

805



ESPECULACIONES SOBRE UN ORIGEN SINGENETICO-SEDIMENTARIO

DE LA SCHEELITA PRESENTE EN LAS METAMORFITAS

DEL NE DE LA PROVINCIA DE SAN LUIS

Milka K. de Brodtkorb y Alejo Brodtkorb

por



En el NE de la provincia de San Luis, en una sinclinal general NNE-SSW, se encuentran numerosos yacimientos de scheelita. Estos se presentan concordantes con las restantes rocas metamórficas del área consistentes en esquistos cristalinos gneissicos, anfíbelitas, etc., conjunto a su vez intruido por diques graníticos y atravesada por diques pegmatíticos y aplíticos.

Genéticamente este tipo de yacimientos se considera de hasta hace poco tiempo como resultado de procesos metasomáticos en las rocas calcáreas, secuela de un intrusivo más o menos próximo.

* Servicio Nacional Minero Geológico

Trabajo publicado con la anuencia de sus autoridades.

1 INTRODUCCION

ESPECULACIONES SOBRE UN ORIGEN SINGENETICO-SEDIMENTARIO DE LA SCHEELITA PRESENTE EN LAS METAMORFITAS DEL NE DE LA PROVINCIA DE SAN LUIS

por

Milka K. de Brodtkorb y Alejo Brodtkorb

RESUMEN

En el NE de la provincia de San Luis, en una disposición general NNE-SSW, se encuentran numerosos yacimientos de scheelita ligados a cuerpos alargados-lenticulares de calizas. Estas se presentan concordantes con las restantes rocas metamórficas del área consistentes en esquistos cristalinos gneísicos, anfibolitas, etc., conjunto a su vez intruido por cuerpos graníticos y atravesados por diques pegmatíticos y aplíticos.

Genéticamente este tipo de yacimientos fue considerado hasta hace poco tiempo como resultado de procesos metasomáticos en las ricas calcáreas, secuela de un intrusivo más o menos próximo.

En este trabajo se sugiere para la mineralización wolframífera una depositación singenética de la scheelita con la caliza, como fuera propuesto recientemente para numerosos yacimientos del mundo.

Los yacimientos en cuestión forman parte del basamento cristalino de la provincia de San Luis y Córdoba. Las rocas predominantes en la región son esquistos y gneises, de rumbo general NNE-SSW a NW-SE y que inclinan al este. La mayoría de los yacimientos se encuentran en los esquistos y gneises, y la scheelita está asociada a las calizas.



1 INTRODUCCION

Los depósitos de scheelita en rocas metamórficas eran en general poco conocidos en el mundo y fueron estudiados insuficientemente, en parte porque son de descubrimiento relativamente reciente y aparente menor importancia económica, pero principalmente porque presentan dificultades que son inseparables de los problemas mayores en cuanto al origen e historia de las rocas precámbricas o eopaleozoicas de una región dada. Varios interrogantes relacionados con el origen del tungsteno, su historia, su ubicación paragenética en el ambiente geoquímico y su distribución esperan contestación y varios de ellos requieren estudios detallados de la geología precámbrica o eopaleozoica. La scheelita es un mineral poco conspicuo, y más aún en gneises y otras rocas metamórficas, y, por lo mismo es fácilmente pasado por alto, si no es buscado específicamente.

La literatura publicada en la última década sobre las nuevas interpretaciones genéticas de scheelita en rocas metamórficas precámbricas y eopaleozoicas, indujo a los autores a revisar las manifestaciones de la Sierrita de Yulto (La Irita, La Coquita, La Armadita, etc.), numerosos depósitos del distrito minero El Morro, como ser de Sur a Norte: Erica Luisa, Arroyito con Agua, Hermana Blanca, Loma Blanca, Morro N° 1, Prudencia, San José, El Peje, y en una corrida más oriental, Los Halcones y San Antonio, como así también algunos yacimientos al NE de la provincia de San Luis, tales como

Los Reventones, Pampa de Tamboreo y La Florida (fig. 1). Se completó el panorama con una recopilación de datos de las menas de la Sierrita de la Estanzuela, Cerro Aspero, Pampa de Claen y Sierra de Altautina, de los trabajos de Angelelli (1950) y Angelelli et al (1970).

Los yacimientos en cuestión forman parte del basamento cristalino de la provincia de San Luis y Córdoba. Las rocas predominantes en la región son esquistos y gneises, de rumbos generales NNE-SSW a NNW-SSE y que inclinan al este. La mayoría de los yacimientos se encuentran en los esquistos y gneises, y la asociación hornblenda-plagioclasa

///



mientos scheelíticos están relacionados con fajas de metamorfitas carbonáticas que asociadas a anfibolitas aparecen intercaladas en forma concordante en el citado basamento. Existen asimismo vetas de cuarzo con escasa scheelita y/o wolframita que corren discordantemente con las estructuras regionales o locales.

Hasta el presente se consideraron, en general, de origen metasomático a las denominadas "tactitas" e hipotermiales a las vetas de cuarzo con scheelita y/o wolframita.

En el presente trabajo los autores proponen un origen singenético de la mineralización wolframífera con los sedimentos, habiendo sufrido ambos en conjunto efectos de metamorfismo regional; mientras que los contenidos de tungsteno en pegmatitas y venas de cuarzo serían de formación posterior y debido a efectos de removilización.

El propósito de estas consideraciones genéticas está dirigido a esbozar, en lineamientos generales, un enfoque que oriente los estudios que se realizan actualmente sobre la faja scheelítica del NE de San Luis y NW de Córdoba, cuya finalidad es reconocer fehacientemente el carácter estrato-ligado y el origen singenético de esta mineralización, lo que permitirá, y esto es lo importante, a orientar la prospección o búsqueda científica de posibles nuevos cuerpos mineralizados de scheelita.

2 GEOLOGIA EN LA ZONA DE LOS YACIMIENTOS

La zona de los yacimientos forma parte del ámbito geológico de las Sierras Pampeanas. El basamento cristalino está caracterizado por una extensa faja concordante de esquistos y gneises cuarzo-oligoclásico-biotíticos, con intercalaciones de bancos carbonáticos, tactizados en algunos tramos, y rocas de filiación anfibólica.

Clayton (1971) considera que la presencia de oligoclasa en los esquistos y gneises, y la asociación hornblenda-plagiocla



sa (andesina) típicamente desarrollada en las anfibolitas, permiten correlacionar estas rocas con la facies anfibolita de metamorfismo regional. su espesor varía entre 0,2 y 0,5 m. de espesor.

En las inmediaciones de los yacimientos del distrito scheelítico de El Morro y las manifestaciones en la Sierrita de Yulto, aparece sólo un cuerpo intrusivo relativamente extenso, el granito de San José del Morro, que dista entre 8 y 15 Km respectivamente de las mencionadas mineralizaciones, mientras que pegmatitas y venas de cuarzo están profusamente distribuidas en el área.

Perfiles litológicos característicos de la faja mineralizada situada al oeste del Co. El Morro, se describen seguidamente en forma sucinta, de Norte a Sur, en base a las observaciones de Clayton (1971) y los autores.

Perfil del pozo N° 9 ("de los ingleses"). En las rocas de caja constituidas por esquistos de tipo migmatítico, de composición cuarzo-clinoclasico-biotítica (muscovita, clorita), de grano generalmente fino y color gris, se intercala un banco carbonático tactizado. En las inmediaciones de los contactos con este banco carbonático, los esquistos contienen una proporción variable, pero generalmente subordinada de epidoto, formando fajas de esquistos epidóticos de unos 20 a 35 cm. de espesor. El banco carbonático tactizado presenta en el primer metro occidental una composición cuarzo-epidoto-escasa scheelita; la parte central del banco está compuesta predominantemente por "tactitas" (1) anfibólicas que contienen proporciones variables de epidoto y cantidades subordinadas de tremolita, calcita, flogopita, cuarzo, titanita, apatita y algunos sulfuros. Es el principal banco portador de scheelita.

(1) Se escribe "tactita" con comillas en razón de que su composición mineralógica es la de una tactita pero no su origen genético, como no se verá más adelante.

de color gris y naturaleza marcadamente foliada, carácter que se manifiesta claramente debido a //4. Porciones significativas de clorita. Son relativamente frecuentes los acunamientos lenticulares primarios de los bancos, de origen deposicional, con aparición de intercalaciones epidotizadas de esquistos

///4.



Características litológicas a la altura del Pique 5. El Pique 5 es una labor minera que actualmente está en producción. La mineralización que se explota varía entre 0,2 y 0,6 m. de espesor, con leyes algo menores del 1% de WO_3 . La presencia de vetas de cuarzo y pegmatitas discordantes, con salbandas de muscovita, produjeron enriquecimientos locales de scheelita de cierta importancia para la explotación de tipo pirquén.

El basamento cristalino de la región se caracteriza por esquistos cuarzo-oligoclásico-biotíticos en los que se intercalan dos bancos carbonáticos, portadores de scheelita, y hacia el centro, entre estos bancos carbonáticos un conjunto de anfibolitas y esquistos micáceos.

Los esquistos cuarzo-oligoclásico-biotíticos que afloran a uno y otro lado del conjunto antes mencionado presentan epidotización y silicificación en los contactos con las rocas carbonáticas, en un espesor no mayor de 10 cm; corresponden a las facies cuarzo-epídoto, de contacto, y tienen una composición variable, con marcadas diferencias locales en la proporción relativa del epidoto y cuarzo. Los dos bancos carbonáticos tactizados, oriental y occidental, se presentan en fajas algo lenticulares y están compuestos por tremolita, epidoto, flogopita, scheelita, granate, fluorita, pirrotina, blenda, magnetita, etc. Entre los dos bancos carbonáticos aparece el conjunto litológico que Smith y Gonzalez (1947) mapearon como esquistos con epidoto y que se caracterizan por una alternancia de anfibolitas y esquistos micáceos con un grado variable de epidotización.

Secuencia litológica en el yacimiento Loma Blanca. A grandes rasgos hay aquí cuatro bancos carbonáticos que evidencian cambios de composición tanto en el sentido longitudinal como transversal. Predominan mármoles calcítico-cloríticos, de color gris y naturaleza marcadamente foliada, carácter que se manifiesta claramente debido a proporciones significativas de clorita. Son relativamente frecuentes los acúñamientos lenticulares primarios de los bancos, de origen deposicional, con aparición de intercalaciones epidotizadas de esquistos



cuarzo-oligoclasicos-biotíticos o de filiación anfibólica. En la roca de caja predominan los esquistos y gneises de composición cuarzo-oligoclásico-biotítica.

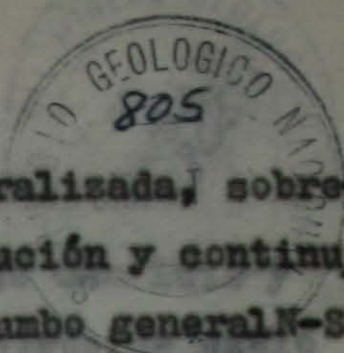
Los Yacimientos de la Sierrita de Yulto se ubican en un basamento que presenta mayor grado de migmatización. La secuencia litológica es similar a la de los otros yacimientos mencionados: esquistos y gneises cuarzo-oligoclásico-biotíticos; delgadas franjas epidotizadas; mármoles variablemente tactizados; anfibolitas y nuevamente esquistos y gneises cuarzo-oligoclásico-biotíticos. Aquí se encuentra una mayor cantidad de inyecciones pegmatoideas asociadas a los bancos carbonáticos, emplazados preferentemente en la zona de contacto de esos bancos con las anfibolitas y los esquistos.

Las manifestaciones al Norte del Co. El Morro, Los Halcones y San Antonio, pertenecen a una larga corrida apenas explorada, de varios kilómetros de largo, de rumbo aproximado N-S en que la mineralización de scheelita se encuentra nuevamente en rocas carbonáticas tactizadas, concordantes con los esquistos y gneises biotíticos característicos de esta zona. Es interesante señalar la persistencia de esta corrida mineralizada que continúa con el mismo rumbo dentro de la estructura del Co. El Morro.

En "Los Reventones", al W de Villa Praga, se observa una roca carbonática tactizada compuesta esencialmente por calcita, epidoto, scheelita, que está ubicada concordantemente en los esquistos biotíticos de la región.

En la "Pampa de Tamboreo", ubicado en el paraje homónimo, se observa una serie de trincheras, de donde se extrajo mineral, paralelas al rumbo de las metamorfitas constituidas fundamentalmente por esquistos y gneises biotíticos.

La mina "La Florida" se localiza en la proximidad del dique homónimo, y su mineralización es compleja; en parte corresponde a una impregnación scheelítica en esquistos biotíticos.



117.

3. **ESTRUCTURA** Considerando en conjunto esta región mineralizada, sobresalen los esquistos biotíticos por su mayor distribución y continuidad areal. Muestran amplias flexuras dentro de su rumbo general N-S. Las rocas que seguidamente se destacan son los esquistos epidotizados que se intercalan concordantemente en los esquistos biotíticos, a veces en varios bancos subparalelos que con fuertes variaciones en sus espesores terminan acuniándose después de tramos relativamente prolongados. Por último se destacan los bancos carbonáticos tactizados, normalmente portadores de la mineralización scheelítica, que se ubican en general a lo largo de los contactos entre los dos tipos de rocas predominantes mencionados precedentemente, sin formar bancos continuos ya que sus espesores menores y variables dan lugar a una sucesión de lentes de variadas dimensiones en su largo y ancho.

La edad del basamento cristalino de las Sierras Pampeanas y de los granitos que lo intruyen aún es discutida. Pastore (1932) opinaba que el metamorfismo tiene los caracteres del ciclo caledónico y que las intrusiones graníticas se habían producido probablemente en el Devónico inferior. Gonzalez Benorino (1950) menciona que las rocas metamórficas son prácticamente todas prepaleozoicas lo mismo que casi todos los cuerpos graníticos. Opina que la sedimentación, deformación, metamorfismo e invasión magmática constituyen una sucesión continua de eventos parcialmente superpuestos. Sosie (1964) propone una edad precámbrica para metamorfitas e intrusiones, y Gordillo y Lencinas (1972) una probable edad precámbrica a eopaleozoica ?.

Linaires y Latorre (1973) consideran que es factible que las rocas metamórficas de San Luis y Córdoba correspondan al ciclo Brasiliano de Almeida ubicado entre 570-620 m.a.

Estudieron las minas Zona Blanca y El Peje y mencionan tres tipos de depósitos: 1) lentes de calizas reemplazadas por metaconglomerados con formación de granate, epidoto y scheelita; 2) filones hipotermiales de cuarzo con turmalina, portadores de scheelita; y 3) micritas gástricas impregnadas con scheelita, formadas por soluciones hipotermiales. 117.

3 ESTUDIOS E HIPOTESIS ANTERIORES

Los yacimientos de tungsteno de la Sierra de San Luis y Córdoba son conocidos desde hace tiempo y han sido objeto de explotación relativamente intensa durante las dos guerras mundiales. En 1912 se explotaban vetas de cuarzo portadoras de scheelita y wolframita en pequeña escala, y en 1918 se conocían los bancos carbonáticos portadores de scheelita. Las primeras noticias sobre las vetas con wolframita de Loma Blanca datan de 1913 y corresponden a Beder.

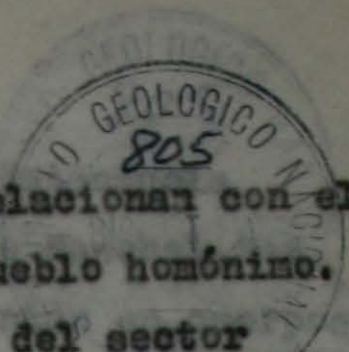
Numerosos son los informes que existen sobre los depósitos de la falda occidental de la Sierra del Morro; la mayoría de carácter minero y otros relativos a prefactibilidad de plantas de concentración. Caben mencionar los trabajos de Kittl (1930), Smith y Gonzalez (1947), Sister y Maldonado (1953), Lapidus (1955), Maldonado (1956), Alessi (1961) y Padula (1965). Recientemente Clayton (1971) realizó un trabajo petrológico sobre el área de la Sierra de Yulto y del Morro, en relación con la mineralización de tungsteno.

Kittl (1930) postula para las vetas de cuarzo con wolframita de Loma Blanca un origen relacionado a procesos pneumatolíticos, continuando posteriormente con otro ciclo hidrotermal.

Smith y Gonzalez (1947) concluyen para el yacimiento El Morro N° 1, que la roca epidótica se formó por procesos metasomáticos y las soluciones introdujeron primeramente la scheelita diseminada y luego formaron las vetas de scheelita y wolframita.

Lapidus (1956), al estudiar el mismo yacimiento dice que la mineralización en las calizas se debe a fenómenos de metasomatismo de contacto y que las vetas con scheelita y wolframita son posteriores e hipotermas.

Sister y Maldonado (1953) y luego Maldonado (1956) estudiaron las minas Loma Blanca y El Peje y mencionan tres tipos de depósitos: 1) lentes de calizas reemplazadas por metasomatismo con formación de granate, epidoto y scheelita; 2) filones hipotermas de cuarzo con turmalina, portadores de scheelita; y 3) micacitas gnéissicas impregnadas con scheelita, for, adas por soluciones hipotermas



que ascendieron por fisuras y diaclasas, a los que relacionar con el granito de San José del Morro, aflorante cerca del pueblo homónimo.

Alessi (1961) postula para los yacimientos del sector Norte del Distrito minero El Morro que la mineralización presente en las calizas se ha originado por fenómenos de metasomatismo de contacto relacionado con la intrusión granítica aflorante a unos 8 km. al sur.

Finalmente Clayton (1971) entiende que la mineralización de tungsteno tuvo lugar en tres etapas diferentes, según la siguiente secuencia: primeramente una mineralización scheelítica relacionada con la tectonización de los bancos carbonáticos. Luego una mineralización scheelítica relacionada con venas pegmatíticas relativamente pequeñas y finalmente la formación de vetas de cuarzo con scheelita o wolframita. Los depósitos formados en las dos últimas etapas carecen de valor económico excepto cuando entran en contacto con los bancos carbonáticos. Para el origen del wolframio no encuentra una relación adecuada entre la localización de la mineralización y la ubicación de algún posible intrusivo.

Debemos mencionar ahora, extractando referencias bibliográficas el grupo de yacimientos de Pampa de Olaen (grupo Olaen), distante a 12 km al NW de Cosquín, Córdoba. Según Angelelli. (1950) estos cuerpos mineralizados están constituidos por lentes situadas en el contacto de bancos de calizas con esquistos y gneises y se componen de scheelita, epidoto, granate, calcita, cuarzo, fluorita, anfíbol, pirita, calcopirita y blenda.

El mismo autor cita también las manifestaciones de la Sierra de Altautina, al N y NE de Villa Dolores, localizados en una faja de 22 km. de extensión. Se trata de cuerpos concordantes con la dirección de los esquistos, representados por micacitas, anfibolititas, micacitas inyectadas y cuerpos de calizas. La mineralización se encontraría según los casos asociada con las calizas y otras veces con las micacitas. La asociación mineral está integrada por calcita, granate, actinolita, fluorita, biotita, pirita, calcopirita, etc.

CICLO GEOLOGICO NACIONAL
805

Cabe mencionar las manifestaciones de La Estanzuela (Angelelli et al, 1970), ubicadas a 30 km. al ENE de Naschel, San Luis. Las fajas mineralizadas de scheelita se presentan en cuerpos de caliza dolomítica, intercalados con los esquistos y están asociados con epidoto, granate, etc.

Finalmente, en el departamento de Calamuchita, en la parte alta de la Sierra de Comechingones se ubica el distrito wolframífero de Cerro Aspero. La geología de la región comprende esquistos, granitos, pegmatitas y aplitas. Son conocidos en esa zona vetas y mantos con una mineralogía asociada a la scheelita, formada por pirita, calcopirita, blenda, molibdenita, bismutina, fluorita, berilo, etc. Es probable que parte de esta última mineralización pueda ser correlacionada con las manifestaciones previamente consignadas.

4 EVIDENCIAS GEOLOGICAS DE LA FAJA SCHEELITICA DE LA PROV. DE SAN LUIS.

Si se observa regionalmente la ubicación de estos yacimientos y se examina la roca portadora, se destacan concretamente los siguientes hechos :

- 1) La mineralización más importante se encuentra en bancos de caliza tactizados, concordantes con las demás metamorfitas de la zona (por ej. minas Loma Blanca, Morro N° 1, San Antonio, Yulto, Los Reventones, etc.) En algunas oportunidades la "tactita" es bandeada reflejando una textura sedimentaria primaria relativamente conservada.
- 2) La mineralización se encuentra en cuerpos lenticulares de hasta cientos de metros de longitud, potencias de hasta 2 m y profundidades conocidas hasta 70 m (no se conoce aún la finalización de la mineralización en profundidad). Puede haber varios bancos mineralizados paralelos.
- 3) La mineralogía de la "tactita" es muy uniforme: epidoto, actinolita, flogopita, granate, calcita, etc. asociados con scheelita, fluo



rita, berilo, pirita, pirrotina, blenda, calcopirita, magnetita, etc.

4) Los esquistos biotíticos localmente presentan impregnación scheelítica, en parte económica (por ej. Erica Luisa, Pampa de Tamboreo, etc.).

5) Existen anfibolitas y rocas de filiación anfibólica contiguas a la roca carbonática.

6) No se conocen intrusivos cercanos a los depósitos por lo que las "tactitas" no son rocas formadas por metamorfismo de contacto sino, como lo considera Clayton, se trata de un tipo de "skarn" regional.

7) Las pegmatitas son en general prácticamente estériles en wolframio. Las vetas de cuarzo, posteriores a las metamorfitas, tienen ocasionalmente scheelita y/o wolframita, en especial donde cortan a las "tactitas".

8) No se observan pegmatitas grandes ni vetas importantes con scheelita en las cercanías de las "tactitas" mineralizadas.

9) Regionalmente se conocen yacimientos con paragénesis de wolframio y como elementos minoritarios Au, Bi y Mo.

10) Además de la repetición de bancos carbonáticos tactizados en un depósito, hay una cierta repetición de yacimientos en formaciones más occidentales (por ej. Los Reventones, Pampa de Tamboreo, La Florida, etc.).

5 EJEMPLOS DE ESTE TIPO DE YACIMIENTOS Y CONSIDERACIONES GENÉTICAS POSTULADAS

Cronológicamente debemos considerar primeramente las observaciones de Tweto (1960). Manifiesta que en recientes años se encontraron depósitos de scheelita de edad precámbrica en varias localidades de Colorado y Wyoming, EEUU. Gran parte de ellas están diseminadas en rocas metamorfizadas regionalmente, principalmente en gneises calcosilicáticos pero también en anfibolitas. Pequeñas cantidades de mineral se encuentran en pegmatitas y en vetas de cuarzo. Según ese autor muchos de los depósitos son producto de una fase dentro de un proceso plutónico mayor, que incluye metamorfismo,

////11.

de la paragénesis, como ser: Mo, contenido en la scheelita en forma de moliódenita y en la wolframita. La migmatización y emplazamiento de granitos sintectónicos. El wolframio originariamente presente en concentraciones menores en las rocas sedimentarias que dieron origen a los gneises fue redistribuido y recrystalizado a través de sucesivos episodios plutónicos precámbricos. Los depósitos precámbricos pueden haber sido además una fuente de wolframio, que removilizado originó los depósitos terciarios económicamente importantes.

En 1965, Maucher, expone por primera vez los resultados de los estudios realizados con sus discípulos (Instituto de Geología de la Universidad de Munich, Rep. Fed. Alemana). Comenzaron con el estudio de los yacimientos estrato-ligados de antimonio, de Cerdeña (Angermeier, 1964) y simultáneamente con algunos de Turquía, Grecia y los Alpes. Con el avance de los estudios, fueron incluyendo otros elementos para definir una asociación geoquímica que denominaron "paragénesis de Sb, W, Hg" conociéndose yacimientos que contienen uno sólo de estos elementos, dos o los tres. Estudios más recientes permitieron determinar elementos minoritarios característicos que suelen ser acompañantes de los componentes mayoritarios de la paragénesis, como ser: Mo, contenido en la scheelita o en forma de moliódenita, Bi, Au, Ag, Sn y Be (Cardoso, 1973).

Las investigaciones realizadas por la escuela de Munich sobre yacimientos estrato-ligados de scheelita de diferentes partes del mundo mostraron notables similitudes entre ellos. Postulan que la mineralización de estos depósitos es contemporánea con la roca portadora y consecuentemente los minerales de mena son "minerales formadores de la roca" que se localizan en una facies específica de una serie litológica definida. Una gran parte de los depósitos de wolframio "más jóvenes" asociados con granitos, tomaron su contenido de tungsteno de los depósitos estrato-ligados de scheelita, durante procesos de granitización. Maucher y Holl (1968) reconocieron que el contenido de minerales de mena de las unidades metamórficas en una región dada pueden ser utilizados como herramienta de datación, ya que algunas unidades litológicas contienen

11/12:



"horizontes guía geoquímicos-estratigráficos" cuyos contenidos en Sb, Hg, W (Mo) son considerablemente superiores al correspondiente valor Clarke, siendo el wolframio el menos removilizado.

Puntualizan asimismo que las rocas metamórficas que contienen scheelita son muy similares a las descritas comúnmente como "tactitas" o "skarn". Sin embargo estas rocas portadoras de scheelita no son originadas por metamorfismo de contacto, ya que muchas de ellas se encuentran lejos de granitos o sus contactos. En términos generales proponen que el wolframio fué aportado por un vulcanismo-hidrotermalismo que actuó sobre los sedimentos marinos durante su sedimentación y la scheelita sería entonces un mineral primario. Aparece formando granos muy pequeños en la facies de esquistos verdes o bien porfiroblastos de hasta 2 cm de diámetro en las rocas de facies anfibólita. La idea que la scheelita está relacionada a efusiones volcánicas submarinas estaría demostrado por los altos contenidos de Ti, Cr y Ni, como se verá en los diferentes ejemplos.

Según Maucher (1972) el resultado más sorprendente de las investigaciones realizadas es que los depósitos no solamente son estrato-ligados a unidades litológicas relacionadas con rocas metavolcánicas, sino que también muchas de esas unidades portadoras de mena pertenecen al Paleozoico inferior (cámbrico sup. a silúrico sup.). Como conclusión final postula que estos yacimientos no solamente son estrato-ligados (stratabound) sino también relacionados a edades geológicas definidas, tiempo-ligados (timebound). Mientras esto sería válido para los depósitos alpinos, Holl (1971); menciona edades precámbricas para algunos yacimientos africanos, estrato-ligados de scheelita, como por ejemplo los "wolframschist" de Namaqualand en Sudáfrica, el "tungstenbelt" en Ruanda y otros yacimientos en Uganda. También Tweto (1960), como ya se mencionara, propone una edad precámbrica para los depósitos de Colorado y Wyoming, EEUU. Finalmente cabe mencionar el yacimiento de Credalen, Noruega que también tendría una edad precámbrica.



La idea conceptual de Maucher es que en épocas geológicas definidas tuvieron su apogeo o mayor depositación determinados elementos. En el caso del wolframio podría ocurrir que la depositación primaria de la scheelita tuvo lugar desde el precámbrico alto al Eopaleozoico. Según Maucher (1965) existe un cinturón de yacimientos de Sb-W-Hg que abarca la franja mediterránea y sudasiática que se relaciona a viejos lineamientos (geosuturas en el sentido de Stille) por lo que las franjas mineralizadas se ubican en las grandes zonas de debilidad marginales a los viejos macizos, (cinturón de Sb-W-Hg de Ferghana, presilúrico y provincia sudasiática de Sb y Hg de Hunan, China, silúrico).

A continuación se dan ejemplos de yacimientos estudiados con criterio petrológico-genético y que pueden coadyuvar a la interpretación de nuestros depósitos. Italia. Al SW de Cerdeña (Angermeier, 1964) se encuentran yacimientos de antimonita relacionados con una serie litológica silúrica formada por calizas, porfiroideos y esquistos grafiticos. La mineralización principal se ubica siempre en un esquisto grafitico rico en carbonatos que contiene bancos poco extensos de caliza con scheelita. El aporte se lo considera relacionado con un vulcanismo silúrico superior. Las soluciones hidrotermales que penetraron en el mar, provocaron un "envenenamiento del mar" con el correspondiente enriquecimiento de sustancias orgánicas y la formación de la scheelita en reacción con las intercalaciones calcáreas. Estos yacimientos de antimonita-scheelita sedimentarios-exhalativos fueron afectados tectónicamente durante el Caledónico y en el Varísico, plegados y deformados, como se los encuentra hoy día. A pesar de ello todavía se encuentran texturas sedimentarias primarias. Turquía. Los depósitos de Turquía son muy parecidos a los de Cerdeña, y se encuentra en rocas metamorfizadas del Paleozoico inferior relacionados con esquistos bituminosos y rocas que contienen material volcánico; algunos de los depósitos contienen bancos

11/15.
con scheelita. La tectónica posterior originó vetas discordantes más jóvenes que contienen minerales removilizados.

805
Grecia, España, Portugal. En el ámbito del Mar Mediterráneo existen otros yacimientos más que por su litología y edad pertenecen a la paragénesis Sb-W-Hg, de edad silúrica, como por ejemplo los de la Isla de Chios, Grecia, (Holl, 1966), Huelva y Almadén en España. También se pueden señalar las manifestaciones de scheelita en "tactitas" concordantes con esquistos localizados en las afueras de Salamanca, España, y los señalados por Morais Ceveira (1971) en las localidades de Azevo y Covas en Portugal.

Austria. Los estudios efectuados en los Alpes son numerosos y explícitos; suscitadamente las conclusiones de Maucher (1965) son: las manifestaciones de scheelita en las rocas metamórficas de los Alpes son estrato-ligados y tiempo-ligados (stratabound y timebound) a una serie litológica de edad paleozoica inferior. El W, Au, Ag, Bi y Be están genéticamente relacionados a un vulcanismo básico, de soluciones residuales ricas en sílice. Todos los estratos mineralizados muestran la misma influencia metamórfica y tectónica de las rocas aledañas. La scheelita se presenta, de acuerdo al grado de metamorfismo, desde la facies de esquistos verdes a granitos gneisicos parcialmente anatécicos, como impregnaciones y manchones dentro de los esquistos verdes; porfiroblastos en combinación con lentes pegmatoideas y relleno de fisuras con cuarzo en anfibolitas; y bandas, lentes y vetas de cuarzo con o sin Au en gneises. Holl (1971) menciona que se prospectaron unos 500 km desde Suiza hasta Austria oriental y explorando las facies petrográficas específicas se localizaron 50 manifestaciones de scheelita hasta ese momento desconocidos.

Mencionaremos en forma escueta dos importantes yacimientos de wolframio alpinos: el depósito de Tux (Holl y Maucher 1967), Austria, es un yacimiento de scheelita y magnesita. Su perfil es de

///15.

abajo hacia arriba; filitas con intercalaciones de metadiabasas; lentes de esquistos bituminosos scheelíticos de hasta 3 m de espesor; potentes bancos de dolomía y caliza magnesiaca, y nuevamente filitas. El aporte de wolframio está relacionado con el vulcanismo básico submarino y el enriquecimiento de sustancia grafitica en el horizonte scheelita-esquistos grafiticos, es una consecuencia del envenenamiento del agua de mar por esos aportes volcánicos. Aparte de la mineralización estrato-ligada se encuentran venillas de cuarzo con scheelita que se consideran removilizadas. La scheelita está acompañada por escasa pirita, tungstenita, wolframita, antimoniata, calcopirita y molibdenita.

El yacimiento de Felbertal, Austria fué encontrado buscando mineralizaciones, específicamente en una facies petrográfica determinada. Se trata de un yacimiento estrato-ligado relacionado a vulcanismo submarino. Petrográficamente los cuerpos minerales son variedades de la roca de caja y fueron metamorfizados uniforme y conjuntamente en la facies almandino-esquistos verdes y modificados tectónicamente. Como minerales accesorios se mencionan pirrotina, calcopirita, molibdenita, berilo, bismutina, bismuto nativo, Ag y Au.

Corea. El yacimiento de scheelita de Sangdong se ubica a 170 km al SE de la ciudad de Seoul; Corea (So, 1968). La mineralización se encuentra en la Formación Myobong de edad paleozoica inferior (postprecámbrico-precámbrico) que está formada por esquistos cuya composición varía entre muscovítica y/o biotítica y/o cuarzosa esquistos moteados y esquistos foliados. Se encuentran seis horizontes mineralizados de los cuales los primeros son de poco espesor y escasa mineralización, explotándose únicamente el último. Los seis horizontes mineralizados se diferencian petrográficamente de las otras metapelitas por su alto contenido en hornblenda y su textura más maciza. Su contenido en titanio es alto, frecuentemente más de 5%, mientras que las otras metapelitas no contienen Ti o sólo hasta 0,5%.

///16

11/16.

posiblemente se trate de ortoanfibolitas resultantes, dado su concordancia, de rocas efusivas básicas.

En los denominados "skarn" no se reconocieron reemplazos de contacto o relictos de calcita, mientras que las lentes de calizas en el piso y techo de la Formación Myobong no contienen scheelita. Las mineralizaciones discordantes, en fallas, diaclasas y fisuras están ubicadas solamente entre los seis horizontes mineralizados.

Se considera por lo tanto al yacimiento Sangdong como estrato-ligado, relacionado con metavulcanitas hornblendíforas de edad paleozoica inferior. La scheelita debe haber existido en los seis horizontes antes del metamorfismo. Su aporte ocurrió durante la sedimentación de la diagénesis, presumiblemente en relación con el vulcanismo que aportó el material original para la posterior formación de las metavulcanitas. So (1968) hizo un estudio geoquímico en las diferentes rocas formadoras de la Formación Myobong y concluye que el W, Mo y Bi se encuentran a lo largo de los horizontes mineralizados, mientras que el resto de las rocas de la Formación Myobong, así como también las rocas infra y suprayacentes no contienen esos elementos.

Australia. Los yacimientos de scheelita de King Island (Burchard 1972) se encuentran en la isla homónima que se ubica entre Australia y Tasmania. Los depósitos se encuentran en la Serie de las Minas, cuya edad se atribuye al Eopaleozoico (postpre-cámbrico-predevónico). Se encuentran según ese autor en el halo de contacto de un intrusivo granodiorítico de edad devónica superior. Las rocas carbonáticas, clásticas y vulcanogénicas fueron transformadas por el metamorfismo de contacto en hornfels y silicatos cálcicos, conservándose todavía lineamientos de su vieja estratificación. La Serie de las Minas está constituida de abajo hacia arriba por cuarcitas, metavulcanitas, metapelitas, metatobas, estratos bandeados que culminan en el horizonte mineralizado y finalmente vulcanitas; todo el conjunto está fuertemente plegado.

Mientras que en los bancos inferiores de los estratos bandeados alternan bancos de mármol con bancos pelíticos verde-negruzcos ricos en biotita, hacia arriba predomina un "skarn" granatífero y las pelitas con biotita dejan su lugar a bancos ricos en piroxenos y anfíboles. La scheelita se ubica solamente en el "skarn" granatífero.

Como minerales asociados con la scheelita se mencionan pirrotina, pentlandita, pirita, marcasita, magnetita, ilmenita, molibdenita, calcopirita, blenda, bismuto nativo, bismutina, oro y wolframita en cantidades muy pequeñas. Se puede considerar una paragénesis casi pura de scheelita con Mo y Bi accesorio.

Burchard (1972) considera a este yacimiento como estrato-ligado en el que la mineralización de wolframio y demás elementos accesorios es singenética con los sedimentos. Se basa en los siguientes factores: a) La mineralización de scheelita está ligada a horizontes definidos dentro de la Serie de las Minas. Los análisis microscópicos y geoquímicos demostraron que los estratos son estériles; b) mientras no se observan cambios faciales, los bancos mineralizados se extienden por cientos de metros. Las perforaciones permitieron determinar que los bancos se acunán contra la granodiorita y su contenido en wolframio disminuye; c) en el contacto con el intrusivo se observan las mismas paragénesis mineralógicas que lejos de él, lo cual no concuerda con la teoría genética de reemplazo; d) las venillas cuarzosas, discordantes, portadoras de scheelita son de poco recorrido, se presentan en las cercanías de los mantos mineralizados y se los puede considerar en sentido lato como estrato-ligados; e) los diferentes cuerpos de mena lenti y maniforme fueron casi todos cortados tectónicamente en bloques antes de la intrusión de la granofiorita. Muestran el mismo comportamiento tectónico y tipo de plegamiento que los estratos intermedios estériles. Los sistemas de fallas contienen muy pequeños contenidos de W y Mo, posiblemente de origen descendente y por lo tanto no se consideran medios de transporte de soluciones metasomáticas.

11/18.

Noruega. En el SW de Noruega se ubica el yacimiento de Orsdalen

(Urban 1971). La comarca está formada por un complejo de rocas migmatíticas, de edad precámbrica datada en 1478 - 78 m.a. de años. La mineralización se encuentra en rocas de la serie de gneises migmatíticos caracterizada por numerosos horizontes de anfibolitas gráficas. Los gneises grises de composición granodiorítica, junto con los bancos anfibólicos totaliza un espesor de 200m. Solamente un horizonte de la serie de anfibolitas es portadora de la mineralización y los gneises son estériles excepto en los lugares donde la anfibolita y los gneises se funden por su alto grado de metamorfismo; allí se pueden encontrar localmente impregnaciones de minerales de mena.

La mineralización está compuesta por scheelita y molibdenita, encontrándose en menor cantidad también wolframita, pirrotina, pirita, titanomagnetita, calcopirita, blenda y muy escasa bismutina y bismuto nativo.

Urban (1971) postula para el origen de las rocas portadoras y de la mena misma, un desarrollo geosinclinal con deposición alternante de material limoso, arenoso hasta conglomerádico, con intercalaciones de horizontes sapropelíticos. Al comenzar en este ambiente geosinclinal un magmatismo inicial se manifestaron intrusiones y especialmente extrusión de material ofiolítico y gabroide. Junto con el vulcanismo extrusivo submarino vino un aporte de soluciones con contenidos metálicos precipitando fundamentalmente titanomagnetita, scheelita y pirita. Los contenidos de Ti son altos en las anfibolitas al igual que en Sandong (Corea) y bajos en los gneises grises (Sandong-metapelitas).

Urban concluye que la mena de Orsdalen es estratoligada y tiempo-ligada a una secuencia alternante de sedimentos y rocas efusivas. Tanto la mena como la roca portadora sufrieron la influencia de los mismos eventos geológicos posteriores en los que las condiciones de P y T llegaron a la facies granulita en los que a su vez ocurrieron intensas e importantes transformaciones isoquímicas.

Apoyándose en esta interpretación genética se estudió

1720.
11/19.

la fracción pesada de las arenas de los ríos en los lugares donde los gneises grises tenían abundantes intercalaciones de anfibolitas, encontrándose scheelita, titanomagnetita e ilmenita. También se encontraron en otros lados al N del yacimiento, manifestaciones con una mineralización de scheelita y otras con molibdenita, pirita y calcopirita en el mismo horizonte guía. Estos importantes hallazgos alentaron la prospección y por otra parte confirman el origen singenético de este yacimiento.

El yacimiento de Bindal (Skaarup, 1974) se halla en la región septentrional de Noruega. El primer hallazgo de scheelita ocurrió en 1969, en venillas de cuarzo. La mineralización de scheelita se encuentra en los gneises biotíticos-hornblendíferos de origen volcánico-sedimentario, en el gneis hornblendífero-biotítico tectonizado donde la caliza estuvo en contacto con aquella roca y en venillas de cuarzo removilizadas. Las investigaciones realizadas en los "skarn" de esta zona han demostrado que éste es un "skarn" de reacción en el sentido de Eskola, formado en el contacto de calizas y gneises en un último estudio de metamorfismo regional. Se postula un origen sedimentario-exhalativo de la mineralización, basándose en el carácter estratoligado de ella y por la carencia de relaciones directas con las rocas plutónicas del macizo de Bindal. El carácter estrato-ligado y la edad caledónica de estos depósitos hacen que correspondan a otro ejemplo de la paragénesis Sb, Hg, formada a lo largo de márgenes continentales activos del "Caledonian fold belt" en el sentido que lo describiera Maucher en 1965.

Brasil. En el NE del Brasil, en Río Grande do Norte, se conoce una mineralización de scheelita en tactitas. Según recientes investigaciones (Rao, 1971) la scheelita se encuentra en anfibolitas, esquistos anfibólicos y gneises biotítico-hornblendíferos.

6 INTERPRETACION DE LAS EVIDENCIAS GEOLOGICAS DE LA FAJA SCHEELITICA DE LA PROVINCIA DE SAN LUIS.

Si se comparan las evidencias geológicas consideradas en el cap. 4 con el cúmulo de datos que se conocen de los estudios tanto petrológico-geoquímicos, como de campo de otras partes del mundo, surgen claras evidencias como para que nuestros yacimientos puedan corresponder al tipo de mineralización estrato-ligado de la asociación paragenética Sb-W(Mo)-Hg, de origen singenético con la sedimentación.

Como hemos visto en las referencias mundiales y coincidiendo con nuestros yacimientos, una gran parte de los depósitos se ubican en rocas carbónicas, tectizadas, concordantes con las demás metamorfitas de la región. Los cuerpos generalmente son lenticulares y es común la repetición de bancos mineralizados. La mineralogía de la roca carbonática tectizada es muy uniforme no solamente con referencia a los minerales calcosilicáticos sino fundamentalmente a las especies o cationes aportados singenéticamente. En los ejemplos mundiales se pudo advertir el contenido de los elementos minoritarios tales como Au, Bi y Mo, correspondientes a estas paragénesis.

Los esquistos biotíticos presentan localmente impregnación scheelítica, lo que podría ser explicado entendiendo que la secuencia de mineralización en su fase exhalativa submarina comienza con una precipitación cada vez más intensa, llega a un apogeo que transcurre mientras perduran determinadas condiciones óptimas, y luego decrece.

En la concepción actual en cuanto a que el tungsteno proviene de un aporte volcánico-exhalativo en sedimentación submarina, la presencia de rocas anfibólicas contiguas a las rocas carbonáticas tectizadas en nuestros yacimientos, nos inducen a pensar que la primera de las rocas mencionadas podría ser de origen volcánico. Mediante ulteriores estudios petrológicos y geoquímicos por Ti, Cr, Ni, posiblemente se pueda dilucidar el origen de estas rocas y si tienen alguna relación con metavulcanitas o metatufitas.

22.
Quizá uno de los argumentos más concluyentes y decisivos en contra de un origen por metamorfismo de contacto es la falta o lejanía de cuerpos intrusivos. Imaginarse que soluciones hidrotermales puedan atravesar decenas de kilómetros a través de rocas tectonizadas como lo son éstas, sin dejar mineralización en su recorrido para depositar su carga solo en un banco reactivo, es poco probable.

Las pegmatitas cercanas a nuestros yacimientos son pobres o estériles en wolframio y no son consideradas por varios de los autores que estudiaron la zona, como rocas que aportaron la mineralización. Es asimismo poco probable petrológicamente que ciertos sedimentos se hayan metamorfizados regionalmente y bancos intermedios metasomatizados por contacto. Simpatizamos con la proposición de Clayton que las "tactitas" de los distritos mineros en consideración son un tipo de "skarn" regional, y con Skaarup que manifiesta que el "skarn" de Bindal es un skarn de reacción en el sentido de Eskola, formado en el contacto de calizas y gneises en un último estadio de metamorfismo regional.

Consideramos asimismo que las vetas de cuarzo, al atravesar el banco mineralizado ha asimilado contenidos de tungsteno para luego formar scheelita o wolframita, que se consideran removilizados. Se consignaron varios ejemplos mundiales que ilustran este hecho.

Con respecto a las relaciones que existirían entre los bancos mineralizados del distrito El Morro con otros cuerpos lenticulares subparalelos ubicados tanto al E (Los Halcones, San Antonio) como al W (Los Reventones, Pampa de Tamboreo, La Florida), es necesario un mayor conocimiento de la geología de la región para sugerir si se trataría de diferentes niveles estratigráficos o repeticiones tectónicas.

Concluyendo: proponemos que la roca carbonática tactizada es un "skarn" formado por metamorfismo regional isoquímico, por lo que

wolframio se considera singenético con los sedimentos marinos. Tentativamente las anfibolitas o rocas de filiación anfibólica podrían ser de origen volcánico aunque esto es solo una postulación faltan aún estudios al respecto. Los sedimentos y la mineralización singenética sufrieron en conjunto los efectos del metamorfismo regional. La franja scheelítica de las provincias de San Luis y Córdoba estaría ubicada en una zona marginal, probablemente precámbrica superior, del escudo brasileño.

///23.



REFERENCIAS

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 1) Zona de Yalito | 7) Campo de Oñen |
| 2) Mina Loma Blanca | 8) Sierra de Estanuela |
| 3) Mina Morro N° 1 | 9) Los Revueltos |
| 4) Mina El Peje | 10) Campo de Testeros |
| 5) Sierra de la Estanuela | 11) La Florida |
| 6) Zona de C° Aspero | |

[illegible]

1) Zona de Yulto	7) Pampa de Olaen
2) Mina Loma Blanca	8) Sierra de Altautina
3) Mina Morro N° 1	9) Los Reventones
4) Mina El Peje	10) Pampa de Tamboreo
5) Sierra de la Estanzuela	11) La Florida
6) Zona de C°Aspero	

PM.