

## Geoquímica del W en el área circundante al yacimiento de scheelita de Barruecopardo (Salamanca)

por ENCARNACIÓN PELLITERO,\* JULIO SAAVEDRA,\*\* ANTONIO GARCÍA SÁNCHEZ \* y ANTONIO ARRIBAS MORENO \*

### RESUMEN

La microclinización, proceso ácido débil, implica una corrosión de plagioclasas y una transformación biotita-clorita, con paso del W de dicha biotita a la fase volátil, bajo forma compleja. El descenso de presión en las fisuras (filones) hace precipitar a los wolframatos. Este mecanismo explica el empobrecimiento en W en las inmediaciones del yacimiento, y justifica una explicación geoquímica y mineralógica expuesta precedentemente.

### RESUMÉ

Après un bref aperçu sur le phénomène de la microclinisation (faible acidité, corrosion des plagioclases, transformation de la biotite en chlorite et feldspar potassique avec le tungstène des réseaux biotitiques à la phase fluide), on justifie l'impossibilité du passage du W aux réseaux des silicates. Vers les fissures, zones de plus faible pression, il y a une émigrations des fluides; là, on a une déstabilisation du complexe tungstiphère, avec le développement principal de scheelite au dépens du calcium des plagioclases. Alors, le granite autour de la minéralisation est le plus pauvre en W. Ce origine est une attestation de la hypothèse préliminaire liée à la minéralogie et à la géochimie de la roche encaissant.

En un trabajo anterior (PELLITERO y cols., 1975) se estudiaron las principales peculiaridades de este yacimiento, atribuyendo su origen a una microclinización muy precoz del granito regional. El propósito de la presente investigación es precisar el mecanismo controlando las variaciones en W. Para ello se han utilizado exactamente las mismas muestras que se emplearon en el aludido trabajo preliminar, midiendo el W por fluorescencia de rayos X.

### ANTECEDENTES

En la publicación de PELLITERO y cols. (op. cit.) se han sintetizado los conocimientos geológicos generales que existían de antes. Estos autores diferencian

cinco facies fundamentales en el área de la mineralización (desde granodioritas alcalinas a granitos s.str.) El granito, alóctono, ocupa una cúpula desmantelada recientemente de la cubierta de esquistos; subsisten en la zona abundantísimos enclaves de éstos. Sufrió un rápido ascenso, y comenzó a cristalizar antes de su emplazamiento definitivo (a unos 4-6 km de profundidad); la cristalización de los últimos minerales (parte de cuarzo y feldespato potásico) concluyó cuando el batolito ya estaba emplazado. Los procesos tardíos, con intervención deutérica, comenzaron en la etapa final de la cristalización, antes de que ésta concluyese, por una actividad del potasio manifestada mineralógicamente por una microclinización (corrosión de plagioclasas, cloritización de biotitas); posteriormente siguió una débil moscovitización normal, observándose netas gradaciones geoquímicas (en K, Rb, Ba, Pb, Fe, Ti, Mg, Zr y Ca) al considerar las diversas facies (basándose en más de 1000 datos analíticos)

El principal proceso tardío fue la microclinización, como se dijo, que afectó desigualmente a las facies y fue el responsable de la mineralización, por corrosión y extracción de W de minerales anteriores; estos concentrados depositaron la scheelita. En la figura 1 se muestra la relación entre la microclinización (medida por el parámetro químico Or, directamente proporcional al contenido en feldespato potásico), los puntos de explotación y la cartografía de las facies.

### OBSERVACIONES GENERALES

La explotación principal está constituida por una infinidad de filones paralelos (de desigual tamaño, milimétrico a métrico), cuarcíferos, que llevan la metalización. Se corrobora sobre el terreno que el proceso de mineralización, originado por una microclinización, se produjo antes de que el granito estuviese definitivamente consolidado, pues son claramente visibles masas pegmatíticas que cortan a estos filones paralelos.

\* Departamento de Mineralogía, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.

\*\* Sección de Mineralogía del Centro de Edafología del C.S.I.C., Salamanca.

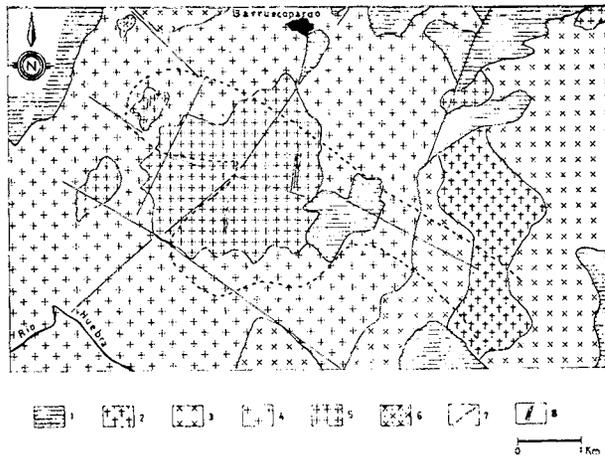


FIG. 1. — Cartografía del área estudiada. Se ha indicado, con línea de trazos (Or), la zona con mayor riqueza en feldespato potásico.

1. Esquistos. 2. Granito adamellítico, algo porfiroide, con biotita y un poco de moscovita. 3. Adamellita de dos micas, grano medio a grueso; no porfiroide. 4. Adamellita de dos micas con predominio de la biotita. 5. Adamellita con ligero predominio de la moscovita sobre la biotita. 6. Granodiorita de tendencia adamellítica, con moscovita, de grano medio a fino. 7. Fracturas. 8. Filones mineralizados.

Es claro que la tectónica actuó sobre un material aún no rígido, observable al microscopio fácilmente.

Los filones cuarcíferos llevan esencialmente scheelita y arsenopirita. Hay también cantidades subordinadas de wolframita (férifera, sobre todo), pirita y, en menor cantidad, calcopirita. Como trazas se aprecian raramente molibdenita y casiterita.

La perfecta relación área mineralizada-desarrollo de feldespato potásico, así como su evidencia genética anterior a la cristalización definitiva (fase pegmatítica) hace que sea un yacimiento científicamente único para demostrar claramente este origen.

La bibliografía no alude a un caso tan puro como éste. SYRITSO y CHERNIK (1969) detallan mineralizaciones intragraníticas con scheelita, wolframita, sulfuros y casiterita (entre otros minerales), atribuidas a una fase de microclinización precoz, con un quimismo semejante, pero las cantidades relativas y formas de presentación no coinciden con las aquí presentes. BURNOL (1974) describe un tipo de yacimientos, presentes en el Macizo Central francés y en otras partes del mundo, bastante semejante, con wolframita del tipo ferberita, asociado a una microclinización precoz, etc.; la única diferencia es que estos yacimientos son extratolíticos, pero, sin duda, se está en el mismo caso fundamentalmente. Otro tanto ocurre con el yacimiento de Borralha (Portugal) aunque éste ya presenta algunas mineralizaciones de W en el encajante (NORONHA y SAAVEDRA, 1975).

#### GEOQUÍMICA DEL W EN ROCAS GRANÍTICAS

No es muy conocida. Trabajos modernos (LEVASHEV y cols., 1974) confirman las ideas más antiguas,

en base a un mayor número de datos, de que el W no tiene porqué provenir exclusivamente de la corteza y estar asociado a granitos; hay basaltos alcalinos mucho más ricos en este elemento que gran parte de los granitos; el problema se complica si se tienen rocas graníticas en cuya génesis ha participado material profundo, basi-infracrystal (caso del batolito aquí estudiado). Para el caso presente, se considera sólo la evolución del W en granitoides prescindiendo de su fuente primitiva.

Los contenidos en W de granitos con yacimientos de scheelita y/o wolframita de diversas partes del mundo son escasos (BARABANOV, 1970; FLINTER y cols., 1972; SHEREMET y cols., 1973; SOBACHENKO y cols., 1974), pero, en general, se puede decir que, por término medio, no se sobrepasan las 5 ppm.

Químicamente, el W puede formar fácilmente complejos muy volátiles a alta presión y temperatura, pudiendo emigrar lejos. En presencia de cationes como  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $Ca^{2+}$ , hay precipitación si la acidez es adecuada, apareciendo ferberita ( $FeWO_4$ ) a pH 5,9, hubnerita ( $MnWO_4$ ) a pH 6,7 y scheelita ( $CaWO_4$ ) a pH 7,3 (GUNDLACH, 1967). La forma de transporte debe de ser, probablemente, bajo la forma de oxicomplejos, puesto que IVANOVA (1966) ha mostrado la imposibilidad de que sea por complejos simples.

La distribución del W en los minerales graníticos depende de la acidez: en las variedades sódicas, el elemento entra en las redes fácilmente, mientras que en las potásicas no ocurre así (LEVASHEV y cols., op. cit.). Un estudio de los principales minerales comunes en granitos (hornblenda, biotita, moscovita, feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo) muestra que el W se concentra sobre todo en micas y anfíboles (LYAKHOVICH, 1973; LEVASHEV y cols., op. cit.). El  $W^{4+}$  presenta coordinación 6 en hornblenda y biotita, favoreciéndose su entrada con el incremento de Al VI (y, por tanto, probablemente con la presión) y disminuyendo, por contracción octaédrica, el parámetro b de la celdilla unidad. El proceso general de acumulación, pues, es bastante complicado y dependiente de cierto número de variables termodinámicas.

#### DISTRIBUCIÓN DE W EN EL ÁREA

En la figura 2a se muestran los contenidos de W en el granito en torno a la mineralización, mientras que en la figura 2b se ha indicado la distribución en el frente de explotación de la masa de filones (en anchura y en profundidad). Las figuras son muy ilustrativas: aunque el granito, por término medio, está muy especializado en W, en los alrededores de la mineralización se empobrece notablemente, y el granito entre los filones suele estar muy enriquecido.

Esto confirma y precisa la hipótesis establecida: el W procede del mismo granito, habiéndose extraído

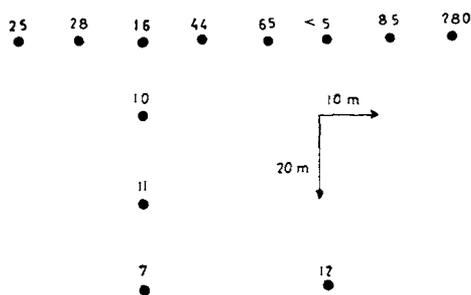


FIG. 2. — Distribución del wolframio.

- a) En la superficie de la figura 1: 1. Menos de 5 ppm de W. 2. De 5 a 10 ppm W. 3. De 10 a 20 ppm. W. 4. Más de 20 ppm W.  
 b) Contenidos en W del granito del frente de explotación.

de sus minerales por un proceso de microclinización que ha empobrecido las inmediaciones; con lo que la distribución se muestra paradójica, pero netamente coherente.

#### INTERPRETACIÓN

La demostrada actividad del potasio mientras aún actuaban fuerzas tectónicas antes de la consolidación definitiva, implica un medio poco ácido, pues las biotitas han sufrido sólo una cloritización (los elementos ferromagnesianos no han sido lixiviados prácticamente) y, en esta fase, no se desarrolla moscovita (el mineral más rico en W). En este medio, el cambio de estructura biotita-clorita, que libera el W, permite que éste quede bajo forma compleja en la fase fluida; la moscovita, principal acumulador de W, no existe por ser la acidez débil, pero tal acidez no es tan baja que precipite el wolframato más insoluble (la ferberita, que lo hace a pH 5,9). Todo esto coincide con las observaciones de la bibliografía (no interpretadas), que señalan la persistencia del W en la fase fluida en

vez de las redes silicatadas cuando hay una actividad apreciable del potasio.

La actuación tectónica hace que en el granito parcialmente consolidado y en proceso de enfriamiento se produzcan grietas (su paralelismo hace pensar en este origen), que se rellenan de esta fase fluida wolframífera; pero la menor presión en estas fracturas hace que se desestabilicen los complejos, con hidrólisis, pérdida de componentes ácidos (aumento de pH) y, por tanto, precipitación de wolframatos. El Ca de la fase fluida procede de la microclinización de plagioclasas, muy frecuente; en cambio, el Fe subsiste casi totalmente en las cloritas lo que explica el absoluto predominio de la scheelita sobre la wolframita.

#### CONCLUSIÓN

La geoquímica del W en los procesos mineralógicos desarrollados por el proceso de microclinización precoz justifica totalmente la hipótesis previa de que este elemento procede del mismo granito, y ha sido extraído de él por la actividad potásica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BARABANOV, V. F. (1970). — Geochemistry of tungsten. *Internat. Geology Rev.*, 13: 332-344.  
 BURNOL, L. (1974). — Different types of leucogranites and classification of the mineralization associated with acid magmatism in the North-western part of the French Massif Central. *Symp. Met. Ass. with Ac. Mag., Karlovy Vary, Czechoslovakia*.  
 FLINTERS, B. H., HESP, W. R. and RIGBY, D. (1972). — Selected geochemical, mineralogical and petrological features of granitoids of the New England Complex, Australia, and their relation to Sn, W, Mo and Cu mineralization. *Econ. Geol.*, 67: 1241-1262.  
 GUNDLACH, H. (1967). — Transport und abscheidungsbedingungen von wolframerzen aus Wassrigelösungen. En: *Pegmatitische Lagerstätten und ihre wirtschaftliche Bedeutung*, 19, Clausthal-Zellerfeld.  
 IVANOVA, G. F. (1966). — Thermodynamic evaluation of the possibility of tungsten transport as halogen compounds. *Geochem. Internat.* 3: 964-973.  
 LEVASHEV, G. B., GOLUBEVA, E. D. and GOVOROV, I. N. (1974). — Distribution of tungsten in mafic intermediate and silic volcanics of the continental part of the circum-pacific belt as illustrated by the Sikhete Alin. *Dok. Akad. Nauk. SSSR*, 214: 199-202.  
 LEVASHEV, G. B., GOVOROV, I. N., STRIZHKOVA, A. A. and GRECHISHCHEVA, A. P. (1972). — The regional geochemistry of tungsten in Primorye. *Geochem. Internat.*, 9: 279-296.  
 YVAKHOVICH, V. V. (1973). — Concentration characteristics of ore elements in granitoid minerals: *Internat. Geology Rev.*, 15: 916-923.  
 NORONHA, F. e SAAVEDRA, J. (1975). — Características petrológicas e tectónicas da área tungstífera de Borralha (Norte de Portugal). II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Buenos Aires, Argentina.  
 PELLITERO, E., SAAVEDRA, J., VINDEL, E., ARRIBAS, A., GARCÍA SÁNCHEZ, A., RODRÍGUEZ PÉREZ, S. (1975). — Estu-

- dio del yacimiento de scheelita de Barruecopardo (Salamanca). II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Buenos Aires, Argentina.
- SHEREMET, Ye. M., GORMASHEVA, G. S. and LEGEYDO, V. A. (1973).—Geochemical criteria for the productivity of potential ore-bearing granitoids in the Gudzhir intrusive complex in West Transbaykalia. *Geochem. Internat.*, 10: 1125-1135.
- SOBACHENKO, V. N., KOSTINKOVA, Ye. S., KUZNETSOVA, A. I., LEGEYDO, V. A., NOVIKOV, V. M., PETROV, L. L., SIMIRNOVA, Ye. V. and TSYKHANSKIY, V. D. (1974).—Geological and geochemical characterization of the granitoids in the Davan and Primorya deep-fault zones in Baykalia. *Geochem. Internat.*, 11: 168-178.
- SYRITSO, L. F. and CHERNIK, L. N. (1965).—Evolution in accessory mineral paragenesis, during metasomatic alteration of granites in eastern Transbaykalia massifs. *Internat. Geology Rev.*, 9: 814-827.

---

Recibido y aceptado para publicación. Junio 1976.