

EL DISTRITO SCHEELÍTICO DE LA SIERRA DE ALTAUTINA, CÓRDOBA

Silvia Ametrano¹

INTRODUCCIÓN

UBICACIÓN

El distrito scheelítico de Altautina se localiza en la sierra homónima, al oeste de la Sierra Grande, en la provincia de Córdoba dentro del departamento San Alberto. El área queda comprendida dentro de la Hoja Geológico-Económica 21 h, Cerro Champaquí, del Servicio Nacional Minero-Geológico (Olsacher, 1972). Este distrito abarca una superficie de cerca de 20 km de largo por 12 km de ancho y sus coordenadas son 65°04' y 65°13' de longitud oeste y 31°42' y 31°55' de latitud sur.

Se accede por la Ruta Provincial 15, que une Mina Clavero con Salsacate. Luego de atravesar la Cuesta de Cura Brochero se llega hasta el paraje Los Azulejos donde se dobla hacia el sur pasando por el poblado de Ciéna-ga de Allende hasta la cuesta de Altautina. Este camino consolidado, afectado por las lluvias del verano, sigue hacia Villa Dolores por el bloque inferior de la sierra, flanqueando varios depósitos y manifestaciones (figura 1). En el distrito existen unos 60 denuncios mineros (figura 2).

LEYES Y PRODUCCIÓN

La actividad productiva fue escasa y cesó hace varias décadas. En la tabla 1 se indican los datos existentes.

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

De acuerdo a Angelelli (1950, 1984) la mina San Ignacio fue explotada subterráneamente, habiéndose alcanzado un desarrollo horizontal de 1.000 m y de piques y chimeneas 462 metros. Los concentrados finales se realizaban en la planta de la mina Los Cóndores. Estas labores hoy se encuentran casi todas asentadas. La producción de la mina San Juan Bosco, trabajada por la compañía Sudamericana, inició en 1941 y se concentraba en una planta sobre el arroyo Chanquinchuna hasta 1942. En los años 50 se produjo un nuevo pulso de explotación en la que se abrió un chiflón maestro de 112 m y un nuevo nivel a -15 m, de 340 m de longitud. A mediados de esa década ya se había extraído casi todo el mineral entre -15 y -50, y se trabajaba el -75 y -90 por realce. La mayoría de los restantes depósitos fueron explotados subterráneamente por realce y algunos en trincheras a cielo abierto. La mina El Salto contaba con numerosos piques y galerías.

El distrito brindó alguna expectativa en las décadas del 40 y 50 por la alta demanda, pero sus bajas leyes y dimensiones acotadas han paralizado la actividad minera en la zona.

HISTORIA DEL DISTRITO

DESCUBRIMIENTO Y EXPLORACIÓN. PROPIETARIOS

La primera mención sobre las mineralizaciones del distrito Altautina corresponde a la mina San Ignacio (Brackebusch, 1879), que es vuelta a citar por Beder (1916) como el hallazgo más antiguo en Córdoba. A partir del incremento de la demanda, a raíz de la segunda guerra mundial se comienzan a realizar nuevos hallazgos en el distrito desde 1937. Fueron hechos sobre la base de esfuerzos individua-

¹ Universidad Nacional de La Plata, Instituto de Recursos Minerales.

les, sin planificación, merecen destacarse los de los señores J. Altamirano y A. Mariojous. Las tareas de exploración se realizaban a medida que avanzaba la explotación. Quizás el Grupo Las Ensenadas resultó objeto de una exploración pevia más adecuada a través de Canteras y Minas San Carlos.

Fueron numerosos los dueños de los denuncios, que hoy se encuentran caducos.

GEOLOGÍA REGIONAL

El ámbito geológico corresponde a las Sierras Pampeanas Orientales. La Sierra de Altautina (figura 1) está integrada por un basamento plutónico-metamórfico compuesto por metamorfitas (Proterozoico superior-Paleozoico inferior), eventos intrusivos graníticos (Devónico inferior) y abundantes pegmatoides y aplitas de diferentes generaciones, la última vinculada a los episodios intrusivos. El cuadro geológico se completa con un relleno moderno. Esta sierra corresponde a uno de los bloques más occidentales de las Sierras Pampeanas de Córdoba, limitado al oeste por la falla inversa de Altautina. Durante el metamorfismo se registran en el área varios episodios de metamorfismo y deformación. La edad mínima del pico máximo de metamorfismo es de 640 Ma (Cingolani y Varela, 1975; Kraemer *et al.*, 1995). La deformación, en tres episodios fundamentales, se registra secuencialmente en estructuras de orientación este-oeste (evento D1), nornoroeste (evento D2) y nornoreste (evento D3), coincidente con el esquema deformacional propuesto por Dalla Salda quien

tipificó estos tres dominios de deformación (1984 a, 1984 b, 1987). En la Sierra de Altautina el dominio D1 se pone en evidencia a través de las figuras de interferencia, bandeamiento luego deformado; el D2 se refleja en la esquistosidad/foliación, ejes de pliegues y figuras de interferencia y el D3 sólo aparece en algunas estructuras planares del tipo *strain slip*. El fallamiento postmetamórfico fue influenciado por los episodios deformacionales. La falla de Altautina, de rumbo nornoroeste, limita el bloque superior, en el que se encuentran prácticamente todos los depósitos (algunos expuestos en su escarpa), del labio inferior en cuya porción austral se localiza alguna manifestación.

GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO

LITOLOGÍA

El basamento metamórfico está dominado por esquistos y gneises migmáticos (albita-biotita-almándino) acompañados por metacuarcitas micáceas y escasas anfíbolitas. Los leucosomas deformados son abundantes. En esta secuencia se intercalan concordantemente abundantes lentes de mármol de variable espesor (hasta un máximo de 50 m) que se ubican en una dirección dominante nornoroeste, y cerca de la falla de Altautina. Sus longitudes máximas llegan a 150 m y fueron objeto de explotación para cal. Se apartan de esta orientación algunas lentes en la zona de la mina El Salto, producto de una intensa superposición de las

MINA	LEY / PRODUCCIÓN / RESERVA
San Ignacio	* < 1 % WO ₃ (von Keyserling, 1909) * Prod.: 1939-45 = 146.126 kg de concentrado con 65% WO ₃ (Sominar en Angelelli, 1950)
San Juan Bosco	* 0,57 - 1,40 % WO ₃ * Reservas medidas: 7.365 t * Reservas probables: 24.983 t (Sister y Jutoran, 1955 a)
El Misterio	* Prod. 1941-46 = 3,5 t de concentrado con 0,5% WO ₃ (Martínez Ferrer, 1946)
San José y La Gringa	* Prod.: 1942-46 = 800 t de broza. Los concentrados contenían 0,6-1,2 % scheelita (Martínez Ferrer, 1946)
La Carlota	* Prod.: 1943 = 1700 kg/mes con 0,5-1 % scheelita (Martínez Ferrer, 1946)
El Salto	* Ley: 1 % WO ₃ * Prod.: 1942-46 = 82.632 kg de concentrado con 65-71 % WO ₃ . (Oliveri <i>et al.</i> , 1953)
Las Ensenadas	* Ley: 0,5 % WO ₃ (Sister y Jutoran, 1955 b)
La Totito	* Concentrado con 1-1,5 % scheelita (Martínez Ferrer, 1946)
La Hilda	* Concentrado con 0,5-1 % scheelita (Martínez Ferrer, 1946)

Tabla 1. Minas, leyes y producción.

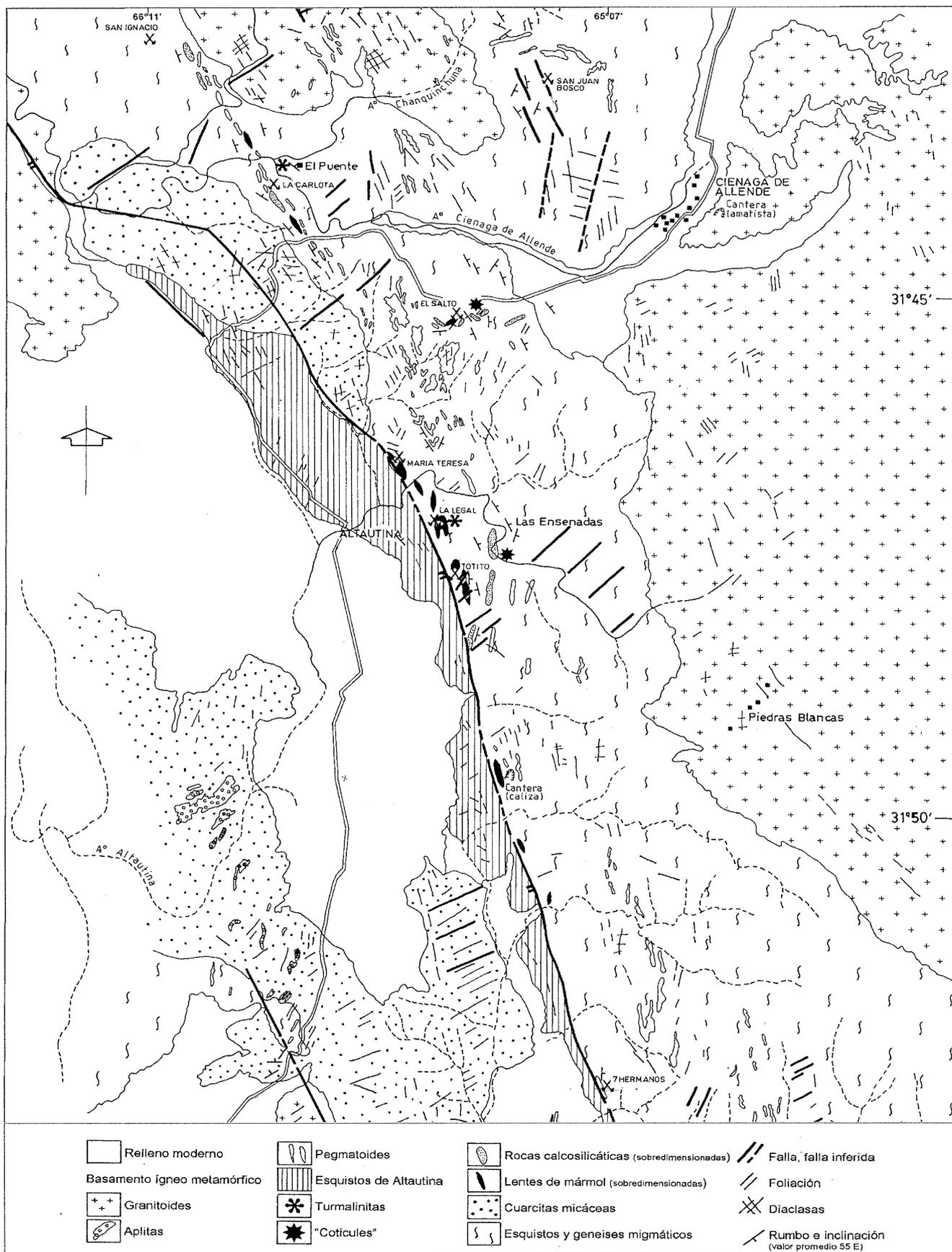


Figura 1. Mapa geológico del distrito de la Sierra de Altautina.

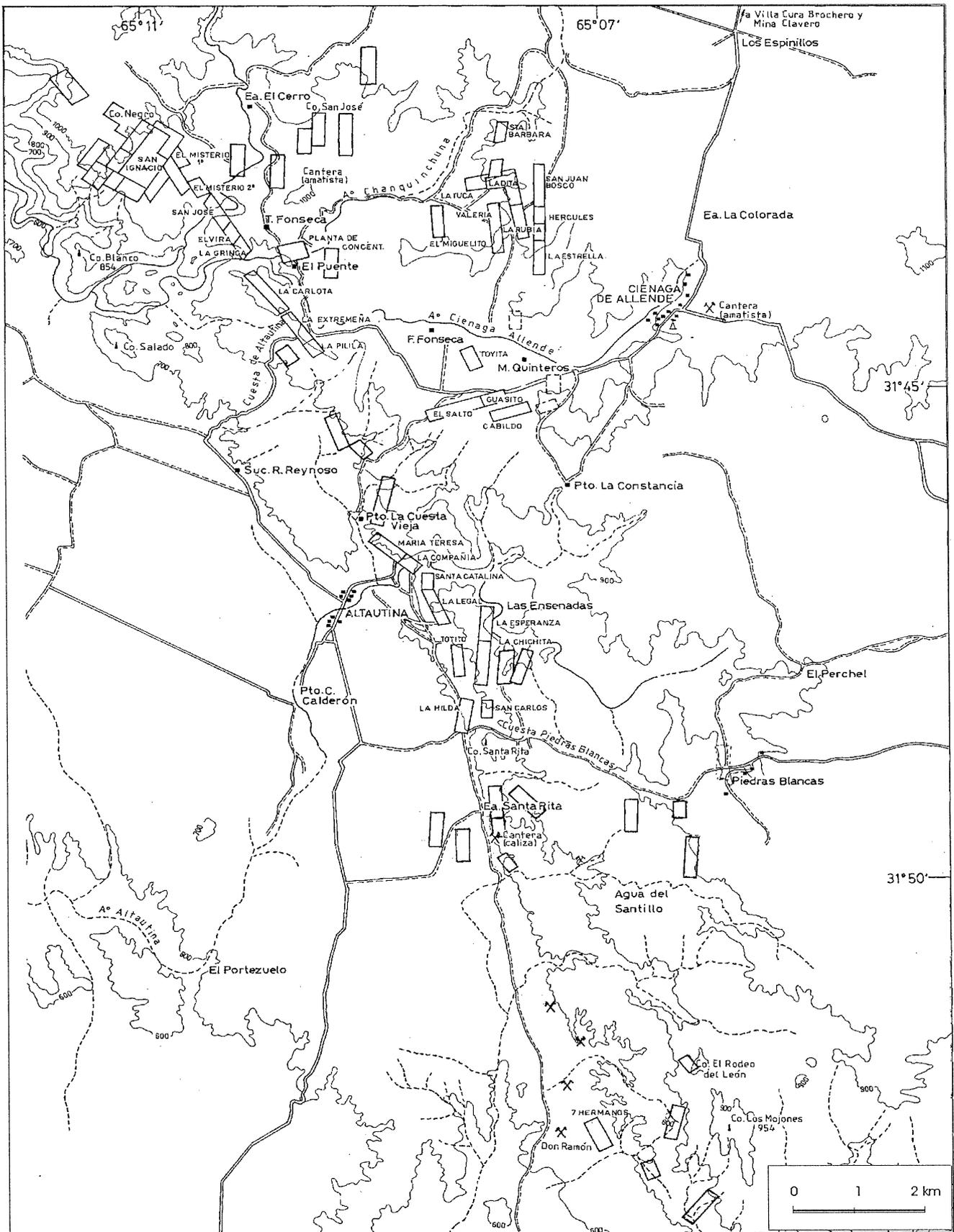


Figura 2. Denuncios mineros, Sierra de Altautina (según Delegación Regional de Minería de Villa Dolores, provincia de Córdoba, 1988).

deformaciones de los eventos D1 y D2 (Ametrano, 1997). Las lentes de mármol están normalmente acompañadas (en espesores variables entre 1 y 3 m) de un conjunto de metamorfitas integradas por anfibolitas, rocas calcosilicáticas y biotititas flogopíticas, de los cuales las rocas calcosilicáticas son la única litología siempre presente mientras que las otras pueden faltar. Las rocas calcosilicáticas están formadas por calcita, tremolita, hornblenda, epidoto/clinozoisita, flogopita, clorita y presentan una zonación de los componentes. La mineralogía y zonación de esta litología pone en evidencia procesos de difusión metamórfica en condiciones de metamorfismo regional, o skarn de reacción. Su diferente competencia ha generado, en respuesta a la deformación, un conspicuo *boudinage* de esta litología.

En varios sectores se hallan, en estrecha vinculación a las lentes de mármol y la asociación antes mencionada, expresiones de menor magnitud correspondientes a exhalitas como los esquistos turmalínicos, turmalinitas y cuarcitas espessartíticas de alto contenido en manganeso.

En el bloque inferior de la falla de Altautina, y constituyendo una delgada franja de unos 20 km, se encuentran esquistos biotíticos afectados por un menor grado metamórfico, los llamados Esquistos de Altautina. El grado metamórfico alcanzado en el bloque superior corresponde a la facies anfibolita con migmatización de diferente magnitud en distintos sectores.

Las evaluaciones geoquímicas y petrográficas han permitido reconocer algunas características de los protolitos (Ametrano, 1997). Entre ellas, y como más significativas, se señala un aporte ígneo de magnitud no valorable durante la precipitación química de los mármoles; indicadores de componentes ígneos básicos en las anfibolitas y biotititas flogopíticas; y aportes exhalativos ácidos para los esquistos turmalínicos, turmalinitas y cuarcitas espessartíticas (*coticules*). En cuanto a los tres stocks graníticos del área, San José, La Yeya y Cóndor Huasi (el primero en el bloque superior y los otros en el inferior), corresponden a leuco-monzogranitos altamente evolucionados, especializados, con cristalización en alta fugacidad de oxígeno y colisionales. Los stocks se han emplazado en el basamento metamórfico con posterioridad al segundo evento de deformación. El stock San José fue datado por Ametrano (1997), mediante Rb/Sr, en 395 ± 3.6 millones de años. Los pegmatoides se diferencian entre aquellos de origen migmatítico y los últimos que parecen vinculados a los intrusivos graníticos.

MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA

La mineralización de wolframio en este distrito está ampliamente distribuida, existiendo unos 60 denuncios mineros que se observan en la figura 2, con una distribución coincidente con los aspectos deformacionales del mapa geológico.

Se reconocen dos tipos de depósitos minerales:

1- scheelita en lentes y *boudines* de rocas calcosilicáticas. Comprende las minas El Misterio, San José y La

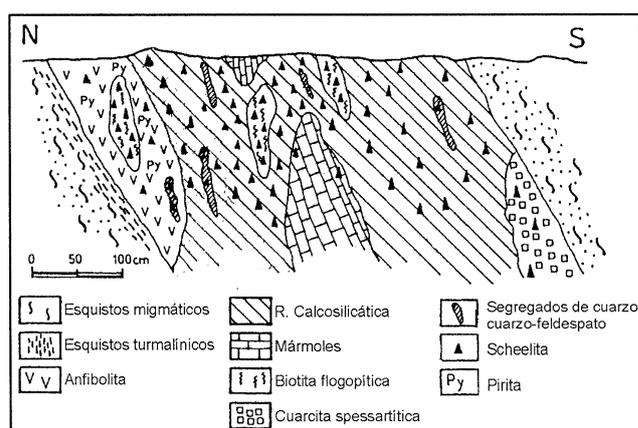


Figura 3. Sección esquemática, mina El Salto.

Gringa, La Carlota, La Extremeña y La Pilila, El Salto, Guasito, Las Ensenadas, María Teresa, La Legal, La Totito, La Hilda, 7 Hermanos y Pampa de Condorhuasi Noguerol.

2- scheelita en mantos concordantes a subconcordantes de cuarzo-turmalina, con acompañamiento de biotititas flogopíticas en lentejones en las cajas y también como caballos. Incluye las minas San Ignacio, Sana Bárbara, San Juan Bosco, Hércules, Dita, La Rubia, Valeria y La Toyita.

El tipo 1 se localiza siguiendo la franja de lentes de mármol. Se hallan con carácter estratoligado a esta secuencia litológica ya descrita, que en la Sierra de Altautina se distribuyen por unos 500 m de espesor. En ella la scheelita se encuentra diseminada esencialmente en las rocas calcosilicáticas y anfibolitas en cuerpos lentiformes, afectados por *boudinage*, de tamaños variables. La morfología está controlada por la deformación. En las biotititas flogopíticas se presenta una mayor concentración de scheelita. En los mármoles y esquistos la scheelita es ocasional. Las *coticules* en la mina El Salto son portadoras de scheelita como así también de minoritarias esfalerita y calcopirita. En la figura 3 se presenta una sección esquemática tipo de estas mineralizaciones, correspondiente a un nivel portador de scheelita en la sección este de la mina El Salto.

Los depósitos del tipo 2 se concentran al este del cerro San José (mina San Juan Bosco y otras). Se trata de mantos concordantes con la foliación regional dominante, constituidos de cuarzo-turmalina y alojados en las metamorfitas próximas a los contactos con el stock granítico. Conforman corridas paralelas según planos correspondientes a la segunda deformación que alcanzan los 600 m de longitud y potencias entre 0,30 a 0,80 metros. En este sector el basamento metamórfico no incluye lentes de mármol ni las asociaciones litológicas que normalmente lo acompañan. La expresión más austral de este tipo corresponde a la mina Toyita ubicada al sur del cerro San José. Las biotititas flogopíticas que se encuentran como caballos o en las cajas contienen abundante turmalina y concentran notoriamente

la proporción de scheelita. En antiguos informes mineros se menciona la presencia de minerales de bismuto. La turmalina posee una composición química (Ametrano, 1998) similar a la que tiene en los esquistos turmalínicos y turmalinitas. Este sector es el que mayores expectativas mineras despertó durante el período posterior a la segunda guerra mundial. La mina San Ignacio se ubica al oeste del cerro mencionado. En sus entornos no existen lentes de mármol y el manto subconcordante de cuarzo no posee turmalina en abundancia, en cambio la pirita es mucho más frecuente con desarrollo de grandes cristales.

MINERALOGÍA

La scheelita es el mineral portador de W en el distrito. En los depósitos del tipo 1 se la encuentra diseminada en los cuerpos lensoidales de rocas calcosilicáticas. Las relaciones texturales de la scheelita con los demás componentes de las litologías de la secuencia fértil la señalan como un mineral petrogenético de cristalización hasta postcinemática y sincrónica con granates y epidotos, por lo tanto previa al pico de mayor metamorfismo. La scheelita se presenta diseminada y es de grano fino a medio. El color de fluorescencia es blanco azulado. En la mina El Salto se hallan en forma accesoria algunos sulfuros y escasa fluorita. En estos depósitos se observan concentraciones de scheelita en segregados félsicos. En mármoles y esquistos la scheelita es escasa.

La scheelita de los mantos de cuarzo-turmalina se presenta en grano grueso a muy grueso, diseminada heterogéneamente dentro del cuarzo.

Los minerales secundarios, ocres de tungsteno, son muy escasos. Se reconoció la presencia de tungstita. Los minerales de ganga en los depósitos tipo 2 son cuarzo y turmalina, en tanto que en el tipo 1 son los constituyentes mineralógicos de las litologías portadoras.

GEOQUÍMICA

La composición química de la scheelita es similar para ambos tipos de depósitos, con valores despreciables de molibdeno (Ametrano, 1997).

Las metamorfitas del área presentan contenidos de W superiores a los normales para estas litologías (2,3 a 6,8 ppm W, a excepción de las filitas gráficas que pueden alcanzar 22 ppm; según Wedepohl, 1974). El Sn se encuentra como trazas y sólo presenta valores elevados (entre 8 y 1.000 ppm) en las biotititas flogopíticas que poseen una mineralogía apta para la captura de este elemento. No existe correlación entre W y Sn, a excepción de los esquistos turmalínicos en los cuales hay correlación positiva. Los contenidos de W ofrecen una muy elevada dispersión en coherencia con efectos de redistribución que sin duda ocurrieron durante el metamorfismo. Los únicos contenidos anómalos en Cu y Zn se hallan en *coticules* y biotititas flogopíticas. Las *coticules* presentan indicadores geoquímicos claros de aporte hidrotermal, como su pa-

trón de ETR o la relación Fe/Ti vs $Al/(Al+Fe+Mn)$. El granito San José posee valores de W coincidentes con los del tipo especializado sin descartarse una posible contaminación del mismo.

MODELO GENÉTICO

El tipo 1 de mineralización se considera vinculada a procesos volcánicos exhalativos sucedidos durante la sedimentación clástica en una cuenca marina, considerada de edad proterozoica hasta paleozoica inferior. Además incluyen los siguientes caracteres:

- Estratoligada a una porción del basamento metamórfico y en estrecha vinculación a una secuencia litológica específica que se intercala en el mismo. En esta porción del basamento se incluyen testimonios de actividad ígnea básica como las anfibolitas, de afinidad geoquímica con basaltos tholeiíticos de arcos de islas y también las biotititas flogopíticas. A su vez la actividad exhalativa ácida está representada por esquistos turmalínicos, turmalinitas y cuarcitas espessartíticas (Ametrano, 1997).

- Metamorfizada en el sentido de Vokes (1995), pues no se ha podido determinar si la mineralización se formó por recristalización de material preexistente o si se formó como una directa consecuencia del metamorfismo regional.

- Con removilizaciones metamórficas (e hidrotermales ?).

- El control de la concentración de la mineralización es litológico y deformacional.

El tipo 2 puede caracterizarse como mantiforme, atendiendo estrictamente a su geometría. A ello debe adicionarse:

- Metamórfica o post-metamórfica ? en virtud de sus vínculos con el encajante metamórfico.

- Su emplazamiento está controlado por la dirección de la deformación D2 y/o un fallamiento posterior según esa misma dirección. Se destaca la ausencia de la "secuencia fértil" en su entorno inmediato.

Las evidencias de las relaciones texturales en la scheelita del tipo 1 y la edad del stock San José señalan que no existe relación genética entre ambos. En las manifestaciones tipo 2 no se descarta que los procesos póstumos relacionados al granito San José hayan intervenido en su emplazamiento y pudieran considerarse removilizaciones metamórficas e hidrotermales del tipo 1. La precipitación de la scheelita en el tipo 1 pudo haber estado vinculada a los elementos protolíticos básicos o ácidos, estimándose a éstos últimos como más favorables. Respecto del origen del W se carecen de elementos para indicarlo. No obstante, la fuente primaria de tungsteno se debe hallar en procesos acaecidos con anterioridad al máximo pico metamórfico. El distrito scheelítico de la Sierra de Altautina presenta numerosos elementos geológicos, y en parte geoquímicos, similares a otros distritos de las Sierras Pampeanas de San Luis y Córdoba que también se presentan en este libro.

Entre los modelos ya propuestos para mineralizaciones similares -sin vinculación con procesos pirometasomáticos- el distrito Altautina posee una gran aproximación con el modelo tungsteno-boro (tipo Morille, Arribas *et al.*, 1990). Los yacimientos de Morille, España, están asociados a rocas calcosilicáticas en lentes y *boudines*, la scheelita presenta cristalización simultánea con el granate, se encuentran turmalinitas estratiformes asociadas como así también removilizados de cuarzo-turmalina-scheelita.

BIBLIOGRAFÍA

- Ametrano, S., 1997. Los yacimientos de tungsteno de la Sierra de Altautina, Provincia de Córdoba. *Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, tesis doctoral*, inédita.
- Ametrano, S., 1998. Turmalinas de la Sierra de Altautina, Provincia de Córdoba. *4ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. MINMET'98- EDIUNS: 1-8*
- Angelleli, V., 1950. Recursos minerales de la República Argentina. I Yacimientos Metalíferos. *Museo Bernardino Rivadavia, Instituto Nacional de Investigaciones en Ciencias Naturales, Revista, Ciencias Geológicas, 2*. Buenos Aires.
- Angelleli, V., 1984. Yacimientos metalíferos de la República Argentina. *2º Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*. La Plata.
- Arribas, A., A. Arribas Jr., F. Galibert, J. Mangas, A. Martín-Izard, y R. Reguilón, 1990. Genesis of strata-bound and vein scheelite deposits in metasediments of western Spain. *10º IAGOD Symposium, Abstracts, Ottawa, Canadá*. pp. 258-259.
- Beder, R., 1916. Los yacimientos de minerales de wolfram en la República Argentina. *Dirección General de Min., Geol. e Hidrog., Boletín, 12 Serie B (Geología)*. Buenos Aires.
- Brackebusch, L., 1879. Las especies minerales en la República Argentina. *Sociedad Científica Argentina, An. 7 y 8*. Buenos Aires.
- Cingolani, C. y R. Varela, 1975. Geocronología Rubidio-Estroncio de rocas ígneas y metamórficas de la Sierra Chica y Grande de Córdoba. *2º Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, 1: 9-35*. Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., 1984a. La estructura íntima de las Sierras de Córdoba. *Asociación Geológica Argentina, Revista, 39 (1-2)*. Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., 1984b. La estructura mesoscópica del basamento cristalino en el área del Río Primero, Córdoba. *9º Congreso Geológico Argentino, Actas, 2:191-203*.
- Dalla Salda, L., 1987. Basement tectonics of the Southern Pampean Ranges, Argentina. *Tectonics, 6 (3): 249-260*.
- Kraemer, P., M. P. Escayola, y R. D. Martino, 1995. Hipótesis sobre la evolución tectónica neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba (30°40'-32° 40'), Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista, 50 (1-4): 47-59*. Buenos Aires.
- Martínez Ferrer, J., 1946. Los minerales de scheelita en la Sierra de Córdoba. *Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, tesis doctoral*, inédita.
- Oliveri, J., H. Lucero y J. Terrero, 1953. Estudio geológico-minero del yacimiento de Scheelita "El Salto", Departamento San Alberto, Provincia de Córdoba. *Dirección Nacional de Minería, informe 426*, inédito.
- Olsacher, J., 1972. Descripción geológica de la hoja 21 h, Cerro Champaquí, Provincia de Córdoba. *Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín, 133*. Buenos Aires.
- Sister, R. G. y A. Jutorán, 1955a. Informe del Grupo Minero "Las Ensenadas", minas de scheelita "La Esperanza" y "La Chinchita", Provincia de Córdoba. *Dirección Nacional de Minería, Informe, 559*.
- Sister, R. J. y A. Jutorán 1955b. Informe de las minas "San Juan Bosco y la Dita", Departamento San Alberto, Provincia de Córdoba. *Dirección Nacional de Minería, Informe, 563*.
- Vokes, F. M., 1995. Metamorphosed ores. A retrospective overview. En: Pasava, Kribek & Zak (Eds.), *Mineral Deposits*, Balkema, Rotterdam, 1018 pp.
- Von Keyserling, O., 1909. Argentinische Wolframzlagerstätten. *Zeitschrift für prakt. Geologie: 156-165*.
- Wedepohl, K. H., (Ed.), 1974. Handbook of Geochemistry. 2 (4). *Springer-Verlag*. Berlín.