

FASE PREVIA DE INVESTIGACION EN EL P.I. "SANTA BARBARA" Nº 1355 (ZAMORA)
Bodega Barahona, F. Dr. Ingeniero de Minas
Depto. Investigación de Yacimientos
E.N. ADARO - MADRID

Resumen

La Empresa Nacional ADARO está llevando a cabo diversos trabajos para investigación de Sn-W en el N.O. de la Península.

Se citan los que se encuentran en fase más avanzada, especificando las labores mineras de mayor importancia.

Concretamente, en el P.I. "Santa Bárbara", se resumen los trabajos realizados y los resultados obtenidos y una hipótesis prudente que aconseja la continuación de las investigaciones, para decidir sobre la posibilidad de iniciar una explotación a cielo abierto.

Abstract

Empresa Nacional ADARO is carrying out several tin-tungsten exploration surveys in NW Spain.

Here are cited those which are in most advanced stages. The major minning works are specified.

In "Santa Barbara" project, the prospecting works are summarized. Also the obtained results are indicated and a pending hypothesis is established, advising the continuation of the investigation in order to take decisions on the possibility of beginning an open-cast minning operation.

INTRODUCCION

Los trabajos en curso de la Empresa Nacional ADARO en el Noroeste de la Península, dirigidos a la investigación de Sn-W, se encuentran en diversas fases de ejecución; los que están en fase más avanzada, ya con labores de importancia en exterior y/o interior, se incluyen a continuación por provincias.

ORENSE

"Tres Amigos"

- 3.500 m² de zanjas abiertas para desmuestres distribuídas en 6 unidades.
- Transversal de 213 m y 80 m de guías sobre filones, con 7 m² de sección.
- Estudios previos de concentrabilidad.

LEON

"Virgen de la Encina"

- 775 m de galerías con 6 m² de sección; desmuestres y estudios sobre 35 t de tierras.
- 1.500 m de calicatas, en tres unidades, con toma de 15 t de muestras para estudios y análisis.
- 600 m de sondeos de interior.

ZAMORA

C.E. “Santa Bárbara”

- Desagüe y acondicionamiento de labores antiguas, para estudio de filones y toma de muestras.
- Avance de 25 m de transversal.
- Estudio de tratamiento mineralúrgico más aconsejable, sobre muestra de 1 m³.
- Apertura de 900 m³ de calicatas, distribuídas en 10 unidades, para desmuestres.

“Calabor 825” y “Calabor 830”

- 690 m³ de calicatas abiertas para desmuestres, en 7 unidades.
- Estudio de labores antiguas
- Preparación y análisis de 150 muestras procedentes de labores realizadas.

“Rosario”

- Campaña de calicatas, de geofísica y de sondeos: 3 sondeos de 60 m y 3 de 120 m.
- Pozo vertical, revestido de hormigón, con 3 m Ø y 35 m de profundidad.
- 25 m de transversal y 50 de guías en filón con 7 m² de sección.
- Desmuestres, preparaciones y análisis correspondientes.

P.I. “Santa Bárbara”

- 1.700 m³ de zanjas, distribuídos en 4 unidades.
- 1.500 m³ de zanjas, distribuídos en 3 unidades (2ª fase).
- Preparación y análisis de 175 muestras por Sn y W.
- Estudios de preconcentrabilidad.

Se van a resumir seguidamente los trabajos realizados en el P.I. “Santa Bárbara”, por ser el único de los trabajos citados en que se partió de la calificación de “indicio”. En los demás, hubo anteriormente explotaciones de cierta importancia.

DATOS GENERALES

El permiso de investigación “Santa Bárbara”, n^o 1355 del Catastro Minero de Zamora, con 508 ha de superficie y denunciado por Sn, está situado a 15 km al SO de la capital de la provincia, al

sur de la localidad de Almaraz de Duero, unida a Zamora por carretera asfaltada.

Los terrenos ocupados por este P.I. son de poco valor, y no hay problemas de agua, ya que está rodeada por el río Duero al Sur; ni de energía eléctrica: por la proximidad de los embalses de Ricobayo y Villalcampo, la zona está cruzada por diversas líneas de transporte y distribución de energía eléctrica, propiedad de IBERDUERO.

Se observan trazas de labores antiguas de poca importancia, sobre todo, en pequeñas áreas de aluvión.

La existencia de grandes bandas de granito alterado, y el hallazgo de casiterita en una campaña previa de bateas, centró el interés de este P.I. en la posible existencia de masas de granito, con mineralización diseminada de casiterita, susceptibles de ser explotadas a cielo abierto.

En principio se consideró que, para presentar interés económico, debía tener una ley recuperada del orden de los 500 gr Sn/t.

TRABAJOS REALIZADOS

Una restitución fotogramétrica a escala de 1:10.000 sirvió de base para la realización de estudios geológico-mineros, y para situar las calicatas. En la página siguiente se incluye una reducción del mapa base, con la situación de los trabajos efectuados.

Estratigrafía

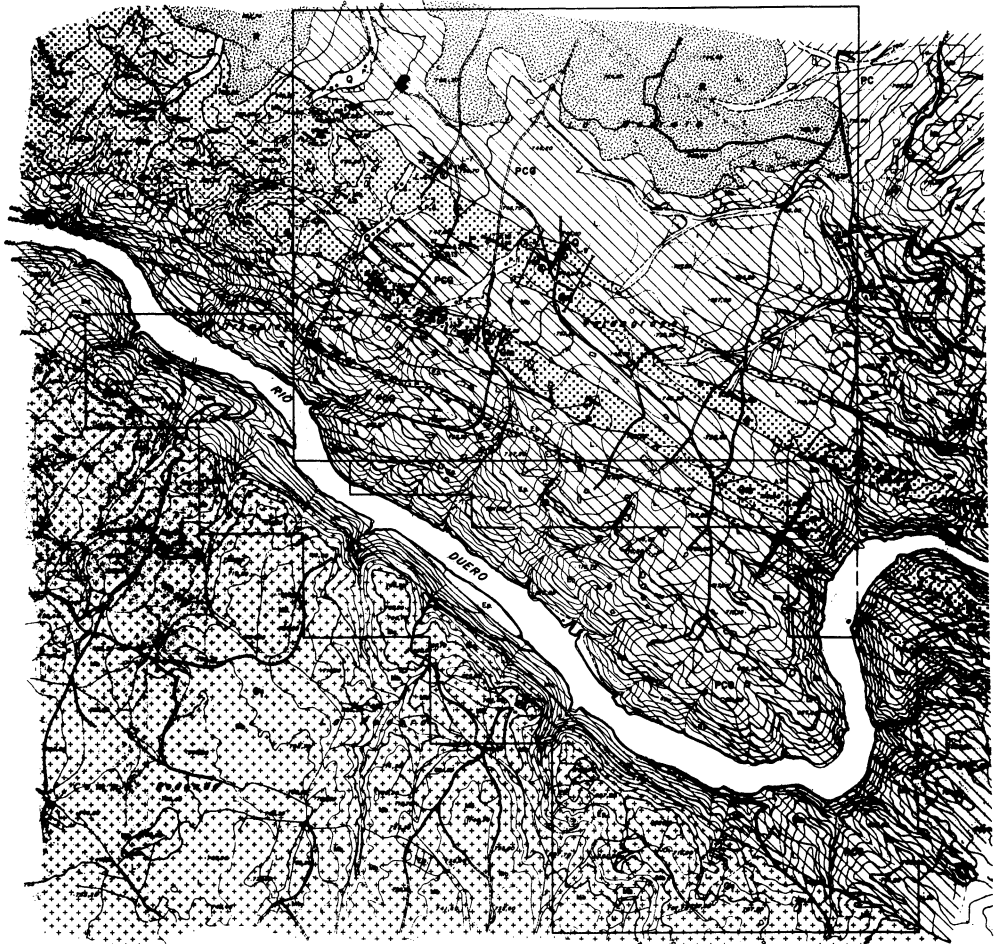
La “caja” del posible yacimiento está constituida por una serie monótona de micaesquistos satinados (probablemente Cámbrico-Precámbrico) con intercalaciones esporádicas de neises y cuarcitas de potencia decimétrica.

Hacia el NE, los micaesquistos están recubiertos por depósitos tipo raña, con potencias de 2-3 m.

Los sedimentos cuaternarios, con poco desarrollo y potencias inferiores a 90 cm, se encuentran en los cauces de los arroyos.

Hay dos tipos de granitos: muscovíticos orientados y de dos micas con megacristales; como los segundos son estériles, dado el carácter minero de la investigación, la referencia se hará sobre los primeros.

Los granitos muscovíticos orientados, afloran en bandas de potencia variable (de 10 cm a 200 m),



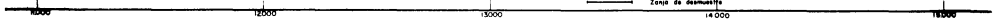
LEYENDA

QUATERNARIO		Q - Aluviones
		Qt - Terrazas
TERCIARIO		R - Depósitos volcánicos
PALEOZOICO		PC - Micasquistos
		PCG - Micasquistos con pesados graníticos
		f - Trazos de bandas graníticas de escasa potencia
ROCAS ÍMBRICAS		Gm - Granitos muscovíticos orientados
		Gf - Granito de dos micas con fenocristales
		Q - Diques de cobre

SIENOS CONVENCIONALES

	Contacto normal
	Contacto normal inverso
	Contacto discordante
	Contacto mecánico
	Estratificación S ₀ (dirección y buzamiento)
	Esquistosidad principal S ₁ (dirección y buzamiento)
	Foliación en granitos (dirección y buzamiento)
	Foliación vertical en granitos
	A 24 Situación de muestras
	P-1 Fenómenos de construcción
	Z-1 Zona de desmantelamiento

ESCALA GRÁFICA



intercalados en los micaesquistos y con dirección sensiblemente paralela a la esquistosidad principal S_1 . Son de grano medio, y presentan diferenciaciones aplíticas y pegmatíticas con existencia de turmalina y granate. La abundancia de muscovita y cuarzo denuncia la presencia de fenómenos de neumatolisis, propicios para aparición de casiterita. Globalmente se trata de un granito muscovítico de composición alcalina, de facies evolucionada como lo demuestra la presencia de los constituyentes turmalina y granate, además del carácter dominante de muscovita y exiguo de la biotita.

Texturalmente, domina la textura alotriomórfica de grano grueso y medio, con tendencia a la disposición orientada, a veces muy pronunciada, acompañada además de una serie de acciones deformantes, de procedencia exclusivamente mecánica, que afectan considerablemente al cuarzo y muscovita, y, en grado menor, a los feldespatos.

Los componentes fundamentales son albita, microclino y cuarzo; la muscovita es subordinada. Como accesorios, se presentan biotita, turmalina, granate, apatito y circón raro.

La proporción de albita y microclino es bastante variable de unas muestras a otras, pudiendo existir los dos extremos: predominio claro del microclino sobre la albita y contenidos muy superiores de ésta en detrimento del primero, relegado en estos casos a la de un componente subordinado menor, pasando por fases intermedias, en las que el contenido de albita supera ligeramente al microclino.

La biotita, cuando se presenta, lo hace en cantidades insignificantes; el apatito es un accesorio común, a veces de buen tamaño, contornos esencialmente alotriomorfos, característico de la facies más evolucionada; la turmalina puede apreciarse en cristales bastante gruesos, anhedrales, de coloración verde—azulada intensa, en concentraciones más o menos aisladas o diseminado regularmente de dimensiones menores, con estructura pleocroica zonada; el granate es escaso, su estado de conservación es malo, casi siempre alterado a minerales arcillosos y ferruginosos, con hábito exagonal preferentemente en las secciones menores.

Los efectos deformantes afectan a todos los componentes en la medida de su incompetencia. La turmalina, granate y apatito aprecian fracturación. Los feldespatos muestran extinción ondulosa intensa y el maclado de la albita aparece flexionado y desplazado. El cuarzo y muscovita son los más afectados. Ambos tienden a granularse y disponerse en un determinado sentido, marcando la orientación preferente. En los casos más extremos de la filonitización se aprecian

texturas ojasas (augen) o porfidoclásticas, en las que los feldespatos son los fenoclastos mayores, mientras que el cuarzo y muscovita tienden a constituir la matriz orientada.

Las muestras de rocas graníticas abarcan varias de las zonas de estas manifestaciones, como son masa intrusiva mayor e intervalos diferentes de las bandas respecto a la primera (desde inmediatas a alejadas).

Existe una serie de variaciones mineralógico—texturales, de las cuales unas pueden expresar diferenciaciones locales; otras, transformaciones progresivas, y, finalmente, aquellas modalidades que se mantienen bastante constantes.

Se incluye en las diferenciaciones composicionales locales la presencia de turmalina y/o granate y persistencia de trazas de biotita.

Las alteraciones neumatolíticas o greisenización se mantienen bastante constantes dentro de los términos incipientes o débiles, aunque se aprecia un ligero incremento hacia las zonas más alejadas de las manifestaciones bandeadas.

Las transformaciones más patentes las desarrolla la albitización. La relación de los contenidos de albita con respecto al microclino adquiere una variación espacial. Así, en las bandas inmediatamente al sur de la masa intrusiva principal el contenido de microclino es superior con diferencia al de la albita; en la masa intrusiva y zonas intermedias de la extensión de las bandas, la proporción del microclino se aprecia sucesivamente superada por la de albita (albitización débil y media respectivamente), hasta los lugares más distantes en las bandas en los que la albitización es intensa (el contenido de microclino es varias veces, alrededor de 3–4, menor que el de la albita).

Aunque la disposición de la greisenización puede ser irregular, su relación espacial es directamente proporcional con las zonas de albitización. Si aquí la albitización se propaga progresivamente hacia las zonas más alejadas, parece evidente que las probabilidades de la presencia de greisenización, cuarzo y/o muscovitización portadora de la mineralización casiterítica, se incrementen respecto a estas zonas.

Texturalmente las variaciones son de menor importancia, globalmente los granitos de la masa intrusiva tienden a ser más grueso granulares.

La caolinización intensa localizada en rocas graníticas, además de alguna metamórfica se desarrolla siguiendo las vías de fácil penetración, sobre todo planos de la esquistosidad principal entre otras fracturas. Los minerales de arcilla son: caolín bien cristalizado en agregados laminares semiradiales o vermicular y otro indeterminado de relieve negativo o isótropo (coloidal).

El caolín cristalizado es el más abundante. Sustituye sobre todo a feldespatos y minerales micáceos (biotita y muscovita). En estas rocas el feldespato sódico (albita) no se aprecia nunca, mientras que del microclino aún persisten algunos cristales en estado de corrosión.

Las láminas y vermículas del caolín no observan efecto alguno de deformación, por lo que esta argilitización se presenta totalmente desconectada de las transformaciones graníticas (pre-tectónicas con respecto a la 2ª fase de deformación regional) y si a ello se une su carácter netamente fisural, es lógico suponerle una procedencia descendente.

Tectónica

Se ponen de manifiesto dos fases principales de deformación hercínica.

La primera origina pliegues isoclinales apretados, con vergencia NE y ejes N 120 E. Hay desarrollo de una esquistosidad de flujo S_1 , muy penetrativa, paralela al plano axial y, en general, subparalela al S_0 .

La segunda, de menor intensidad, origina una orientación visible en el granito y pliegues de gran radio, vergentes hacia el NO y con plano axial subparalelo a S_1 . Se asocia a una esquistosidad S_2 de crenulación bastante difuminada.

Las fases tardías son responsables de una red de fracturación, a favor de la cual encaja una serie de filones hidrotermales, dos de ellos con potencia y corrida media de 2 y 400 m respectivamente.

Metamorfismo

El regional es de grado medio, facies de los esquistos verdes, llegando a la zona del granate y principio de la estaurolita.

El de contacto, en relación con los granitos muscovíticos, es de baja temperatura.

Los procesos de granitificación y neumatolisis afectan a los esquistos y son posteriores al meta-

morfismo regional.

Mineralizaciones

Los indicios de casiterita están todos asociados a las bandas de granitos muscovíticos.

La casiterita aparece contenida en diferenciaciones de cuarzo y muscovita, en rellenos de fracturas irregulares, dentro de la masa granítica. También parece que impregna al granito, pero no es apreciable a simple vista.

Las pequeñas explotaciones de la zona se centran, sobre todo, en los rellenos de fracturas que tienen potencias de 5 a 10 cm. También hay alguna labor excavada en la masa granítica, sobre todo en los lugares en que una caolinización descendente ha ablandado la roca haciendo fácil su explotación. Estos puntos más caolinizados han sido representados en la cartografía por su interés.

Como resumen, puede decirse que la casiterita va asociada a bandas graníticas de dirección N 120 E y buzamientos entre 30 y 60° a N y S, potencias de 10 cm a 300 m, y corridas del orden de los 2.000 m.

- Coincidiendo con el núcleo de un anticlinal de la segunda fase, hay una zona caolinizada en la que el arranque sería fácil.
- La alteración neumatolítica es más intensa a medida que aumenta la distancia al núcleo granítico situado al O.

Labores mecánicas de superficie (primera campaña)

Como consecuencia de lo anteriormente dicho, y buscando la posible existencia de un yacimiento explotable a cielo abierto, se decidió iniciar las labores en la zona caolinizada y sobre dos bandas graníticas.

Se profundizó hasta la zona sin meteorizar —media de 2'5 m— con una anchura de 80 cm y las siguientes longitudes:

- Zanja I: 156 m
- Zanja II: 163 m
- Zanja III: 230 m
- Zanja IV: 300 m

(Las zanjás se cerraron una vez realizado el desmuestre).

Los desmuestres se hicieron sobre roza continua -1 muestra cada 10 m- ensacándose y enviándose a los laboratorios del "Centro de Investigación Juan Guala" para su tratamiento y estudio.

Cada muestra ha sido sometida a un proceso de trituración, homogeneizaciones y cuarteos, hasta obtener una parte representativa de 5 kg, que se ha molido a 400 mallas Tyler para llegar a la fracción representativa para su análisis.

Los resultados, contenidos en Sn y W, se incluyen en el cuadro de la página siguiente, con la sección del mapa de la zona estudiada, con el fin de que sirvan de resumen del conjunto de trabajos realizados hasta aquí.

Se tuvo en cuenta la existencia de pentóxidos de Ta y Nb, pero se obtuvieron valores bajos, que influirían poco en la viabilidad de una posible explotación.

Estudios mineralúrgicos básicos

Considerando alentadores los resultados obtenidos, se llevaron a cabo estudios mineralúrgicos preliminares con el doble objetivo de determinar distribución por tamaños y recuperaciones de Sn y W.

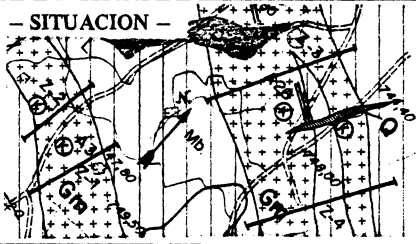
A continuación, se resume el resultado del tratamiento de una de las muestras; hay diferencias pero se trataba de estudiar su comportamiento y no de cerrar un balance mineralúrgico.

Cada muestra se trituró a 2,5 mm, remoliéndose la categoría mayor, efectuándose análisis granulométrico en lecho húmedo sobre muestra representativa.

CUADRO I - Análisis granulométrico de la muestra I-10.

Categorías mm	Peso °/o	Leyes (ppm)		Distribución, °/o	
		Sn	WO ₃	Sn	WO ₃
+ 2,0	3,2	9.437	64	8,83	2,60
2,0 - 1,0	12,1	6.245	99	22,09	15,20
1,0 - 0,208	35,6	4.856	116	50,56	52,42
0,208 - 0,147	6,2	4.101	74	7,43	5,81
- 0,147	42,9	884	44	11,09	23,97
	100,0	3.419	78	100,00	100,00

LEYES EN Gr/t

MUESTRA	ZANJA I		ZANJA II		ZANJA III		ZANJA IV	
	Sn	W	Sn	W	Sn	W	Sn	W
1	80	< 23	52	40	55	28	<15	45
2	18	47	< 15	<23	36	27	35	32
3	90	< 23	254	32	44	26	41	68
4	258	37	560	23	40	36	32	43
5	109	< 23	194	< 23	63	< 23	167	395
6	290	< 23	114	28	98	42	232	504
7	150	28	538	< 23	68	34	103	166
8	145	32	167	23	80	33	57	150
9	247	30	154	28	68	35	93	162
10	3280*	32	109	28	48	< 23	72	50
11	146	38	355	23	37	30	37	60
12	353	77	2016*	< 23	35	28	110	44
13	78	23	456	26	53	23	102	54
14	67	38	230	< 23	60	24	72	53
15	34	< 23	60	32	36	32	50	32
16	35	36	37	30	30	< 23	80	38
17					30	< 23	70	32
18					65	36	1822*	925
19					75	38	155	595
20					34	27	102	206
21					30	23	86	70
22					37	32	62	35
23					71	33	70	48
24	- ENTORNOS INTERESANTES -						55	56
25							82	57
26	ZANJA I: 6 a 12: 70 m con 659 gr Sn/t						40	43
27	ZANJA II: 7 a 13: 70 m con 542 gr Sn/t						70	23
28	ZANJA IV: 5 a 7: 30 m con 167 gr Sn/t y 355 gr W/t						65	28
29							70	31
30	ZANJA IV: 18 a 21: 40 m con 541 gr Sn/t y 449 gr W/t						50	< 23

* Leyes comprobadas por Colorimetría.

- Cada muestra corresponde a un intervalo de 10 m en horizontal.

- Mapa a escala=1:11.000.

La distribución del estaño en función de las categorías granulométricas, pone de manifiesto la presencia de contenido de estaño en tamaños relativamente gruesos.

La categoría menor de 0,147 mm, con peso medio del 40 % del todo—uno, sólo contiene, aproximadamente, el 10 % del total del estaño.

La distribución del wolframio es poco regular y presenta tendencia a acumularse en las categorías más finas. En algunas muestras, la categoría menor de 0,147 mm contiene el 51,2 % del total del metal del wolframio.

La separación en líquidos densos ($d = 2,89$) se realizó sobre cada categoría granulométrica obtenida en los análisis granulométricos antes indicados.

Después de la separación, cada producto fue molido y analizado por estaño y wolframio. Los resultados se expresan en el Cuadro II.

CUADRO II – Resultados de la separación en bromoformo

Fracciones Granulométricas	Pesos % de la fracción	Leyes (ppm)		% Distribución Fracc.	
		Sn	W	Sn	WO ₃
Muestra I-10:					
+ 2,0	97,80	1.522	65	16,08	98,98
2,0 – 1,0	98,58	717	100	11,32	99,57
1,0 – 0,208	98,85	376	117	7,65	99,70
0,208 – 0,147	99,02	480	75	11,59	99,61
+ 2,0	2,20	360.000	< 30	83,92	1,02
2,0 – 1,0	1,42	390.000	< 30	88,68	0,43
1,0 – 0,208	1,15	390.000	< 30	92,35	0,30
0,208 – 0,147	0,98	370.000	< 30	88,41	0,39

Ligeros – 2,9
Densos + 2,9

Los resultados dados en el Cuadro II se representan gráficamente en la Figura 1, con el fin de poner de manifiesto el contenido de estaño y wolframio por fracciones granulométricas y su distribución en densos y ligeros dentro de cada una de ellas.

Se pone de manifiesto que la recuperación de wolframio en los densos es prácticamente nula en la muestra I–10, no siendo significativa ni a los tamaños menores de 0,208 (65 mallas Tyler).

El grado de liberación de las especies mineralógicas portadoras de wolframio, se puede conside-

MUESTRA I-10

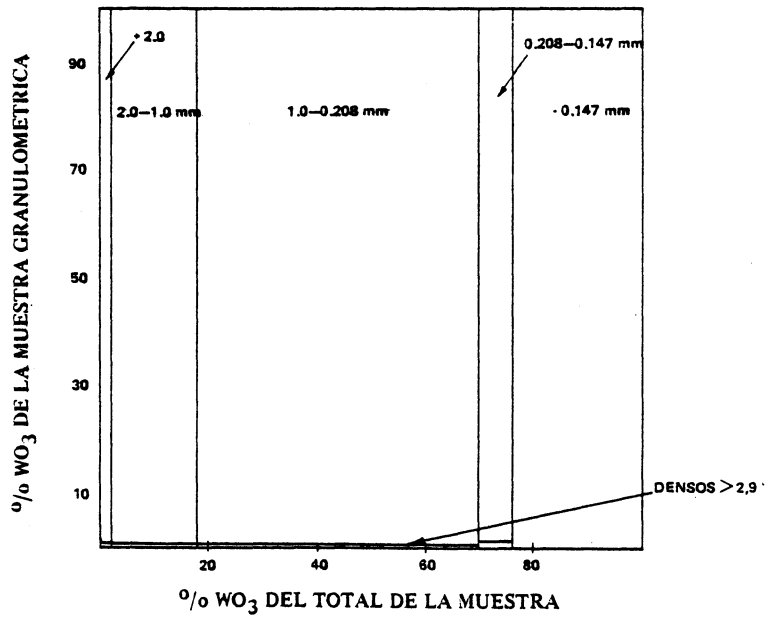
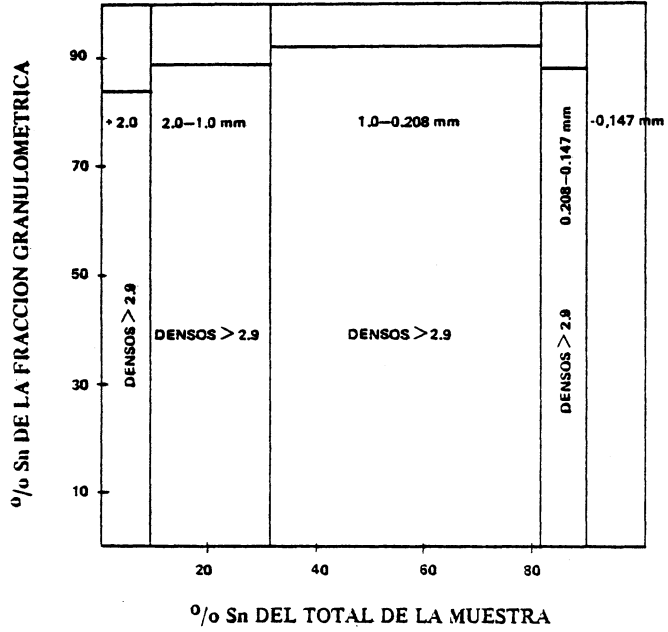


Fig. 1.- RESULTADOS METALURGICOS DE LA SEPARACION EN BROMOFORMO DE LA MUESTRA I-10

rar muy bajo.

La recuperación del metal estaño en las fracciones densas es muy alta, alcanzándose recuperaciones del 95 % (muestra II-12) y del 75 % (Muestra IV-18) en la categoría 2,5-2,0 mm; como consecuencia, el grado de liberación de la casiterita puede considerarse alto.

Los ensayos realizados ponen de manifiesto:

- La posibilidad de recuperación por métodos gravimétricos del estaño contenido en las muestras estudiadas.
- La dificultad de recuperación del wolframio contenido.

Labores mecánicas de superficie (segunda campaña)

Con los conocimientos adquiridos —cuadro resumen y recuperación de Sn y W— se dió prioridad a la “Franja Sur”, con mineralización interesante en Sn en 70 m de potencia y más de 100 m de corrida.

Tratando de ampliar la zona más favorable, se abrieron 2 zanjas semejantes, una a 400 m al Este de la Zanja I, y otra a 400 m al Este de la Zanja IV, en la “Franja Norte”.

Con estudios similares a los realizados en la primera campaña, se llegó a unos resultados que, si bien mostraban un fondo alto, no alcanzaban leyes suficientes para considerar la posibilidad de una explotación rentable.

Previsión

La situación actual de este proyecto se resume en las siguientes hipótesis:

- Tipo de Yacimiento: Masa mineralizada Dimensiones: Potencia: 70 m
- Ley Recuperable: 500 gr Sn/t Profundidad: 50 m

Corrida m	200	300	400
Volumen m ³	700.000	1.050.000	1.400.000
Tonelaje t	1.600.000	2.400.000	3.200.000
Sn metal t	800	1.200	1.600
Valor x 10 ⁶ pta	1.200	1.800	2.400

Si nuevas zanjas en superficie confirmaran la corrida supuesta o mayor, habría llegado el momento de iniciar el estudio en profundidad: geometría, leyes y recuperabilidad.

De los resultados obtenidos, completados con estudios de viabilidad económica, se decidirá la conveniencia de o no de montar una nueva explotación.

Aunque, de momento, los trabajos se han centrado en la zona señalada, sería conveniente ampliar conocimientos sobre otras no estudiadas.