

EL SKARN DE CARRACEDO (SAN SALVADOR DE CANTAMUDA). UN EJEMPLO DE MINERALIZACIÓN PIROMETASOMÁTICA EN EL N. DE LA PROVINCIA DE PALENCIA

A. MARTÍN IZARD*, F. J. PALERO FERNÁNDEZ**,
R. REGUILÓN BRAGADO*, E. VINDEL CATENA***

RESUMEN.— La existencia de varios indicios mineros relacionados con pequeñas intrusiones plutónicas en el N. de la provincia de Palencia tiene un gran interés metalogénico dada la escasez de estas mineralizaciones en la Cordillera Cantábrica.

Las rocas de la región son fundamentalmente materiales paleozoicos, pelítico-carbonatados, de edad Ordovícico-Silúrico a Carboníferos, que finalizan con una formación transgresiva, denominada Brañosa, del Cantabriense superior, que es la encajante de la mineralización. Estas rocas poseen un carácter turbidítico y consisten esencialmente en lutitas que tienen, a muro, un pequeño nivel calizo, y están formadas por varios tramos de lentejones de derrubios carbonatados que llegan a tener varios metros de espesor.

Las formaciones sedimentarias están atravesadas por cuerpos intrusivos de tipo cuarzdiorítico, los cuales, en el contacto con las rocas carbonatadas, dan lugar a un skarn formado por mármoles y cornubianitas. Estas últimas pueden ser granatífero-anfibólicas y piroxénico-anfibólicas. Además, las rocas encajantes de la mineralización están afectadas por fenómenos de epidotización, carbonatización, cloritización, sericitización y silicificación.

El proceso metamórfico de contacto ha dado lugar a un yacimiento pirometasomáticos por difusión y reemplazamiento en la fase pneumatolítico-catatermal, en los que se han beneficiado calcopirita, mispiquel y magnetita y, ocasionalmente esfalerita, cobres grises, pirrotina y löllingita.

* Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca.

** Dpto. de Geología de Minas de Almadén. Almadén, Ciudad Real.

*** Dpto. de Mineralogía. Universidad Complutense de Madrid.

SUMMARY.— The existence of several worked out skarn ore bodies surrounding some small stocks outcropping in the north of the Palencia province in the Cantabric Cordillera (Spain) has a great metallogenic interest due to the lack of this kind of mineralization in the area.

The country rocks consist of a Paleozoic sequence made up mainly of carbonates and pelites ending with the Carboniferous Brañósera formation which hosts the ore deposits.

Marbles and hornfelses form the skarn at the contact between the sedimentary rocks and the dioritic intrusives. The marbles are made up mainly of calcite and some dolomite, while the hornfelses show a mineralogical association made up of garnet, amphibole, pyroxene and epidote. In general, the host-rocks are strongly altered with development of abundant tourmaline, chlorite, sericite and silica.

In these pyrometamorphic deposits, chalcopirite, arsenopirite and magnetite and occasionally sphalerite, freibergite, pirrotite and gold, are the main components of the ore.

Palabras clave: Skarn (Cu-As-Au), metamorfismo contacto, génesis yacimiento, roca ígnea, Castilla-León (Palencia).

Key words: Skarn (Cu-As-Au), contact metamorphism, ore genesis, igneous rocks, Castilla-Leon (Palencia).

1. INTRODUCCIÓN

Los indicios mineros de tipo skarn del área de Carracedo tienen un gran interés metalogénico, pues constituyen una de las pocas manifestaciones de mineralizaciones relacionadas directamente con la actividad plutónica que existe dentro del conjunto de la Cordillera Cantábrica. Al Norte de la provincia de Palencia, en la comarca de la Pernía, aparecen varios apuntamientos plutónicos, alguno de los cuales ha dado lugar a este tipo de mineralizaciones. El más importante de ellos es el skarn de Carracedo, que se encuentra muy cerca de la localidad de San Salvador de Cantamuda, unos 12 Km. al norte de Cervera de Pisuerga. Tanto la mina como la zona estudiada están situadas en el borde Oeste de la hoja n.º 107, Barruelo de Santullán del M. T. N. a escala 1:50.000.

Los accesos a la mina se realizan por la carretera de Cervera de Pisuerga a Potes. En el kilómetro 118,200 se toma el desvío a Polentinos, y nada más pasar el puente sobre el pantano de Vañes, sale un camino a la derecha que lleva directamente a la mina (Fig. 1).

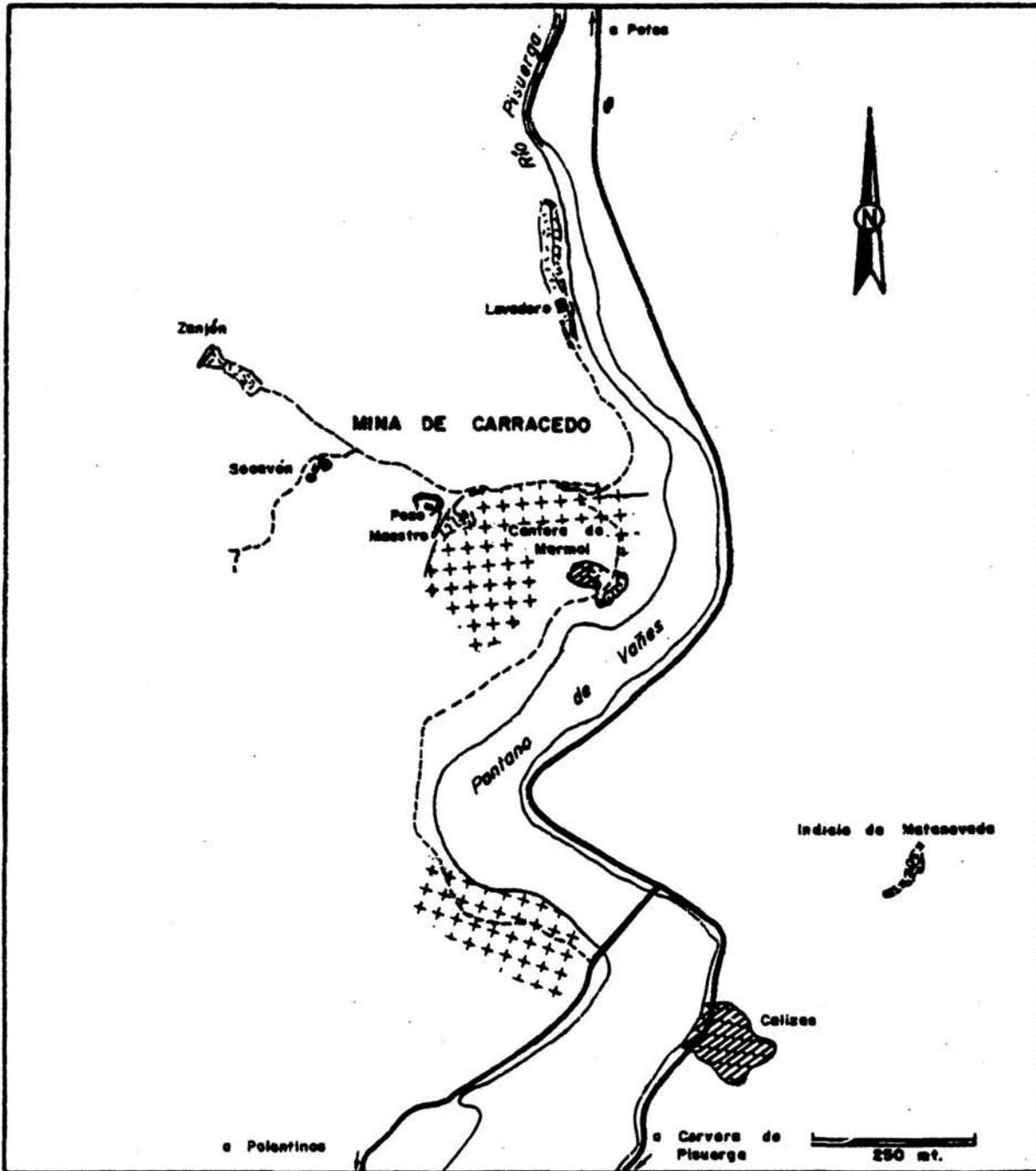


Figura 1. Esquema de situación de las labores mineras de la mina de Carracedo.

2. ENCUADRE GEOLÓGICO

El área estudiada se enmarca dentro de la denominada región palentina de acuerdo con las divisiones de la Cordillera Cantábrica de MARTÍNEZ GARCÍA (1981). Las características estratigráficas de esta zona hacen difícil su correlación con las restantes series sedimentarias del resto de la cordillera. En este sentido, el Devónico de la zona está bien desarrollado y es de facies pelágica, a diferencia del existente en el resto de la cordillera que es de facies somera. Además, hay ausencia de un carbonífero carbonatado y falta la Caliza de Montaña como tal.

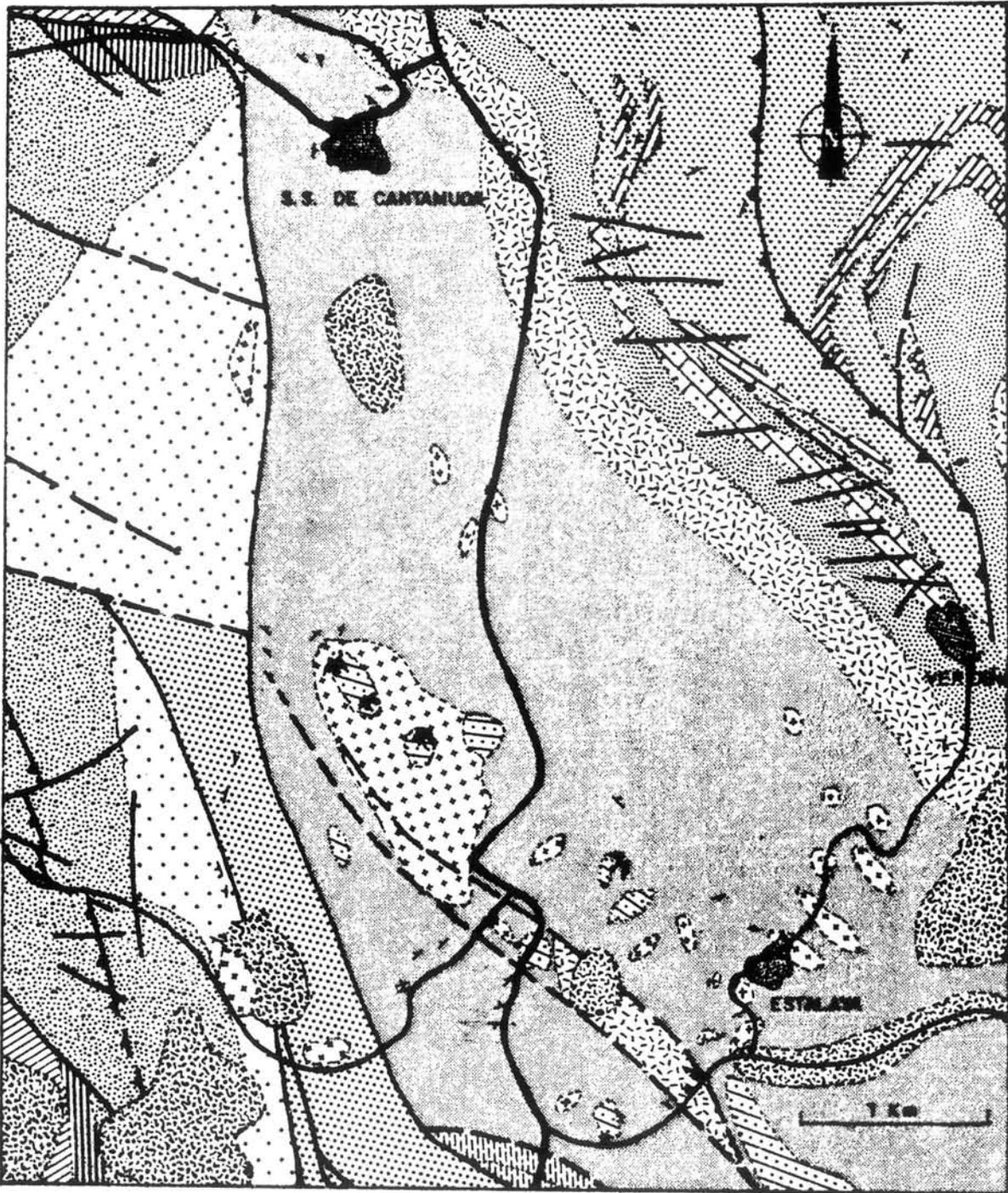
2.1. Estratigrafía

Los sedimentos más antiguos que afloran en el área estudiada pertenecen al Ordovícico y Silúrico y se encuentran en la parte occidental (Fig. 2). Por lo que se refiere a los primeros, su edad es dudosa y constituyen la denominada por AMBROSE (1974) formación Robledo. Son cuarcitas y areniscas que cabalgan sobre el Devónico en la esquina NO. del mapa. El Silúrico está formado en su base por areniscas y pizarras oscuras, a las que siguen hacia el techo cuarcitas y pizarras arenosas. Comprende las formaciones denominadas Arroyavacas y Carazo por AMBROSE (1972), quien utiliza un nivel cuarcítico muy marcado y continuo como límite entre ambas formaciones.

Los afloramientos devónicos son escasos en la zona estudiada. Se encuentran en el ángulo NO. y son calizas tableadas y margas muy ricas en restos fósiles. Estos afloramientos corresponden a la formación Lebanza, datada como Gediense superior-Siegeniense medio (BINNEKAMP, 1965).

En la zona de Carracedo, las rocas hasta ahora descritas, están en contacto por falla con formaciones más modernas del Westfaliense D y Stephaniense. De más antigua a más moderna dichas formaciones son:

- Formación Vegaño. Aflora en la parte NE. de la zona. La definió VAN DE GRAAF (1971) y está constituida principalmente por pizarras y areniscas que, a techo, también tienen calizas. Además, aparecen algunas capas de carbón de poca importancia. Van de Graaff interpreta esta formación como facies deltaicas depositadas en un mar somero, con variaciones laterales de facies producidas por cambios en la distribución de los aportes. Los intervalos hulleros corresponderían a zonas emergidas de la cuenca.
- Formación Caliza Intermedia o de Castillería. Aflora en el borde sur de la zona estudiada. Fue definida por VAN GINKEL (1972) y WAGNER y otros (1977). Se trata de depósitos condensados formados en una plataforma carbonatada que estaría situada al lado Este de la gran falla sin-sedimentaria



ESQUEMA GEOLOGICO DE LOS ALREDEDORES DE S. SALVADOR DE CANTAMUDA

LEYENDA

	FORMACION BRAÑOSERA		FORMACION ARROYAVACAS
	II SAN SALVADOR		II CARAZO
	II VERDEÑA		II ROBLEDO
	II OJOSA		II LEBANZA
	II CALIZAS INTERMEDIAS		ROCAS INTRUSIVAS
	II VERGAÑO		PLIO- CUATERNARIO
	II ABADIA		

SIMBOLOGIA

	Contacto concordante		Fractura supuesta
	II discordante		Mineralización de tipo Skorn
	Fractura		Dirección y buzamiento de S ₀
	Falla inversa y cobalgamiento		II " de S ₁

conocida con el nombre de Falla de Los Llazos. Al lado Oeste se depositó la potente formación Ojosa, constituida por lutitas turbidíticas y derrubios calizos, y que no aflora en los alrededores de la mina.

Estas dos formaciones son de edad Westfaliense D.

- Formación Verdeña. Está constituida por calizas, pizarras y margas. Aflora en la parte nororiental de la zona estudiada. Son depósitos formados en una plataforma carbonatada después de finalizar los movimientos de la falla de Los Llazos.
- Formación San Salvador. Aflora en la zona central del área y está formada por areniscas, pizarras y capas de carbón. Ha sido interpretada según trabajos del IGME (en prensa) como depósitos de aguas muy someras.
- Formación Brañosera. Es la que aflora con mayor extensión en la zona y tiene un especial interés, pues es en ella donde encajan las mineralizaciones estudiadas. En los alrededores de la mina de Carracedo afloran pizarras, areniscas con huellas fósiles y calizas (Fig. 3), las cuales están marmorizadas en esta parte. Los afloramientos calizos aparecen aislados y sin aparente correlación entre ellos, por lo que pueden ser interpretados como bloques de tipo olistolítico. De hecho, en la carretera de Estalaya se han podido observar niveles deslizados y tramos de brechas intraformacionales. Wagner, en el estratotipo de la formación definido en el río Rubagón, cita niveles formados por derrubios calizos, lo que indicaría una inestabilidad de la cuenca que sería la causante de los olistolitos. Es también muy frecuente en esta formación la presencia de alternancias decimétricas de pizarras y areniscas con granoselección y laminación paralela y cruzada que se pueden interpretar, con ciertas reservas, como turbiditas.

Estas tres últimas formaciones han sido datadas como Cantabriense y, en concreto la formación Brañosera, como Cantabriense superior.

2.2. Tectónica

De acuerdo con los trabajos del IGME (en prensa) son tres las fases de deformación principales que han actuado en el área estudiada; la Palentina, la Astúrica y una posible Urálica. Estas deformaciones tuvieron lugar en un nivel cortical muy alto, como lo demuestra la ausencia casi total de esquistosidad. La fase Leónica se manifestó únicamente por los movimientos de las fallas de Polentinos y Los Llazos las cuales muestran saltos en la vertical de unos 3.000 m. y 2.500 m. respectivamente.

Anteriormente a estas fases de deformación, se produjeron movimientos verticales que dieron lugar a disconformidades en el Carbonífero inferior

(fase Bretónica), concretamente en el Namuriense y Westfaliense A (REUTHER, 1977).

La primera fase de deformación importante es la Palentina, que originó pliegues isoclinales y mantos en el Westfaliense B. Después de los movimientos verticales de las fallas de Polentinos y Los Llazos, tuvo lugar la 2.^a fase de plegamiento importante, que es la Astúrica. Ésta dio lugar a un plegamiento generalizado, con pliegues isoclinales o casi isoclinales, y a fracturas importantes como la falla de San Cebrián, cuya prolongación al NO. aparece en la zona estudiada. La edad de esta deformación es Stephaniense superior. La presencia en Peña Cildá, al norte de Carracedo, de un Pérmico discordante sobre el Carbonífero y de un Trias que está a su vez discordante sobre este último, indica la existencia de movimientos probablemente Urálicos (MAAS, 1974).

En concreto, limitándose a los alrededores de la mina, se aprecian movimientos Palentinos en las formaciones silúricas y devónicas de la parte Oeste. La fase Astúrica se manifiesta en la parte Este con la prolongación de la falla de San Cebrián y la de relevo a esta de San Cristóbal.

Por las características tectónicas expuestas, la zona estudiada se enmarca dentro del dominio tectónico de los «pliegues gravitatorios en los estratos devónicos y silúricos al Oeste de la Falla de Polentinos» (IGME, en prensa).

2.3. Actividad ígnea

Las rocas que constituyen la mayor parte del complejo plutónico son cuarzo-dioritas piroxénico-anfibólicas y tonalitas.

Por lo que se refiere a las cuarzo-dioritas, forman berrocales de grano medio que ocasionalmente pueden presentar enclaves de rocas metasedimentarias. La textura es holocristalina, hipidiomorfa, heterogranular. Están constituidas por plagioclasas, hornblenda, piroxenos, micas y cuarzo y entre los accesorios más importantes se encuentran apatito, circon y esfena. El primero aparece generalmente incluido en la biotita y el cuarzo, y el segundo en la biotita. Por lo que se refiere a las plagioclasas, estas suelen ser idiomorfos, generalmente zonadas y ocasionalmente sericitizadas. Se trata de una plagioclasa del tipo oligoclasa andesina. La hornblenda aparece frecuentemente idiomorfa, con exfoliación en general bien marcada y fuerte pleocroismo de colores verdes y pardos. Los piroxenos no son muy abundantes, pero siempre son visibles. Se trata de augita, la cual está parcialmente alterada a hornblenda de color verde claro y escaso pleocroismo, en contraste con la primaria de la roca (Fig. 4).

La biotita es la más abundante de las micas, pues la sericita únicamente aparece como producto de alteración de los feldespatos. En general, su abundancia va pareja a la de la hornblenda.

El cuarzo, aunque siempre está presente de forma intersticial entre los demás minerales, no es muy abundante.

Por lo que se refiere a las tonalitas, suelen aflorar siempre en las zonas próximas a las mineralizaciones. De visu, el aspecto es muy similar al de las cuarzo-dioritas. Al microscopio, las plagioclasas son generalmente zonadas y pueden estar parcialmente sericitizadas. Por lo que se refiere al cuarzo, además del intersticial, puede observarse la presencia de otro subidiomorfo. El feldespató potásico es muy escaso, presentándose únicamente como pequeños cristales de microclina.

Parece existir una relación espacial entre estas rocas y las mineralizaciones, pues estas últimas aparecen siempre en el contacto entre los derrubios calizos y las tonalitas, mientras que no han sido vistas en contacto con las cuarzo-dioritas.

Finalmente, cabe señalar que en el contacto entre los mármoles y las rocas ígneas se encuentra un dique de una roca verde que, al microscopio, aparece formada por grandes cristales subidiomorfos de plagioclasas, hornblenda y piroxenos rodeados por una matriz de grano muy fino y formada también por plagioclasas y productos clorítico-serpentinicos. Es de destacar que las plagioclasas están, en su mayor parte, sericitizadas y sausuritizadas, mientras que los piroxenos están uralitizados y los anfíboles cloritizados, quedando únicamente restos de ellos dentro de los cristales subidiomorfos alterados.

Por sus características, cabe pensar que este dique, que se ha introducido aprovechando el contacto entre las tonalitas y los mármoles, con los cuales tiene un contacto neto, pertenecería a una roca subvolcánica de carácter medio a básico.

3. LABORES MINERAS

Las labores mineras sobre el skarn de Carracedo no son de una envergadura muy grande. Se realizaron en dos etapas discontinuas, siendo la más importante la más moderna. Esta última se realizó en los años 50 y se explotaron minerales de cobre y arsénico.

Hay 4 tipos de labores mineras, de las cuales tres son de explotación y una corresponde al túnel de transporte que conduce a la planta de tratamiento de los minerales. Todas ellas se disponen a lo largo del arroyo de Carracedo y en la margen derecha del río Pisuerga (Fig. 1).

La primera labor corresponde a una pequeña cantera que explotó el skarn piroxénico-anfibólico que se halla justo en el contacto con la roca intrusiva. Se benefició aquí una mineralización diseminada de calcopirita y mispiquel. Unos 50 metros aguas arriba del arroyo Carracedo se encuentra el pozo maestro, que según datos de la jefatura de minas, tiene 100 m. de profundidad y 5 plantas.

Unos 250 m. al Oeste de este grupo de labores se encuentran un socavón y una corta semicegados, muy antiguos. En este lugar se explotó el skarn granatífero-epidótico, el cual lleva asociada una mineralización dispersa de pirrotina, mispíquel y calcopirita.

Unos 350 m. hacia el Oeste se encuentra otra corta correspondiente a un realce efectuado sobre la mayor masa de mineral (Fig. 5). Es la labor más importante de todas, en la que se ha beneficiado un gran lentejón, rico en calcopirita-mispíquel y magnetita, que se encontraba en el skarn granatífero-anfibólico. La explotación fue por cámaras y pilares, los cuales han servido para realizar observaciones sobre la zonalidad del skarn y la distribución en él de los minerales metálicos.

Esta explotación comunicaba con el lavadero de minerales, situado en la misma orilla del río Pisuerga, a través de un socavón de 700 m. de longitud por donde se efectuaba la extracción de mineral.

Al Este de este conjunto de labores, que forman la mina de Carracedo, se encuentra otro indicio similar en el paraje conocido como Matanevada, cerca de Estalaya. El indicio tiene poca importancia, y los escasos y malos afloramientos no han permitido realizar observaciones concluyentes. Además, en las labores, se aprecia el desarrollo de una fuerte limonitización, por lo que sólo se debió explotar la parte más alta del yacimiento.

4. LAS MINERALIZACIONES

Las mineralizaciones se encuentran generalmente en el contacto entre las rocas metamórficas y las plutónicas. Desde este punto de vista, resultan especialmente interesantes los materiales carbonatados de la formación Brañosa, ya que, las rocas pelíticas dan únicamente aureolas de contacto muy restringidas, con formación de pizarras mosqueadas o recristalización.

Por lo que respecta a las rocas carbonatadas, es en ellas donde se forma el skarn portador de la mineralización. El skarn está constituido por mármoles y por cornubianitas, fundamentalmente granatífero anfibólicas, anfibólico piroxénicas y epidóticas, así como otros de tipo intermedio.

Es de destacar que, en las rocas pelíticas asociadas con los skarn, no se observan fenómenos de transformación o metasomatismo apreciables, habiéndose desarrollado estos únicamente en las litologías carbonatadas.

Mármoles

Cuando el metamorfismo térmico afectó a los materiales calizos, se formaron mármoles de grano medio a fino, ocasionalmente bandeados, totalmente recristalizados. Su composición mineralógica es muy monótona y están constituidos por pequeños cristales de calcita, idiomorfos y frecuentemente maclados. De forma local, estos mármoles han sido explotados en cantería.

Cornubianitas piroxénicas

Son rocas muy compactas, de color verde oscuro, sin orientación visible y generalmente de grano medio a fino. Está constituidas fundamentalmente por piroxenos, junto a los cuales aparecen otros minerales, como granates, anfíboles, plagioclasas, cloritas, carbonatos y cuarzo. Entre los minerales opacos, los principales son löllingita, pirita, mispiquel (Fig. 6). El piroxeno es diopsido y, los anfíboles hornblenda y actinolita (Fig. 7). Estas rocas se sitúan normalmente en las zonas más próximas a los contactos con las rocas ígneas y, como se verá más adelante, están frecuentemente transformadas por fenómenos deutéricos.

Cornubianitas granatífero-anfibólicas

Son rocas compactas, de grano generalmente grueso, color variable de rojizo a verde oscuro, sin orientación visible, y constituidas fundamentalmente por granates y anfíboles, y ocasionalmente por carbonatos y epidota. También pueden estar presentes piroxenos o cuarzo. En general, son estas rocas las encajantes de las mineralizaciones con magnetita. Por otra parte, pueden contener cantidades menores de sulfuros y, al igual que ocurría con las cornubianitas piroxénicas, son frecuentes en ellas los fenómenos de alteración de tipo deutérico.

Cornubianitas epidóticas

Rocas compactas, de grano generalmente fino, color verdoso y sin orientación visible. Están constituidas fundamentalmente por epidota-zoisita, clorita, productos serpentínicos, cuarzo, carbonatos y cantidades menores de feldespatos, piroxenos y anfíboles (Fig. 8). Como accesorios más importantes llevan circón, apatito y opacos. Suelen desarrollarse estas rocas entre las cornubianitas piroxénicas y las granatífero-anfibólicas, y las zonas mineralizadas ricas en caliza espática y con abundantes sulfuros.

Es de destacar de estas rocas que, en ocasiones, están formadas casi exclusivamente por epidota y cantidades menores de carbonatos, cuarzo y anfíboles. Estas zonas ricas en epidota suelen dar lugar a estructuras bandeadas junto con otras rocas formadas principalmente por carbonatos y granates o anfíboles y granates.

El estudio microscópico ha permitido comprobar que, dentro de las masas de epidota, quedan restos de otros minerales, principalmente piroxenos o granates totalmente cloritizados y sobre todo, epidotizados (Fig. 9). En las zonas de contacto entre el skarn epidótico y el granatífero-anfibólico, existen transiciones graduales entre ambos. De esta forma, se observa como los granates y anfíboles y piroxenos comienzan a cloritizarse y epidotizarse para, de forma paulatina, dar lugar a una masa de epidota, clorita, y productos serpentínicos, en los que quedan restos de granates, anfíboles y piroxenos, para finalmente, estos últimos desaparecer casi por completo. Así pues, puede decirse que el skarn epidótico es posterior al anfibólico-granatífero y al piroxénico, y que se ha formado en su mayor parte por alteración deutérica de estos últimos.

Junto a todos estos fenómenos de epidotización y alteración deutérica se observan frecuentes fenómenos de carbonatización por reemplazamiento de los granates y, sobre todo, de los anfíboles, observándose como los carbonatos conservan el aspecto fibroso de aquellos, si bien, ocasionalmente, quedan anfíboles sin reemplazar (Fig. 10).

También, aunque de forma local, se observan fenómenos de silicificación (Fig. 11) y sericitización, este último, principalmente en los feldespatos. Finalmente, cabe destacar que, tanto los fenómenos de skarnificación como los posteriores de alteración detérica, han estado, en ocasiones, condicionados por las estructuras características y la composición original de las rocas sedimentarias en las que aquellos se han producido, conservándose en ocasiones las texturas e incluso las formas de los fósiles. Este último caso es particularmente llamativo en algunas ocasiones en las que estos aparecen totalmente reemplazados por epidota.

Los minerales metálicos

Los minerales metálicos presentes en el yacimiento son fundamentalmente calcopirita, mispiquel, pirita, magnetita y hematites, cuyas características se describen a continuación.

Calcopirita, al igual que la mayor parte de los sulfuros, aparece en bolsas en la zona comprendida entre las masas de caliza espática y las rocas de caja de naturaleza pelítica, y las cornubianitas anfibólico-granatíferas. Aparte, se observan también cantidades menores de este mineral asociadas con la magnetita, siendo en estas ocasiones escasa.

Al microscopio, la calcopirita se presenta como grandes placas que contienen numerosas estrellas pequeñas de esfalerita, lo que indicaría que se trata de una calcopirita de alta temperatura (Fig. 12).

Mispiquel, muy abundante, aparece casi siempre asociado a la calcopirita, concretamente a la que forma las bolsas de sulfuros situadas en el contacto entre los skarn granatífero-anfibólicos y materiales carbonatados y pelíticos que constituyen las rocas de la zona.

Al microscopio se presenta como grandes cristales con tendencia al idiomorfismo, y parece haberse formado inmediatamente antes o simultáneamente con la calcopirita.

Magnetita. Se encuentra principalmente en los skarn granatífero-anfibólicos, en contacto directo con los granitos. Este mineral ha sufrido fenómenos de hematización parciales, por lo que suele estar transformado ocasionalmente en martita, quedando frecuentemente cristales de magnetita sin transformar dentro de las masas de hematites (Fig. 13). Por otro lado, es relativamente frecuente que las grietas de las masas de magnetita aparezcan rellenas por carbonatos. Puede ir acompañada por pequeñas cantidades de otros sulfuros y minerales transparentes.

Además de esta magnetita y hematites, asociada a la fase sulfurada se encuentra otra, en cantidades menores, también ligeramente martitizada con pirita y calcopirita.

Pirita. Está siempre presente en las zonas del yacimiento donde hay sulfuros, y si bien se deposita ocasionalmente al tiempo que la calcopirita, en la mayoría de los casos parece hacerlo inmediatamente después que la calcopirita.

La pirita forma pequeños cristales de formas irregulares, raras veces subidiomorfos, con características ópticas normales. Aparte de esta pirita, en aquellas preparaciones en las que hay pirrotina, se encuentra otra pirita más blanca y de textura lamelar que, por sus características, parece ser debida a una transformación de pirrotina por un descenso brusco de la temperatura de deposición.

Hematites. Menos abundante que la magnetita, se encuentra siempre asociada a ella. En las masas de magnetita situadas en el skarn anfibólico-granatífero, la hematites aparece como pequeños cristales, intercrecidos con la magnetita o que rodean a esta, pudiéndose haber formado, al menos en parte, por transformación de esta última. Sin embargo, en las zonas ricas en sulfuros, la hematites se presenta como largas agujas, algunas de las cuales contienen en su interior magnetita.

Aparte de los minerales mencionados, que son los principales, se observan accidentalmente en las preparaciones otros minerales significativos, tales como la löllingita, pirrotina, calcopirrotina, esfalerita, cobres grises ricos en plata (freibergita), oro y bismuto, cuyas características se describen a continuación.

Löllingita. Forma pequeños cristales idiomorfos dentro de las cornubianitas anfibólico-granatíferas y piroxénicas, en las cuales suele ir asociada con pequeños cristales de mispiquel, ambos minerales incluidos en los granates y anfíboles que forman la mayor parte de la roca.

La löllingita tiene las características ópticas propias de este mineral, con mayor reflectividad y anisotropía que el mispiquel. Su determinación ha sido confirmada mediante microscopio electrónico de barrido con microanálisis por energía dispersiva. En general es bastante escasa y ocasionalmente presenta maclas de dos individuos.

Esfalerita. Se puede encontrar bajo dos formas: o bien como pequeñas estrellas segregadas dentro de la calcopirita, o bien en placas asociadas a este último mineral. La esfalerita contiene inclusiones muy abundantes de calcopirita. Sus propiedades ópticas son normales, con reflejos internos rojizos no muy abundantes.

Calcopirrotina. Muy escasa, suele estar asociada a la calcopirita. En general, se trata de desmezclas dentro de la calcopirita, aunque en ocasiones se encuentra fuera de ella, si bien asociada siempre íntimamente a este mineral. Las características ópticas son normales.

Cobres grises. Localmente pueden ser abundantes, en general son escasos en el yacimiento. Van siempre asociados con calcopirita, pirita y mispiquel (Fig. 14), y su formación parece posterior a la de estos minerales. El análisis efectuado por energía dispersiva con el microscópico electrónico de barrido, demuestra que se trata de un sulfo-antimoniuro de Cu y Ag equivalente a la freibergita. Las características ópticas son las normales para este mineral.

Pirrotina. Es muy escasa, y se encuentra únicamente como pequeños granos dentro de la pirita, en la que destaca por su color y anisotropía. Además, cabe señalar la presencia de una pirita que, por sus características, podría proceder de la transformación de este mineral. La pirita que contiene la pirrotina se encuentra siempre asociada a los niveles de magnetita, y suele ir acompañada también de algo de calcopirita. Así pues, la pirrotina es uno de los primeros minerales metálicos en formarse, pudiendo haber sufrido posteriores procesos de transformación en pirita.

Oro y Bismuto. Aparecen siempre juntos, en forma de pequeños granos y en fisuras dentro del mispiquel, y junto con calcopirita, por lo que estos minerales son posteriores o simultáneos con el mispiquel. Su presencia en el yacimiento ha sido confirmada mediante microanálisis por energía dispersiva.

Todas las rocas y minerales anteriormente descritos, presentan una distribución dentro del yacimiento de acuerdo con la Fig. 15. El ejemplo ha sido extraído del zanjón, que es el que está situado más al N. de los mencionados anteriormente.

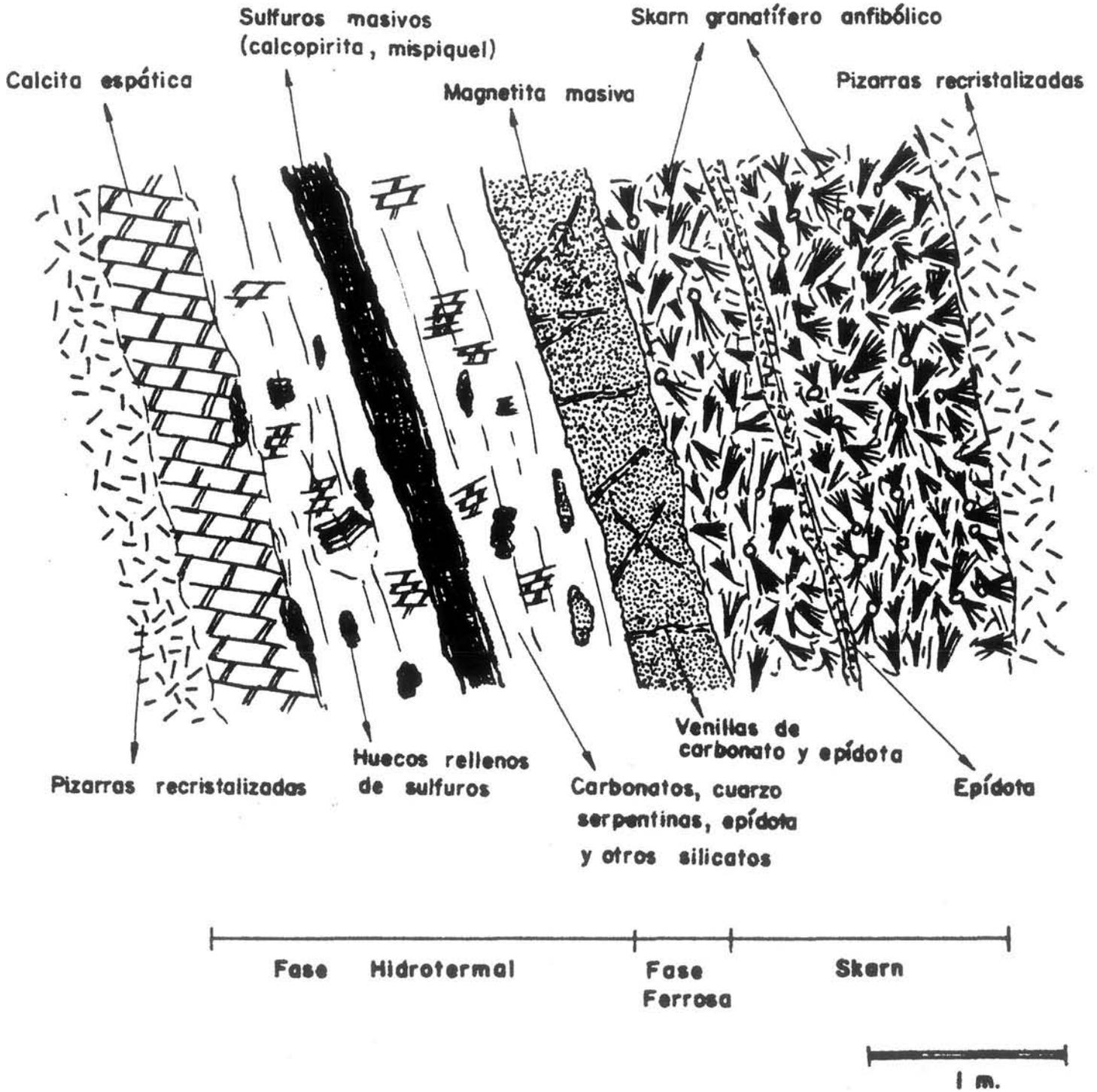


Figura 15. Esquema de la distribución de la mineralización en el Skarn de Carracedo.

5. EVOLUCIÓN Y CARACTERES METALOGÉNICOS

Por las características anteriormente descritas, se puede decir que el skarn de Carracedo está definido por la abundancia de granates, piroxenos y anfíboles, los que dan a las rocas un color oscuro. Está situado en el contacto entre rocas plutónicas de carácter ácido y los niveles de calizas de la formación Brañosera, teniendo el yacimiento formas y dimensiones muy irregulares. Así pues, el skarn, rico en magnetita y sulfuros, se ha producido a consecuencia de reacciones químicas de carácter metasomático entre fluidos ígneos y rocas carbonatadas.

Es de destacar que los skarns se han desarrollado principalmente en el contacto con las rocas intrusivas de carácter más ácido, lo que quizás sea debido, de acuerdo con las ideas de DUONG (1969), a que las rocas más básicas son pobres en agua y sílice, elementos estos muy importantes para la formación de skarns, por lo cual estos han visto favorecido su desarrollo cuando el fenómeno metasomático tenía lugar a partir de rocas más ácidas.

Además, tal y como se ha indicado, el contacto entre ciertos mármoles y las rocas ígneas ha sido aprovechado para hacer intrusión un dique de naturaleza subvolcánica. Esto indica que los procesos ígneos se desarrollaron en etapas sucesivas, y que no todas las rocas magmáticas dieron lugar a la formación de skarns.

Por otro lado la naturaleza de las rocas carbonatadas también influyó en el desarrollo de los procesos metasomáticos, ya que al microscopio se ha observado como ciertos lechos eran reemplazados por epidota y otros minerales, mientras que otros permanecían como calizas o mármoles.

Por lo que se refiere a la naturaleza de las diferentes facies metamórficas observadas, de manera general, se ha seguido el esquema propuesto para estas rocas por ROUTHIER (1963), TURNER (1968) y DUONG (1969) (Fig. 16).

En primer lugar, se desarrolla una fase silicitada en la que se forman los diferentes minerales, fundamentalmente cálcico-férricos, representados por las cornubianitas piroxénicas y granatífero-anfibólicas.

A continuación, y quizás, en parte, simultáneamente con la formación del skarn granatífero-anfibólico, se desarrolló una fase ferrífera en la que el mineral esencial fue la magnetita, y en menor cantidad, la hematites. Esta fase, fue acompañada por pequeñas cantidades de sulfuros, principalmente pirrotina y calcopirita.

Finalmente, se desarrolló una fase sulfurada con cristalización de los minerales metálicos descritos anteriormente. En esta fase se formó la mayor parte de la hematites, siendo de destacar que, durante la cristalización de los sulfuros, especialmente la pirita, dichos minerales reemplazaron frecuentemente a los que se formaron durante la fase silicatada, principalmente a los anfíboles. Acompañando a esta fase sulfurada, cristalizó una gran cantidad de carbonatos, los cuales

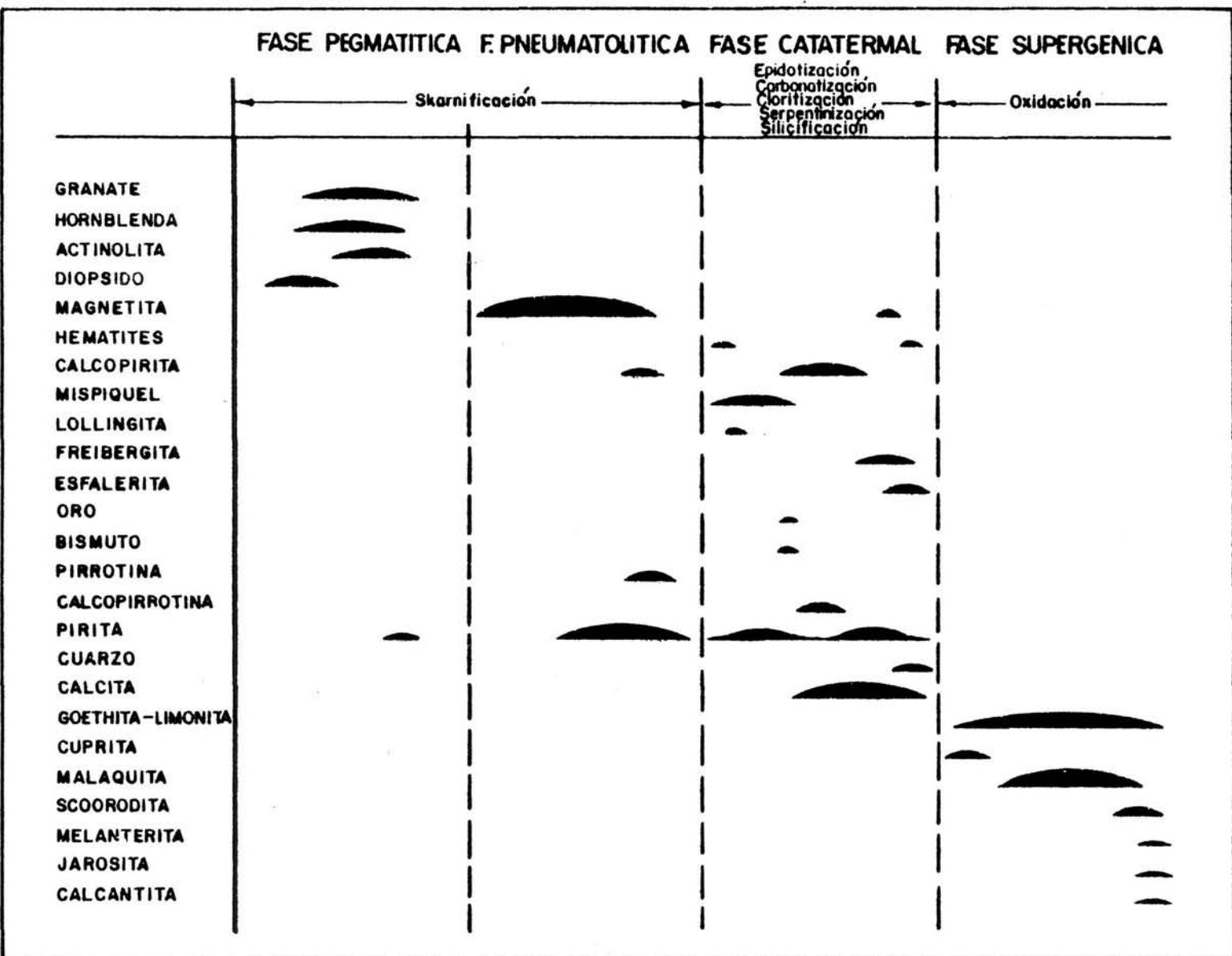


Figura 16. Diagrama mostrando la sucesión metalogénica general.

también reemplazaron ocasionalmente a los minerales silicatados. Finalmente, todos los huecos existentes, se rellenan por calcita espática.

Esta última fase es de claro carácter hidrotermal, y durante su desarrollo se produjo una intensa epidotización, cloritización, serpentización, carbonatación y silicificación de los minerales formados durante las fases anteriores.

Así, pues, puede decirse que las dos primeras fases se produjeron de forma más o menos continua, mientras que la última, que a su vez provocó la desestabilización de los minerales formados previamente, es claramente posterior y de carácter hidrotermal.

Por lo que se refiere a los minerales metálicos, existen claramente dos fases de deposición. Durante la primera, que, en general, va asociada a la fase silicatada, se formó la magnetita. En la segunda en la que se depositó el oro incluido en los cristales de mispikel, se formaron los diferentes sulfuros. Aparte de ello, durante las fases iniciales de la fase silicatada, se depositaron también pequeñas cantidades de magnetita y sulfuros de forma diseminada.

6. CONCLUSIONES

El skarn de Carracedo, es un yacimiento de origen pirometasomático formado en el contacto de las calizas de la formación brañosera con el complejo plutónico-diorítico del área de San Salvador de Cantamuda.

Los minerales, óxidos y sulfuros, corresponden a un yacimiento formado durante el periodo pegmatítico-pneumatolítico y su continuación en el catatermal en el que, primeramente, se formó la magnetita y a continuación todos los sulfuros metálicos, de los cuales, el más importante es la calcopirita. En este yacimiento, en el que se observa la asociación pirrotina, löllingita, magnetita, lo que es un indicio de alta temperatura, se pueden observar diversas fases en su formación.

Una primera fase, perteneciente a la etapa, pegmatítica-pneumatolítica, se desarrolló en el contacto entre las diferenciaciones más ácidas de las rocas plutónicas, en este caso tonalitas, con las calizas de Brañosera, y durante la cual se formaron las piroxenitas, anfibolitas granatíferas y la magnetita. Posteriormente, comienza la fase catatermal durante la cual se formaron los diferentes sulfuros metálicos, que se acompañan de oro y bismuto, produciendo un reemplazamiento y alteración de los minerales formados anteriormente. Finalmente, se produce una venida de calcita que relleno los huecos y fracturas existentes en las otras rocas.

En los niveles aflorantes y superiores de las áreas mineralizadas, se produce una alteración supergénica con formación de diversos óxidos y sulfatos, entre los que destacan por su colorido los de Cu.

- Figura 3. En la formación brañosa son muy frecuentes las estructuras sedimentarias, entre las que destacan los ripples y laminaciones.
- Figura 4. Los piroxenos de las cuarzo-dioritas están frecuentemente uralitizados y totalmente transformados (NCx65).
- Figura 5. La labor más importante de Carracedo ha sido llevada a cabo por cámaras y pilares. Es en estos donde se ha estudiado con todo detalle las características de las mineralizaciones.
- Figura 6. Junto con el mispichel, se puede observar la presencia de löllingita, la que destaca por su fuerte anisotropía (NCx200).
- Figura 7. En las cornubianitas piroxénico-anfibólicas, el piroxeno puede ser el componente mayoritario de la roca (NCx65).
- Figura 8. Los granates, normalmente anisotropos y zonados, están con frecuencia epidotizados y cloritizados (NCx25).



Fig.3



Fig.4



Fig.5



Fig.6



Fig.7

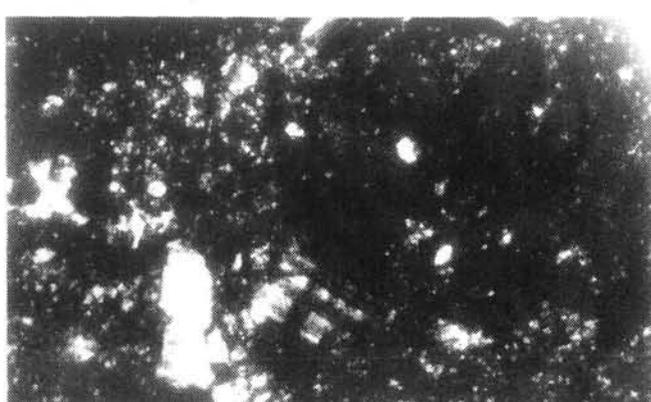


Fig.8

- Figura 9. Los fenómenos de epidotización son muy importantes, reemplazando frecuentemente este mineral a los preexistentes, especialmente, granates y anfíboles (NCx65).
- Figura 10. La carbonatización de los anfíboles es muy frecuente, conservándose en los carbonatos la estructura fibrosa de los silicatos (NCx65).
- Figura 11. La silicificación de los anfíboles, aunque menos frecuente que la carbonatización, también está presente en los skarn epidóticos (NCx65).
- Figura 12. La calcopirita y pirita son dos sulfuros muy abundantes en el yacimiento. Dentro de la calcopirita es muy frecuente la presencia de esfalerita (LNx200).
- Figura 13. Los fenómenos de transformación de la magnetita en hematites son muy importantes en algunas zonas del yacimiento (LNx200).
- Figura 14. Junto con el mispíquel y la calcopirita, se encuentran frecuentemente cobres grises, que en este caso son freibergita (LNx200).

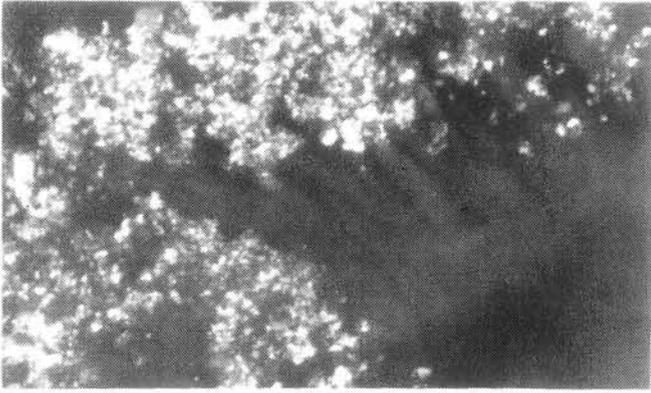


Fig.9

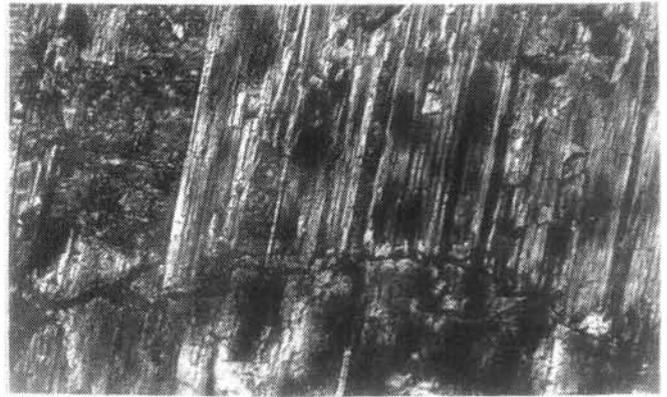


Fig.10

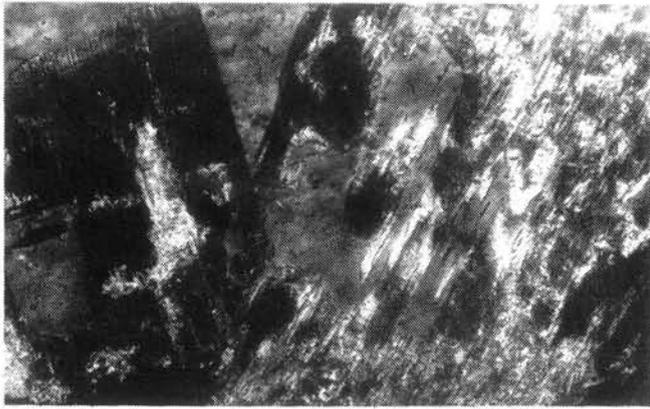


Fig.11

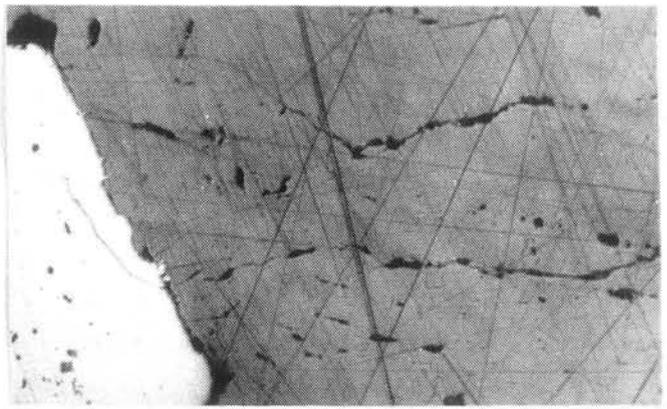


Fig.12

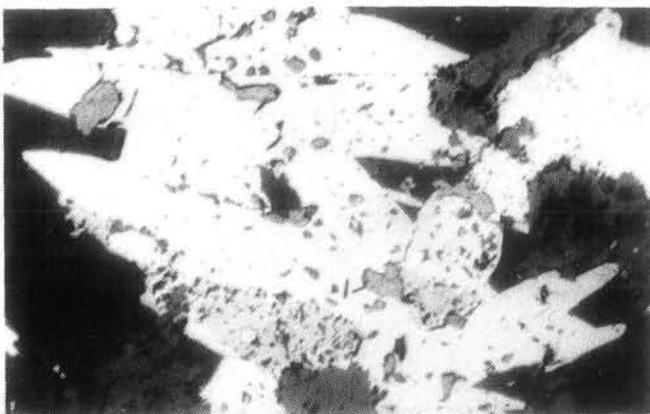


Fig.13

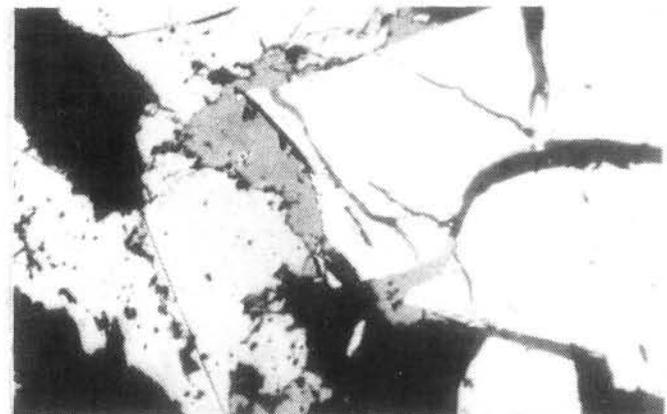


Fig.14

7. BIBLIOGRAFÍA

- AMBROSE, T. (1972). The stratigraphy and structure of the pre-carboniferous rocks North-West of Cervera de Pisuerga, Cantabrian mountains, Spain. Ph. D. Thesis Univ. Sheffield.
- AMBROSE, T. (1974). The lower paleozoic rocks of northern Palencia. *Brevo. Geol. Asturica*, XVIII, 4, pp. 49, 53.
- BINNEKAMP, J. (1965). Lower Devonian brachiopods and stratigraphy of North Palencia (Cantabrian mountains, Spain). *Leidse Geol. Meded*, 33, pp. 1, 62.
- MAAS, K. (1974). The geology of Liebana, Cantabrian mountains, Spain. Deposition and deformation in a flysh area. *Leidse Geol. Meded*, 49, pp. 379, 465.
- MARTÍNEZ GARCÍA, E. (1981). El paleozoico de la zona Cantábrica oriental (Noroeste de España). *Trabajos de Geología. Universidad de Oviedo*. 11, pp. 95, 127.
- PHAN, K. (1969). Skarns et minéralisations associées. *Chron. Rech. Min.* 37, pp. 291, 388.
- REUTHER, C. (1977). Das Namur im südlichen Kantabrischen Gebirge (Nord-spanien). Krustenbewegungen und faziesdiferenzierung im Übergang geosynklynale-oregen. *Claust. Geol. Abh.*, 28, pp. 1-12.
- ROUTIER, P. (1963). *Les gisements métallifères*. Masson, Paris, 1275 p.
- SUÁREZ, O., GARCÍA, A. (1974). Petrología de la granodiorita de Peña Prieta (León, Santander, Palencia). *Acta Geol. Hisp.*, IX, 5, pp. 154, 158.
- TURNER, F. (1968). *Metamorphic petrology*. McGraw-Hill (2ª edit). New York, 403 p.
- VAN DE GRAAFF, W. J. E. (1971). Facies distribution and basin configuration in the Pisuerga area before the Leonian phase. *Trabajos de Geología. Univ. de Oviedo*, 3 pp. 161, 177.
- VAN GINKEL, A. (1972). Correlation of the Myachkovian and Kasimovian in the USSR with the West European subdivision. *Leidse Geol. Meded*, 49, pp. 1-7.
- WAGNER, R.; PARK, R.; WINKLER, C.; LYS, M. (1977). The post leonian basin in Palencia. A report on the stratigraphy of cantabrian stage. In *symposium on Carboniferous stratigraphy. Special Publ. Geol. Survey of Prague, 1973*, pp. 89, 146.
- I.G.M.E. Memoria explicativa de la hoja nº 107, Barruelo de Santullán, del mapa geológico de España a escala 1:50.000 (En prensa).