

Cuadernos Geología Ibérica	Vol. 7	Págs. 339-351	Madrid 1981
----------------------------	--------	---------------	-------------

**POTENCIALIDAD METALOGENICA
 DE LAS UNIDADES EXOENDOGRANITICAS
 EN EL YACIMIENTO SN-W DE FONTAO
 (GALICIA, ESPAÑA)**

POR

A. ARRIBAS *, Cl. GAGNY **, J. L. HERMOSA ***, G. NESEN **,
 G. OVEJERO *** y G. SERVAJEAN ***

RESUMEN

Los contenidos en estaño y tungsteno se han analizado para cada una de las unidades graníticas asociadas al yacimiento Sn-W de Fontao, para determinar la potencialidad metalogénica de esas unidades.

Los resultados obtenidos muestran el carácter *especializado* en Sn-W de estos granitos y permiten precisar desde un punto de vista genético el modelo exoendogranito: la mineralización filoniana está directamente relacionada con las fases magmáticas tardías de la cristalización de una cúpula *endogranítica*, intrusiva dentro del complejo *exogranítico*, que le sirve de encajante.

Los exogranitos aparecen como *precursores* al emplazamiento ulterior del magma endogranítico, el cual es el portador de la mineralización.

RESUME

Les teneurs en étain et tungstène de chacune des unités granitiques associées au gisement Sn-W de Fontao ont été analysées dans le but de déterminer la potentialité métallogénique de ces unités.

* Departamento de Mineralogía y Cristalografía. Facultad de Ciencias. Salamanca.

** Laboratoire de Géologie Régionale. Pétrologie Structurale. Université de Nancy I. Case officielle 140-54037 Nancy Cedex. A.T.P. Géochimie-Métallogénie du CNRS.

*** Sociedad Minera y Metalúrgica Peñarroya-España. Madrid.

Les résultats obtenus montrent le caractère *spécialisé* en Sn-W de ces granites et permettent de préciser d'un point de vue génétique le modèle exo-endogranite: la minéralisation filonienne est directement liée aux stades magmatiques tardifs de la cristallisation d'une coupole *endogranitique*, intrusive dans le complexe *exogranitique*, qui lui sert d'encaissant.

Les exogranites apparaissent comme des *précurseurs* de la mise en place ultérieure du magma endogranitique qui est lui, le porteur de la minéralisation.

INTRODUCCION

Si bien puede constatarse que la gran mayoría de los yacimientos filonianos de Sn-W presentan una estrecha relación especial con granitoides, resulta, sin embargo, difícil, con frecuencia, establecer claramente la relación genética entre los filones mineralizados y el granito, incluso cuando los filones encajan en el mismo. Cabe la posibilidad, desde luego, de considerar el granito como un simple encajante pasivo, pudiendo buscarse el origen de los filones fuera de él.

Cuando además se presenta un complejo con varias intrusiones asociadas, es a su vez más difícil determinar cuál de ellas es la responsable de la mineralización.

El yacimiento de Fontao es un caso ejemplar donde es posible poner en evidencia, a través de varios métodos convergentes (cartografía detallada, análisis de trazas de Sn-W, estudio metalográfico...), la potencialidad metalogénica de cada una de las unidades graníticas de un macizo asociado a un yacimiento. Ello permite establecer la relación genética entre los filones de Sn-W y el granito portador.

EL YACIMIENTO DE FONTAO

Generalidades y aspectos económicos

El yacimiento de Fontao está situado al NW de la Península Ibérica, 45 Km. aproximadamente al SE de Santiago de Compostela (provincia de Pontevedra) (Fig. 1). Está constituido por un haz o conjunto de filones de cuarzo con wolframita y casiterita, acompañadas de sulfuros (Fe, Cu, Mo, Bi...) y aflorando sobre una longitud de unos 1.500 m. Este conjunto está emplazado en un complejo granítico sub-circular de pequeña dimensión (0,6 Km.²), constituido por varias intrusiones concéntricas encajadas las unas en las otras (Fig. 2).

La mineralización está concentrada en siete filones principales (20 a 70 cm. de potencia) que fueron explotados por mina subterrá-

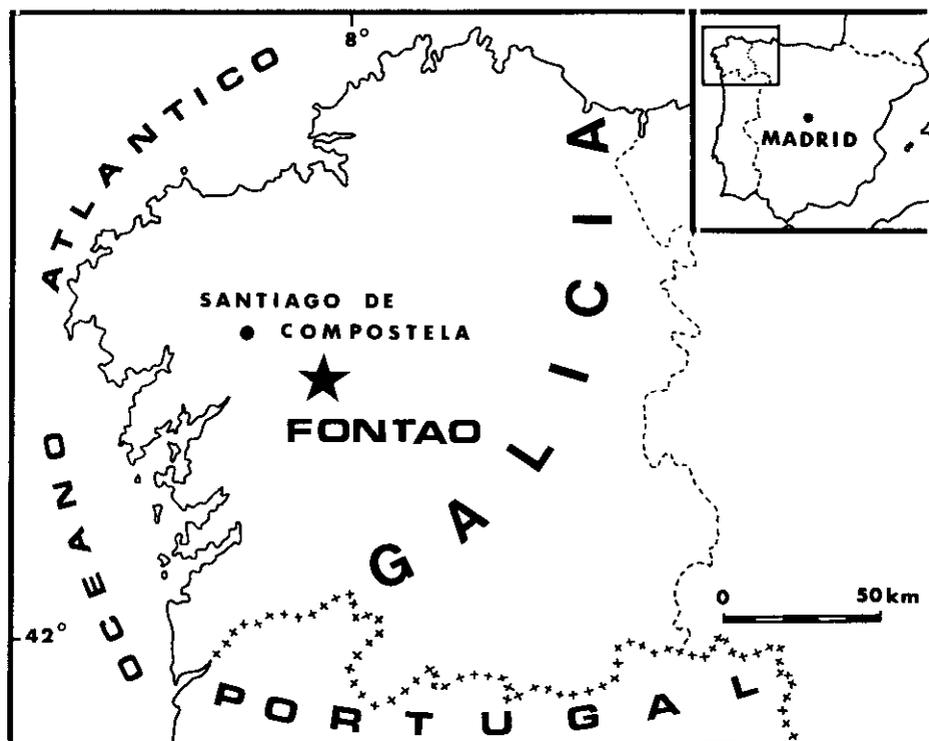


FIG. 1.—*Situación geográfica del yacimiento de Fontao.*

nea, pero aparece también distribuida en una multitud de filoncillos (0,1 a 10 cm.) orientados paralelamente a los filones principales.

El contenido metal del yacimiento de Fontao puede ser estimado en 7.000 toneladas de Sn + W (extraídas, más reservas geológicas), con una relación WO_3/Sn igual a 3. Dentro de la provincia estaño-tungsteno del NW de la Península Ibérica, este tonelaje sitúa el yacimiento de Fontao, junto con otros yacimientos comparables (Santa Comba en la provincia de La Coruña), por encima de los numerosos yacimientos de pequeño contenido metal, pero muy lejos de las 50.000 toneladas de W metal de Panasqueira (norte de Portugal).

En el aspecto minero, la explotación de Fontao, comenzada a primeros de siglo, ha conocido dos grandes períodos:

1934-1963: Explotación en mina subterránea, escalonada sobre seis niveles, alcanzándose los 125 m. de profundidad. El laboreo de cada filón se realizó sobre anchuras de explotación muy reducidas (0,7 a 0,8 m.), posibles dada la firmeza de los hastiales. Ello permitió obtener leyes aceptables: 0,38 % Sn + WO_3 , ley media recuperada de unas

300.000 toneladas de todo-uno de filón, calculada para el período 1952-1962, a partir de los archivos de la mina.

1967-1974: Después del cese de la actividad en 1963, los trabajos se reinician en 1967, pero bajo una nueva óptica; la explotación en masa a cielo abierto destinada a recuperar los numerosos filones y filoncillos intercalados entre los filones principales y que, debido a su escasa potencia, no habían sido trabajados en subterráneo. Alrededor de 1.200.000 toneladas de todo-uno de masa fueron tratadas, con una ley recuperada en lavadero, del orden de 0,04 % Sn + WO₃.

Recientemente (1979-1980), la compañía minera Peñarroya-España realizó una campaña de investigación, apoyada por más de 800 m. de sondeos, que ha confirmado la continuidad en profundidad del campo filoniado al otro lado de la falla que limitaba la antigua explotación (falla del norte; Fig. 2). Sin embargo, las bajas leyes obtenidas y el carácter estrecho de los filones, condicionante de un método de explotación costoso, sitúan a Fontao como un objetivo económico marginal con las cotizaciones actuales.

La organización exogranito-endogranito con stockscheider

El pequeño macizo granítico, al cual están asociados los filones de Sn-W, aflora sobre una superficie elíptica de 0,6 Km.² (1 × 0,6 Km.), cuyo eje mayor, de orientación NE-SW, es paralelo a la dirección filoniana principal.

Está constituido por cuatro intrusiones encajadas las unas en las otras y organizadas en dos conjuntos distintos, separados por un *stockscheider*, y para los cuales hemos utilizado la denominación de *exogranito-endogranito* utilizada por ciertos autores (BAUMANN, 1970; CHAROY, 1975) en otras provincias de estaño-tungsteno (NESEN, 1981).

El *exogranito* forma un primer complejo concéntrico constituido por (Fig. 2):

- Dos anillos de granito porfiroide con biotita y plagioclasa ácida (An₁₃). El anillo externo (unidad A) presenta un grano grueso, mientras que el más interno posee una mesostasis muy fina de tendencia microgranuda (unidad B).
- Un cuerpo central de granito de dos micas y de grano medio presentando escasos fenocristales de feldespatos alcalinos (unidad C). La plagioclasa tiene una composición próxima al polo albita (An₆).

El *endogranito* está representado en Fontao por una cúpula circular de dimensión reducida (unos 300 m. de diámetro), intruida tardía-

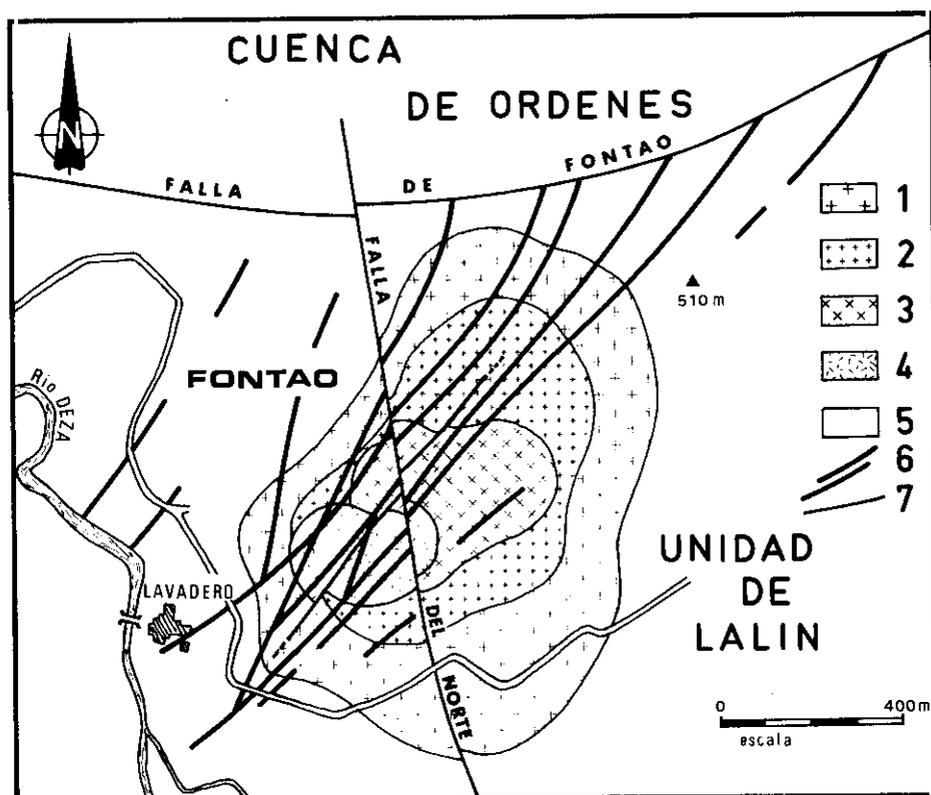


FIG. 2.—Mapa geológico del yacimiento de Fontao. 1-2-3. Unidades graníticas A-B-C.—4. Endogranito.—5. Rocas metamórficas.—6. Filones de Sn-W.—7. Fallas principales.

mente en el exogranito y excéntrica hacia el SW. Se trata de un granito muy leucocrático, no porfídico, con albita pura y únicamente moscovita. El apatito, granate (almandino-spesartita) y los minerales diseminados constituyen los minerales accesorios, por otra parte relativamente abundantes.

El contacto de este endogranito está boreado por un *stockscheider* (lámina 1). De una manera general, los *stockscheider* son formaciones de contacto que jalonan el borde de ciertos granitos, particularmente las pequeñas cúpulas stannio-tungstíferas (COTTA, 1861). Presentan un aspecto pegmatítico y se caracterizan por el desarrollo, groseramente perpendicular al contacto, de grandes cristales de feldespato alcalino, de morfología a menudo curvada, en pluma, en abanico; el engrosamiento del cristal apunta siempre hacia el interior de la intrusión. El estudio del *stockscheider* de Fontao y de otras zonas (Santa Comba...)

indica que su cristalización precede ligeramente a la del endogranito, al cual está íntimamente ligado (NESEN y DUPUIS, 1981).

El estudio geoquímico preliminar y petrológico permite suponer que los granitos porfídicos con biotita (exogranitos A y B) corresponden a la cristalización, en condiciones de emplazamiento diferentes, de un mismo magma. Puede además adelantarse la hipótesis de un origen comagmático de los exogranitos, dentro de los cuales el granito C sería el producto más diferenciado. Por el contrario, el endogranito se inscribe mal en esta primera fase, estando su evolución aparentemente marcada por fenómenos de diferenciación y/o suplementarios.

Desde el punto de vista metalogénico, la relación geométrica entre el haz filoniano y la organización exoendogranítica, tal como lo acabamos de definir, resulta notable (Fig. 2). En efecto, los filones son penecontemporáneos y ligeramente posteriores con respecto al endogranito, estando además perfectamente centrados sobre esta última intrusión (Fig. 2).

La mineralización de Fontao parece, por tanto, estar genéticamente ligada al endogranito.

LOS CONTENIDOS EN Sn-W DE LAS UNIDADES GRANITICAS

Métodos analíticos

Se han analizado en Sn y W dieciocho muestras representativas de cada una de las unidades. El estaño ha sido analizado por cuantimetría en el laboratorio de la COGEMA, en Fontenay-aux-Roses. Se ha observado un cuidado particular en el análisis del tungsteno. En efecto, el análisis preciso de las trazas de este elemento es muy delicado y pudiera pensarse que las dificultades analíticas son las responsables de la gran variación de los valores encontrados en la literatura.

El análisis, no destructivo, sobre polvo, se ha efectuado en el laboratorio de Geologie Appliquée de la Universidad de París VI, mediante un método de fluorescencia X muy fiable (QUINTIN *et al.*, 1978) y que procura un intervalo de confianza del orden de 1 p.p.m. (MARTIN, comunicación oral, París).

Resultados

Los datos obtenidos figuran en el cuadro I. Convicne, para las reflexiones siguientes, considerar aparte las muestras F. 70 y F. 109, probablemente contaminadas por finos filoncillos de cuarzo mineralizados.

Si bien algunos autores muestran ciertas reservas con respecto a la distinción entre granito «especializado» en Sn-W y granito «banal» (por ejemplo, HOSKING, 1967), existen numerosos trabajos, especialmente de Alemania Oriental y Rusia, que tienden a establecer esta noción sobre bases progresivamente más sólidas.

Resulta posible, por consiguiente, distinguir en una provincia de estaño-tungsteno determinada los granitos asociados a las mineralizaciones, llamados *granitos especializados* ($\text{Sn} > 15$ p.p.m., $\text{W} > 4$ a 5 p.p.m.), de los *granitos banales*, cuyo contenido en Sn-W es próximo al del CLARKE (WEDERPOHL, 1969), es decir, $\text{S} \approx 3$ p.p.m., $\text{W} \approx 1,5$ p.p.m.

Los contenidos obtenidos en Fontao confirman este esquema: los granitos del complejo exoendogranítico pertenecen claramente al grupo de los granitos especializados en Sn-W.

En el interior del macizo, los contenidos en Sn-W se reparten en tres conjuntos principales, que corresponden a las unidades petrológicas y estructurales definidas precedentemente:

CUADRO I
CONTENIDO EN SN-W DE LAS DIFERENTES UNIDADES GRANITICAS
DEL MACIZO DE FONTAO

(Los valores entre paréntesis no entran en los cálculos de la media a causa de una contaminación probable.)

EXOGRANITO, ENDOGRANITO Y STOCKSCHEIDER

EXOGRANITO										
	Unidad A			Unidad B			Unidad C			
ppm	F.41	F.76	F.109	F.43	F.70	F.78	F.44	F.74		
Sn	14	14	(37)	17	(58)	15	14	16		
W	8	13	(990)	15	(36)	7	9	7		
STOCKSCHEIDER					ENDOGRANITO					
ppm	F.97	F.112	F.113	F.114	F.25	F.52	F.87	F.105	F.108	F.110
Sn	35	61	88	44	205	3.750	360	1.370	145	165
W	5	7	8	7	646	770	841	560	125	82

Las variaciones son débiles en el interior del conjunto exogranítico, cuyos contenidos en Sn varían entre 14 y 17 p.p.m. (cuadro II), y en W entre 7 y 15 p.p.m. (medias respectivas de 15 y 10 p.p.m.). Se destaca que los valores de los granitos A y B son idénticos, lo que confirmaría su origen comagmático y que el granito C no está enri-

quecido con relación a los precedentes. Es probable que el Sn (¿y W?) esté contenido en las micas y que el contenido modal en estos minerales (débil para el granito C) controle los contenidos en estaño y tungsteno de la roca*.

El endogranito muestra un enriquecimiento muy acusado en Sn, pero sobre todo en W, con relación al exogranito. El endogranito adquiere así un valor metalogénico particular en el macizo de Fontao. La gama de los contenidos está muy extendida, con valores de 200 a 3.750 p.p.m. Sn y 82 a 840 p.p.m. W, y corresponde a zonas más o menos mineralizadas, cuyo significado examinamos en el apartado siguiente.

CUADRO II
 MEDIA DE LOS CONTENIDOS EN SN-W DE LOS DIFERENTES CONJUNTOS
 DEL COMPLEJO EXO-ENDOGRANITO DEL YACIMIENTO

ppm	Exogranito			Endogranito común	Zona de drenaje	Stockscheider
	A	B	C			
Sn	14	16	15	220	1.370 - 3.750	57
W	10	11	8	420	560 - 770	7

Conviene hacer notar que el carácter esencialmente tungstífero de la mineralización filoniana económica se vuelve a encontrar en la mineralización difusa del endogranito.

El stockscheider presenta una tendencia neta al enriquecimiento en estaño (35-88 p.p.m., media 57 p.p.m.), traduciendo de esta manera su relación con el endogranito. Se observa, por el contrario, la ausencia de enriquecimiento e incluso el empobrecimiento en tungsteno del stockscheider con relación al endogranito (5 a 8 p.p.m., media de 7 p.p.m.), poniéndose en evidencia de esta manera la disociación en el comportamiento del Sn y W. Suponemos que hay que atribuir este hecho a la naturaleza de los minerales portadores del Sn y del W. El stockscheider es, en efecto, muy rico en micas (biotitas-moscovitas), minerales altamente concentradores de Sn, pero en menor grado de W (TISCHENDORF, 1977).

* Un programa de análisis del Sn-W de las micas está actualmente en vías de realización.

Estos contenidos, muy bajos en tungsteno, del stockscheider, con relación al conjunto del macizo, y los contenidos en estaño, muy inferiores a los del endo granito, hablan a favor del carácter precoz de la cristalización del stockscheider con relación al granito asociado y, por lo tanto, de su distinción de las pegmatitas clásicas tardimagmáticas (NESEN y DUPUIS, 1981).

LA MINERALIZACION DISEMINADA DEL ENDOGRANITO

Los cuerpos mineralizados

Las observaciones de campo y el estudio metalogénico ponen de manifiesto dos tipos de endo granito: el *endo granito común* y las «zonas con diseminación».

Estas últimas forman zonas lenticulares, inferiores a un metro, alargadas paralelamente a la foliación del granito (adquirida durante una compresión subvertical del granito en su yacimiento durante su emplazamiento). No poseen un contorno neto, sino que, por el contrario, pasan muy gradualmente al endo granito común.

Se caracterizan por la abundancia de minerales, de moscovita y de granate (muestra F. 105; cuadro I). Un caso particular está representado por una zona difusa muy rica en granate (este mineral puede constituir más del 50 % del volumen de la roca), subvertical y recorrida por numerosos filoncillos de cuarzo mineralizados (muestra F. 52; cuadro I). Se observan además algunos lentejones ocasionales de greisens de dimensiones inferiores a un metro, alargados también paralelamente a la foliación de la roca.

Las asociaciones minerales

La mineralización diseminada está constituida por una paragénesis precoz de óxidos y silicatos (wolframita, casiterita, acompañadas de granate), seguida por una asociación de sulfuros (pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, estannita). La pertenencia de la molibdenita a la asociación sulfurada tardía es incierta dada la falta de relación visible con los otros minerales.

Esta sucesión de asociaciones minerales, óxidos seguidos por sulfuros, es idéntica para la mineralización diseminada y para la de los filones cuarzosos estudiados por HILGEN (1970). Es notable, sin embargo, la ausencia de fases de menor temperatura: galena, minerales de bismuto, sulfosales de plata, pirrotina, schelita y fluorita.

En el granito común y en las «zonas con diseminación» los minerales aparecen al fin de la serie de cristalización, mientras que el

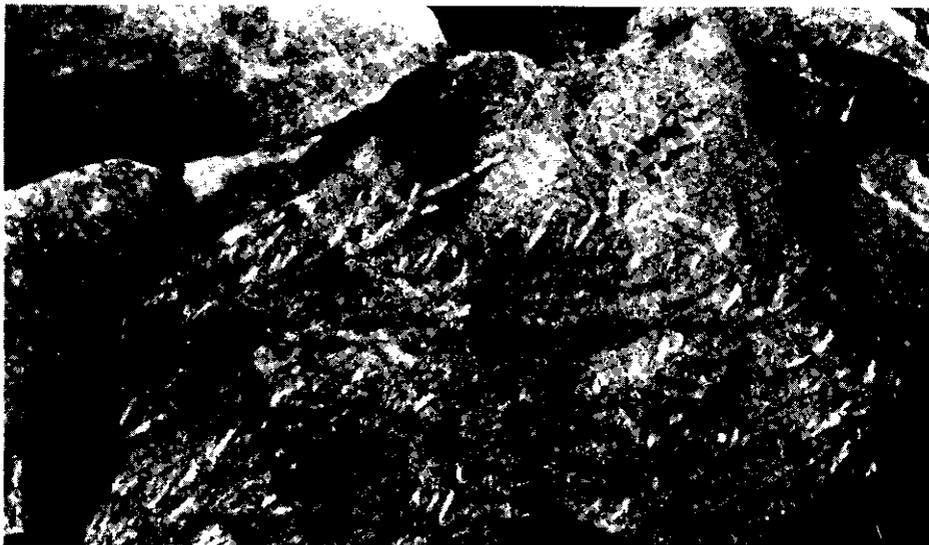


FOTO 1

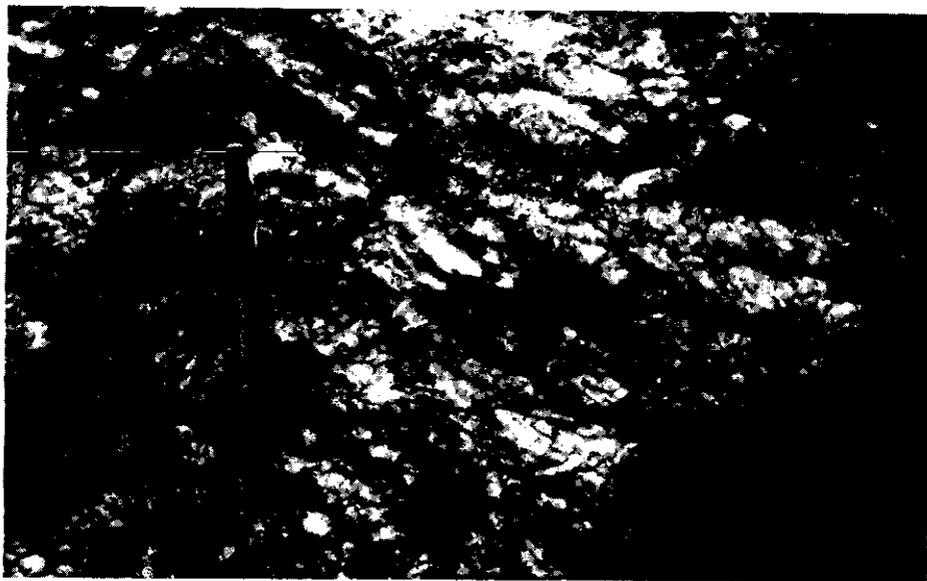


FOTO 2

LÁMINA 1.—Aspecto típico del stockscheider de Fontao. Bloques erráticos de la cantera de Fontao. La polaridad no está conservada.

FOTO 1.—Grandes feldespatos plumosos.

FOTO 2.—Detalle de feldespatos en abanico.

granito está ya cristalizado en más de un 90 %. Los minerales (óxidos y sulfuros) están sistemáticamente asociados con agregados intersticiales de cuarzo y moscovita, ocupando los espacios intergranulares de la trama cuarzo-feldespática (Fig. 3). Esta relación textural confiere a la asociación cuarzo-moscovita-mineral un carácter primario; estos minerales no corresponden a la desestabilización o a la pseudomorfosis de minerales preexistentes (por ejemplo, greisenización). El

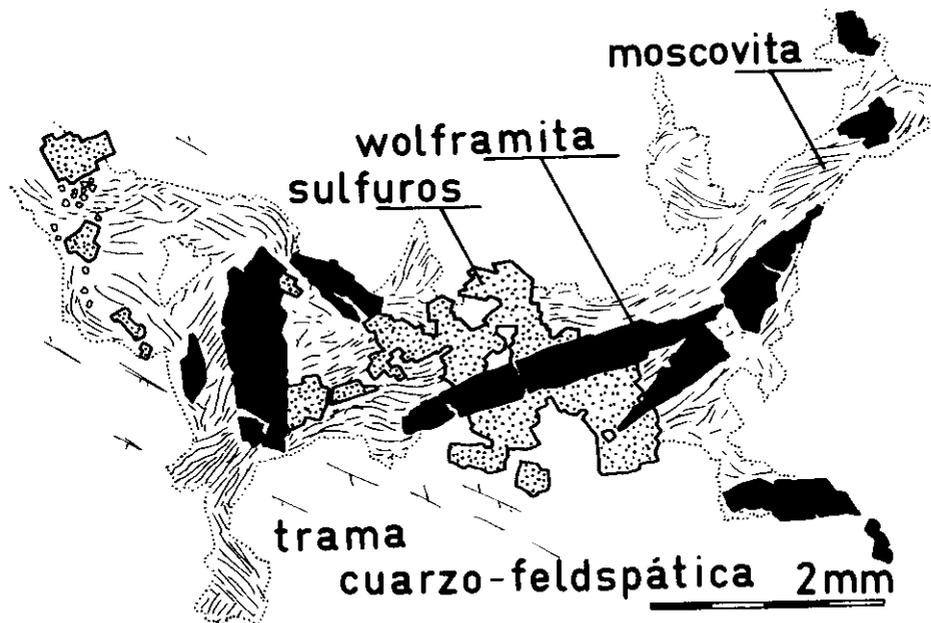


FIG. 3.—Asociación intersticial de moscovita, cuarzo y mineral (wolframita y sulfuros).

desarrollo de la mineralización diseminada, a la vez en el granito común y en las «zonas con diseminación», representa, en fin, un fenómeno único, ligado al fin de la cristalización de un magma endogranítico.

El drenaje de los metales

Ciertas observaciones de petrología estructural permiten avanzar que la apertura de los filones de cuarzo comienza cuando el granito no está aún completamente cristalizado. Por ejemplo, se observan en la «zona con diseminación» rica en granate «filoncillos» con casite-

rita muy difusos, sin hastiales netos, comparables a los ya descritos por COTTARD (1979) y COTTARD y GAGNY (1980), y que muestran el espaciamiento entre el fin de la cristalización del granito y la apertura filoniana.

Suponemos que las «zonas con diseminación» son los testigos de antiguas zonas de drenaje, de porosidad elevada, por donde circulaban los líquidos residuales enriquecidos en metales. Estas vías de drenaje, controladas por la estructura foliada de la roca, comunicarían lateralmente con los filones y habrían permitido así su alimentación.

Estas observaciones fundamentales nos permiten avanzar que existe, además de una relación geométrica, una relación genética entre la formación de los filones mineralizados y el fin de la cristalización del endogranito.

Los filones capturan el contenido metal del endogranito. Este es, por tanto, el *portador* de la mineralización y, en consecuencia, el origen del yacimiento económico de Fontao.

CONCLUSION

Este estudio muestra que, en el caso de Fontao, el haz de filones mineralizados está asociado a diferentes tipos de granitos, cuyas potencialidades metalogénicas son muy desiguales.

La historia del yacimiento se caracteriza, en una primera etapa, por el emplazamiento de un complejo de granitos ya especializados en Sn-W, es decir, enriquecidos con relación a granitos normales, pero cuyo contenido en estos metales es demasiado bajo como para conducir a la formación de un yacimiento económico. Sin embargo, puede considerarse este primer conjunto como precursor o anunciador de una actividad metalogénica ulterior.

La formación de un yacimiento económico necesita la intervención de un proceso de concentración suplementario, que está aquí presente en el emplazamiento de un *granito portador*: el endogranito.

Precisaremos que el modelo exogranito-endogranito con stock-scheider no es el único en el NW de la Península Ibérica, ya que lo hemos puesto también en evidencia en el yacimiento de Santa Comba (provincia de La Coruña).

Sería interesante buscar otros ejemplos en la Península Ibérica, donde se asocian con frecuencia los yacimientos de estaño-tungsteno al término muy general de «granitos de dos micas».

Las consecuencias que se derivan de su aplicación al campo de la prospección minera son evidentes.

BIBLIOGRAFIA

- BAUMANN, L. (1970): «Tin deposits of the Erzgebirge». *Trans. Instr. Min. Metall., Sect. B: Appl. Earth Sci.*, 79, B, 68-75.
- CHAROY, B. (1975): «Les phénomènes de greisenisation dans le district minéralisé de Penfeunteun (Massif de St. Renan, Massif Armoricain): aspects pétrologiques, géochimiques et caractérisation génétique». *Bull. B. R. G. M.* (2), II, 5, 363-383.
- COTTA, B. von (1861): «Eintheilung der Erzlagerstätten nach ihrer Zurzammensetzung». *Jahrb. Mineral.*, S, 459.
- COTTARD, F. (1979): *Pétrologie structurale et métallogénie du complexe granitique de Lovios-Géres. Le modèle de mise en place de la mine de Las Sombras (Sn-W-Mo-Bi) (Sud Galice, Espagne)*. Thèse 3.º cycle Nancy, 226 págs., 115 figs., 7 planches photo.
- COTTARD, F., y GAGNY, Cl. (1980): «Les filonets quartzeux et quartzo-feldspathiques minéralisés en Sn-W-Mo de la sierra de Jures (Sud Galice, Espagne): intérêt pour la recherche minière». 3.º *Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Marseille*, 1 pág.
- HILGEN, J. D. (1970): «Algunas observaciones sobre el granito porfiroide de Fontao y su mineralización metalífera». *Bol. Geol. Minero*, t. XXXI-II-III, 199-210.
- HOSKING, K. F. G. (1967): «The relationships between primary deposits and granitic rocks». *Techn. Conference on Tin of the Intern. Tin. Council, London*, 264-311.
- NESEN, G. (1981): *Le modèle exogranite-endogranite à stockscheider et la métallogenèse Sn-W. Etude des gisements de Fontao et Santa Comba (Galice-Espagne)*. Thèse 3.º cycle Nancy, 327 págs., 144 figs., 41 tabl., 2 annexes, 7 planches photo.
- NESEN, G., y DUPUIS, C. (1981): «Position structurale des "stockscheider" et leur rapport avec la minéralisation (Sn-W-Mo)». *106 Congrès National des Sociétés Savantes, Perpignan*, 12 págs.
- QUINTIN, M.; MARTIN, A., y KERSABIEC, A. M. de (1978): «Analyse de 47 échantillons géochimiques de référence par fluorescence X (Cu-Ga-Ni-Zn) et par absorption atomique (Cu-Ni-Zn)». *Geostands. Newsletter*, 2, 2, 199-209.
- TISCHENDORF, G. (1977): «Geochemical and petrographic characteristics of silicic magmatic rocks associated with rare-element mineralization». *M. A. W. A. M.*, vol. 2, 132-136.
- WEDERPOHL, K. H. (1969): *Handbook of Geochemistry*. Springer Verlag, ed., Heidelberg.