

LA PARRILLA

EL MEJOR EJEMPLO DE FILONES MINERALIZADOS EN SCHEELITA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

■ *La mina de La Parrilla, situada en la provincia de Cáceres es, probablemente, el mejor ejemplo de Europa de filones mineralizados en scheelita que encajan en rocas del Proterozoico. La riqueza de estos filones la hizo conocida a nivel internacional, siendo la última explotación de wolframio que cerró en España. Hoy en día es un clásico entre los yacimientos filonianos de scheelita relacionados con cúpulas graníticas no aflorantes, y su paragénesis mineral puede considerarse como “tipo” a nivel mundial.*

Autores: PABLO GUMIEL MARTÍNEZ
Dr. en Ciencias Geológicas. Recursos Minerales ITGE.

ROCÍO CAMPOS EGEA
Dra. en Ciencias Geológicas. IMA-CIEMAT.

EN este trabajo se revisan y actualizan aquellos aspectos relacionados con la geología y mineralogía del yacimiento. Se resume el desarrollo histórico y minero del mismo, y se analizan las características geométricas y estructurales de los filones mineralizados y de los sistemas de fracturas que favorecieron su formación. Se resalta la importancia de la paragénesis mineral y, en base a los conocimientos geológicos que actualmente se poseen, se presenta un modelo del yacimiento que puede ofrecer indicaciones de cara a la exploración futura de yacimientos filonianos de la zona. Las características geométricas y estructurales de estos filones proporcionan una información muy valiosa, tanto desde un punto de vista científico como económico, de cara a la prospección.

Las mineralizaciones de wolframio y estaño tuvieron gran importancia en el Oeste de la Península Ibérica a finales del siglo pasado y hasta la década de los 80, fecha en que todos los trabajos de extracción cesaron como consecuencia de la crisis de mercado de estos metales, con un descenso de hasta dos tercios de su valor. No obstante, el potencial minero en estas



Cristal de scheelita de 40 mm de arista, combinación de dos pirámides tetragonales y pinacoide, procedente de la mina de La Parrilla. No son frecuentes ejemplares como el de la ilustración, obtenido durante la etapa de explotación de la mina. Colección: Jordi Fabre. Foto: F. Piña.

sustancias de varias Comunidades Autónomas, y en particular la de Extremadura, hace que esta sea una de las áreas estratégicas de mayor interés en el ámbito del Macizo Hespérico.

En este trabajo se ha seleccionado la mina de La Parrilla por tratarse de un ejemplo excepcional de filones con scheelita-casiterita en el Proterozoico (dentro del Complejo Esquisto Grauváquico, en



Guillermo Bonilla, flanqueado por dos colaboradores, en los inicios de la actividad minero industrial en la mina La Parrilla. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.

adelante CEG), y porque fue la última explotación activa de scheelita de España. La mina de La Parrilla, situada cerca de la localidad de Miajadas (al Sur de la provincia de Cáceres) ha sido, junto con la de Barreco en Salamanca, la explotación de wolframio de mayor envergadura de España y probablemente de Europa. En la actualidad, su explotación está inactiva, debido a las condiciones de mercado del

wolframio, y a finales de su etapa de explotación, la producción anual era cercana a las 1.000 toneladas de scheelita y las reservas estimadas se cifraban en unos 40 millones de toneladas de mineral.

Sirva este artículo para recordar la importancia minera de La Parrilla, su interés estratégico como reserva potencial de mineralizaciones de wolframio en la zona, y como pequeño homenaje a Guillermo Bo-

ABSTRACT

La Parrilla mine, located in Cáceres province (Extremadura) is, probably, the best example in Europe of scheelite mineralized lodes and veins hosted in Proterozoic rocks. The wealth of these lodes made the deposit of worldwide significance, being the last tungsten working-mine that closed in Spain. Nowadays it is a classic among the scheelite vein deposits related to non-outcropping granitic cupoles, and its mineral paragenesis can be considered as a worldwide-type.

nilla, minero de vocación, trabajador infatigable y promotor de la explotación, quién recientemente ha fallecido y hasta en sus últimos momentos recordaba con gran ilusión el duro trabajo de la mina, desde su comienzo, como un pequeño descubrimiento de “filoncillos con arsenopirita” en las proximidades del balneario, hasta situarla como la mina de wolframio más importante de España.

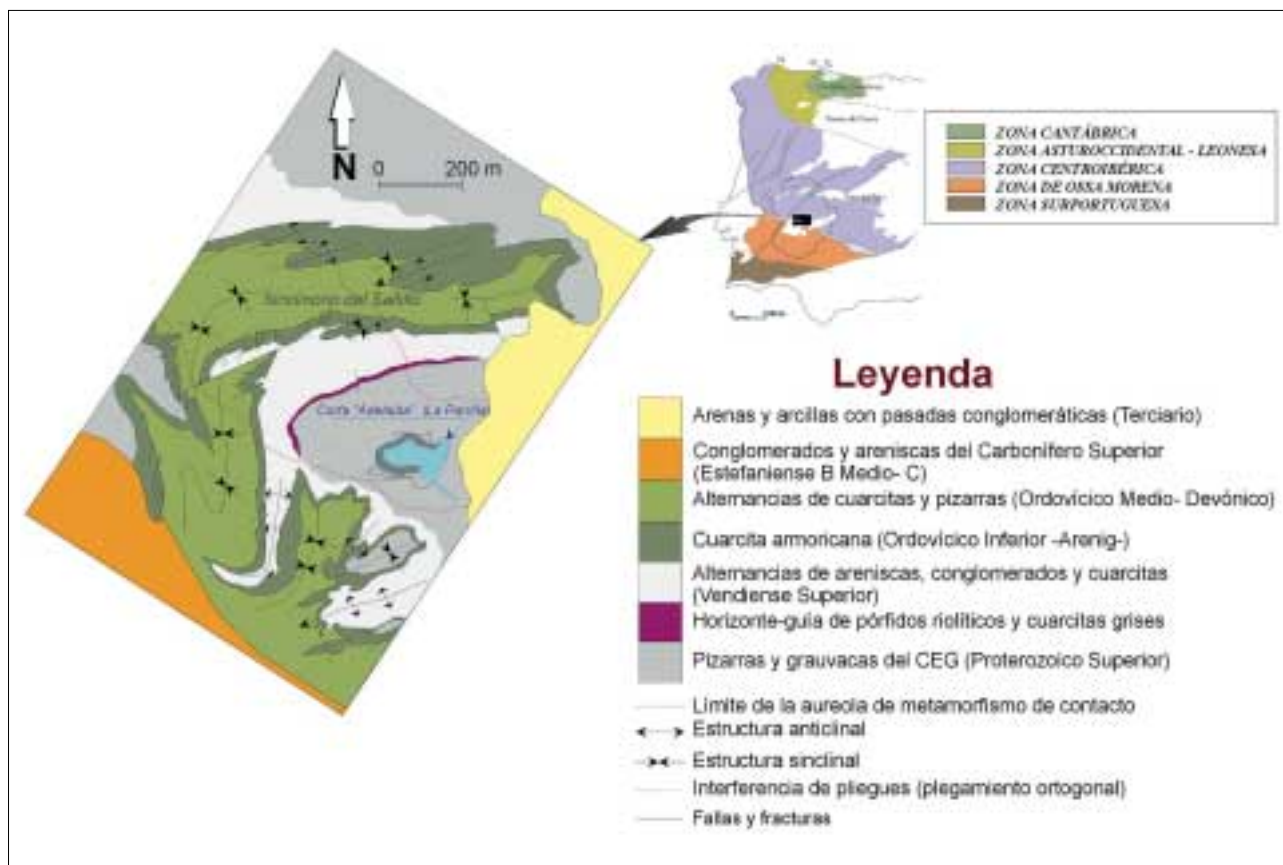


Figura 1. Encuadre geológico del entorno del yacimiento de scheelita de La Parrilla (Cáceres).



Cristales de casiterita de 3 mm sobre moscovita, obtenidos en las escombreras de la mina. Colección: Antonio Bueno y Belén Fuentes. Foto: F. Piña.

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS Y DESARROLLO HISTÓRICO MINERO

En el año 1946, Roso de Luna y Hernández Pacheco mencionan en la Memoria explicativa de la hoja nº 753 (Miajadas), del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, la existencia de numerosos filones de cuarzo con casiterita y arsenopirita en la zona de La Parrilla. Estos autores asignan una edad Cámbrico Superior a la serie encajante de la mineralización, por encontrarla debajo de la Cuarcita Armoricana del Ordovícico Inferior.

Posteriormente, se pone de manifiesto que el yacimiento también contenía wolfram en forma de scheelita (CaWO_4) y, da-

da la riqueza en este mineral, el wolframio se convierte en el principal mineral de interés económico. El yacimiento es explotado desde 1951 por las sociedades *Minera Bonilla, S.A.* y *Minera Adelaida, S.A.* En un principio, la explotación era subterránea, transformándose a cielo abierto en 1968, en una corta de forma subcircular con bancos de 12 metros de altura y 15 de anchura. En la actualidad, la altura de bancos es de 20 metros, ya que se unieron algunos de ellos, y en su mayor parte se encuentra inundada.

Entre los años 1972 y 1974, y mediante una opción de compra, la *Sociedad Minero Metalúrgica Peñarroya* investigó el yacimiento. Esta Compañía realizó una

amplia campaña de sondeos y simultáneamente estudios geológicos del yacimiento y sus alrededores, algunos en colaboración con la Universidad de Salamanca. Peñarroya llegó a cubicar unos recursos de 5 millones de toneladas, con una ley media ponderada de 0.3 % de WO_3 .

En el año 1976, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) realizó un proyecto de investigación general denominado: "Fase previa de investigación en las áreas de Cañaveral y Santa Amalia (Cáceres-Badajoz)", con objeto de seleccionar áreas de posible interés para mineralizaciones de estaño y wolframio.

Seguidamente en el año 1978, el IGME realizó otro proyecto de investigación minera en la zona Noroeste de Santa Amalia (Cáceres-Badajoz). Se tomó como base el estudio de la corta "Adelaida" con el fin de encontrar las pautas de aparición de la mineralización, que al ser aplicadas a la totalidad del área de estudio, fuesen las idóneas para llevar a cabo una prospección general de la zona, con vistas a la localización de nuevos indicios.

En base a los trabajos de campo desarrollados en la corta, y en parte a los datos obtenidos en los anteriores proyectos del IGME, Gumiel y Pineda (1981) realizaron un estudio geológico del yacimiento, en el que establecieron que la corta de La Parrilla se encuentra situada en un cierre periclinal, en las facies del CEG (Figura 1). Estas rocas sufrieron dos fases de metamorfismo regional dinamo-térmico, sincrónico con la primera fase de deformación hercínica, que dio lugar a pliegues isoclinales de dirección próxima a E-W y al desarrollo de una esquistosidad de plano axial. En este trabajo se realizó un primer estudio geométrico cuantitativo del campo filoniano mineralizado, basándose en la toma sistemática de medidas de venas en todos los bancos de explotación. Concluyeron que los filones mineralizados en scheelita se presentan en haces de orientación principal NE-SW e inclinaciones entre 45° y 60°SE, con potencias entre milimétricas y métricas.

Finalmente, estos autores llegan a la conclusión de que la mineralización de scheelita de La Parrilla está exclusivamente relacionada con los filones, y las consideraciones genéticas sobre el origen de la misma, apuntan a la existencia de una cúpula granítica en profundidad.

Entre los años 1985 y 1986, la compañía Rioibex S.A. inició una campaña



Perspectiva general de las instalaciones de concentración de la mina en 1984. Obsérvese, en primer término, los voluminosos acopios de finos procedentes del lavadero. Esta fracción contiene un significativo contenido en scheelita y casiterita, resultante de una recuperación incompleta en las líneas de concentración gravimétrica del lavadero. Para el reciclado y aprovechamiento de esta riqueza se constituyó la sociedad Wolframexsa, que puso en marcha una planta de extracción con tecnología de la casa Eral, S.A. Al fondo se observa la planta de recuperación de arsénico. Foto: Paisajes Españoles, S.A.

de exploración del yacimiento para la eventual realización de una nueva opción de compra en torno a los 2.000 millones de pesetas, partiendo de la hipótesis genética de Gumiel y Pineda (1981). Esta compañía realizó una campaña de 50 sondeos en una malla de 100 m x 100 m, que posteriormente se cerró a 50 m x 50 m, para conocer la distribución de los filones en profundidad. Los sondeos se realizaron con una dirección general 120°, una inclinación de 60° NW, y con una longitud variable entre los 200 y 350 metros. Con los resultados obtenidos a partir de los sondeos, se estimaron unas reservas de unos 35-40 millones de toneladas, con leyes comprendidas entre 1.000-1.300 ppm de WO_3 y 150 ppm de estaño. Estos resultados son notablemente superiores a los obtenidos anteriormente por la Compañía Peñarroya.

Simultáneamente, a finales del año 1986, Valero (1986) realizó su tesis de li-

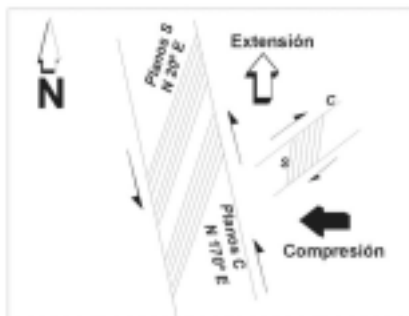


Detalle de un filón del banco 2º de la mina La Parrilla. Cuarzo con scheelita acaramelada, formando intercrecimientos con el cuarzo (texturas en peine) y arsenopirita, que se dispone hacia los bordes del filón. Foto: Pablo Gumiel.

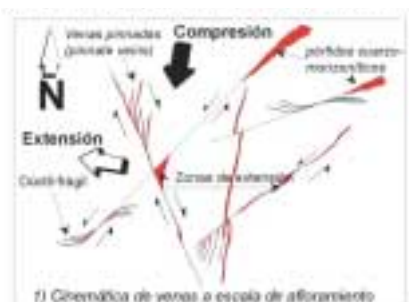
cenciatura, en la que se presentó una cartografía de detalle de la corta, estableciendo la columna estratigráfica de la zona. La paragénesis, sucesión mineral del yacimiento y las consideraciones genéticas de la mineralización coincidieron con las establecidas por Gumiel y Pineda (1981).

Por otra parte, en el Inventario Nacional de Recursos de Wolframio (IGME, 1985) queda reflejado que, teniendo en cuenta la extensión del campo filoniano de La Parrilla, que puede alcanzar unas dimensiones aproximadas de 1.500 metros en dirección WNW por unos 700 metros en dirección NNE, se pueden inferir unos recursos geológicos de unos 72 millones de toneladas, con una ley media de 0.13% de WO_3 .

Como consecuencia de la crisis de mercado del wolframio y del estaño, la mina de La Parrilla paró definitivamente la explotación en el año 1987, lo que explica la ausencia de nuevos trabajos de investigación, en general, sobre estos minerales, y en par-



a) Cizallamiento dúctil hercínico. Compresión máxima E-W.



1) Cinemática de venas a escala de afloramiento



2) Cinemática de fracturas y venas a escala regional

b) Compresión máxima N-S (transpresión prolongada).

Figura 2. Modelo evolutivo de la fracturación tardihercínica y sistemas de venas asociados.

titular, en la zona. No obstante, el interés científico de la mina de La Parrilla sigue siendo extraordinario; en primer lugar, por tratarse de un ejemplo excepcional de filones de cuarzo con scheelita-casiterita en el Complejo Esquisto-Grauváquico (CEG), en posible relación espacial y genética con una cúpula granítica no aflorante, asociada a la banda de cizalla de Montánchez (Gumiel et al., 1995). En segundo lugar, porque las condiciones de afloramiento de los filones en la corta son ideales para abordar el problema de la paleoconectividad de las fracturas que favorecieron su formación, y avanzar en el conocimiento de la red de percolación que originó la concentración mineral, en base a las características geométricas de los diferentes conjun-

“En la vertical del Balneario se encontraba una de las zonas más ricas en scheelita”



Uno de los autores dibujando en el campo la traza de un filón sobre una lámina, para su posterior estudio. Foto: Pablo Gumiel.

tos filonianos y su estudio mediante técnicas de análisis fractal. (Gumiel et al., 1995; Gumiel et al., 1996; Gumiel y Campos, 1998; Roberts et al., 1998). Los resultados que se obtengan de estas investigaciones podrán tener un importante papel en futuras exploraciones mineras de la zona.

LABOREO Y CONCENTRACIÓN MINERAL

El tradicional balneario de “aguas salu-
tíferas”, con beneficiosas propiedades para las enfermedades de la piel, dio paso, con el tiempo, a la más destacable mina de wolframio de España. Curiosamente, en su vertical se encontraba una de las zonas más ricas en scheelita. El inicio casual tuvo como protagonista a Guillermo Bonilla Íñiguez, un joven de 20 años que prestó aten-
ción a los comentarios de un amigo de su

padre sobre la apari-
ción de casiterita en la finca del balneario.

Durante muchos años se benefició la casiterita de forma manual y rudimentaria, en labo-
res conocidas como

“quileo”, sin relevancia industrial, efectua-
das sobre las orillas del arroyo que por allí pasaba. Asesorado por los informes del insigne ingeniero de minas D. Ismael Rosso de Luna, Guillermo Bonilla se trasladó a Cáceres para denunciar el hallazgo y regis-
trar la mina, que actualmente compone un Grupo Minero de 1.450 hectáreas, comen-
zando su producción en 1951. La familia

Bonilla, naturales de Almoharín, carecía de tradición minera, pero el empeño y el tra-
bajo de sus miembros fue consolidando una explotación cada vez más mecanizada y productiva. El desarrollo paralelo de la in-
vestigación del yacimiento permitió conocer la importancia de sus recursos, dándose las circunstancias que aconsejaron invertir capitales para la adquisición de equipos mi-
neros de toda clase.

La configuración estructural del mine-
ral como red de filones, hizo posible en 1968 el paso a un laboreo integral a cielo abierto, con el arranque con perforación y voladura del todo-uno, haciendo a la par necesario el tratamiento de grandes volú-
menes de material para la separación del mineral vendible. El movimiento de tierras se realizaba en un único relevo con retro-
excavadoras de cadenas y palas de ruedas, formando equipos con una flota de camio-
nes entre 22 y 50 toneladas para su trans-
porte a planta, acopiando en el stock de tri-



Cristal de scheelita de 8 mm sobre cuarzo. Colección: S. García Rojo y Carmen Jalvo. Foto: F. Piña.



Labores a cielo abierto de la corta Adelaide, en 1984. Lamentablemente, sólo tres años después la mina fue paralizada a causa de dificultades financieras que se sumaron a unas desfavorables cotizaciones del wolframio. Foto: Paisajes Españoles, S.A.

turación un volumen de 3.000 t/día. Las voladuras eran pequeñas, de alrededor de 2.000 t (6.000 t en casos excepcionales), cebadas con goma 2 y nagolita. En 1984, las empresas “Minera Adelaide, S.A.” y “Minera Bonilla, S.A.” disponían de dos líneas de trituración y molienda indepen-

dientes, con una capacidad conjunta de 300 t/h. La incorporación de técnicos cualificados impulsó definitivamente la producción de la mina, pasando de 20 t mensuales en 1980 hasta superar las 100 t/mes poco antes del cierre. Se dispuso un pre-machaqueo a pie de cantera, seleccionan-

do in situ las fracciones que, por su baja ley, no interesaba procesar. Desde 1980, la Dirección Facultativa de la mina inspeccionaba cada noche los frentes con una lámpara ultravioleta, marcando con spray las acumulaciones de scheelita.

La abrasividad del material y el carácter friable de la scheelita hacía del proceso de conminución uno de los más críticos del tratamiento en planta, tanto por los altos costes que representaba como por la tendencia a sufrir pérdidas de mineral en la fracción fina. Los camiones basculaban en una tolva de recepción en cabeza de la machacadora de mandíbulas, pasando a cribas de resonancia y molinos de impacto, en circuito cerrado hasta alcanzar la granulometría < 8 mm, necesaria para su posterior mineralurgia. Esta comenzaba con una preclasificación gravimétrica en jigs, que ya permitía una primera eliminación de estériles. Tras una nueva concentración gravimétrica en jigs de La Maquinista de Levante, el concentrado de todos ellos pasaba por un molino de cilindros para reducir el tamaño hasta inferior a 2 mm, con el que entraban a las mesas de sacudidas. El concentrado de los escurridores a la salida del rechazo de los jigs se ciclona para eliminar más estéril y el paso de los hidrociclones que efectuaban

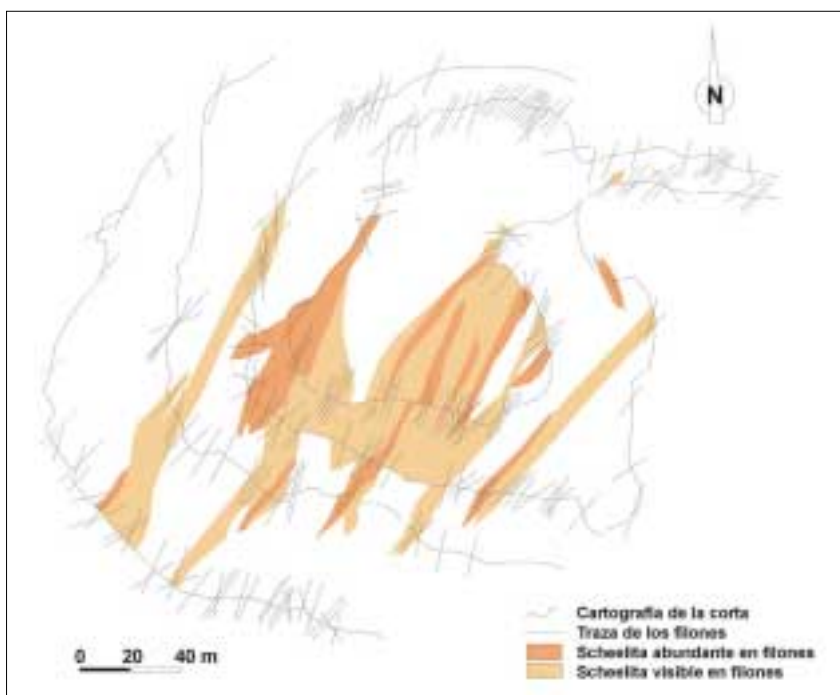


Figura 3. Mapa de distribución de scheelita en los filones de La Parrilla.



Aspecto actual de la corta Adelaida, con el fondo inundado. Tras la parada de los trabajos, unas lluvias torrenciales provocaron la entrada masiva de aguas en la cantera y en el resto de instalaciones, causando graves deterioros. Foto: Gonzalo García.

un deslamado, se clasificaba en 3 baterías de espirales en un intento de recuperar finos, merced a una moderna instalación para 70 t/h que en su día puso a punto la casa Eral, S.A. Otra línea de la planta fue adquirida a la mina Teba, de Cáceres. La separación final de la scheelita y la casiterita se realizaba en separadores magnéticos y electrostáticos.

Como residuos del tratamiento se generaban arenas y lodos con alto porcentaje en scheelita que la Planta no recuperaba satisfactoriamente, pero con un indudable interés económico que los Bonilla trataron de llevar a buen término con la

creación de la sociedad “Wolframexsa”. También desde 1980 se realizaron investigaciones para el aprovechamiento de las 400 t/año de mispíquel (32 % As) producido durante la concentración de la scheelita y la casiterita, mediante la instalación de un horno rotativo que permitía la obtención de trióxido de arsénico, para el mercado nacional de pesticidas. Por otra parte, las cenizas del proceso ofrecían un alto contenido en oro y plata (4 ppm y 16 ppm, respectivamente).

Lamentablemente, las desfavorables cotizaciones de la década de los 80, sumadas con otras circunstancias particulares de la

“Desde 1980, la Dirección Facultativa de la mina inspeccionaba cada noche los frentes con una lámpara ultravioleta, marcando con spray las acumulaciones de scheelita”



Pliegues a escala mesoscópica, de orientación N110°E, en facies bandeadas del Complejo Esquisto Grauváquico, formados en la primera fase de deformación hercínica. Zona de la mina La Parrilla. Foto: Pablo Gumiel.

empresa, impidieron el normal desarrollo de los proyectos, cesando en 1987 las actividades en curso sobre tan importante yacimiento, que llegó a tener 140 hombres en plantilla y que, probablemente, se encuentra solamente en un pasajero abandono.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL DEL YACIMIENTO

Desde un punto de vista geológico, en el entorno próximo a la corta de La Parrilla aparecen representadas rocas del Proterozoico Superior, Vendense Superior, Paleozoico y Terciario, junto con depósitos cuaternarios constituidos por terrazas, coluviones, suelos y conos de deyección (Barba et al., 1980).

ESTRATIGRAFÍA DE LOS MATERIALES DEL ENTORNO DEL YACIMIENTO

La mina está situada en una formación de naturaleza grauváquico-filítica, situada por debajo de la Cuarcita Armoricana (Figura 1), cuyo registro estratigráfico se inicia con una potente serie turbidítica y monótona, en la que alternan principalmente pizarras y grauvacas, con algunas facies conglomeráticas de potencias muy variables, y que es correlacionable con el denominado “Grupo Domo Extremeño” (Alvarez Nava et al., 1988). Estos materiales pertenecen al denominado Complejo Esquisto-Grauváquico (CEG), término que todavía permanece vigente, aunque de uso más restringido en función de los avances del conocimiento regional, y cuya edad se ha atribuido al Proterozoico Superior.

Sobre estos depósitos se sitúa, discordantemente y con irregular distribución, una serie de materiales cuya composición es más variada. En la base se encuentra un nivel de pórfidos riolíticos y cuarcitas que ha sido utilizado como nivel-guía en la cartografía de los alrededores del yacimiento (Figura 1). Sobre este horizonte se encuentran alternancias de areniscas, conglomerados y cuarcitas, que son correlacionables con los materiales del “Grupo Depositional Ibor”, cuya edad se atribuye al Vendense Superior.

Los materiales del Paleozoico son discordantes sobre el CEG, y la base está bien representada en la zona por la Cuarcita Armoricana del Ordovícico Inferior (Arenig), que es un horizonte-guía cartografiable a nivel regional (Figura 1), con una po-

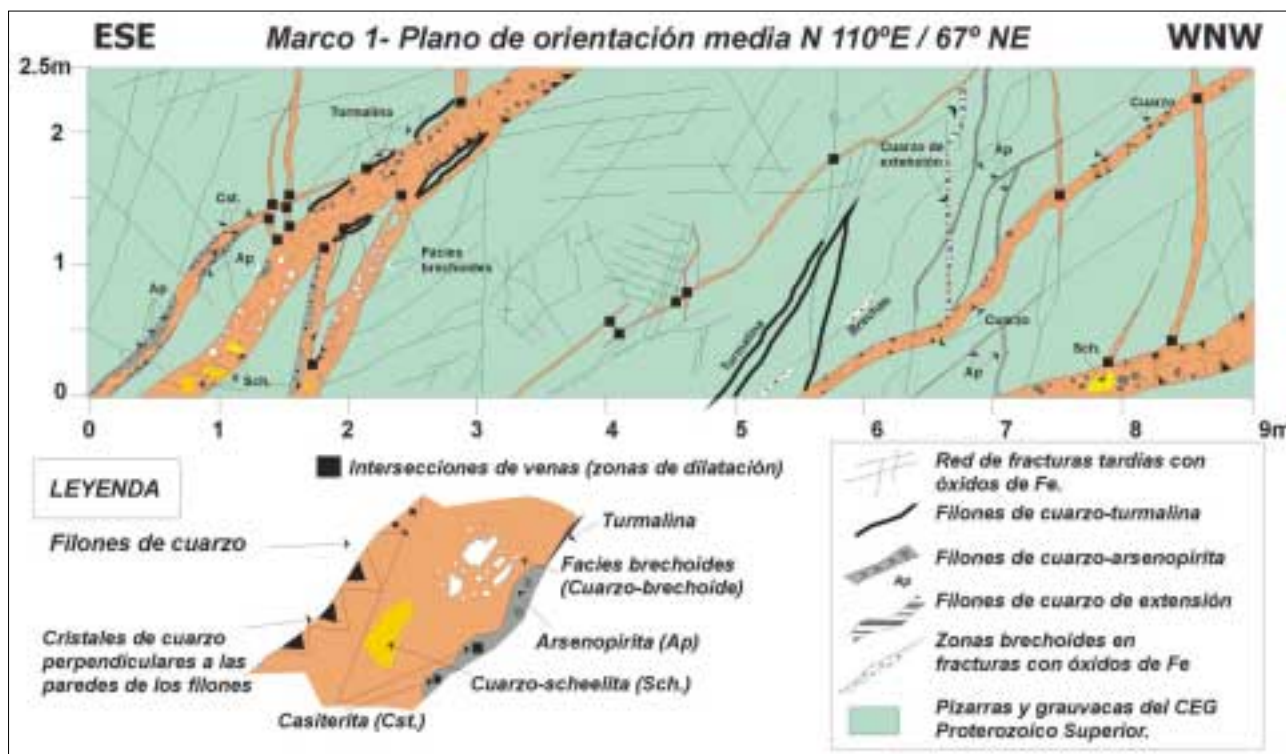


Figura 4. Mapa de detalle de trazas de fracturas. Filones de scheelita de La Parrilla.

tencia que oscila entre 6 y 100 metros. Se trata de una ortocuarcita blanca, muy recristalizada, con intercalaciones de areniscas silíceas y un desarrollo notable de venas de cuarzo. La Cuarcita Armoricana pasa gradualmente a las alternancias de pizarras, areniscas y cuarcitas suprayacentes, que son correlacionables con las “Capas Pochico” del Valle de Alcudia (Tamain 1972). El resto de la serie paleozoica está muy condensada, y está constituida mayoritariamente por alternancias de pizarras y cuarcitas, con una potencia que oscila entre 50 y 350 metros y cuya edad está comprendida entre el Ordovícico Medio-Superior y el Devónico Superior.

En el SW de la zona se encuentra muy bien representado el Carbonífero Superior post-orogénico, que es discordante sobre el resto de los materiales paleozoicos y forma parte del afloramiento excepcional que en dirección NW aparece en la Hoja de Alcuéscar. Está constituido por brechas, conglomerados rojos a grises fluvio-torrenciales, areniscas de espesor muy variable y pizarras. Los conglomerados muestran una disminución del tamaño de los cantos de muro a techo, y la matriz es arenoso-pizarrosa, aunque a veces el esqueleto es quebrantado. Los cantos son principalmente cuarcíticos, aunque también hay de otras rocas infrayacentes, como pizarras, areniscas, vulcanitas y calizas.

Estos depósitos, que pueden tener más de 50 m - 80 m de potencia (hacia el W, en la Hoja de Alcuéscar), se interpretan como de abanicos aluviales (“abanicos húmedos”), con grandes canales trenzados y reducción progresiva de la actividad tectónica en el frente donde se enraizan. Puede existir también alguna relación con ambientes subacuáticos (marino-someros). Estos materiales están preservados de la erosión, siempre en cuencas a lo largo de bandas de ciza-



Cristal de moscovita implantado sobre el cruce de dos finos cristales de turmalina. Estos crecimientos son frecuentes en las geodas de cuarzo de la salbanda de los filones. Encuadre: 10 mm. Colección y foto: F. Piña.

lla, o como fosas (grabens) finitectónicas (Gutiérrez Marco et al., 1990). En base a asociaciones de esporas y polen, se les ha atribuido una edad Estefaniense B Medio a Estefaniense C (Pineda et al., 1980).

Toda la secuencia está afectada por un metamorfismo regional de grado bajo a muy bajo, que no llega a alcanzar la isograda de la biotita. Lo más importante es que las rocas de la serie pre-Estefaniense del entorno de la mina de La Parrilla, están afectadas por un metamorfismo térmico, que se traduce en el desarrollo de pizarras “mosqueadas”. Este metamorfismo llega a producir cristales milimétricos de andalucita en condiciones inferiores a las de la isograda de la cordierita (Gumiel y Pineda, 1981).

El Terciario constituye la cobertera neógena del entorno del yacimiento, y está formado por depósitos detríticos de relleno de la cuenca del Guadiana. Son en su mayoría materiales arcillosos y arenosos de tipo continental, en régimen general de sistemas de abanicos aluviales, cuya potencia se ha estimado en unos 50 metros (Rosso de Luna y Hernández-Pacheco, 1957), aunque Ramírez (1971), estima que la potencia debe ser mayor, dada la gran irregularidad de la superficie sobre la que normalmente se apoya.

Finalmente, de los depósitos cuaternarios, los aluviones y las terrazas fluviales son los de mayor desarrollo, aunque los



Pala de carga frontal Caterpillar 235, trabajando en el fondo de la corta Adelaida. El todo-uno arrancado se transportaba hasta la planta de trituración en volquetes de medio tonelaje. Año 1985. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.

suelos y coluviones son los que ocupan mayor extensión areal, cubriendo gran parte de la superficie de la zona.

TECTÓNICA DEL ENTORNO DEL YACIMIENTO

Desde un punto de vista estructural, en el área del entorno de la mina se observa la superposición de varios episodios de deformación, aunque las estructuras cartografiadas se generaron principalmente durante las etapas de deformación hercínicas. El abombamiento generalizado que tuvo lugar en todo el borde Sur de la Zona Centrobérica durante el Devónico Medio, es

el responsable de la ausencia de materiales de esa edad (Pardo y García Alcalde, 1984; Gutierrez Marco et al., 1990), seguido durante el Devónico Superior (Frasniense-Famenienense), en algunas áreas próximas (por ejemplo, en la Sierra de San Pedro), de una etapa distensiva con formación de cuencas rellenas con materiales sintectónicos (López Díaz, 1991).

En cuanto a la deformación hercínica, que es la principal a nivel regional, se dife-

“Las fracturas generadas en estas etapas permitieron el emplazamiento de diques y la circulación de los fluidos hidrotermales que dieron lugar a los filones mineralizados”

rencian tres etapas principales seguidas de otra de fracturación. La primera fase de deformación es la más generalizada, siendo responsable de las grandes estructuras de la zona, de trazado general NW-SE. Se generan en esta fase pliegues a todas las escalas, con direcciones axiales que oscilan de N-S a NW-SE y una esquistosidad S1 de plano axial. La segunda fase de deformación es de carácter local, y se manifiesta por una serie de bandas de cizalla de dirección N40°-N60°E, de orden hectométrico y anchura entre 7 km y 10 km. Éstas llevan asociados micro y mesopliegues, así como una esquistosidad de crenulación S2, y los criterios cinemáticos son siempre de movimientos con sentido sinistral. La tercera fase de deformación tiene un desarrollo variable en la zona y responde a un sentido de acortamiento (compresión máxima) de orientación E-W, y da lugar a bandas de cizallamiento, tanto de carácter frágil como dúctil, con orientación predominante NW-SE y

movimiento sinistral, junto con otras orientadas NE-SW, de menor incidencia en la zona, dextrales y conjugadas de las anteriores. A escala regional y local, por ejemplo en el entorno del yacimiento (Figura 1), estas ciza-

llas pueden dar lugar a variaciones de las directrices estructurales previas, generando figuras de interferencia del tipo “domos y cubetas” (Gumiel y Campos 1998).

Afectando a las estructuras previas, existen varios sistemas de fallas tardihercínicas, cuyo estudio a partir de las observaciones cinemáticas en el terreno, y del análisis de lineamientos en las imágenes Landsat TM y Spot, ha permitido establecer un modelo evolutivo de la fracturación que comprende dos etapas principales (Gumiel y Campos, 1998; Campos, 1998): En la primera etapa, que se iniciaría al final de la tercera fase de deformación hercínica, bajo una compresión E-W, se desarrolla un sistema de cizallas conjugadas con orientaciones NNW-SSE y sentido de movimiento sinistral y NE-SW con movimiento dextrógiro (Figura 2 a). En la segunda etapa, la orientación de máxima compresión cambia a una dirección próxima a N-S, y se produce una reactivación de las estructuras previas. Por ejemplo, los planos de debilidad del granito deformado



El arranque del todo-uno se realizaba mediante la perforación de barrenos de 3 pulgadas, goma 2 en fondo y nagolita como carga de columna. Normalmente cada disparo levantaba 2.000 t de material. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.



Ramificaciones y conexiones de los grupos filonianos mineralizados en el banco 2° de la corta Adelaida. Obsérvese la mayor potencia de los filones con inclinaciones menores de 45° y las geodas que presentan. Foto: Pablo Gumiel.

de Montánchez, denominados “planos S/C”, y definidos por la orientación planar de los filosilicatos y por la formación de fracturas tempranas, de orientación N20°E y N170°E respectivamente, originados en la etapa anterior (tercera fase de deformación hercínica), sufren una reactivación en régimen de deformación dúctil-frágil, pasando a fracturas con orientaciones semejantes y sentido contrario. Es decir, los movimientos de las fracturas NW-SE pasan a ser de sentido dextral y los de las fracturas NE-SW de sentido sinistral (Figura 2a y 2b). Este esquema evolutivo de la fracturación se produjo en un régimen de “compresión” (compresión oblicua, cizalla y extensión) prolongado, que pudo afectar a la zona, lo que ya ha sido puesto de manifiesto en otras áreas próximas, como en la zona de La Codosera en la provincia de Badajoz (Sanderson et al., 1991).

ESTRUCTURA DE LOS FILONES QUE CONSTITUYEN EL YACIMIENTO

Como ya se ha indicado anteriormente, según Gumiel y Pineda (1981), los filones explotados del yacimiento de La Parrilla se localizan a favor de los sistemas de fracturación regionales. Cuantitativa y cualitativamente, así como desde un punto de vista económico, el principal haz filoniano mineralizado en scheelita es el de orientación NE-SW, con orientaciones comprendidas entre N30° E-N50°E e inclinaciones entre 45° y 60° hacia el SE (Figura 4). Las potencias varían de mili-



Cristal de arsenopirita de 15 mm, con la estriación característica paralela al eje b. Colección y foto: F. Piña.

métricas hasta 0.6 metros, y los filones comúnmente se presentan en “relevo”, es decir, de forma discontinua y solapándose en sus terminaciones. Son frecuentes las ramificaciones, las venas pinnadas, así como las formas sigmoidales sin demasiada continuidad lateral.

Subordinados, aparecen los llamados filones “cruceros” con direcciones NW-SE, que suelen presentarse muy verticalizados, o con inclinaciones al NE o al SW. Ambos sistemas muestran importantes diferencias paragenéticas y sobre todo texturales.

FILONES PRINCIPALES DE ORIENTACIÓN NE-SW. ASOCIACIÓN MINERAL CARACTERÍSTICA

Estos filones muestran, en reconocimiento visual en la corta, la siguiente asociación mineral: cuarzo - moscovita - tur-

malina - arsenopirita - scheelita - casiterita - pirita y raras cantidades de wolframita y esfalerita.

Como minerales supergénicos se reconocen escorodita y meymacita (?), que sustituyen a la arsenopirita y scheelita respectivamente.

MINERALES DE LOS FILONES

SCHEELITA CaWO_4

Es el principal mineral de interés económico del yacimiento. Suele ser de color amarillento a crema, de grano medio a grueso y a veces bien cristalizada en pequeñas geodas de cuarzo, frecuentemente rellenas de material arcilloso. La distribución de la scheelita en los filones es irregular, presentándose en pequeñas



Entramado de cintas y equipos de una línea de concentración traída de la mina Teba (Cáceres) y reconstruida en La Parrilla. Año 1985. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.



Cristal de arsenopirita de 20 mm, sobre cuarzo. Obsérvense las fracturas que ha sufrido el cristal con posterioridad a su formación. Colección y foto: F. Piña.

bolsadas irregulares, en nidos en el seno del cuarzo, o formando intercrecimientos con el cuarzo, dando lugar a texturas “en peine”, a veces junto con arsenopirita y la mica. Los cristales son más raros en el yacimiento, pero también se han observado bipirámides tetragonales pseudooctaédricas de varios centímetros de longitud. Una parte de este wolframato se presenta quebradiza por su avanzada alteración, adquiriendo tonos claros y formando cristales frágiles y terrosos sin brillo. Otros ejemplares, lamentablemente muy escasos, presentan un intenso color anaranjado y brillo vítreo, con formas variables entre pirámides simples apuntadas y otras más complejas compuestas de dos bipirámides (de primer y

segundo orden, muy evidente como biselamiento de aristas) y el pinacoide que trunca los vértices. La superficie de estos cristales es lisa y llegan a alcanzar una cierta traslucidez.

Hay que hacer constar la disposición particular de la scheelita en un filón muy notable (filón 62 - Banco 4º) cuya importancia económica en el yacimiento fue muy considerable por su alta ley, (superiores al kilogramo de scheelita por tonelada). Fue denominado “filón-greisen” puesto que estaba constituido exclusivamente por mica, grandes masas (a veces cristales) de scheelita de color caramelo característico, no presentaba cuarzo, y de forma muy subordinada se encontraba arsenopirita y algo de casiterita.

ARSENOPIRITA $FeAsS$

Es un mineral muy abundante en el yacimiento. Son frecuentes los cristales que se disponen en el seno del cuarzo, o formando geodas junto con él. A veces, se presenta en la parte central de los filones, pero es más frecuente hacia los bordes de los mismos. El tamaño es variable, entre milimétrico y centimétrico. Una parte de la arsenopirita aparece semioxidada a escorodita (incluso se han llegado a encontrar cristales centimétricos totalmente remplazados por escorodita fibroso-radiada), pero no son raros los cristales aislados bien formados y brillantes, separados de la matriz y con el típico estriado de sus facetas. Se trata de cristales prismáticos, paralelos al eje b, estriados en la dirección de dicho eje. También son frecuentes combinaciones de ellos, maclados en algunos casos en forma de maclas polisintéticas, similares a las de la marcasita.

CASITERITA SnO_2

La disposición de la casiterita es muy parecida a la de la arsenopirita. Pueden encontrarse cristales bien desarrollados (idiomorfos) y maclados en el centro de los filones de cuarzo, aunque más frecuentemente se disponen hacia los bordes. El



Panorámica de acopios de finos de la planta y almacenes, en 1989. El color rojizo de las aguas es debido a la oxidación de los sulfuros del yacimiento. Estas aguas, consideradas como curativas en tiempos del balneario, hoy serían seguramente calificadas como un peligroso contaminante para el medio ambiente. Foto: G. García.



Recepción del preconcentrado a la salida de los Jig La Maquinista de Levante. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.



Facies de naturaleza grauvaquico-filitica pertenecientes al CEG, encajante de la mineralización. Esta formación, situada por debajo de la cuarcita armoricana, presenta evidencias de metamorfismo de contacto, puesto de manifiesto por el desarrollo de cristales milimétricos de andalucita. Foto: P. Gumiel.

brillo es vítreo y algunos cristales son traslúcidos. Durante los años de producción de la mina se obtuvieron notables cristalizaciones de casiterita sobre drusas de cuarzo, compuestas por prismas brillantes entre 4 cm y 5 cm de longitud, cerrados por pirámide tetragonal. El desarrollo del prisma es propio de la casiterita hidrotermal, siendo los cristales de la fase neumatolítica más achatados. También es característica la corrosión del prisma a modo de picaduras y pérdida de coloración, recuperándose hacia las terminaciones. Con posterioridad a la etapa de explotación, ha sido posible recoger algunos ejemplares cristalizados de pequeño tamaño, acompañados por mica que a veces ha sido clasificada como zinnwaldita, suposición que no ha podido confirmarse.

PIRITA FeS_2

La pirita no es muy abundante. Suele presentarse en tamaños muy finos junto con las otras menas, o bien en películas sobre superficies de fractura de los filones. Sin embargo, también han podido obtenerse ejemplares cúbicos bien cristalizados, acompañados de prismas de cuarzo en las geodas del mismo. Cristales más pequeños desarrollan formas octaédricas, cuboctaédricas y posibles diploedros.

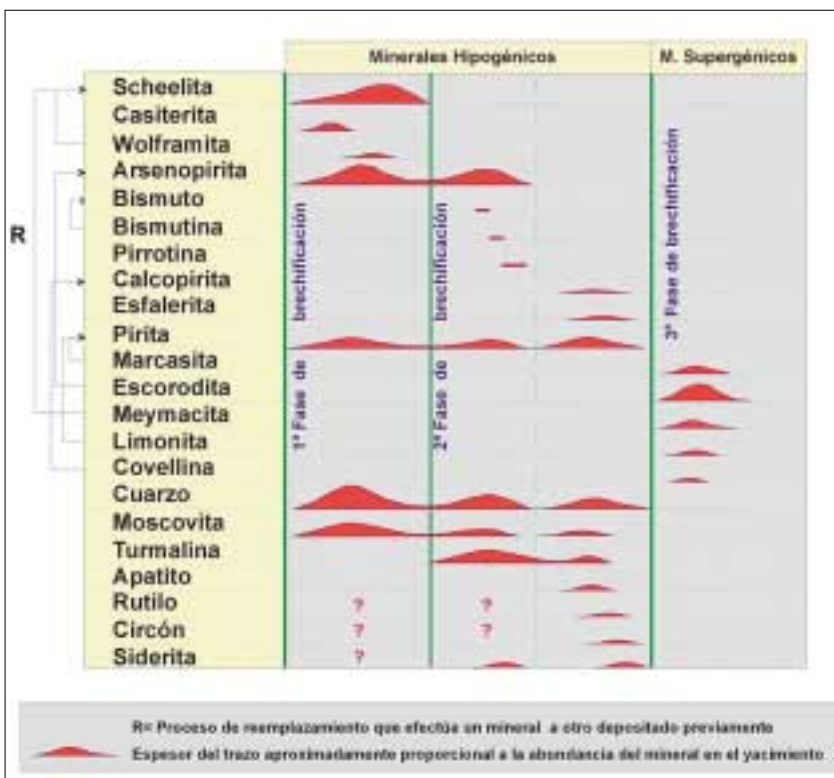


Figura 5. Paragénesis y sucesión mineral del yacimiento de La Parrilla (modificado de Gumiel y Pineda, 1981).

WOLFRAMITA Y ESFALERITA $(Fe, Mn)WO_4$ SnO_2

Son muy escasas en el yacimiento. A veces, se observa wolframita reemplazando a scheelita. Uno de los técnicos de

la mina conserva un excelente cristal de blenda de 2 cm de arista en el seno de un prisma incoloro de cuarzo. Este ejemplar, de la variedad ferrífera marmatita, muestra un aspecto tetraédrico con las caras marcadas por la estriación triangular típica de la blenda, las aristas vivas y el brillo vítreo.



Espléndido cristal de scheelita semitransparente, de 10 mm de longitud, en una cavidad tapizada de moscovita. Colección: Jordi Fabre. Foto: F. Piña.



Geoda de scheelita en un filón muy notable (filón 62, banco 4º). La importancia económica de este filón en el yacimiento fue considerable, alcanzando leyes de 1 kg/t. Fue denominado "filón greisen", porque estaba constituido exclusivamente por mica y grandes masas cristalinas de scheelita de color caramelo, no presentaba cuarzo y de forma subordinada pequeñas cantidades de arsenopirita y casiterita. Bajo el recubrimiento arcilloso, aparecen las cristalizaciones de scheelita. Foto: P. Gumiel (año 1978).

CUARZO



De carácter macrocristalino y color blanco o gris, ligeramente transparente o francamente incoloro. Puede representar hasta el 80 % o más del contenido filoniano en el yacimiento. Con frecuencia presenta geodas, cuyos cristales pueden adoptar formas tabulares por el desarrollo selectivo simétrico de algunas caras del prisma. Estas geodas suelen estar rellenas de un material arcilloso rojizo.

MOSCOVITA



Se presenta normalmente como bandadas de potencias inferiores al centímetro,



Cristal de arsenopirita (12 mm) sobre cuarzo. Colección y foto: F. Piña.



Cristales de casiterita de 40 mm de longitud, sobre cuarzo. La corrosión de las partes centrales del prisma es un rasgo característico de los ejemplares de esta localidad, si bien no sucede lo mismo con los pequeños cristales asociados a la mica. Colección: Jordi Fabre. Foto: F. Piña.

que se disponen en las paredes de los filones, en contacto directo con el encajante. Las superficies de exfoliación son siempre perpendiculares a dicho contacto. Son frecuentes los cristales hexagonales milimétricos de moscovita montados sobre finas agujas de turmalina, particularmente en el cruce de dos de ellas que parece actuar como núcleo de germinación. Estas vistosas combinaciones han podido observarse en geodas pequeñas de las zonas de salbanda o en el propio cuarzo.

GRUPO DE LAS TURMALINAS



Es menos frecuente que las anteriores. De aspecto microcristalino, suele formar concentraciones de aspecto lenticular, de potencia inferior al centímetro y se dispone generalmente hacia los bordes de los filones. Otras veces se presenta en capilares desordenados dentro del cuarzo y, con cierta frecuencia, crece aérea componiendo delicadas muestras traslúcidas sobre nivelillos de moscovita. No se ha determinado la especie mineral a que pertenece dentro del grupo de las turmalinas.

GRUPO DEL APATITO



Es relativamente escaso, encontrándose en pequeños cristales milimétricos, en

geodas de moscovita, cuarzo y turmalina. Los cristales son incoloros y transparentes, constituidos por el prisma hexagonal, una pirámide y terminados frecuentemente en el pinacoide. Puede presentar inclusiones de turmalina. Nuevamente, carecemos de análisis que determinen la especie concreta dentro del grupo de los apatitos.

MINERALES SECUNDARIOS:

ESCORODITA



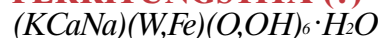
Es el mineral secundario más frecuente, dada la abundancia y relativa inestabilidad de la arsenopirita, de la que procede. Se han observado tres hábitos diferentes:

- Escorodita masiva, fibroso-radial, normalmente pseudomorizando cristales de arsenopirita de hasta 2 cm de tamaño y de tonos marrones, rojizos y verdosos.

- En forma de costras de microcristales amarillentas o verdosas, epimórficas de moscovita, scheelita y turmalina.

- En grupos radiados de cristales prismáticos verde azulados, milimétricos, en geodas de cuarzo con moscovita.

FERRITUNGSTITA (?)



Son relativamente abundantes las costras pulverulentas (y en ocasiones laminares) de un producto de alteración de la scheelita, amarillo intenso que, a falta de análisis precisos, tentativamente ha sido



Epimorfosis de óxidos de hierro sobre cristales romboédricos de un carbonato que se ha disuelto. Tamaño: 4 mm. Colección y foto: F. Piña.

clasificado como ferritungstita, ya que la especie denominada “meymacita” $WO_3 \cdot 2H_2O$, no está completamente definida como tal, siendo “una especie altamente cuestionable” (R.V. Gaines et al, 1997).

REJALGAR (?)

AsS

Se han encontrado pequeños cristales prismáticos, de hasta 2 mm, de este mineral, asociados a arsenopirita.

FILONES “CRUCEROS” DE ORIENTACIÓN NW-SE ASOCIACIÓN MINERAL CARACTERÍSTICA

Se trata de un reducido número de filones, cuya terminología local de la mina queda explicada por su orientación NW-SE, que “cruza” netamente al haz filoniano principal (NE-SW). Los filones “cruce-ros” aparecen de forma muy subordinada y son diferentes de los del haz filoniano principal, tanto por su paragénesis, como por su textura y estructura. Por una parte, presentan un salpicado homogéneo de sulfuros (pirita, arsenopirita y esfalerita oscura), y son más pobres en mineralización de scheelita y casiterita que los anteriores. Microscópicamente, se han reconocido los



Cuboctaedro de pirita, de 2 mm de arista, en una pequeña cavidad de cuarzo. Colección y foto: F. Piña.



Cristal de pirita sobre una masa del mismo mineral. Tamaño: 15 mm. Colección y foto: F. Piña.

siguientes minerales: moscovita, arsenopirita, scheelita, wolframita, calcopirita, pirrotina, bismuto, bismutina, marcasita, apatito y circón. También aparece rutilo. La asociación mineral de estos filones es típica de un greisen, y su presencia puede ser interpretada como resultado de una greisenización de filones normales, o bien se trata de filones emplazados temporalmente en una etapa metalogénica distinta que la del haz principal. Probablemente, se trata de una fase metalogénica posterior enriquecida en sulfuros. El hecho de que

presenten distinta orientación que los filones del haz principal apunta hacia esta última posibilidad.

Como curiosidad mineralógica hay que señalar la presencia de baritina en un delgado filón “cruce-ro” en la parte noroeste de la corta - Banco 1°.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA MINERALIZACIÓN DE SCHEELITA

Con objeto de tener una idea sobre la distribución espacial del principal mineral



Lamentable aspecto de la planta en 1996, tras el definitivo abandono y las inundaciones que arrasaron la instalación. Por fortuna, bajo esta desoladora chatarra aguardan 40 millones de toneladas de mineral que algún día podrán ser extraídas cuando la confluencia de capitales y cotizaciones lo permitan. Foto: G. García.



Vista parcial de una de las líneas de trituración del todo-uno. Foto cortesía de Joaquín Nieves.

de interés económico del yacimiento (scheelita), se realizó un mapa de distribución de scheelita en los filones, en los cuatro bancos que estaban en explotación en los años 1979-1980 (Figura 3). Este mapa vino a suplir la falta de información existente sobre distribución de leyes en distintas zonas de la corta, y además proporcionó una valiosa y definitiva información sobre la relación directa entre la mineralización y los filones.

Para su realización se tomaron datos sobre la mineralogía de los distintos grupos de venas, adoptando un código a la vez sencillo y útil: para cada uno de los minerales presentes se anotaba si era abundante, mineral visto o ausente. Al situar estos datos, individualmente para cada mineral, en el plano de la red filoniana, se



Cuboctaedro de pirita sobre cuarzo. Tamaño: 3 mm. Colección: Zona Minera. Foto: F. Piña.

pudo conocer cuales eran las zonas más ricas del yacimiento, así como su distribución espacial.

Para los siguientes minerales: casiterita, esfalerita, wolframita y baritina, dada su relativa escasez, no se ha estudiado su distribución espacial, tan sólo eran anotados

los puntos de la corta donde fueron vistos.

Como puede observarse en la figura 3, y para las dimensiones de la corta en aquella época (1979-1980), la riqueza de la mineralización filoniana de scheelita aumentaba progresivamente en profundidad. La distribución espacial de la arsenopirita era análoga a la de la scheelita, lo que parece indicar un origen y ley de distribución comunes para ambos minerales. Por el contrario, no existen coincidencias notables entre mineralizaciones filonianas y litologías específicas del encajante. Únicamente parece que los tramos más grauváquicos pudieran ser más favorables al desarrollo filoniano, debido probablemente a la fracturación más intensa de los mismos.

CARACTERES METALOGÉNICOS: PARAGÉNESIS Y SUCESIÓN MINERAL

Como resultado del análisis microscópico sobre diversas láminas transparentes y probetas pulidas, junto con las observaciones realizadas a escala macroscópica en el estudio de la corta, se ha elaborado un esquema en el que queda reflejada la paragénesis y sucesión mineral del yacimiento de La Parrilla (Figura 5). En este esquema modificado y ampliado del de Arribas y Aldaya (1972) y del de Gumiel y Pineda (1981), se presentan todos los componentes de la paragénesis a la izquierda del diagrama, distinguiéndose los minerales hipogénicos y supergénicos. Asimismo, se observa la secuencia de deposición de los minerales del yacimiento (Figura 5).

Se pone de manifiesto la existencia de una primera etapa metalogénica, de más alta temperatura, en la que se depositan: scheelita, de forma mayoritaria en el yacimiento, wolframita y casiterita. La arsenopirita acompaña a la scheelita, siendo el mineral más abundante del yacimiento. Su deposición continúa durante el comienzo de la fase de precipitación de los sulfuros. Aparecen granos de bismuto muy accesorios, a veces reemplazados por bismutina. Asimismo, se depositan pirrotina, calcopirita y esfalerita que lo hacen de forma minoritaria.

Como consecuencia de los procesos de alteración de los minerales hipogénicos, se verifica una distribución de los siguientes minerales supergénicos: escorodita, meymacita, limonita y covellina, a expensas del reemplazamiento de arsenopirita,



Cristales milimétricos de moscovita en las cavidades de la salbanda de los filones. Estos recubrimientos pueden servir de matriz a diversas especies, o formar por sí solos ejemplares de gran belleza. Colección y foto: F. Piña.



Arsenopiritización en el encajante próximo a los filones: proceso de alteración hidrotermal relacionado con la formación de los filones. Se caracteriza por la aparición de pequeños cristales de mispíquel, que van siendo más abundantes hacia los bordes de las venas. Banco 1° de la corta. Foto: P. Gumiel.

scheelita, pirita y calcopirita respectivamente (Figura 5).

ALTERACIONES HIDROTERMALES DE LAS ROCAS ENCAJANTES

Los principales tipos de alteraciones hidrotermales que sufren las rocas encajantes de la mineralización de La Parrilla, están en relación directa con la proximidad a los filones y son principalmente: turmalinización, greisenización, silicificación y arsenopiritización.

La turmalinización es una disseminación de cristales milimétricos de turmalina en el encajante, siendo más abundante hacia los bordes de las venas (en una anchura de 1 cm), y disminuyendo progresivamente según se aleja de las mismas. La arsenopiritización se traduce en la aparición de cristales milimétricos de arsenopirita en el encajante próximo a los filones, y de igual forma, su abundancia está en relación directa con la proximidad a los filones. También se aprecia la existencia de procesos de silicificación y moscovitización, así como una disseminación de scheelita de tamaño no superior a 0.1 mm (reconocido con lámpara U.V.), procesos siempre crecientes hacia los bordes de las venas. Aunque menos frecuente, también se observa un salpicado de pequeños gránulos de rutilo de neoformación (introducción de titanio), siempre en el encajante adyacente a los filones.

Todos estos procesos de alteraciones hidrotermales están originados como consecuencia de la formación de los filones, y en definitiva, con las soluciones mineralizadoras que dieron lugar a los mismos.

Cristal de arsenopirita de 18 mm, obtenido en la escombrera del rechazo de trituración. Colección y foto: F. Piña.

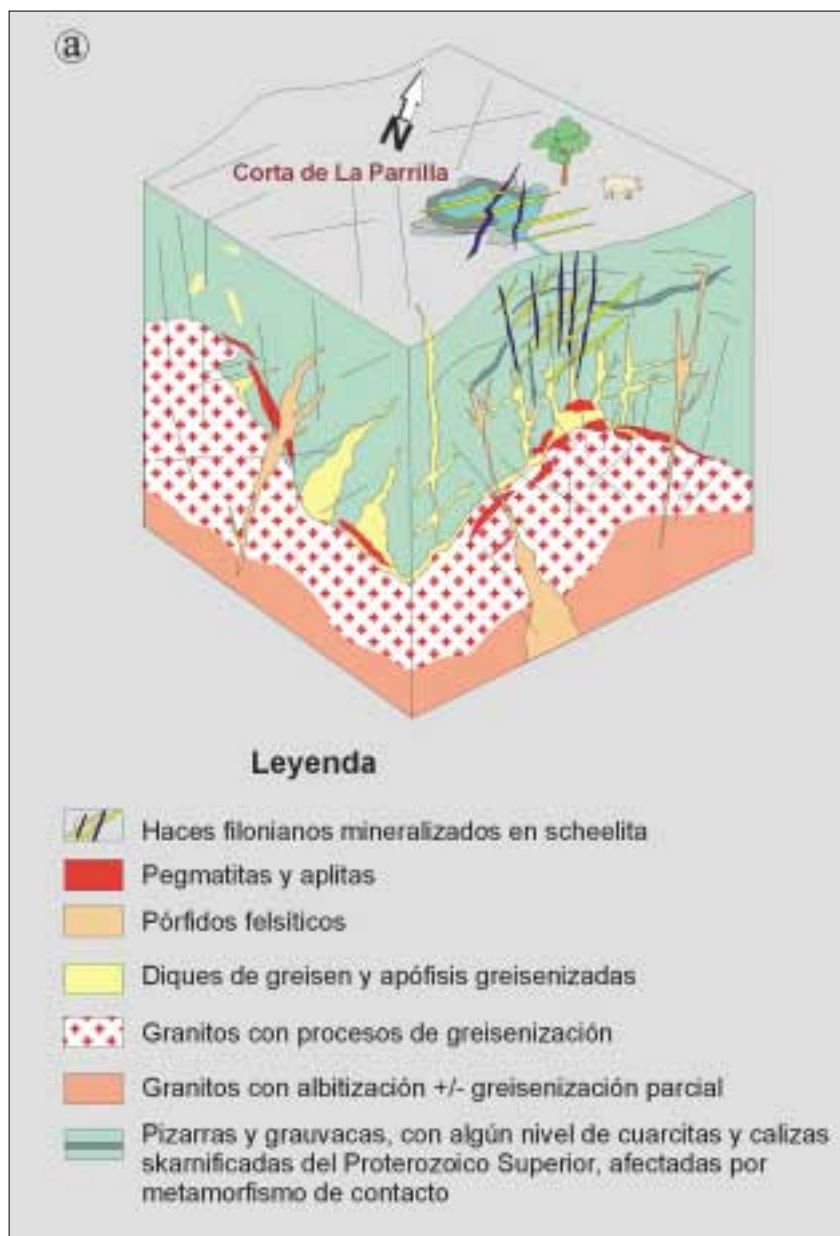


Figura 6a. Modelo 3-D del yacimiento de La Parrilla, en relación con una cúpula granítica no aflorante.





Cristal de scheelita en una pequeña geoda con turmalinas. Encuadre: 9 mm. Colección: P. Berástegui. Foto: F. Piña.

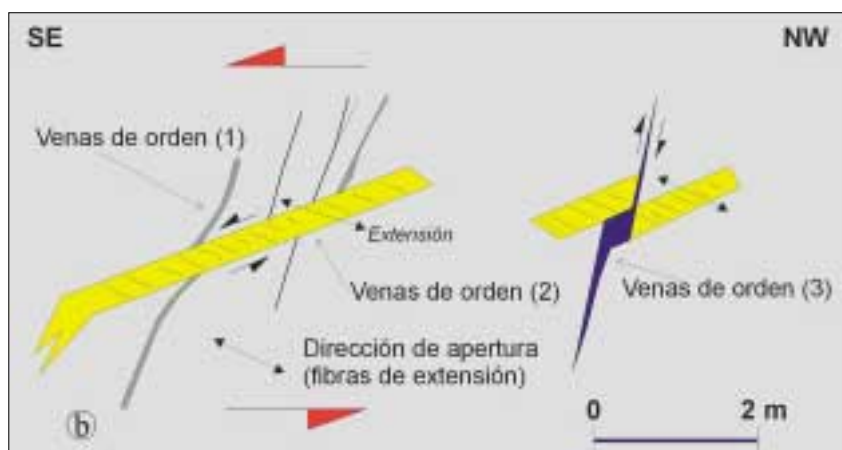


Figura 6b. Cronología de los grupos de venas en la corta Adelaida, mina La Parrilla.

ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LOS SISTEMAS FILONIANOS. ESTUDIOS RECIENTES DE CONECTIVIDAD DE FRACTURAS

Gumiel y Pineda (1981) fueron pioneros en el estudio geométrico y estadístico de los sistemas filonianos de la mina de La Parrilla. Estos autores realizaron un primer análisis cuantitativo del campo filoniano mineralizado, en base a la toma sistemática de medidas de venas en todos los bancos de explotación de la corta. Igualmente, analizaron las potencias filonianas por bancos, llegando a la conclusión de que parece que hay una tendencia al aumento de la potencia de las venas en profundidad, siendo las potencias más frecuentes las comprendidas entre 10 mm y 150 mm. Las poblaciones de potencias eran muy

homogéneas en los bancos superiores y por el contrario, en profundidad predominaban determinados valores de potencias, como 40, 70, 100 y 150 mm.

Por otra parte, establecieron que de las relaciones entre las potencias de los filones

y las orientaciones de los mismos, se observa que las potencias más frecuentes (entre 10 mm y 150 mm) coinciden con el haz filoniano de orientación principal NE-SW. Por el contrario, en los bancos inferiores, las mayores potencias tienden a situarse en direcciones cercanas a E-W, o incluso NW-SE, coincidiendo con los filones “cruceros”. Asimismo, estudiaron otros parámetros de interés, como la proporción de relleno filoniano (material filoniano y cantidad de unidades filonianas), estableciendo una relación entre la potencia acumulada de todos los filones, el número de filones y la longitud de afloramiento en cada banco. De este análisis se dedujo que, tanto la proporción de material filoniano, como el número de unidades filonianas aumentaban en profundidad.

Dado el interés científico de la mina de La Parrilla, los últimos trabajos realizados contemplan aspectos relacionados con la geometría de los filones, su distribución espacial y las leyes de escalado fractal que intervienen en su formación. Estos estudios se realizan mediante el análisis cuantitativo de parámetros, como potencia y espaciado de los diferentes grupos de venas intersectados en transversales perpendiculares a la orientación de los filones (Gumiel et al., 1995; Gumiel y Campos, 1998). Los resultados obtenidos confirman que la potencia y la densidad de las venas tienden a aumentar en profundidad (Tabla 1).

También se han realizado ensayos de conectividad de fracturas, mediante la cartografía de detalle de las trazas filonianas (Figura 4), y a partir de simulaciones estocásticas en 3-D, para avanzar en el conocimiento y modelización de los sistemas de percolación de los paleofluidos que dieron lugar a los filones mineralizados de La Parrilla (Gumiel y Campos, 1998; Roberts et al., 1998).

Estadística de venas en la mina de La Parrilla

Estadística venas	(Banco-1)	(Banco-2)
Nº Venas	37	112
Longitud Transversal (m)	109	93
Orientación Transversal	N100° E	N110° E
Rango Potencias (mm)	16-250	1-400
Suma Potencias (mm)	2892	4229
Potencia Media (mm)	78,16	37,75
Densidad venas/m	0,34	1,20
% venas	2,65	4,55
Extensión (%)	0,027	0,048

Tabla 1.- Características estadísticas de los grupos de venas intersectados en dos transversales de muestreo en la mina de La Parrilla.



Cristal de arsenopirita sobre cuarzo. Encuadre: 10 mm. Colección : P. Berástegui. Foto: F. Piña.

Las zonas seleccionadas en las que se ha llevado a cabo una cartografía de detalle de las trazas de las venas, han sido también muestreadas para su posterior análisis químico de elementos como W, Sn, As y Au. El objeto ha sido comparar contenidos metálicos en estos elementos y zonas de dilatación en las intersecciones de venas. Los resultados obtenidos muestran claramente la buena correlación existente entre zonas con enriquecimiento en contenidos metálicos de W, Sn, As, y Au, y zonas de dilatación de las venas, descartándose la existencia de contenidos metálicos en las rocas encajantes.

Esto corrobora lo expresado por Gumiel y Pineda (1981), después de realizar un estudio de geoquímica de rocas en la corta, con objeto de localizar niveles enriquecidos en un posible “stock” metálico en W, Sn y As que, posteriormente por removilización, hubiera dado lugar a la concentración de mineralización explotable. Estos autores establecieron que no se observa ninguna relación evidente entre distribución de scheelita (contenido en WO_3) y determinadas facies litológicas del encajante.

TIPOLOGÍA Y MODELIZACIÓN DEL YACIMIENTO

Los filones de cuarzo con scheelita de la mina de La Parrilla, por su asociación mineralógica, pertenecen a la asociación (q-w): cuarzo, scheelita-wolframita, de Arribas (1979), en la que la scheelita es el principal mineral de wolframio en la paragénesis. También, el yacimiento pertenece al tipo IV “Yacimientos relacionados con cúpulas graníticas no aflorantes”, de Gumiel (1981), en base a la posición relativa de la mineralización con respecto a una intrusión con la que puede estar relacionada. Igualmente, define el tipo 2.4., “Filones de cuarzo con scheelita-casiterita en haces filonianos extratolíticos” de (Gumiel 1984).

Por otra parte, el yacimiento de La Parrilla encaja precisamente en el tipo a2: “Stockwork y filoncillos sin relación conocida con un plutón”, de Burnol et al., (1978).

Una hipótesis “singenético-familiar”

“La potencia y la densidad de los filones tienden a aumentar en profundidad”

para explicar el origen de la mineralización de La Parrilla fue descartado por Gumiel y Pineda (1981), puesto que existían más argumentos a favor de una mineralización “epigenética-extraña” relacionada con la existencia de una cúpula granítica en profundidad. Hay pruebas contundentes como para pensar que la mineralización es epigenética, puesto que la diseminación de scheelita, arsenopirita y turmalina en el encajante no es primaria como consecuencia del metamorfismo, sino claramente relacionada con el emplazamiento filoniano (conviene recordar que todos estos fenómenos son crecientes con la proximidad a los filones).

Mediante la prospección regional estratégica, se muestrearon todas las formaciones litológicas en superficie y en una amplia zona fuera de la influencia de la mina. Los contenidos en W y Sn, (medias de 12.40 ppm y 11.64 ppm respectivamente, para un total de 72 muestras) muestran claramente el bajo fondo regional y la no existencia, al menos en superficie, de ningún nivel sufi-



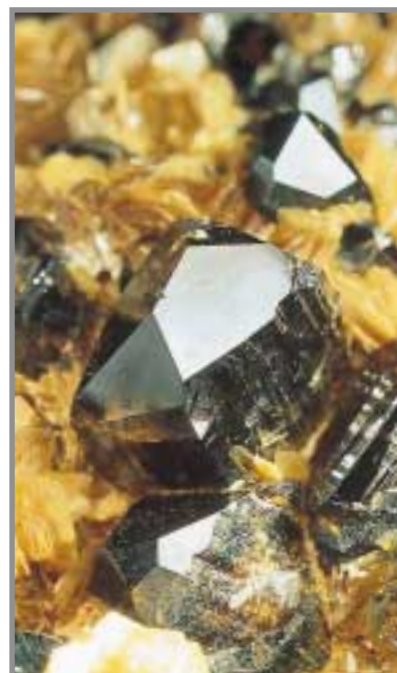
Figura 6c. Modelo de cizalla que afecta a las venas de La Parrilla, y su relación con el emplazamiento de una cúpula granítica.



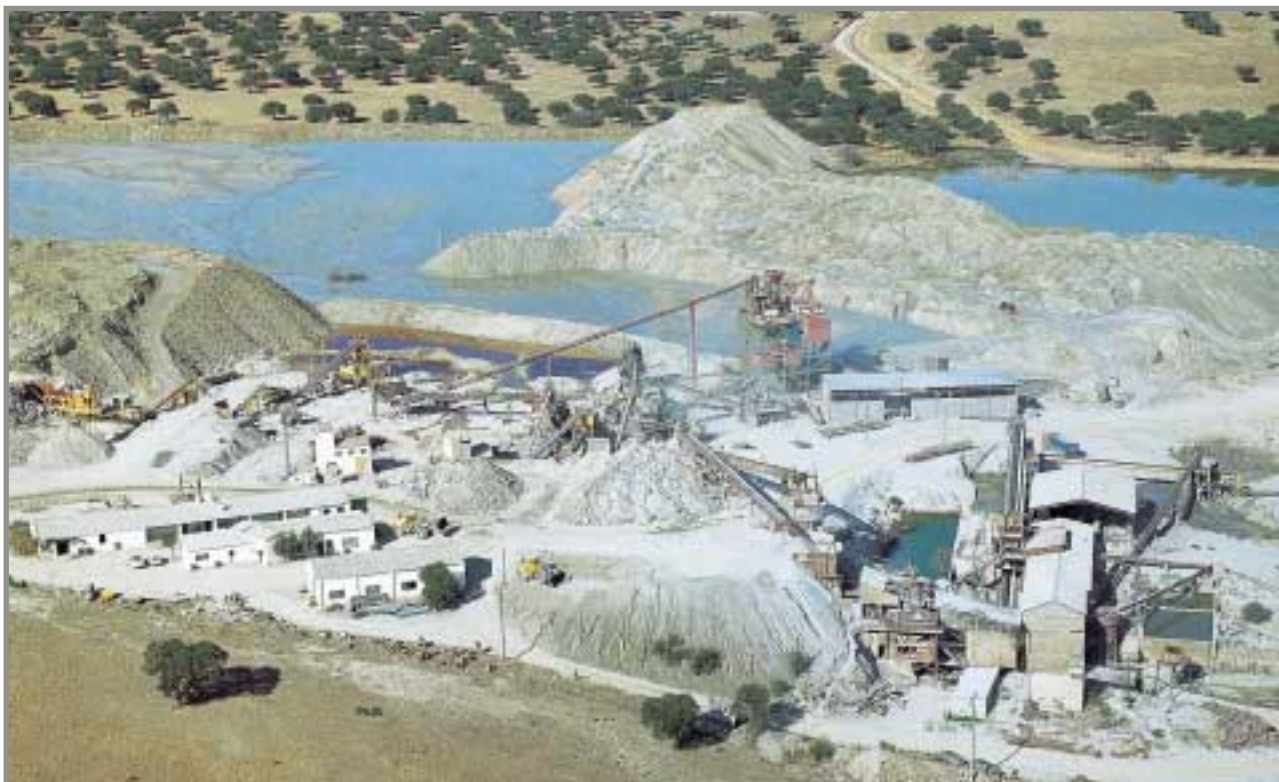
Flota de camiones Komatsu y Caterpillar, para el transporte de tierras. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.

cientemente extenso a escala regional enriquecido en dichos elementos.

Estos hechos llevaron a considerar que la mineralización de scheelita de La Parrilla es un hecho metalogénico local, que se traduce en el desarrollo de un campo filoniano bien individualizado y particularmente rico en scheelita (posible extensión del campo filoniano 1.500 m en dirección WNW x 700 m en sentido NNE). Por consiguiente, dada la situación de la mineralización de scheelita en el exocontacto, las consideraciones genéticas sobre el origen de la misma apuntan a la existencia de una cúpula granítica en profundidad (dato que ha sido confirmado, puesto que se cortó granito en uno de los sondeos más profundos que realizó la Compañía Rioibex S.A. en el fondo de la corta). Un argumento im-



Cristal de casiterita de 6 mm, sobre moscovita. Colección: Jesús Villar. Foto: F. Piña.



Vista general de las instalaciones de trituración (parte izquierda de la foto) y concentración del todo-uno (primer plano, derecha y posterior, en estructura roja), oficinas y laboratorios de la mina, en octubre de 1984. La capacidad nominal era de 300 t/h, con un volumen de producto en torno a 100 t/mes de scheelita, totalmente destinada a la exportación. Foto: Paisajes Españoles, S.A.

portante a favor de esta hipótesis es la existencia de una aureola de metamorfismo de contacto en los materiales encajantes de la mina de La Parrilla (Figura 1).

Pero a su vez, las soluciones mineralizadoras que originaron la mineralización de La Parrilla y la propia cúpula granítica, pueden estar espacialmente asociadas con una zona de cizalla (Gumiel et al., 1995). Su situación en el límite Sur de

una importante banda de deformación, de dirección aproximada N-S a NNW-SSE (la Zona de Cizalla dúctil-frágil de Montánchez) es muy significativa. Con esta estructura, al menos espacialmente, se encuentran relacionados, un numeroso conjunto de mineralizaciones: en el extremo Norte de la misma, se sitúan los insuficientemente conocidos grupos filonianos con mineralización de plata de las

proximidades de Santa Marta de Magasca. La zona de cizalla se prolonga por el Oeste del stock granítico de Plasenzuela, donde se encuentran los importantes conjuntos filonianos con mineralización de plata y plomo (La Serafina, la Sevillana etc.). La extensión Sur de la banda de deformación está bien representada por la “fábrica” dúctil-frágil que presenta el granito de Montánchez, con desarrollo de planos S/C, que marcan un movimiento de sentido sinistral (Figura 2). Finalmente, en el extremo Sur de la estructura se encuentran los filones de wolframita y/o casiterita de Arroyomolinos de Montánchez y los conjuntos filonianos de El Sextil y La Parrilla, que ocuparían estructuras de segundo orden (fracturas de orienta-



Grupo de cristales de 7 mm de arsenopirita. Colección: Zona Minera. Foto: F. Piña.



Equipos de carga para las operaciones mineras. Foto: cortesía de la Familia Bonilla.



Cristal de casiterita de 4 mm, sobre moscovita, en el que se puede observar la combinación de dos prismas y la pirámide tetragonal. Colección: Jesús Villar. Foto: F. Piña.



Escorodita pseudomórfica de arsenopirita. Cristal de 14 mm. Colección: B. Sáinz de Baranda. Foto: F. Piña.

ción principal NE-SW) relacionadas con la zona de cizalla.

Los nuevos datos estructurales que actualmente se poseen de los filones de la mina de La Parrilla, corroboran un modelo que contempla la existencia de una cúpula granítica en profundidad (Figura 6a), cuya evolución y emplazamiento se representa esquemáticamente en las figuras 6b y 6c.



BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, H.; GARCIA, J.L.; GIL, A.; HERNANDEZ, J.; LORENZO, S.; LÓPEZ, F.; MIRA, M.; MONTESERÍN, V.; NOZAL, F.; PARDO, M.V.; PICART, J.; ROBLES, R.; SANTAMARIA, J.; y SOLÉ, F.J. (1988). "Unidades litoestratigráficas de los materiales Precámbrico-Cámbricos en la mitad suroccidental de la Zona Centroibérica". II Congreso Geol. de España, Vol. I, 19-22.
- ARRIBAS, A. (1979). "Mineral paragenesis in the variscan metallogeny of Spain". *Studia Geol.* 14, 223-260.
- ARRIBAS, A. y ALDAYA, F. (1972). "Estudio geológico y metalogénico preliminar de la mina Adelaida (W,Sn)". Inf. privado (Inéd.).
- BARBA, A.; PINEDA, A.; GIL, G.; GUMIEL, P.; VIDAL, A. y LIARTE, J. (1980). "Estudio del entorno geológico de las mineralizaciones de scheelita de la mina de La Parrilla". IV Jor. Min. Metalurg. (Huelva). Sec. 1, 2, 11, 50-52.
- BURNOL, L.; GEFFROY, J. y SOLER, P. (1978). "Le tungstène, ses principaux types de gisement". *Chon. Rech. Min.* 441 y 443, 27-43 y 24-44.
- CAMPOS, R. (1998). "Estudio geológico y gravimétrico de los granitoides de la antiforma de Cáceres: aplicación a la exploración de yacimientos minerales". Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid. Inéd. 169 pp.
- GUMIEL, P. (1981). "Essai sur la classification typologique des principaux gisements de Sn-W d'Extremadure (Espagne)". *Chron. Rech. Min.* 463, 5-26.
- GUMIEL, P. (1984). "Tipología de los yacimientos de estaño y wolframio del Macizo Ibérico". I Congreso Español de Geología, Tomo V, 183-216.
- GUMIEL, P. y PINEDA, A. (1981). "Estudio del yacimiento de Scheelita de La Parrilla (Cáceres-Badajoz)". *Tecniterae*, 39, 16-38.
- GUMIEL, P.; CAMPOS, R.; SANDERSON, D.J.; y ROBERTS, S. (1995). "Geometría y fractalidad de los sistemas filonianos de la Mina de La Parrilla (Cáceres): conectividad y percolación". *Bol. Geol. Min. España*. Vol. 106-4, 316-337.
- GUMIEL, P.; CAMPOS, R.; HERNÁNDEZ, J.R. y PAREDES, C. (1996). "Características de la geometría fractal de varios sistemas filonianos mineralizados en Au, W, Sn U y P del Macizo Hespérico". IV Congr. Geol. Españ. Alcalá de Henares. *Geogaceta* 20-6, Parte I, 1397-1400 y Parte II, 1401-1404.
- GUMIEL, P. y CAMPOS, R. (1998). "Mapa Geológico y de Recursos Minerales del Sector Central de Extremadura y Memoria explicativa". Consejería de Economía Industria y Hacienda, Dirección General de

- Ordenación Industrial, Energía y Minas. Junta de Extremadura 1998, 99 pp.
- GUTIERREZ, J.C.; SAN JOSE, M.A. y PIEREN, A.P. (1990). "Post-Cambrian Palaeozoic Stratigraphy of Central Iberian Zone". En: "Pre-Mesozoic Geology of Iberia". Dallmeyer y Martínez García Eds. Springer-Verlag, 160-171.
- IGME, (1976). "Fase previa de investigación minera en las zonas de Cañaveral y Santa Amalia en las Provincias de Cáceres y Badajoz". Inédito.
- IGME, (1978). "Investigación minera en la zona Noroeste de Santa Amalia (Cáceres-Badajoz)". Inédito.
- IGME, (1985). "Inventario Nacional de Recursos de Volframio". Ministerio de Industria y Energía, 168 pp.
- LÓPEZ DÍAZ, F. (1991). "Características de la primera fase (distensiva) hercínica en la sierra de San Pedro (Cáceres - Badajoz)". *Cuad. Lab. Laxe*, 16, 53-63.
- PARDO, M.V. y GARCÍA ALCALDE, J.L. (1984). "Bioestratigrafía del Devónico de la región de Almadén (Ciudad Real, España)". *Trab. Geol. Univ. Oviedo*, 14, 79-120.
- PINEDA, A.; GIL SERRANO, G. y MONTESERÍN, V. (1980). "Nota sobre las formaciones carboníferas de las Sierras de San Pedro y del Saltillo (Cáceres - Badajoz)". *Tecniterae* nº 33.
- RAMÍREZ, E. (1971). "Mapa geológico de España, 1/200.000, Hoja nº 51, Cáceres". IGME.
- ROBERTS, S., SANDERSON, D.J. y GUMIEL, P. (1998). "Fractal analysis of Sn-W mineralization from Central Iberia: insights into the role of fracture connectivity in the formation of an ore deposit". *Economic Geology*, vol. 93-3, 360-365.
- ROSO DE LUNA, I. y HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1946). "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 y Memoria explicativa de la Hoja nº 753 (Majadas)". IGME.
- ROSO DE LUNA, I. y HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1957). "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 y Memoria explicativa de la Hoja nº 705 (Trujillo)". IGME.
- SANDERSON, D.J.; ROBERTS, S.; MCGOWAN, J. y GUMIEL, P. (1991). "Hercynian transpressive tectonics at the southern margin of the Central Iberian Zone. West Spain". *Journal Geol. Soc. London* V.148, 893-898.
- TAMAIN, G. (1972). "Recherches géologiques et minières dans Sierra Morena Oriental. Espagne". These 3ème cycle Univ. d'Orsay, Paris 870 pp.
- VALERO, P. (1986). "Estudio de los alrededores del yacimiento de scheelita de La Parrilla (Cáceres-Badajoz)". Tesis de licenciatura. Inéd. 101 pp.