

INFORME PREVIO DE LOS ESTUDIOS GEOQUIMICOS Y MINERALOGICOS DEL YACIMIENTO ESTRATIFORME DE W DE MINA SUSANA (SANTA COMBA, NO DE ESPAÑA) CON UNA CONTRIBUCION A LA PROSPECCION GEOQUIMICA.

UHLIG, S. & HIERHOLZER, N.

Mineralogisch-Petrologisches Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen, R.F.A.



Resumen

La mineralización estratiforme de scheelita está ligada a una serie de metasedimentitas ricas en anfíboles que se encuentra como "lentejón" en un granito estéril de dos micas. Para la prospección geoquímica de otros "lentejones", Cr, Co, Ni, Cu y Zn, que están relacionados con los sulfuros y las concentraciones lenticulares de anfíboles en las metasedimentitas, pueden servir como elementos precursores.

Abstract

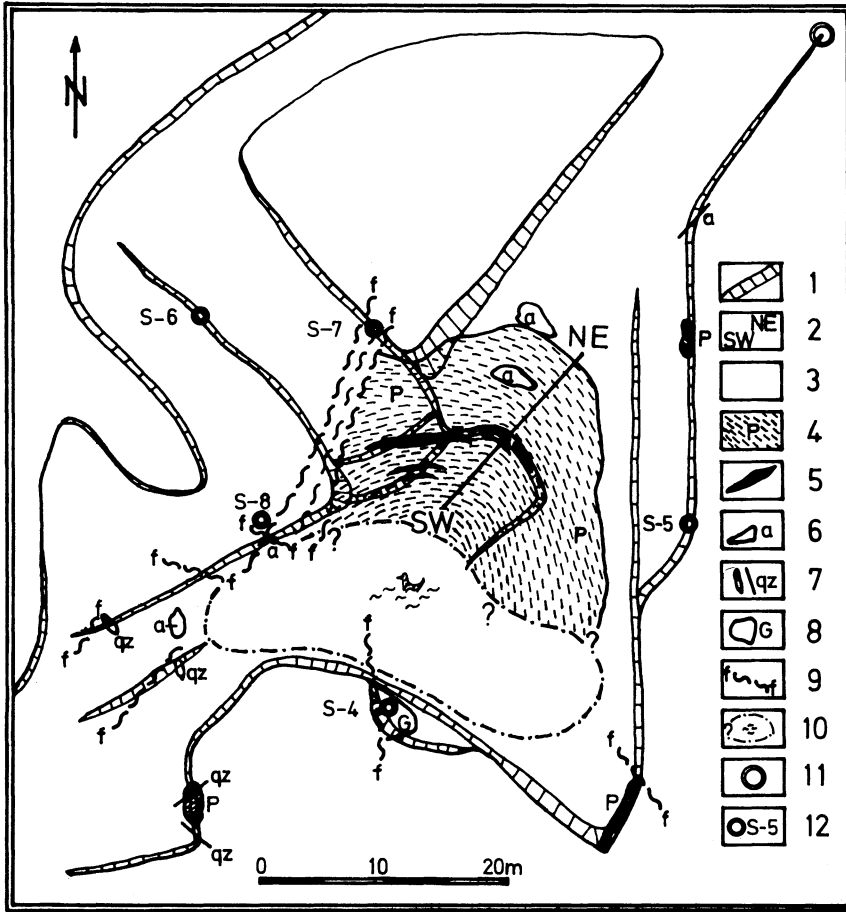
The stratiform scheelite mineralization is bounded to a suite of amphibole-rich metasediments lying lenticularly in a two-mica granite. Cr, Co, Ni, Cu and Zn are concentrated in sulfides and amphiboles of the metasediments and can be used as indicator elements in geochemical exploration for other lentils of metasediments.

Zusammenfassung

Die stratiforme Scheelit-Vererzung ist an eine Serie amphibolreicher Metasedimentite gebunden, die als Linse in einem tauben Zweiglimmergranit ansteht. Bei der geochemischen Prospektion weiterer Linsen lassen sich Cr, Co, Ni, Cu und Zn, die in den Sulfiden und Amphibolen der Metasedimentite konzentriert sind, als Pfadfinderelemente verwenden.

1. INTRODUCCION

La mina Susana se encuentra a 2 km al SSE de Santa Comba al lado del arroyo Braña. Se trata de un yacimiento de W estratiforme donde se está explotando actualmente scheelita de un afloramiento de metasedimentitas (Indiferenciado, ¿Precámbrico-Paleozoico Inferior?, con inyecciones magmáticas y migmatíticas) dentro de un granito de dos micas.



símbolos:

- 1-taludes de la mina
- 2-perfil SO-NE de la Fig. 2
- 3-granito de dos micas
- 4-metasedimentitas
- 5-pizarras ricas en anfíboles
- 6-aplitas lenticulares o filoneanas
- 7-filones de cuarzo
- 8-granito pegmatítico
- 9-fallas
- 10-fondo hundido de la mina
- 11-punto 0 de las travesas del desmuestre
- 12-muestras de roca

Fig. 1: Croquis geológico de la explotación a cielo abierto de la mina Susana, Santa Comba.

El presente trabajo se realizó con el fin de conocer la distribución de los elementos de vestigio en la proximidad de un criadero conocido, comprobar un método de prospección geoquímica y obtener una idea de la metalogénesis del yacimiento de W. Los trabajos de campo (cartografía, desmuestre) se realizaron en el verano de 1983.

2. DESCRIPCION GEOLOGICA, PETROLOGICA Y GEOQUIMICA

Dentro de un granito alcalino de dos micas aflora un "lentejón" de una serie de metasedimentitas las que forman un anticlinal cuyo eje está inclinado unos 30° hacia el N. El contacto (granito-metasedimentitas) N y E es intrusivo, mientras que en el O las metasedimentitas están cortadas por una zona ancha de fallas (Fig. 1).

En el granito de dos micas de grano medio (a veces grueso) se encuentran varios filones de aplita, de pegmatita y de cuarzo. Los filones de cuarzo (0,1-25 cm de potencia) están en algunas ocasiones acompañados de formaciones de greisen. En algunos de ellos se comprobaron pequeñas cantidades de scheelita con la lámpara de luz ultravioleta. Las fallas importantes dentro del granito llevan una dirección de $20-30^{\circ}$ ($N=0^{\circ}$, $E=90^{\circ}$) y son subverticales. Existen otras menores de dirección $100-110^{\circ}$ y $150-160^{\circ}$. La mayoría de los filones de cuarzo se orienta a esta última dirección.

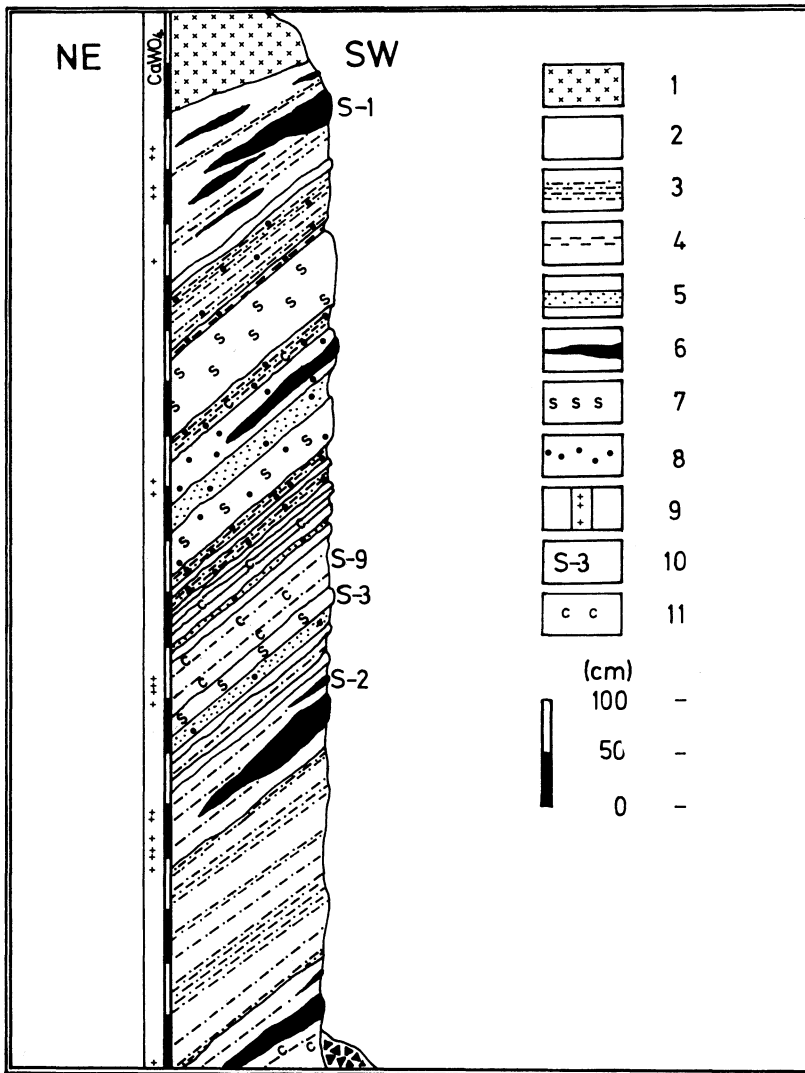
Como debe ser, Rb y Sr llegan a tener concentraciones más altas (>100 ppm) en el granito, por sustitución de K^+ , Ca^{2+} y Na^{2+} de los feldespatos por Rb^+ y Sr^{2+} , que en las metasedimentitas (Rb < 5 ppm, Sr < 80 ppm). Notable es la diferencia de concentración de Pb en el granito (> 50 ppm) y en las metasedimentitas (< 10 ppm) la que se debe a la sustitución de K^+ por Pb^{2+} en micas y feldespatos potásicos (los datos geoquímicos de algunas rocas que afloran en la mina Susana están reunidos en la Tab. 1).

Las pizarras ricas en anfíboles, a las que está ligada la concentración de scheelita, se encuentran como lentejones en capas de pizarras arenosas o areniscas (y cuarcitas). En

Tab. 1: Composición geoquímica de algunas rocas que afloran en la mina Susana, elementos principales y de vestigio.

| <u>% de peso:</u> | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|---|
| SiO ₂ | 49,2 | 65,5 | 74,0 | 74,0 | S-2: pizarra rica en anfiboles |
| Al ₂ O ₃ | 6,7 | 13,6 | 16,4 | 14,0 | S-3: arenisca |
| TiO ₂ | 0,29 | 0,67 | 0,05 | 0,26 | S-4: granito pegmatítico alterado |
| Fe ₂ O ₃ | 17,2 | 5,18 | 0,40 | 0,85 | S-5: granito alterado |
| FeO | - | - | 0,09 | 0,86 | S-6: granito alterado |
| MnO | 0,16 | 0,12 | 0,01 | 0,02 | S-7: granito alterado |
| MgO | 3,14 | 1,81 | 0,13 | 0,47 | S-8: aplita |
| CaO | 6,79 | 10,9 | 0,17 | 0,22 | S-9: pizarra muy alterada con óxidos de hierro |
| Na ₂ O | 0,59 | 0,77 | 1,13 | 1,67 | (en Fig.1 y 2 se pueden localizar las muestras) |
| K ₂ O | 0,13 | n.d. | 5,84 | 7,19 | |
| P ₂ O ₅ | 0,31 | 0,42 | 0,12 | 0,29 | |
| CO ₂ | 1,15 | 0,35 | 0,20 | 0,14 | |
| H ₂ O ⁺ | 1,75 | 0,59 | 1,70 | 1,01 | |
| S | 11,3 | 0,75 | n.d. | n.d. | |
| suma | 98,71 | 100,66 | 100,24 | 100,98 | n.d.-no demostrable |

| <u>ppm:</u> | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | S-6 | S-7 | S-8 | S-9 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Cr | 165 | 76 | < 5 | 8 | < 5 | 8 | < 5 | 128 |
| Co | 111 | < 5 | 5 | 6 | 8 | < 5 | < 5 | 11 |
| Ni | 119 | 25 | < 5 | 19 | < 5 | 7 | < 5 | 8 |
| Cu | 1600 | 108 | 9 | 5 | 7 | 24 | < 5 | 530 |
| Zn | 74 | 29 | 10 | 43 | 18 | 35 | 10 | 22 |
| Ga | 16 | 27 | 15 | 17 | 17 | 15 | 24 | 22 |
| Rb | < 5 | < 5 | 146 | 161 | 106 | 193 | 36 | < 5 |
| Sr | 62 | 108 | 109 | 161 | 102 | 144 | 6 | 49 |
| Y | 26 | 39 | < 5 | 10 | < 5 | 16 | < 5 | 15 |
| Zr | 71 | 161 | 47 | 120 | 60 | 59 | 54 | 107 |
| Nb | 11 | 11 | < 5 | 7 | < 5 | 7 | < 5 | 15 |
| Pb | < 5 | 5 | 64 | 72 | 62 | 68 | 8 | < 5 |
| Th | < 5 | 12 | < 5 | 12 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| W | 9590 | n.d. | n.d. | < 10 | n.d. | < 10 | < 10 | 9080 |



símbolos:

- | | |
|--|--|
| 1-granito de dos micas | 7-sulfuros diseminados |
| 2-areniscas, cuarcitas | 8-manchas lenticulares de óxidos de Fe |
| 3-pizarras arenosas | 9-anomalía fuerte de scheelita |
| 4-pizarras alteradas ricas en óxidos de Fe | 10-muestra de roca |
| 5-areniscas alteradas | 11-capas ricas en caolín |
| 6-pizarras ricas en anfíboles | |

Fig. 2: Perfil simplificado de la serie de metasedimentitas con mineralizaciones estratiformes de scheelita, Mina Susana.

Fig. 3 se puede ver su estructura microscópica. Los minerales esenciales son actinolita (40-45 vol-%), cuarzo (25-30 vol-%) y plagioclasa (10 vol-%). Frecuentemente rodeando las plagioclasas se observa epidota (pobre en Fe) que se formó por alteración hidrotermal de éstas. Una epidota más rica en Fe se observa con cuarzo y esfena en las hornblendas. Además se encuentran como minerales accesorios apatita, clorita y feldespatos potásicos. El contenido de minerales ópacos varía entre el 10 y 15 vol-%.

Las pizarras arenosas están compuestas de cuarzo (50-55 vol-%), actinolita (20-25 vol-%) y epidota (8-10 vol-%) que rodea a veces la hornblenda. Como accesorios (10-12 vol-%) se observa clorita, plagioclasa, esfena, apatita y minerales ópacos (2-3 vol-%).

Con respecto a la geoquímica de las metasedimentitas, llama la atención el alto contenido de Ca, Fe, P y S — conforme a sus componentes minerales. De los elementos de vestigio Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Nb y W alcanzan valores más elevados, sobre todo en comparación con el granito. Eso se debe por una parte a la riqueza de sulfuros (p.e. con respecto a Cu, Co y Ni) como también a los altos contenidos de hornblenda la que puede incorporar Cr^{3+} en vez de Al^{3+} y Fe^{3+} y también Zn^{2+} .

3. MINERALIZACIONES

Las pizarras ricas en anfíboles tienen altos contenidos de sulfuros (10-15 vol-%). Según los estudios microscópicos de reflexión predomina la pirrotina (ca. 90 % de los sulfuros) a la pirita y a la calcopirita (que es mucho más escasa).

La p i r i t a enseña en general formas concéntricas y reniformes como las que son típicas para geles cristalizados a temperaturas bajas. En el centro de éstas o en formas circulares (dando el aspecto circular de las piritas) se encuentra carbono junto a otras inclusiones lo que había causado la precipitación de pirita (Fig. 4). La pirita está concentrada frecuentemente en macizos de varios mm de grueso mientras que la pirrotina forma cristales xenomorfos diseminados más pequeños con diámetros de 0,07-0,15 mm, a veces hasta unos mm.

Los sulfuros se encuentran diseminados en toda la serie de metasedimentitas: con más frecuencia en las pizarras ricas en



Fig. 3: Aspecto microscópico de la pizarra rica en anfíboles con scheelita (hbl-hornblenda, qz-cuarzo, plg-plagioclase, esf-esfena, sch-scheelita, XX negros: sulfuros).

anfíboles y con menos frecuencia en las areniscas (y cuarcitas). Parece que la concentración de sulfuros se orienta a la de los anfíboles, como lo hace también la scheelita a lo que parece. Es decir que la scheelita está concentrada en su mayoría en las pizarras ricas en anfíboles donde se encuentra también la pirita concéntrica.

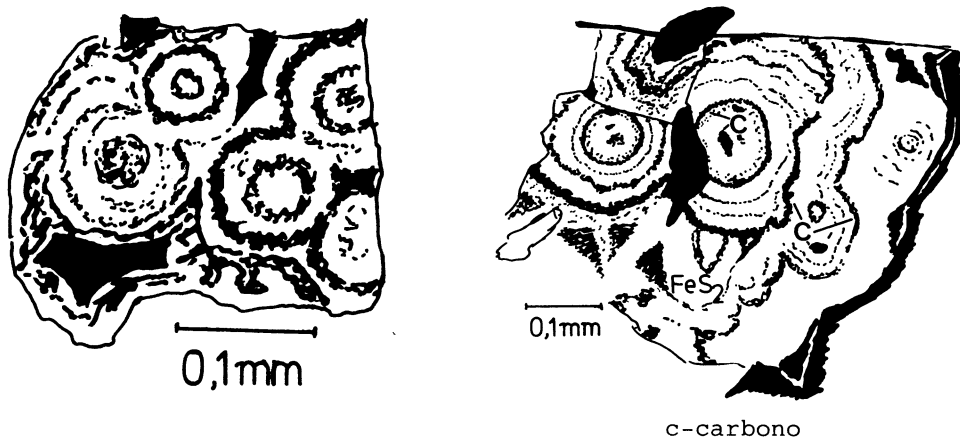


Fig. 4: Aspecto microscópico (de reflexión) de pirita reniforme (detalle de la muestra representada en Fig.3).

Los cristales de scheelita son xenomorfos y en general muy finos (0,2-0,3 mm de diámetro). A veces pueden alcanzar también varios milímetros. El color blanco de la scheelita y su color blanco azulado de fluorescencia (por luz ultravioleta de onda corta) hace suponer que se trata de una scheelita pura, pobre en Mo. En las metasedimentitas se encontraron concentraciones máximas de 9590 ppm W lo que correspondería a 15 kg/t de scheelita. Pero todavía no es seguro si la ley real de scheelita en el "lentejón" de metasedimentitas llega a la mitad de esta concentración.

Por la meteorización, los sulfuros se deshacen fácilmente formándose óxidos de hierro lo que implica también la destrucción de la estructura de la roca madre. La formación frecuente de óxidos de Fe, tostando los sulfuros alterados durante el proceso de preparación, perjudica la separación de scheelita la que se cubierte con una capa de óxidos de Fe.

4. PROSPECCION GEOQUIMICA

4.1. Método

El desmuestre se realizó mediante un tubo saca testigos de suelo (tubo cilíndrico metálico de 3 mm de diámetro) de un metro de largo recogiendo muestras de suelo cada 20 m en dirección

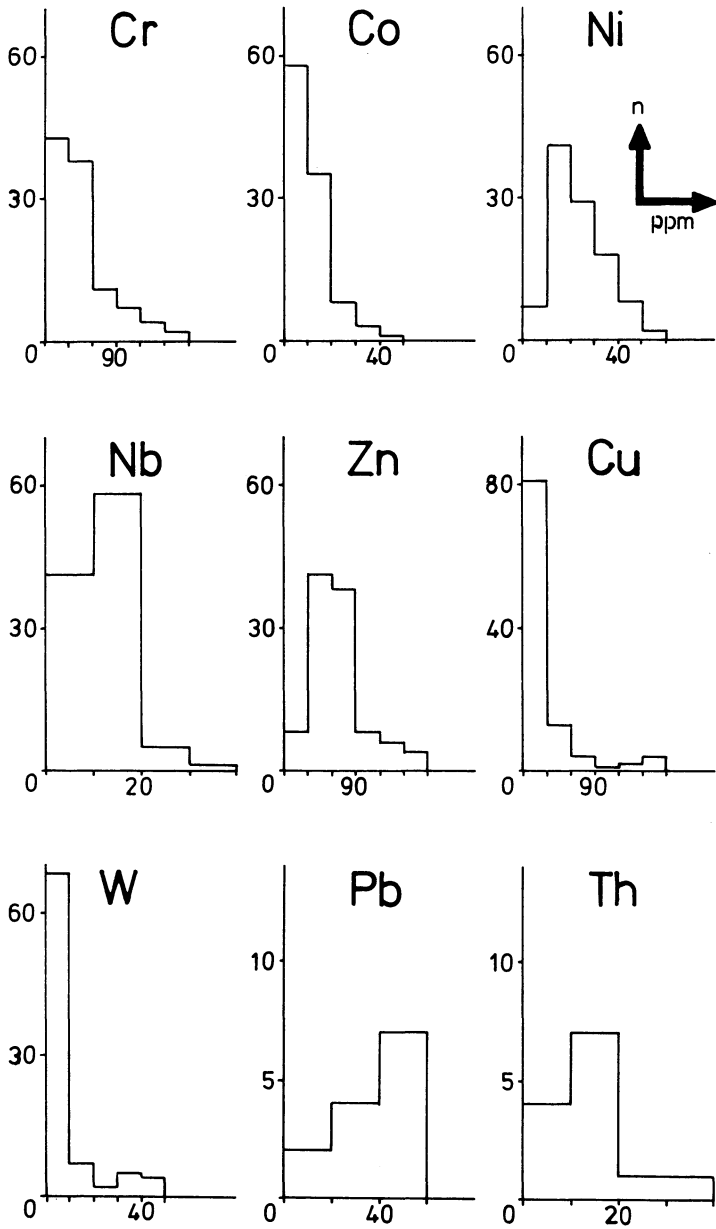


Fig. 5: Representación, en forma de histogramas, de las concentraciones de elementos de vestigio de las muestras de la prospección geoquímica (en la última clase están reunidas las concentraciones más altas que las de la penúltima clase).

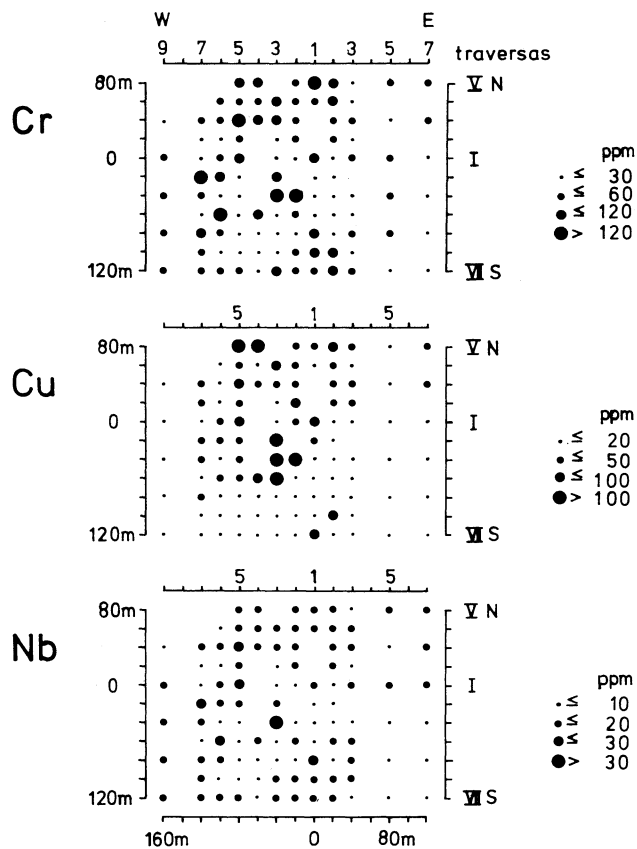
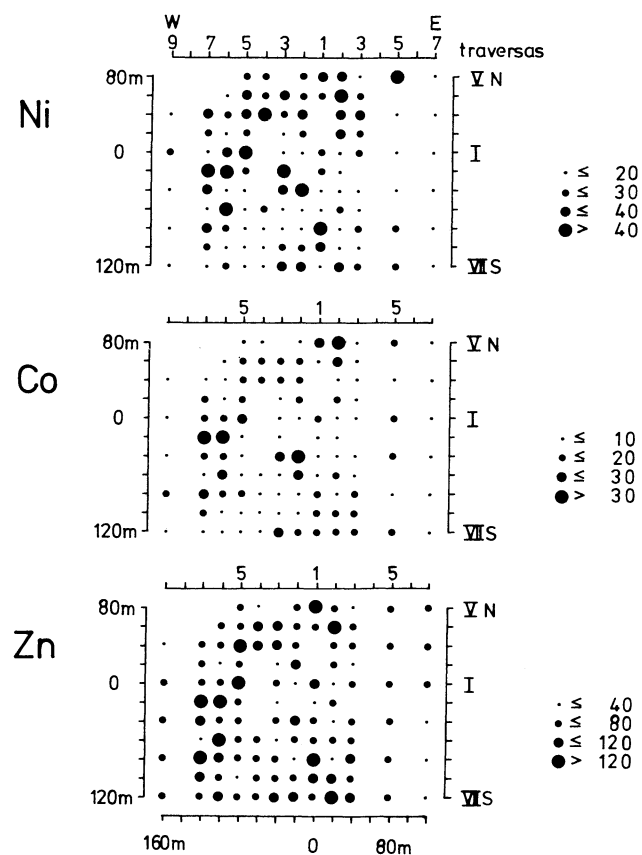


Fig. 6: Distribución de Cr, Cu y Nb en la "red" de prospección geoquímica.



Fi. 7: Distribución de Ni, Co y Zn en la "red" de prospección geoquímica.

N — S y O — E. De esta forma se puso una "red" de muestras de 200 X 300 m de extensión por encima del criadero (Fig. 6 y 7). Las traversas van en dirección O — E; la muestra 1 de la travesa I corresponde al punto 0 de la Fig. 1.

Para los análisis geoquímicos se cogieron los primeros 30-40 cm del testigo (90-60 (50) cm de profundidad, más o menos 300 g/muestra) los que están compuestos por la roca madre (en general granito) alterada in situ. Los elementos principales y de vestigio se analizaron por medio de espectrometría de fluorescencia de rayos X.

Para la determinación del W no existen tantos "standards" internacionales, como de otros elementos que se analizaron, para poder establecer bien la curva de calibración, o bien se encontraron en distintos trabajos valores demasiado diferentes del mismo "standard" (hasta diez veces más). Por esta razón se mezclaron "standards" propios añadiendo WO_3 (en forma de polvo) a un granito estéril. De esta manera se establecieron dos curvas de calibración: para concentraciones de 10-2000 ppm W y de 1800-20000 ppm de W.

4.2. Resultados

Ya dijimos antes que Cr, Co, Ni, Cu, Zn y Nb llegan a tener más altas concentraciones en las pizarras ricas en anfíboles donde se encuentra concentrada también la scheelita. Los contenidos máximos de estos elementos en el ámbito granítico son probablemente los siguientes:

| | |
|-------------|-------------|
| Cr < 30 ppm | Cu < 30 ppm |
| Co < 10 ppm | Zn < 55 ppm |
| Ni < 25 ppm | Nb < 15 ppm |

Contenidos más elevados indican una influencia geoquímica de las metasedimentitas, sobre todo de las pizarras ricas en anfíboles.

En las Fig. 6 y 7 está esquematizada la distribución de algunos elementos de vestigio dentro de la "red" de prospección. Las concentraciones las más altas de estos elementos se encuentran cerca de afloramientos de metasedimentitas. Mejor se hace

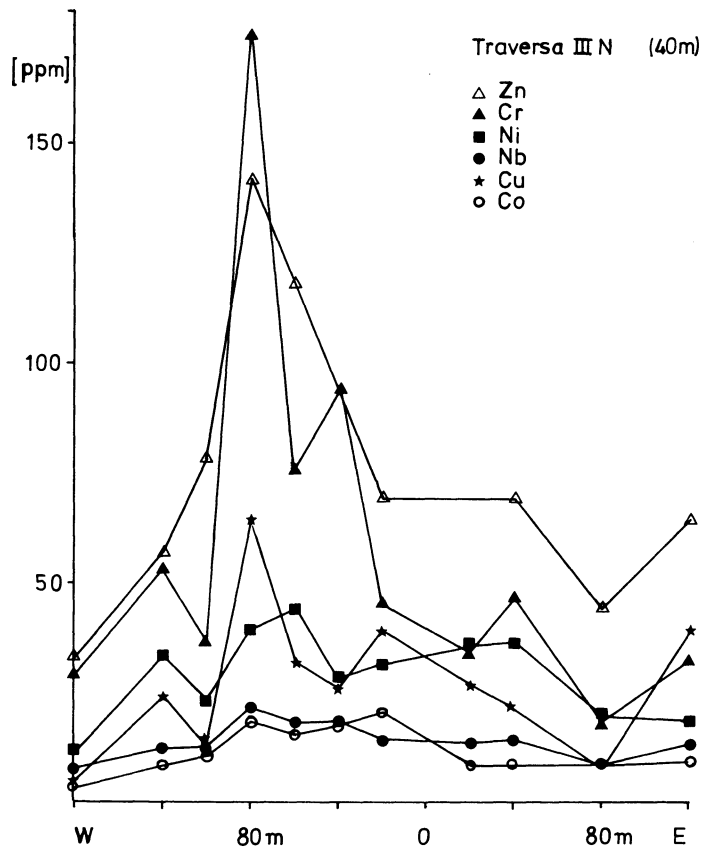


Fig. 8: Representación de las concentraciones de Zn, Cr, Ni, Nb, Cu y Co de las muestras de la travesa III norte.

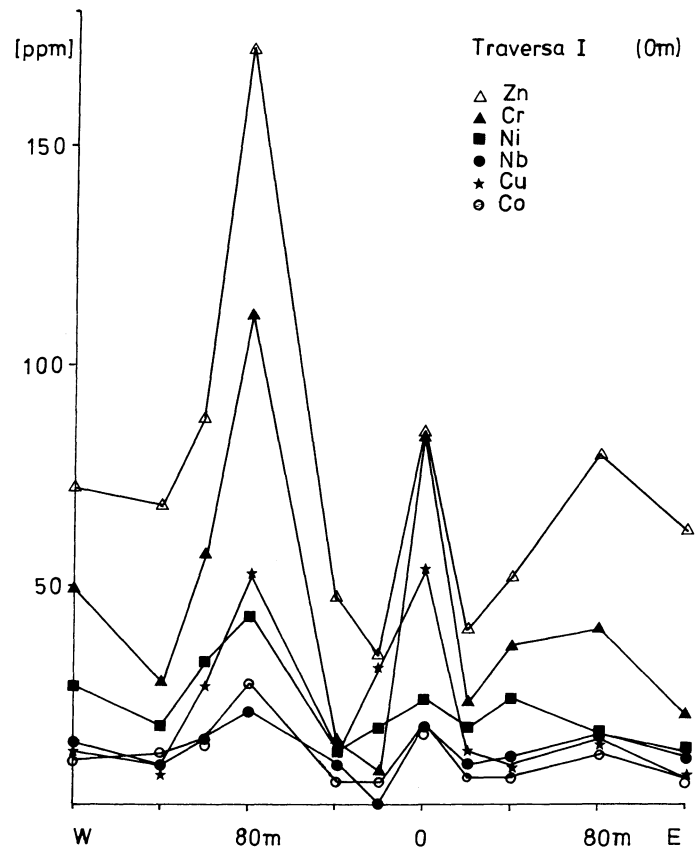


Fig. 9: Representación de las concentraciones de Zn, Cr, Ni, Nb, Cu y Co de las muestras de la travesa I.

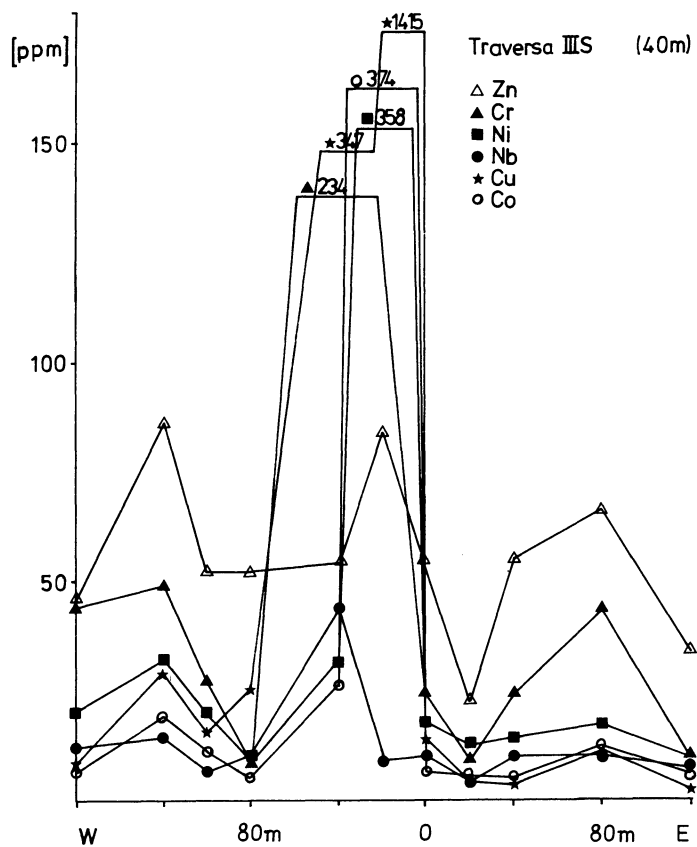


Fig. 10: Representación de las concentraciones de Zn, Cr, Ni, Nb, Cu y Co de las muestras de la travesa III sur.

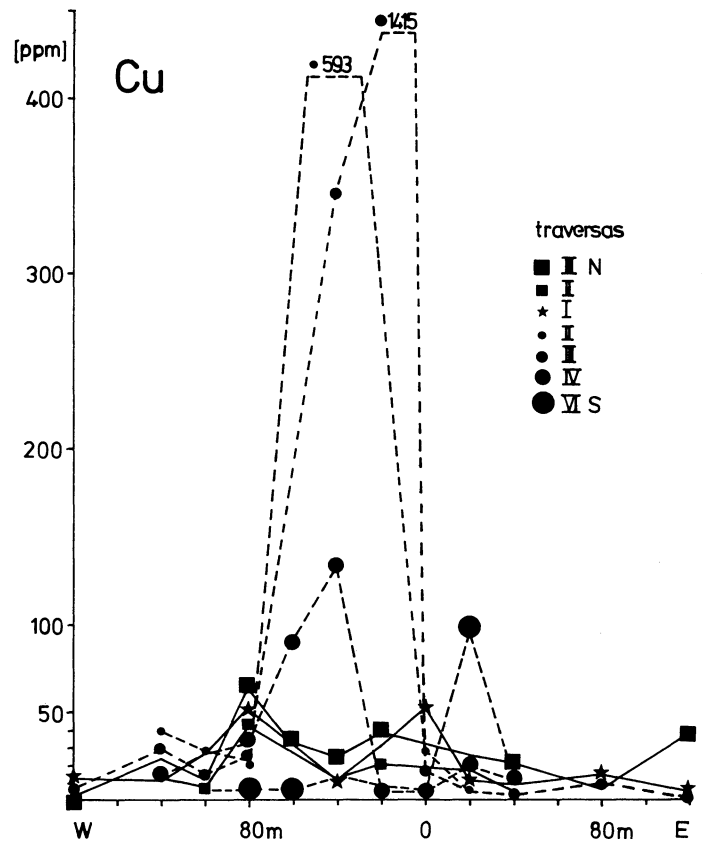


Fig. 11: Distribución de Cu en las distintas travesas.

ver esta tendencia en las Fig. 8-10 en donde está representada la distribución de concentración de Zn, Cr, Ni, Nb, Cu y Co de tres traversas.

Estudiando estas tres traversas (III norte, I, III sur) se nota el caminar ligero de los máximos de concentración desde el O hacia el E (III norte a I a III sur). En las traversas medias y meridionales existen varias zonas de alta concentración. Lo mismo se puede ver en Fig. 11 donde está representada la distribución de Cu en todas las traversas.

Con respecto a la prospección geoquímica de mineralizaciones estratiformes de scheelita en zonas incógnitas se llega a la conclusión de que es más prometedor buscar la roca madre de la mineralización que una anomalía de wolframio que es un elemento relativamente inmóvil y estable en presencia de disolventes. En el presente caso de una mineralización ligada a pizarras ricas en anfíboles y sulfuros se ofrece a utilizar en primer lugar Cr, Co, Ni, Cu y Zn como elementos precursores.

5. METALOGENESIS DEL YACIMIENTO

La riqueza de sulfuros (sobre todo pirrotina) y concentraciones lenticulares de anfíboles hace considerar una formación de las metasedimentitas bajo la influencia de un volcanismo máfico submarino.

Como en otros casos de mineralizaciones estratiformes de W, es problemático decidir si se trata de una mineralización singenética a la formación de la roca madre (sea el volcanismo la fuente de la mineralización de W, sus fases hidrotermales el disolvente de W de los sedimentos, con precipitación subsiguiente, o no). A lo mejor se formaron durante la orogénesis hercíniana, por anatexis de estos sedimentos con mineralizaciones de W, fusiones graníticas ricas en W, concentrándose este elemento incompatible en la fusión residual, y, asociados a estos granitos, los típicos yacimientos de W (como p.e. el de la mina Carmen al norte de Santa Comba).

El granito que rodea el afloramiento de metasedimentitas es muy pobre en W, no llega a tener 10 ppm. En algunos filoncitos de cuarzo, que se encuentran en éste, se observaron pequeños in-

dicios de scheelita. Con respecto a la génesis del presente yacimiento de scheelita es más probable que la formación de su mineralización estratiforme se debe a la precipitación de scheelita de soluciones hidrotermales ricas en W que proceden de la fusión residual de un granito cercano. En este caso las pizarras ricas en anfíboles (y ricas en Ca) actuaron como trampa para estas fases hidrotermales.

En las cercanías de la mina Susana existen otros afloramientos parecidos que se explotaron antes; es probable que existen otros más. Es lógico que interesa saber como sigue la mineralización de scheelita (o la roca madre) por el subsuelo y donde están otros "lentejones" mineralizados. Contestando lo primero, se pueden consultar las distribuciones de los elementos precursores de las Fig. 6 y 7. Una continuación del yacimiento parece ser más posible hacia el N (lo que se supone también por el buzamiento de los estratos hacia el N) y hacia el O. Sin embargo, por las anomalías positivas no se puede decir si es el mismo "lentejón" u otro. Aplicando el método de prospección geoquímica descrito, ha de ser factible y económicamente aceptable encontrar otros afloramientos de metasedimentitas cerca, no muy profundas.

6. BIBLIOGRAFIA

- BALLI, G. M. (1965): Orogenesi ercinica e metallogenesi nelle regione di Carballo - Santa Comba (La Coruña, Spagna NO), con particolare riferimento al yacimiento wolframifero di Santa Comba.- Tesis doctoral de la ETH Locarno: 197 p., Instituto grafico Casagrande SA, Bellinzona.
- CAPDEVILA, R. & FLOOR, P. (1970): Les différents types de granites herzyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne.- Bol. Geol. Min. 81: 215-225, Madrid.
- DENISENKO, W. W. & RUNDKWIST, D. W. (1977): Neue Typen stratiformer Wolframvererzung.- Sow. Geol. 6: 32-46, Moskau.
- I.G.M.E. (1975): Mapa metalogenético de España, 1:200.000, hoja número 7.- I.G.M.E.: 22 p., Madrid.
- PARGA PONDAL, I. (1967): Carte géologique du Nord-Ouest de la Peninsule Iberique, 1:500.000.- Serv. Geol. Port., Lisboa.

- PLIMER, J. R. (1980): Exhalative Sn and W deposits associated with mafic volcanism as precursors to Sn and W deposits associated with granites.- *Mineral Deposita* 15: 275-289, Berlin.
- ROSE, A. W., HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. (1979): *Geochemistry in Mineral Exploration*.- 657 p., Academic Press, London.
- SITTER, L. U. (1949): The development of the Paleozoic in Northwest Spain.- *Geol. Mijnb.* 11: 312-319 & 325-340, Den Haag.