0.24 a 0.008×0.08 mm de diámetro.

La esfalerita forma segregaciones irregulares con rebordes de pirita y entrecrecimientos originales de la pirita metacoloidal. Se da la impresión de que en este caso tiene lugar la descomposición en gel de la constitución compuesta, aunque es más probable que sea más reciente la estructura de entrecrecimiento del bisulfuro de hierro por la esfalerita. Por lo visto, el entrecrecimiento tenía lugar en las partes que se habían librado a cuenta de una obturación-envejecimiento de gel del bisulfuro de hierro. Las vetitas cuarzo-calcíticas de esfalerita rellenan los intersticios. Como se ve, la descripción de las formas de segregaciones y relaciones mutuas de esfalerita con otros minerales es muy sincrónica a la calcopirita II (estructura de límites mutuos), pero la masa principal de esfalerita se depositó después que la calcopirita II (estructuras de rebordes).

La sedimentación de esfalerita ha durado un lapso de tiempo más corto (falta de estructuras reticulares, sistemas de vetitas que son típicas para calcopirita II).

La galena corroe un poco y atraviesa la esfalerita en forma de vetitas finas (0.001 mm). Con la tennantita a veces la esfalerita forma

estructuras de límites mutuos, pero en algunos lugares la tennantita corroe un poco a la esfalerita.

En la zona de oxidación y concentración secundaria se desarrollan por esfalerita los minerales del grupo limonítico, covellina, más raramente calcosina y smithsonita.

La substitución por dichos minerales de esfalerita como regla va desde la periferia hacia el centro en forma de zonas de estructuras colomórficas, así como por las grietas en forma de formaciones reticulares.

Mineral gris: Se encuentra en 7 muestras en volumen de segregaciones singulares y muy raras. La forma de las segregaciones es irregular, las dimensiones se determinan de algunas centésimas a algunas décimas de milímetro. La composición química y las cualidades ópticas del mineral gris corresponden más a la tennantita $3\text{Cu}_2\text{S}, \text{As}_2\text{S}_3$ (el resultado de reacción para el arsénico es positivo y para el antimonio, negativo).

A juzgar por la estrecha asociación de las segregaciones de plata nativa con la tennantita (semejante a la estructura emulsionada en descomposición), el cobre gris contiene plata.

La tennantita forma los entrecrecimientos estrechos con esfalerita y galena. En la calcopirita se observan en forma de segregaciones pequeñas y también en un caso (muestra No. 15, pozo No. 1, profundidad 165,75 m) una vetita tennantítica de 0.01 mm atraviesa las formaciones de calcopirita. Con la tennantita se asocia un mineral parecido a ella por sus cualidades ópticas, que se distingue de la tennantita por anisotropía, doble reflexión y bajo relieve (grupo II). Dicho mineral forma también los rebordes por esfalerita. El tamaño de sus segregaciones es de centésimas y milésimas de milímetro. Según sus cualidades el mineral fue determinado como argentita. No es posible confirmar la diagnosis microquímicamente, debido a los entrecrecimientos estrechos con otros minerales y por falta de reactivos para los análisis.

Galena: Se encuentra en los minerales enriquecidos por esfalerita en forma de segregaciones singulares y raras. Se asocia a la calcopirita, esfalerita y tennantita. Se ha registrado en 9 muestras de mineral.

Las formas de segregaciones de galena son redondeadas, parecidas a vetitas y también angulares para la galena que rellena los intersticios en la calcita. Las dimensiones de las formaciones de galena se determinan por milésimas y centésimas y raramente por décimas de milímetro. En los entrecrecimientos con calcopirita se encuentran los elementos de corrosión por la galena. Con la tennantita y esfalerita en un caso forma los entrecrecimientos, parecidos a las estructuras de límites mu-

tuos y en otro caso se registra una corrosión débil de estos dos minerales por la galena.

Plata natural: Se ha observado en 3 muestras, en forma de emulsión fina en la tennantita. Posiblemente, es una estructura de descomposición del sistema de solución sólida de tennantita-plata.

GRUPO DE SULFUROS SECUNDARIOS

Este grupo de minerales está representado por la calcosina y covellina. Dichos minerales se registran en las minas hasta 50-60 metros de profundidad y raramente hasta 80 m.

Durante el estudio de la composición mineralógica de los minerales del yacimiento Carlota, el laboratorio no tenía en su poder las muestras que representan los minerales de la zona de oxidación y concentración secundaria. Por eso, la característica de los minerales de dichas zonas se da a base del estudio de segregaciones raras de estos minerales en las menas.

Calcosina: Azul (diagenita) y gris se asocian siempre a la covellina. Estos minerales, evolucionando por calcopirita y esfalerita forman rebordes zonales, bordes, así como estructuras reticulares del metasomatismo (substitución). El espesor de los rebordes y vetitas es de algunas centésimas a décimas de milímetro. A veces la calcosina substituye por completo a la calcopirita. Los rebordes y llantes (bordes) de sulfuros secundarios tienen la estructura zonal. A menudo se determina la siguiente regularidad de las zonas: la zona de calcosina gris que bordea corrosivamente a la calcopirita es reemplazada hacia la periferia por la zona de calcosina azul-diagenita; esta última pasa la zona de covellina.

Por la esfalerita se desarrolla preferentemente la covellina. El volumen de sulfuros secundarios de cobre no sobrepasa el 2% de la composición total de minerales. En los minerales de la zona de concentración secundaria, a juzgar por los análisis químicos (cobre hasta 4,5%), el número de sulfuros secundarios de cobre es más alto. Los sulfuros secundarios de cobre se substituyen por los minerales del grupo limonítico, malaquita y muy raramente por cuprita.

MINERALES DE LA ZONA DE OXIDACION

Limonita: Goza de amplia evolución en los minerales oxidados. El contenido de Fe a cuenta de los minerales del grupo de limonita forma los minerales continuos de estructura macizo-colomórfica, así como nidos y entrecrecimientos. Los minerales del grupo de limonita están representados por limonita, goethita, hidrogoethita y más raramente lepidocroita e hidrolepidocroita.

De estos minerales se encuentran en mayor cantidad las variedades colomórficas: limonita e hidrogoethita. Más que otros minerales, las estructuras tienen forma de riñones y goteras.

Son típicas formaciones (pseudomórficas) por la pirita. A la profundidad de 10-15 m en la asociación con limonita se registran jarosita y azufre natural. Más hacia la superficie se registran malaquita y psilomelano, que se encuentran en los entrecrecimientos con los minerales del grupo limonítico.

Jarosita: Está determinada por formaciones raras en núcleos de segregaciones sustancialmente limoníticas. A veces, rellenan células en las limonitas de estructura celular. Los agregados de jarosita tienen una constitución de grano muy fino, más compacta en el centro y más blanda hacia la periferia.

Azufre natural: Forma los jaboncillos blandos en la pirita movediza, así como en las grietas de pirita compacta, pero afectada parcialmente por los procesos de oxidación. En las formaciones sustancialmente limoníticas, el azufre natural se observa en forma de nidos hasta 0.5 cm de diámetro.

Malaquita y azurita: En asociación con calcita y calcedonia recientes rellena grietas en las formaciones limoníticas.

MINERALES NO-METALICOS

Grafito: Toma parte en la formación de una poderosa secuencia sedimentaria, en la cual se registra una alternancia de variedades de esquistos moscovito-cuarzoso-calcáreos, sericito-calcíticos, grafito-dolomíticos y otros. El grafito o una sustancia carbonosa grafitizada se registra en todas las variedades de rocas mencionadas de esta secuencia.

Frecuentemente la materia carbonosa está evidentemente descristalizada y orientada por esquistosidad. Los espejos de fricción se encuentran por las microintercalaciones de estructura efectivamente grafitica. En las partes mal metamorfizadas de rocas calcáreas, la materia carbonosa está proporcionalmente dispersa en forma de una erupción fina sin orientación. En el contacto del cuerpo de mineral con los esquistos grafito-dolomíticos se registran relictos de dolomita carbonizada y mal cristalizada. En las rocas de mala esquistosidad se encuentran sectores raros abigarrados, de composición efectivamente grafitica. El grafito descristalizado se encuentra frecuentemente entre las laminillas de moscovita y clorita, así como en las partes periféricas de granos aislados de calcita. El volumen de grafito en todas las variedades de rocas grafitizadas se determina en los límites de 0.5 a 5.0%.

Moscovita: Toma parte al igual que el grafito en la formación de las mismas rocas. Su volumen se determina de 2-3 a 5% de la composición total de la roca. En asociación con

este mineral a veces se registra clorita. La moscovita forma pequeñas hojas hasta 0.5 mm de largo, generalmente alargados por la esquistosidad.

Cuarzo: Ha evolucionado ampliamente tanto en las rocas encajantes como en los minerales. El volumen de cuarzo en los esquistos cuarzosos-calcáreos se determina en promedio de 5-10%. En las partes de acunamiento de cuerpos de mineral, así como en algunas partes que pasan por el contacto del cuerpo de mineral, su volumen incrementa hasta 25-30%. En las partes de acunamiento los cuerpos de mineral están sustituidos por los sistemas de formaciones de cuarzo filoniano y en forma de vetitas. En los esquistos cuarzosos-calcáreos que se encuentran a alguna distancia del contacto con el cuerpo de mineral (sección delgada No. 32) el cuarzo forma acumulaciones de grano fino de estructura granoblástica. Estas acumulaciones se sitúan en forma de pequeños lentes (hasta 1.0 mm) por la esquistosidad de la roca. Aquí mismo se registra una sustitución parcial del cuarzo por calcita. Más cerca del contacto con el cuerpo de mineral, en todas las variedades de rocas, el cuarzo se sustituye más intensamente por la calcita y por eso, ya está representado no por los lentes pequeños en esquistosidad sino por las poiquilitas finas (0.05 mm) en la calcita. El contenido de cuarzo en dichas rocas disminuye hasta 5%. Esto último confirma la recrystalización de las rocas después de la formación de estructuras granoblásticas en el cuarzo. Son interesantes las formaciones del cuarzo de cordoncillo en las sombras de presión y las formaciones de fenocristales piríticos en las rocas.

En el proceso del desarrollo de los cristales de cuarzo de cordoncillo (inmediatamente en las facetas de pirita), bajo la influencia del metamorfismo sus formaciones macladas son plegadas.

De esto se ve que los fenocristales piríticos en la roca (p y I) se han formado antes de la recrystalización intensa de las rocas. El cuarzo de vetitas cuarzosas-calcíticas con sulfuros polimetálicos en forma de vetitas finísimas, atraviesa las formaciones de calcita granular que substituye al cuarzo de cordoncillo. De tal manera, el cuarzo de vetitas mencionado está separado, evidentemente, por un período considerable de tiempo, del cuarzo de textura granoblástica y en forma de cordoncillo. El cuarzo que se asocia a clorita y sulfuros polimetálicos (estos últimos rellenan los intersticios en el cuarzo), así como el cuarzo que se encuentra en los minerales brechosos (donde el cuarzo se asocia con clorita en forma de roseta), son productos de actividades hidrotermales y su deposición ha ocurrido por soluciones verdaderas que circulan por las grietas.

Carbonatos: Se registran en todas las variedades de rocas y también toman parte activa-

mente en la formación de minerales. Este grupo está representado por dolomita y calcita. El volumen de carbonato en las rocas encajantes se incrementa hasta 90-95% y en los minerales hasta 5-10% de su composición total.

Dolomita: En su mayoría (90-95%) se encuentra en forma de lentes de una roca dolomítica carbonizada que está en contacto con el lado yacente del cuerpo de mineral. Esta roca está constituida por dolomita de grano superfino, con materia carbonosa finamente dispersa en ella, o con la dolomita esquistosa y descristalizada libre de materia carbonosa. En último caso la materia carbonosa o grafito se sitúa en la periferia de granos de dolomita recrystalizada o en la esquistosidad. La forma más frecuente de los granos es irregular y a veces romboédrica. La dimensión de los granos se determina en promedio como de 0.1 a 0.15 mm. Las trazas de recrystalización de dolomita se han manifestado en la formación de estructuras granoblásticas. Es interesante que la roca dolomítica que está en contacto con el lado yacente del cuerpo de mineral No. 1, se distingue de la misma roca que está en contacto con el cuerpo de mineral No. 2. Si para la primera roca es característica la estructura de grano muy fino con frecuentes sectores de materia carbonosa, finamente dispersa en ella, entonces para las dolomitas que están en contacto con el segundo cuerpo de mineral son típicos los elementos de esquistosidad, estructuras granoblásticas y descristalización de la materia carbonosa hasta el grafito. En la dolomita, de forma de granos sueltos y en sus acumulaciones se registran bisulfuros de hierro, redondeados por la dolomita que se ha librado de materia carbonosa en proceso de recrystalización. La dolomita más reciente es la dolomita de vetitas que atraviesa los entrecrecimientos estructurales formados antiguamente. La dolomita de vetitas está libre por completo de inclusiones carbonosas. Las relaciones mutuas de dolomita con otros minerales están descritas en la característica de los minerales con los cuales ella se asocia.

Calcita: Está más desarrollada en los esquistos grafitizados moscovito-calcíticos donde su número se determina en 70-85%.

Se estableció que en estos esquistos la calcita es producto de la descristalización de una roca calcárea que contiene la materia carbonosa dispersa. Como resultado del metamorfismo, la materia carbonosa se ha aislado en la esquistosidad en forma de grafito. Al estudiar las segregaciones de la calcita se determinan algunas etapas de su transformación metamórfica. Estos procesos se han manifestado más intensamente en las rocas encajantes del lado yacente. Con el alejamiento de los contactos del cuerpo de mineral, las rocas carbonatadas cristalinas, casi mono-minerales, se transforman en las variedades de esquistos calcáreos.

Las relaciones mutuas de calcita recrystalizada con el cuarzo, están descritas en el párrafo 'Cuarzo'. La calcita substituye a la dolomita, clorita I y clorita II. Las formaciones calcíticas más recientes rellenan grietas en los bisulfuros descristalizados de hierro. El espesor de estas vetitas es de 1 a 2.3 centímetros. Junto con la calcita se registra en las vetitas el cuarzo reciente y sulfuros polimetálicos.

Serpentina: Toma parte en la formación de serpentinitas, donde representa hasta 80% del volumen total de la roca. Entre los minerales de este grupo, goza de mayor desarrollo el crisotilo hasta 75%. La antigorita está desarrollada relativamente poco (hasta 5-7%).

Esta última se observa en forma de formaciones aciculares, a veces rosetas, con el largo de los granos alargados hasta 0.3 mm. Se desarrolla junto con el talco que lo substituye. En asociación con la antigorita se observa también la calcita (en forma de vetitas). En la antigorita a veces se desarrollan sulfuros. La formación de los sulfuros es sincrónica con las vetitas de carbonato.

El crisotilo crea las formaciones estructurales reticulares. La serpentina se substituye intensamente por el anfíbol. Es posible que la roca de hornblenda-anfibolita, constituida en un 95% por el anfíbol poco coloreado, se haya formado a cuenta de serpentinita.

Anfíbol: Es hornblenda clara. Constituye hasta 90-95% de la composición total de anfibolitas, formadas (según Shirokova I. J.) a cuenta de serpentinita. En estas rocas, la hornblenda está representada por agregados granulares, cuyos granos tienen la forma alargada. Las dimensiones de los granos se determinan de algunas décimas de milímetro hasta 5 mm.

La hornblenda se substituye intensamente por clorita. En algunas partes la anfibolita está substituida por completo por una roca clorítica. En el contacto del segundo cuerpo de mineral con anfibolita, en algunas partes, se desarrolla intensamente por la hornblenda la pirrotina, que adquiere la forma y orientación de los granos de hornblenda.

Clorita: Es el mineral principal de esquistos carbonatados cuarzo-albítico cloríticos (hasta 70%). En la anfibolita cloritizada, la clorita substituyendo al anfíbol, forma los agregados escamosos con escamas paralelas. La clorita I se ha segregado después de la hornblenda (le substituye) y antes de la calcita (la calcita corroe y substituye a la clorita I).

La clorita filoniana II constituye el 1-2% del volumen total de las rocas. Forma las acumulaciones radiolíticas. La clorita II se ha segregado sincrónicamente con calcita, porque las vetitas de clorita junto con calcita atraviesan la dolomita descristalizada. Y en algunas partes la calcita substituye a la clorita II. En el contacto del lado yacente del cuerpo mineral, en

una roca carbonatada, se observan con bastante frecuencia nuevas formaciones de clorita parricidas a rosetas.

Talco: Toma parte en la formación de serpentinitas recrystalizadas y transformadas intensamente. Se asocia con el carbonato y antigorita. Su volumen máximo se determina como el 20% de la composición total de la roca. El talco está evolucionando metasomáticamente por vetitas, y, en algunas partes de la roca, después de antigorita y antes del carbonato.

Asbesto: (tremolita o actinolita-asbesto): Evolución en las mismas rocas que el talco. Su volumen se determina de 1 a 10% de la composición total de la roca. El asbesto forma las vetitas finas (0.05 mm) constituidas transversalmente o inclinadas, así como granos fibrosos, orientados paralelamente. Las vetitas de asbesto atraviesan formaciones de talco y calcita. De tal manera, el asbesto se ha formado después del talco y del carbonato.

Minerales de esfena, rutilo y leucóxeno. Se observan en forma de fenocristales raros, que se encuentran en las rocas esquistosas cloríticas y clorítico-calcíticas.

De estas rocas la más desarrollada es la esfena, cuyo volumen a veces se determina como 1-2%. Los cristales de esfena (así como de rutilo) son idiomórficos. Sus tamaños se determinan por décimas de milímetro. Sus fenocristales están proporcionadamente bastante dispersos, sin formar nido alguno. Las segregaciones de esfena y rutilo están intensamente fragmentadas y sus grietas están rellenas por leucóxeno.

ACERCA DEL GENESIS

1. El yacimiento Carlota está representado por 2 cuerpos minerales en forma de lentes (ver dibujos números 2 y 3) que yacen concordantemente y tienen los contactos bastante claros con rocas encajantes. Los minerales que constituyen estos cuerpos son continuos en su masa total y tienen la estructura maciza o laminada. Las rocas encajantes son: en el lado yacente, dolomitas grafitizadas y en el lado colgante, anfibolitas cloritizadas (por efusivas), esquistos cloríticos o serpentinitas cloritizadas.

2. La formación del yacimiento tomó largo tiempo. Los procesos de automorfismo regional, dinamometamorfismo y metamorfismo hidrotermal de secuencia de rocas encajantes, han precedido a la sedimentación de minerales.

Sobre esto hablan los siguientes hechos: a) anfibolitas, serpentinitas, así como las rocas de secuencia sedimentaria que están alejados de los cuerpos de minerales tienen textura esquistosa. En los contactos directos con los cuerpos de minerales, las rocas son recrystalizadas considerablemente y a veces por completo;

en los contactos con los cuerpos de mineral de la parte del lado yacente, las rocas tienen frecuentemente la textura brechosa; (secciones delgadas Núms. 17, 22 y otras); c) en las rocas encajantes están desarrolladas: **clorita, cuarzo, calcita** y otros productos del **metamorfismo hidrotermal**.

3. A la formación de **yacimientos minerales** precedió una **manifestación intensa** de actividad tectónica, tanto **disyuntiva** como plegada. Esta **influencia condujo a la cataclasis** de estratos (**lentes**) de **dolomitas**, es decir, a la **formación de zonas debilitadas** tectónicamente y **abrió los canales** para el paso de soluciones **hidrotermales**. La influencia tectónica en las rocas que contienen cuerpos de mineral se **manifestó también** en su fragmentación, debido a la cual, las rocas resultaron arrastradas a la zona de acción del metamorfismo hidrotermal.

La secuencia general de esquistos carbonatados fue intensamente plegada bajo la influencia tectónica.

4. Los cuerpos sulfurosos lenticulares del yacimiento Carlota, se han formado como resultado de la substitución de un manto de rocas propicias de dolomitas grafitizadas. Sobre esto, habla la presencia en los minerales (sobre todo del lado yacente) de inclusiones residuales y a menudo recrystalizadas de dolomita, con trazas de una substitución activa por bisulfuros de hierro con calcita (foto N° 1).

En el rumbo del acunamiento de los cuerpos de mineral que se extienden al Oeste se registra una cuarcificación en forma de vetas cuarzosas hasta de 3-4 metros de espesor.

Rocas encajantes que se encuentran cerca de los contactos con cuerpos minerales son recrystalizadas activamente y transformadas hidrotermalmente (cloritización, calcificación, cuarcificación).

Una parte considerable de minerales metálicos tienen una constitución interna cristalina zonal.

Los hechos enumerados hablan también sobre el carácter hidrotermal de la formación del yacimiento.

5. La composición mineral de las menas, relativamente simple, su constitución textural bastante monotípica, la presencia de zonación y otros hechos, dicen, que el yacimiento se ha formado en condiciones de temperaturas medias y a profundidades considerables. La constitución estructural es cristalina y en parte meta-coloidal, entre los cuales solamente en forma de relictos se conservan las formaciones finas de constitución colomórfica, lo que atestigua que estos minerales han sido transformados metamórficamente.

6. En la zona del campo de mineral no hay afloramiento alguno de intrusiones, a excepción de zonas ultrabásicas con las cuales podría originarse la formación de cuerpos de mineral.

Sin embargo, al Norte, aproximadamente a 5-6 km está situada una intrusión de grani-

toides de volumen bastante considerable (70 x 10 km). Los cuerpos minerales del yacimiento Carlota yacen de acuerdo con la estratificación general de las rocas y buzan al Norte, hacia la intrusión. Basándose en estos datos, se puede admitir que hay una relación entre la mineralización y la actividad postmagmática del mismo foco intrusivo, que ha provocado la intrusión de granitoides. Este hecho se confirma también, por la presencia de numerosos yacimientos y manifestaciones de minerales de cobre y pirita, relacionados directamente con la intrusión del Escambray (Guaos, San Fernando y otros).

7. En la formación de minerales han tomado parte tanto las soluciones verdaderas, como las soluciones coloidales. Primero: soluciones verdaderas, de lo que hablan las estructuras cristalinozonales de constitución interna de pirita y marcasita antiguas (fotos Nos. 12, 14). Sobre la participación en la formación de minerales de las soluciones coloidales hablan las estructuras colomórficas, relictos de melnicovita, melnicovita-pirita y otros. (fotos Nos. 12, 13, 14 y 15). Posiblemente las soluciones coloidales se han originado en lugares de sedimentación de minerales, debido a las condiciones específicas del depósito de mineral, porque tales rocas como calizas, dolomitas, reaccionan fácilmente con soluciones de sales, activas químicamente, formando soluciones coloidales que coagulan inmediatamente y como resultado de este proceso se originan los sedimentos en forma de rebordes, que reaccionan a lo largo de cavernas de fisuras, alrededor de fragmentos de rocas que se someten al metasomatismo.

8. En la distribución de la sustancia mineral que se encuentra en lentes, se vislumbra una zonación. En las secciones (perfiles) III y V se ha mostrado esquemáticamente la distribución del cobre en los cuerpos de mineral (datos de análisis químicos).

Del esquema se ve que los minerales adyacentes al lado colgante y que están en contacto con anfibolitas cloritizadas y esquistos cloríticos, son enriquecidos sensiblemente por el cobre. El contenido de cobre en estos minerales sobrepasa en 2 veces y más al contenido de cobre en los minerales del lado yacente. El carácter zonal de distribución del cobre en los minerales no es constante. Así, de 17 pozos perforados en el yacimiento en proceso de exploración, la zonalidad fue registrada en 8 pozos. En 5 pozos la zonalidad se registra con desviaciones pequeñas (1-2 muestras). En otros 4 pozos los datos están en contradicción con la conclusión sobre la zonalidad. Los datos de 3 pozos no es posible usarlos, porque las muestras de estos pozos tienen solamente un análisis químico. De tal manera, los resultados del 70% de laboreos mineros hablan sobre la presencia de zonalidad primaria en la distribución del cobre.

En la descripción de calcopirita están caracterizados 2 tipos genéticos de calcopirita. La

calcopirita I, que ha sedimentado junto con los bisulfuros de hierro, se registra en general, en los minerales del lado colgante del cuerpo mineral, mientras que la calcopirita II, en asociación con el cuarzo y calcopirita, rellena grietas en los bisulfuros de hierro y se propaga en este caso por todo el cuerpo mineral.

En unos casos forma la concentración y en otras partes al contrario, falta. La calcopirita II se asocia con galena y esfalerita. El contenido de cobre sedimentado por soluciones hidrotermales posteriores es, en alguna dependencia, proporcional al contenido de plomo y zinc. Los resultados de los análisis mineralógicos de los minerales, da motivo para decir que la regularidad establecida en la distribución del cobre I (relacionado con calcopirita I), no se propaga para el plomo y zinc y cobre II que se asocia con estos dos metales. De tal manera, se explica bastante sencillamente una desviación

de la regularidad establecida en la distribución del cobre en el cuerpo de mineral. El cobre relacionado con calcopirita 2, se distribuye (desacuerdo con la ley, en unos casos subraya y en otros casos, lo nubla o forma un cuadro de zonalidad contraria.

9. Es necesario mencionar también la zonalidad trazada, provocada por el cambio de presión parcial del azufre, en soluciones que forman minerales. En los minerales del primer cuerpo mineral según los datos de investigaciones mineralógicas, la pirrotina es el mineral raro.

Su número rara vez incrementa hasta 1-2%, mientras que en los minerales del segundo cuerpo mineral, el número de pirrotina alcanza en algunas partes hasta 15-25%.

A continuación se citan los datos de análisis químicos para los minerales del segundo cuerpo mineral del Pozo No. 14.

| Nros. P.O. | Nros. de muestra | S | Fe | S teórico | Diferencia (resto) entre S teórico - S |
|------------|------------------|-------|-------|-----------|--|
| 1 | 148 | 33,55 | 42,86 | 49,23 | 15,76 |
| 2 | 149 | 34,20 | 38,26 | 43,999 | 9,78 |
| 3 | 150 | 39,48 | 38,54 | 44,321 | 4,84 |
| 4 | 151 | 41,73 | 39,33 | 45,229 | 13,499 |
| 5 | 152 | 40,18 | 35,22 | 49,50 | 9,32 |
| 6 | 153 | 39,28 | 34,63 | 39,82 | 0,54 |

De la tabla se ve que la correlación de azufre y hierro no corresponde a la correlación teórica de estos elementos en bisulfuro de hierro. En la columna Nº 6 se muestra la falta de azufre.

10. Admitiendo la presencia de una interacción electrolítica entre las rocas, distintas por sus cualidades físico-químicas: entre dolomitas grafitizadas de una parte y anfibolitas cloritizadas o esquistos cloríticos de otra, se puede explicar el origen de concentración por el cobre del lado colgante del cuerpo mineral. El cobre I ha sedimentado en la etapa de bisulfuros de hierro, con esto, el bisulfuro de hierro enriquecido por el cobre ha sedimentado más cerca del contacto con la roca clorítica anfibolítica, mientras que el bisulfuro puro de hierro, substituyendo metasomáticamente a la roca dolomítica, ha sedimentado cerca del contacto con la roca carbonatada y grafitizada. El cobre I constituye aproximadamente la mitad del volumen total de cobre en el mineral. Ha sedimentado solamente cerca del contacto con la roca clorítica. Esta última ha desempeñado el papel de un electrodo, activo en relación con la pirita cuprífera.

Después del dinamometamorfismo de minerales piriticos, se han infiltrado por las grietas nuevas porciones de soluciones que se han distinguido considerablemente de soluciones de la etapa de sedimentación de bisulfuros de hierro (ver la tabla paragenética). Su diversidad ha sido no sólo en la pobreza considerable de elementos activos, sino también en la misma naturaleza de soluciones. Han sido soluciones verdaderas con el potencial más bajo de azufre. Los bisulfuros de hierro han servido para estas soluciones, como un precipitador de la sustancia mineral y al mismo tiempo, han servido como manantiales de azufre para sedimentar los sulfuros de etapa polimetálica de mineralización (ver los párrafos "Pirrotina y "Pirita"). En algunas partes de los minerales, los procesos metasomáticos han hecho el papel principal en la etapa polimetálica. Sobre esto hablan, las formaciones metasomáticas de pirrotina del segundo cuerpo mineral (foto Nº 9).

11. En el yacimiento se determina también la zonalidad secundaria en la distribución del cobre, lo que ilustran los dibujos Nos. 2 y 3.

TABLA

DE LA SUCESION DE LOS PROCESOS DE FORMACION DE LOS MINERALES Y ORDEN DE DISPOSICION DE LOS MISMOS

| Nos. P.O. | ETAPAS MINERALES | Procesos más antiguos de minerales - autometamorfismo y otros | Etapa de bisulfuros de hierro del metasomatismos hidrotermal. | Metamorfismo hidrotermal | Etapa del metasomatismo polimetálico hidrotermal. | Etapa hipergénica. |
|--------------|----------------------|---|---|--------------------------|---|--------------------|
| 1 | SERPENTINA | | | | | |
| 2 | TALCO | | | | | |
| 3 | ASBESTO | | | | | |
| 4 | DOLOMITA | | | | | |
| 5 | ANFIBOL | | | | | |
| 6 | CLORITA | | | | | |
| 7 | GRAFITO | | | | | |
| 8 | ESFENA | | | | | |
| 9 | CUARZO | | | | | |
| 10 | CALCITA | | | | | |
| 11 | RUTILO | | | | | |
| 12 | BISULFUROS DE HIERRO | | | | | |
| 13 | PIRROTINA | | | | | |
| 14 | CALCOPIRITA | | | | | |
| 15 | ESFALERITA | | | | | |
| 16 | TENNANTITA | | | | | |
| 17 | GALENITA | | | | | |
| 18 | PLATA NATURAL | | | | | |
| 19 | CALCOSINA | | | | | |
| 20 | COVELLINA | | | | | |
| 21 | JAROSITA | | | | | |
| 22 | AZUFRE NATURAL | | | | | |
| 23 | GRUPO DE LIMONITAS | | | | | |
| 24 | MALAQUITA | | | | | |

Foto N° 1
Muestra N° 1
Muestra tecnológica
de tamaño natural

Mineral de textura bre-
chosa. Fragmentos de
dolomita grafitizada (D),
cementados por bisulfu-
ros de hierro (B. H.),
Cuarzo (Q) y calcita
(Ca).

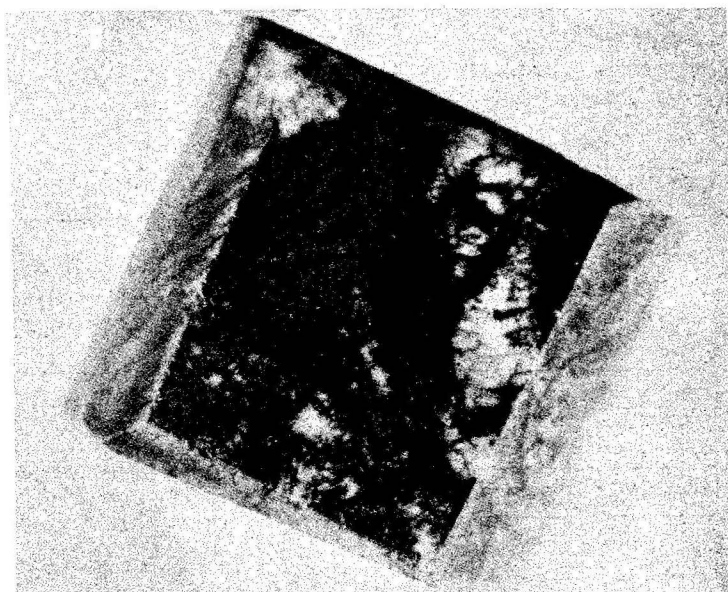
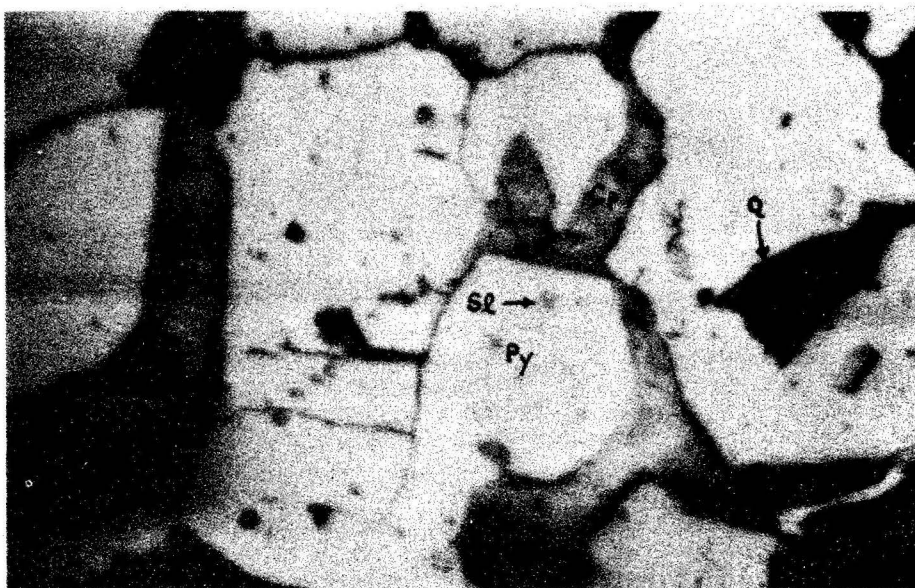


Foto N° 2
Muestra N° 2
Muestra tecnológica
X 2

Mineral continuo de tex-
tura contorsionada.

Foto N° 3
Muestra N° 9
Pozo N° 1
Profundidad 161.40
m X 63.

La estructura de deposi-
ción es hipidiomórfica.
La pirita (Py) es idio-
mórfica; calcopirita (Cp),
esfalerita (Sl), calcita
(Ca) y cuarzo (Q), son
xenomórficas.



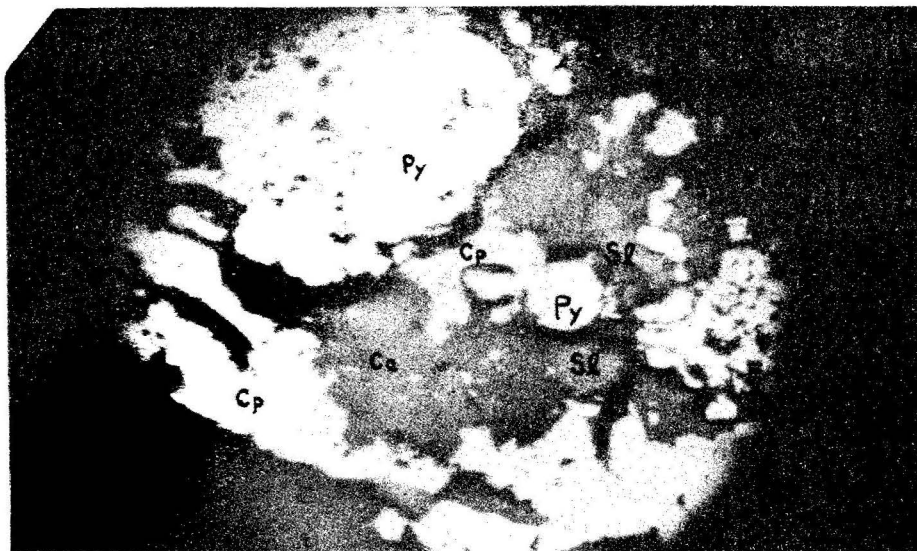


Foto N° 4
Muestra N° 12
Muestra tecnológica
del Pozo N° 3 X 9

- 1) La estructura de deposición es alotriomorfa.
- 2) Relaciones mutuas de minerales de etapa polimetálica con bisulfuros de hierro, (Q) cuarzo, (Ca) calcita.

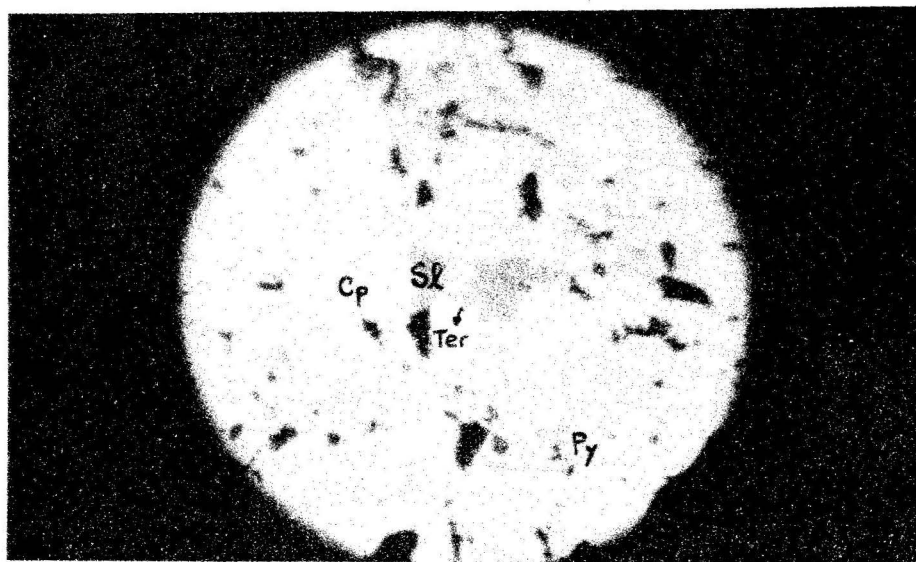


Foto N° 5
Muestra N° 12
Muestra tecnológica
de Pozos N° 3, 8 X 45

- 1) La estructura de deposición es alotriomorfa.
- 2) Segregación conjunta de esfalerita (Sl) y tennantita (Ten), en la calcopirita (Cp).

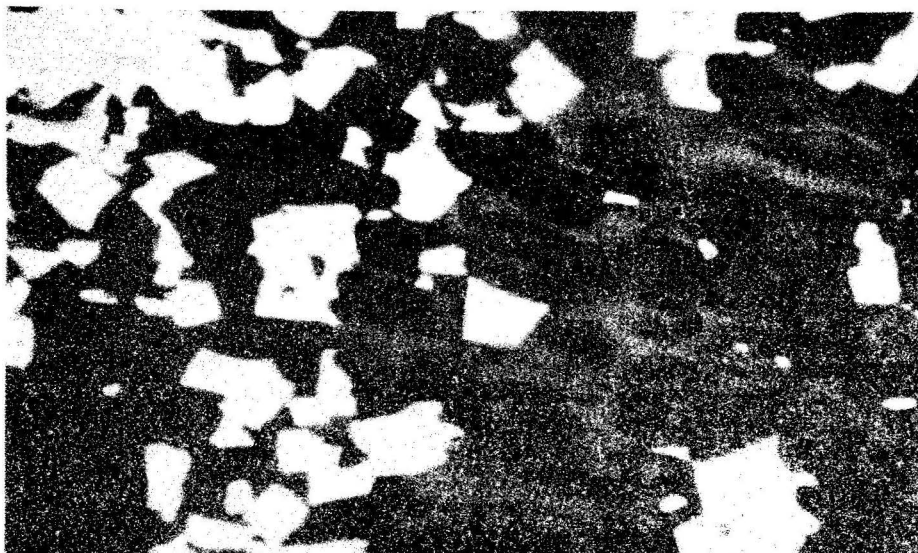


Foto N° 6
Muestra N° 47
Fozo N° 10
Profundidad 211 m X 24
Textura diseminada. En la dolomita hay diseminación de pirita.

Foto N° 7
Muestra N° 11
Pozo N° 2a.
Profundidad 162.70 m
X 63

Durante un tratamiento con ácido en la pirita, han sido determinados relictos de marcasita estratificada y maclada. Las láminas están orientadas y plegadas idénticamente (el mineral está metamorfozizado).

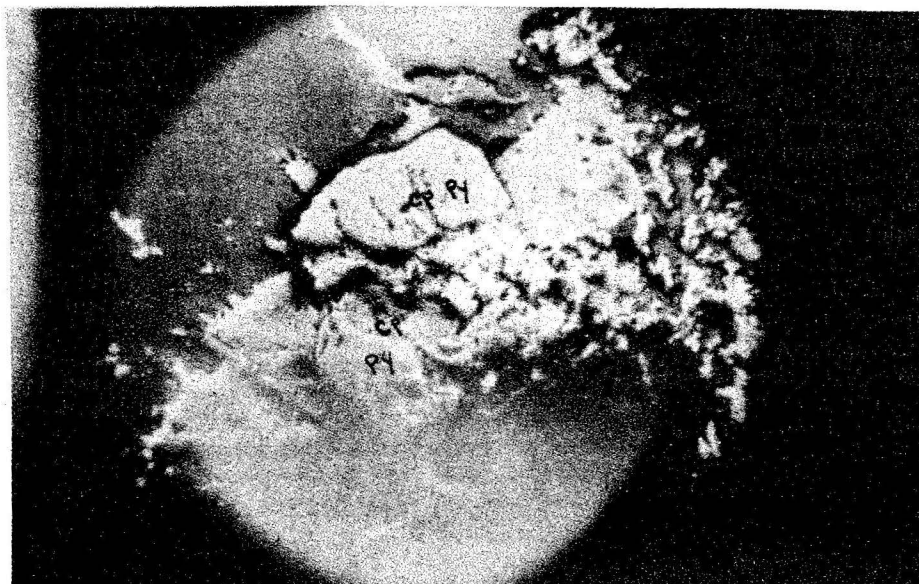


Foto N° 8
Muestra N° 18
Pozo N° 2a.
Profundidad 41.70 X 21

Sustitución de pirita (Py) macrocristalina, por calcopirita II (Cp II) y calcosina (Cc).

Foto N° 9
Muestra N° 41
Pozo N° 10
Profundidad 206 m X 63

Segregación de pirrotina en anfibolita cloritizada. En la pirrotina (Po) hay inclusiones finas de clorita (Cl), lo que indica el carácter metasomático de formación pirrotina.

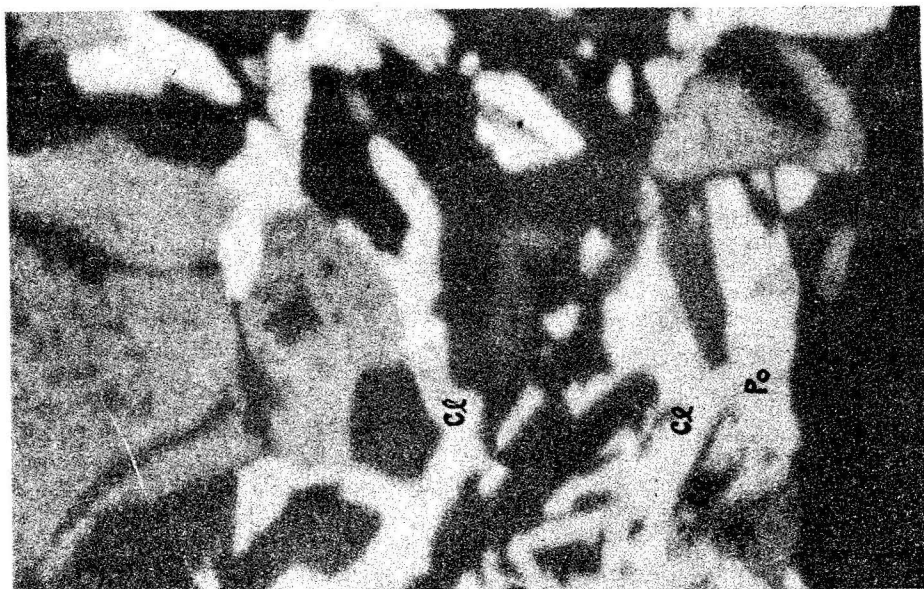




Foto N° 10
Muestra N° 10
de muestra tecnológica
X 210

Estructura intersticial.
La calcopirita (Cp) re-
llena intersticios en el
carbonato (Ca) y clorita
(Cl). En la parte infe-
rior se encuentra la do-
lomita (D) oscura grafi-
tizada.

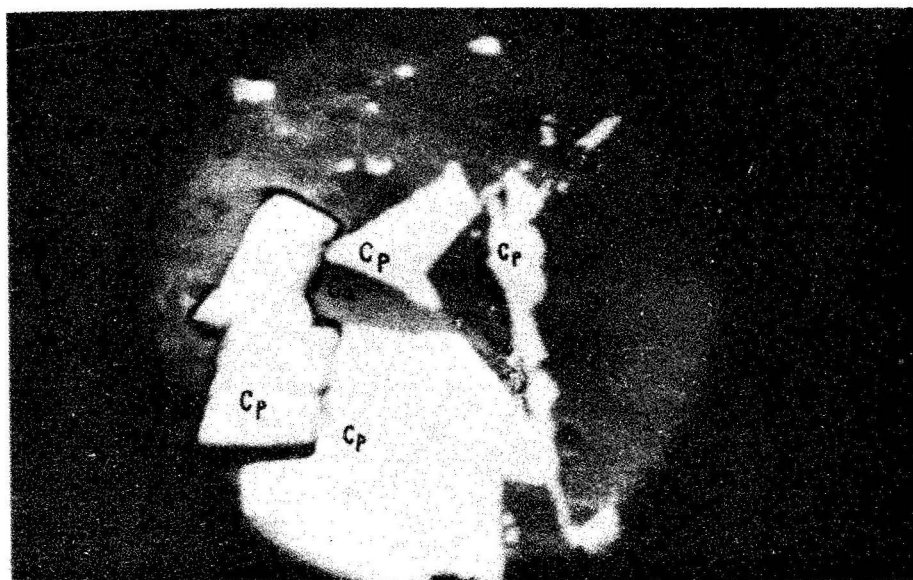


Foto No. 11
Muestra N° 6
Pozo N° 1
Profundidad 160.45m
X 9

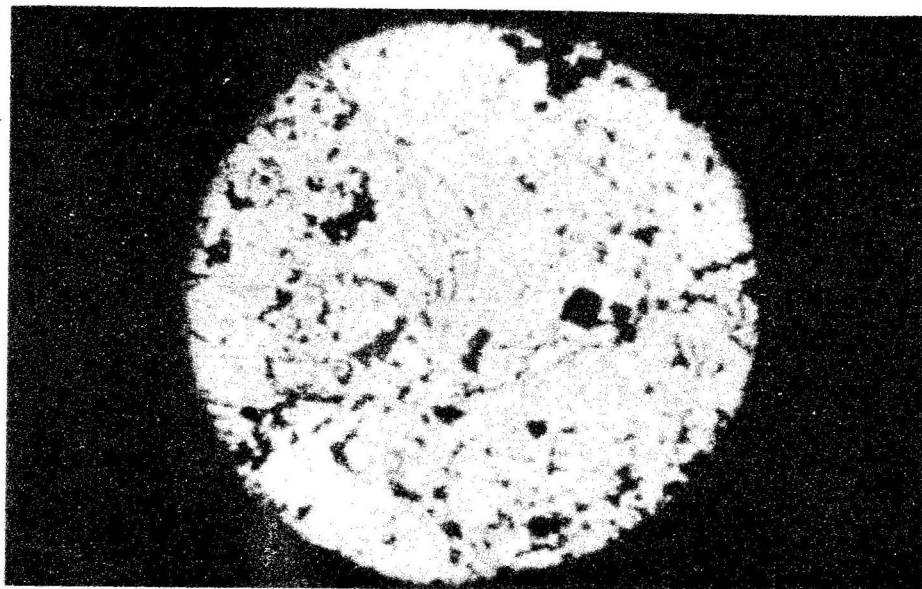


Foto N° 12
Muestra N° 121
de muestra tecnológica
(pozo N° 3) X 21

Por un tratamiento con
ácido se ha determinado
la estructura compuesta
de pirita macrocristali-
na. En la parte inferior
de la foto se pueden
ver los relictos de es-
tructura colomórfico zo-
nal, que se transforman
hacia la periferia por las
zonas cristalinas.

Foto N° 13
Muestra N° 14
Pozo N° 1, Profundidad
165.0 m X 21

En la pirita macrocristalina están determinados los relictos de macclas de marcasita.

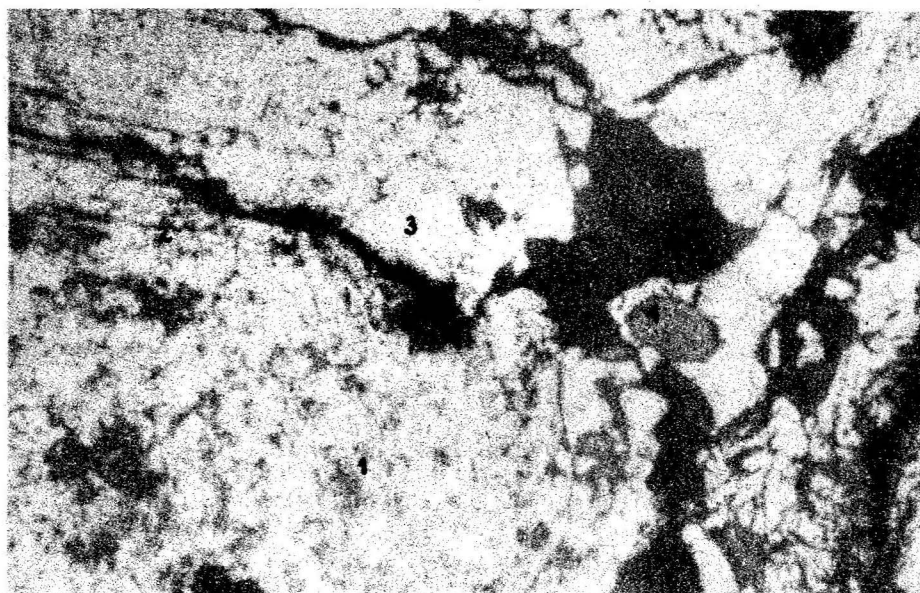
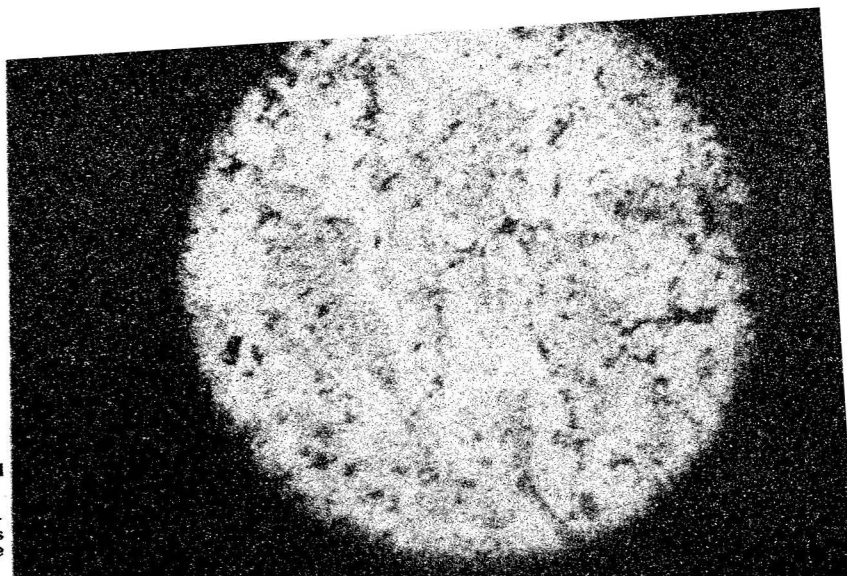
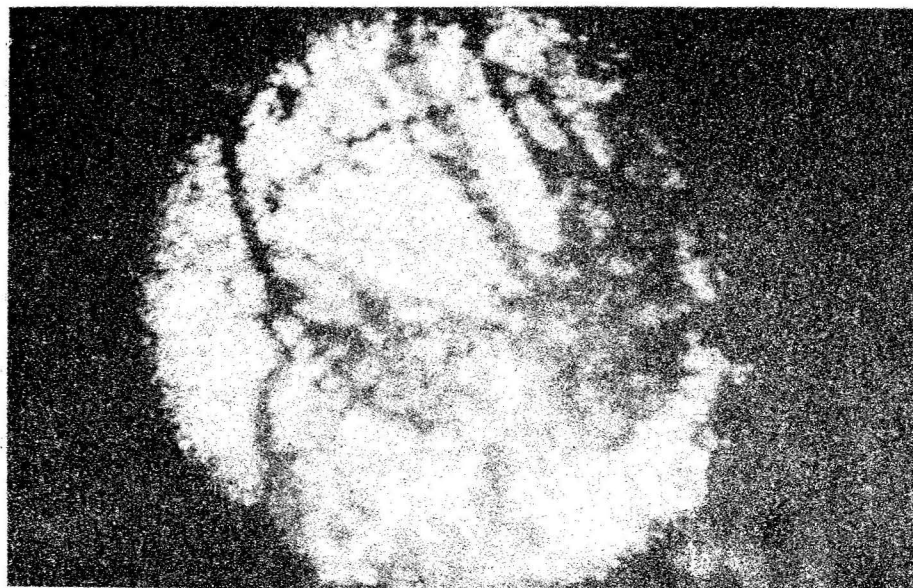


Foto N° 14
Muestra N° 47
Pozo N° 1
Profundidad 160.80 m
X 9

Estructura compuesta de pirita macrocristalina:
1) estructura colomórfico-zonal
2) zonas de pirita de estructura cristalino zonal
3) relictos de marcasita cristalina zonales
4) estructura de rebordes de pirita por la dolomita.

Foto N° 15
Muestra N° 14
Pozo N° 1
Profundidad 165.0 m
X 21

En la pirita de estructura córnea por el tratamiento con ácido fue determinado 1 riñón de bisulfuro metacoloïdal. A la izquierda, en el núcleo, se puede ver el agregado de melnicovita marcasita, que más adelante se transforma en las formaciones radiales de marcasita.



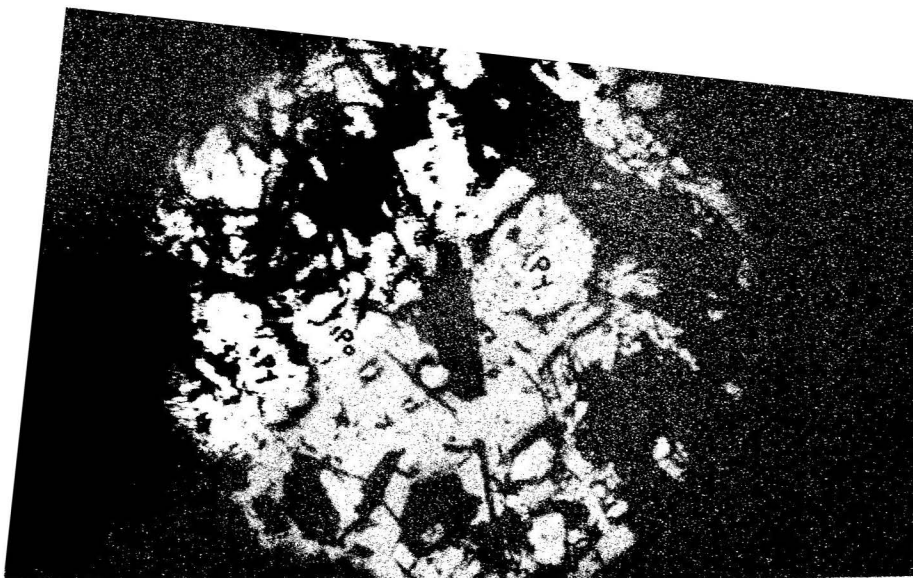


Foto N° 16
Muestra N° 43
Pozo N° 10
Profundidad 207.4 m
X 21

En la pirrotina (Po), está incluida la pirita (Py) relicta.

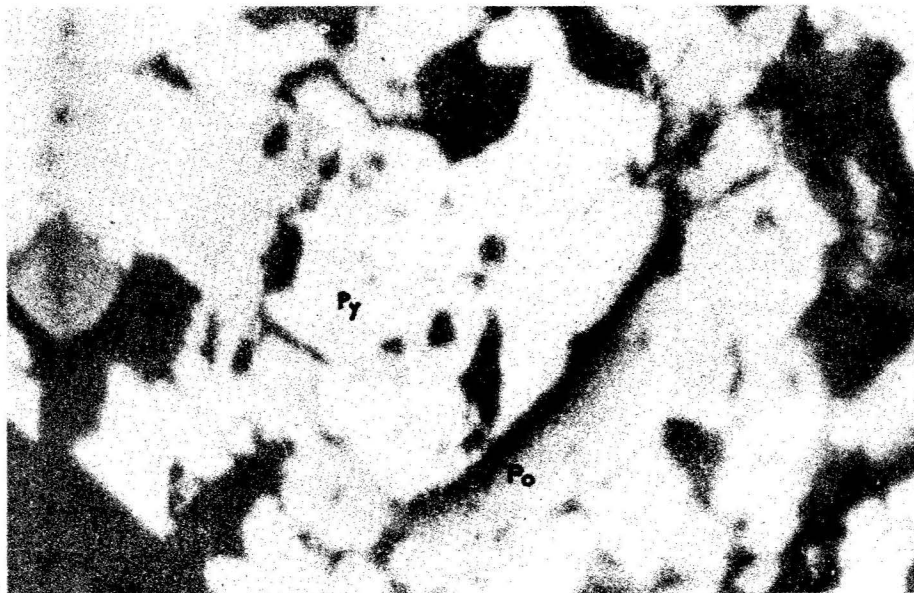


Foto N° 17
Muestra N° 47
Pozo N° 10
Profundidad 211.50 m
X 63

En la pirrotina (Po), se encuentra la segregación esquelética de pirita (Py).

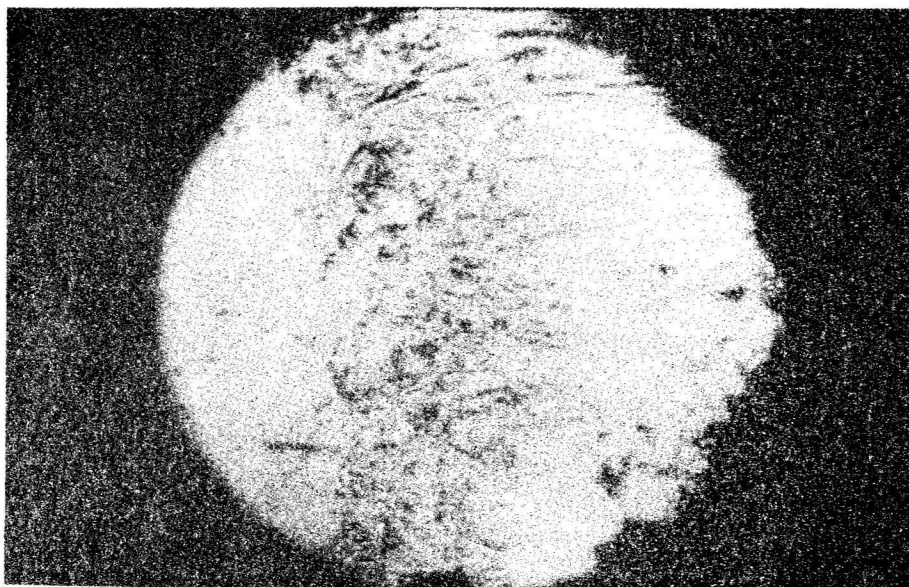


Foto N° 18
Muestra N° 3
Muestra tecnológica
del Pozo N° 8 X 63

Estructura calada del entrecrecimiento de pirita por calcopirita.

Foto N° 19
Muestra N° 4 de
Muestra tecnológica
X 400

En la pirita de estructura metacoloidal, se encuentran segregaciones finas e irregulares de calcopirita I, que se ha separado, en proceso de descristalización del bisulfuro cuprífero de hierro.

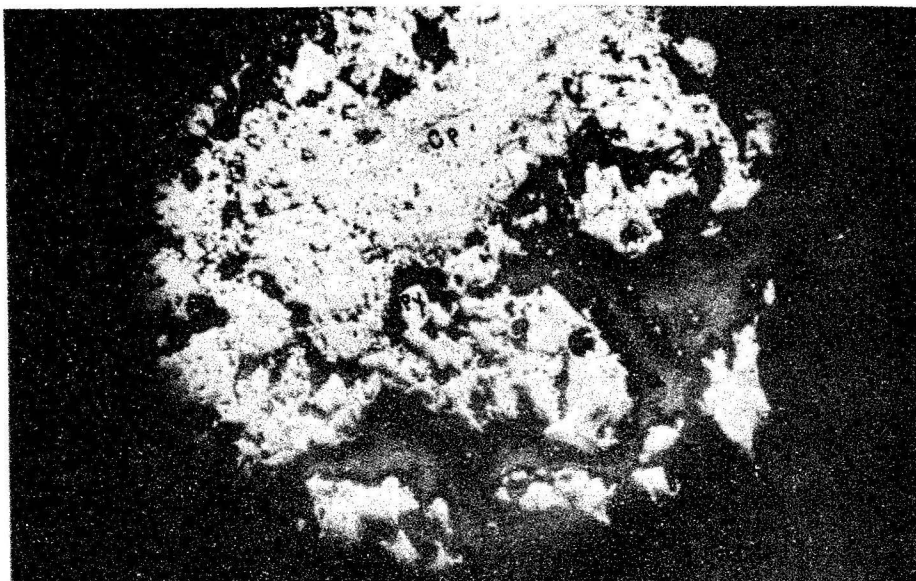
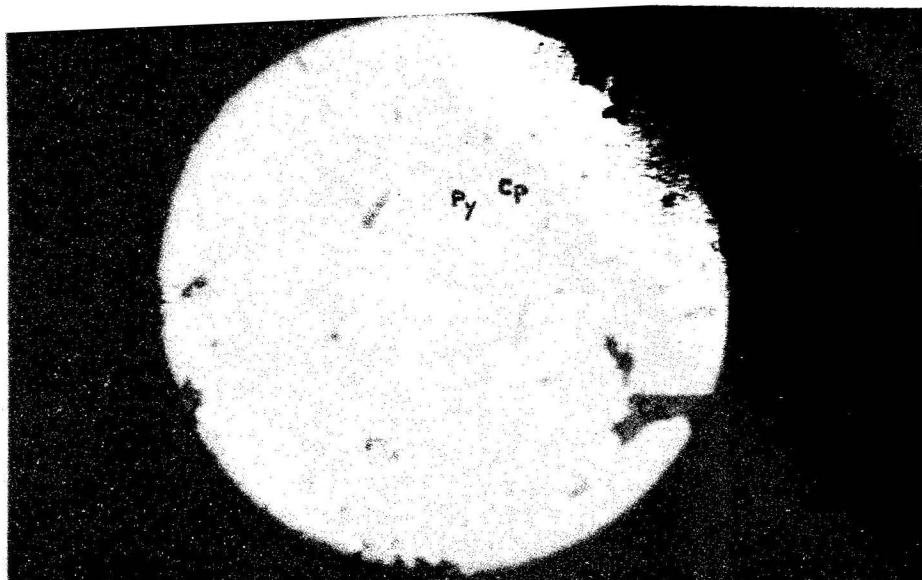
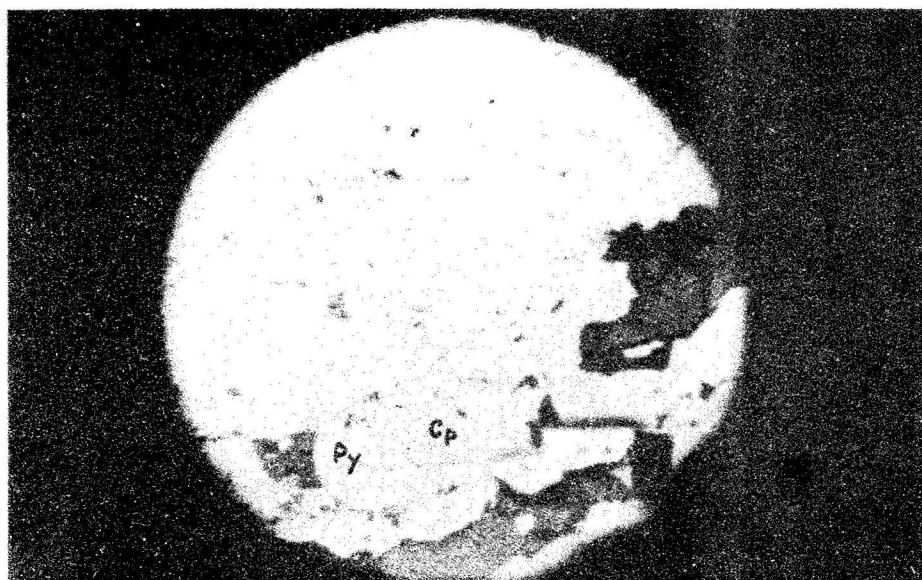


Foto N° 20
Muestra N° 12 de
Muestra tecnológica
del Pozo N° 8 X 147

Las segregaciones de calcopirita I en el bisulfuro de hierro, tienen la misma orientación.

Foto N° 21
Muestra N° 19
de Muestra tecnológica
del Pozo N° 8 X 21

Contacto de pirita de estructura metacoloidal y la vetita de estructura piritocuarzo-calcita-calcopirítica que lo atraviesa. En calcopirita II (Cp), se encuentran las formas esqueléticas de metacristales de la pirita III (Py).



CONCLUSIONES PRACTICAS

Como resultado del estudio de materiales geológicos del yacimiento Carlota, se pueden hacer las siguientes conclusiones prácticas y recomendaciones, acerca de los trabajos ulteriores de exploración geológica para semejantes tipos de yacimientos de piritita en la zona del campo mineral.

1. Como un criterio principal de búsqueda para los yacimientos que afloran tipo Carlota hay que considerar: la presencia de un sombrero de hierro en el contacto de dolomita grafitizada con anfibolitas cloritizadas y esquistos cloríticos.

2. Para la búsqueda de cuerpos ciegos de mineral, como un criterio importante de búsqueda, hay que considerar los contactos de dolomitas grafitizadas y esquistos carbonatados de grafito, con anfibolitas cloritizadas, esquistos cloríticos y serpentinitas.

3. Como ya ha sido mencionado, en los límites del yacimiento Carlota faltan dislocaciones tectónicas postminerales. A base de lo mencionado, así como del estudio de la zonalidad vertical en la distribución de cobre en los lentes minerales Nros. 1 y 2, se debe esperar que en los límites del campo mineral tengan más perspectiva para la búsqueda del cobre los depósitos de piritita, situados en niveles hipsométricos más altos cerca del cuerpo mineral Nº 1. Como confirmación de esta conclusión, tenemos los datos obtenidos al continuar los trabajos de exploración y búsqueda en los límites del campo mineral, a saber, en los cuerpos minerales números 4 y 5, situados en los niveles hipsométricos más altos en relación con el cuerpo de mineral Nº 1. Así como para el cuerpo mi-

neral Nº 3 (en su lado colgante), los minerales con un contenido de cobre de 1.23% tienen un espesor de 6.6 metros; para el cuerpo mineral Nº 4, los minerales con un contenido de cobre de 1.20% tienen un espesor de 10.95-12.90 metros; para el cuerpo mineral Nº 5, con un contenido de cobre en 1.10% tienen un espesor de 3 a 8 metros.

Respecto a los nuevos yacimientos, situados fuera del campo mineral en la banda del desarrollo de rocas sedimentario-metamórficas 1-2, las regularidades determinadas serán efectivas solamente en el caso de que los procesos de tectónica post-mineral no hayan llevado los cuerpos minerales a cotas hipsométricas más altas que cotas normales.

4. Las zonas de concentración secundaria sulfurosa más ricas de cobre, hay que esperarlas en las condiciones mencionadas en el punto 3 de este artículo.

5. Organizando trabajos en nuevas manifestaciones de mineral, es necesario, al recibir los primeros datos, estudiar la composición mineralógica de los minerales y compararla con la composición de los lentes estudiados Nros. 1 y 2. Si con esto se manifestara una composición esencialmente pirítica, característica para el lente Nº 1, entonces se puede suponer que hay zonas con elevado contenido de cobre.

La composición esencialmente pirrotínica, característica para el lente Nº 2, dará motivo para suponer la falta de perspectivas en descubrir las zonas enriquecidas por el cobre.

6. Respecto al azufre, es necesario esperar al empobrecimiento en los cuerpos minerales, situados hipsométricamente debajo del segundo cuerpo del yacimiento Carlota, en relación con el incremento del número de pirrotina en los minerales.

BIBLIOGRAFIA

Betejtin A. G. 1949 "Sobre la influencia del régimen de azufre y oxígeno a las proporciones paragenéticas de minerales en las menas". Noticias de la Academia de Ciencias de la URSS, serie geológica Nº 3.

1950. "Paragénesis de minerales metálicos en los sistemas hierro-azufre-oxígeno" y "cobre-hierro-azufre-oxígeno". Noticias de la Academia de Ciencias de la URSS, serie geológica Nº 5.

Furrazola G., Judoley C. y otros. 1964. "Geología de Cuba". Ministerio de Industrias, Instituto Cubano de Recursos Minerales. pp. 1-224.

Hill, Patrick Arthur. 1962. The geology of mines Carlota, Cuba. Economic Geology. V.57, pp. 168 - 194.