

# EL YACIMIENTO DETRITICO-ESTANNIFERO DE «EL CUBITO» (SALAMANCA).

Por A. S. Gracia Plaza y J. M. García Marcos.

## RESUMEN

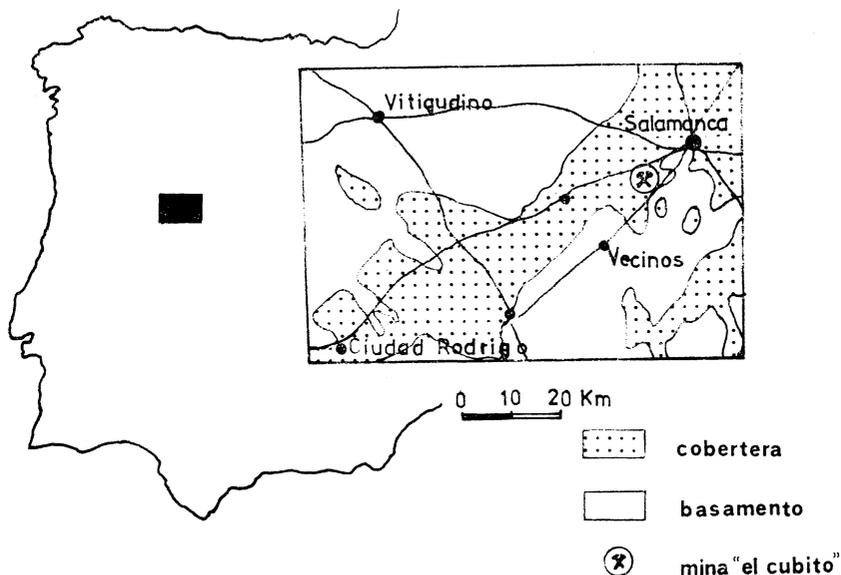
En este trabajo se describen los caracteres geológicos de la mina «El Cubito» (Grupo Minero Las Españas, Salamanca). A continuación se hace un estudio granulométrico, mineralógico y mineralotécnico del único yacimiento detrítico de estaño conocido en los sedimentos terciarios de la Cuenca del Duero, deduciéndose y discutiéndose sus condiciones metalogénicas.

## SUMMARY

The geological characteristics of the Cubito Mine (Mining Group «Las Españas», Salamanca) are described in this paper. To continue a granulometric, mineralogical and mineralotechnical study is done of the only detritic deposit of tin known in the tertiary terrains of the Duero Basin, making deductions and discussing its metallogenic conditions.

## INTRODUCCION.

El grupo minero «Las Españas», más conocido localmente como «El Cubito» —toponímico del lugar en el que se encuentra—, está situada geológicamente en el extremo NE de la «Fosa de Ciudad Rodrigo», en el límite de la confluencia de ésta con la gran «Cuenca terciaria del Duero», en su borde sur-occidental.



En la actual explotación se beneficia exclusivamente casiterita de «tipo aluvionar», constituyendo uno de los raros, sino único, yacimiento secundario de estaño localizado en materiales terciarios de la cuenca antes citada, ya que por lo general las numerosas explotaciones de «aluviones» conocidas en la región se encuentran en sedimentos mucho más recientes.

Aunque son conocidas labores mineras de carácter artesanal desde antiguo, sólo en los últimos años los trabajos han adquirido un volumen de considerable importancia industrial con la introducción de maquinaria pesada en los procesos de arranque y explotación. Al parecer, los primeros trabajos, a los que se ha aludido, consistieron en la explotación de depósitos muy superficiales de carácter detrítico, que aparecían sobre potentes masas de arcillas rojas carentes de interés económico. La perforación posterior de éstas con intención de buscar niveles freáticos, permitió la localización de niveles detríticos más profundos, potentes e importantemente mineralizados, que constituyen actualmente la base de la explotación minera.

## **ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO**

Un corte vertical del terreno en el área de la mina pondría al descubierto la siguiente distribución de sedimentos:

1. Recubrimiento, compuesto por sedimentos arcillo-arenosos de color gris oscuro y abundante materia orgánica. Su espesor raramente alcanza 1 m. y en superficie presenta aspecto de canturreal. Hacia abajo adquiere gradualmente tonos rojizos.

2. Materiales rojos; allí donde se define mejor el yacimiento se destacan con claridad dos niveles:

— Un paquete de unos 14 m. de potencia, constituido fundamentalmente por sedimentos arcillosos, aunque con todo tipo de cantos de muy diversos tamaños y distribución irregular, siendo muy raros los casos en que se pueden apreciar estructuras sedimentarias (tan sólo algunos paleocanales poco definidos). Su caracteres más destacables son su intenso color rojo y el neto predominio de las fracciones granulométricas finas. Abundan los óxidos de hierro y las concreciones ferruginosas y de pirolusita.

— Debajo se aprecia otro paquete, que se separa del anterior de manera difusa en relación con el contacto entre ambos, pero claramente por su aspecto general, ya que en este último predominan los materiales detríticos gruesos, aunque permanece el fuerte color rojizo. Su espesor oscila entre los 12 y 18 m. como máximo y abundan, igualmente, las concreciones ferruginosas, que en ocasiones alcanzan considerables tamaños.

La naturaleza y tamaño de los cantos presenta variabilidad, siendo frecuentes los de pizarra, esquistos silíceos, micacitas, cuarcitas, frag-

mentos de conglomerados y cuarzo, alcanzando los de este último la escala métrica.

Las arcillas existentes en estos niveles son idénticas y con escasas diferencias cuantitativas entre ellos. Los resultados obtenidos en cuatro muestras tomadas dos en cada nivel son, expresados en tanto por ciento sobre el total de la fracción fina:

TABLA NUM. 1

<i>Nivel</i>	<i>Montmorillonita</i>	<i>Illita</i>	<i>Caolinita</i>	<i>Goethita</i>
Superior	40.9	40.6	17.9	0.6
Superior	26.8	57.9	15.7	—
Inferior	37.3	45.1	17.1	0.5
Inferior	58.8	30.6	10.4	0.2

Illita y caolinita suelen interpretarse como minerales detríticos procedentes de suelos de un área madre constituída por rocas ácidas y en general no muy desarrollados.

La montmorillonita se considera mineral de neoformación en condiciones de pH alcalino y alta concentración de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), lo que corresponde a aguas de encharcamiento.

Característica importante de ambos paquetes es la ausencia de cementación, salvo localmente.

Materiales de características similares a los descritos en este apartado se extienden ampliamente por todo el norte de la «Fosa de Ciudad Rodrigo», en la que constituyen el techo de las formaciones terciarias. No se han encontrado fósiles en ellos por lo que se carece de una datación precisa de los mismos, pero es inevitable su comparación y correlación con las facies semejantes más próximas de la Cuenca del Duero: facies de Castillejo (Fuentesaúco) y facies roja de Toro, de edad Mioceno Inferior (Jiménez y García Marcos, 1978 a, b) o con otras similares, mucho más alejadas, como las de la Cuenca del Tajo (Plasencia) y del centro de la misma Cuenca del Duero (Benavente) datadas paleontológicamente como del Mioceno Medio o Superior (Alberdi y Aguirre, 1970; Crusafont Reguant, y Golpe, 1975).

3. Materiales pardo-amarillentos: circunstancialmente, bajo los terrenos antes descritos, aparece un conjunto de areniscas y conglomerados, compactos, de tonos pardo-amarillentos, grisáceos o blanquecinos, estratificados en bancos, que se disponen discordantes sobre el substrato rellenando un paleorrelieve irregular. Estas rocas solamente pueden apreciarse en el bloque levantado de una fractura de dirección NE, cuyo plano de falla ha sido puesto al descubierto por las labores de explotación. En las restantes zonas de la mina los sedimentos rojos descritos se apoyan directamente sobre el zócalo cristalino en contacto netamente discordante y erosivo.

Tampoco se ha encontrado fauna en estos materiales areniscosos, por lo que también carecen de datación precisa. Sin embargo, son semejan-

tes a los que afloran al SO de la mina, en las cercanías de Matilla de los Caños del Río, donde también aparecen debajo de los sedimentos rojos. López de Azcona y Mingarro (1970) los consideran de edad eocena en la memoria del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 Hoja 502, basándose en las dataciones realizadas por Jiménez (1970) en sedimentos de la Cuenca del Duero con los que guardan gran afinidad litológica.

4. Zócalo cristalino. El zócalo está constituido por rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Esquisto-Grauváquico, de edad aún imprecisa pero en todo caso anterior al Ordovícico. Estructuralmente estos terrenos se sitúan en el extremo nor-occidental de la Antiforma de Martinamor (Martínez y Nicolau, 1973), en su flanco S, y estratigráficamente pertenecen al tramo central de la Serie de Morille de estos mismos autores, en la que predominan los esquistos y las cuarcitas entre los que se intercalan potentes capas de microconglomerados feldespáticos, conocidas localmente como «Porfiroide de Monterrubio», así como anfibolitas neises anfibólicas, micacitas y rocas volcánicas ácidas.

Esta serie está atravesada por una red de filones cuyas tres direcciones principales son: E-O, NE-SO y NO-SE, algunos de los cuales están mineralizados y fueron explotados antiguamente, y han sido, sin duda, origen del yacimiento secundario actual. Además hemos de citar aquí la presencia en las inmediaciones de la explotación de un pequeño apuntamiento granítico y varios diques de aplitas aún bastante desconocidos.

Estos materiales han soportado al menos tres fases de plegamiento hercínicas (Schmidt-Thomé, 1945; Templado y Pastora, 1946; Ordóñez y Mingarro, 1972; Martínez y Nicolau, 1973; Díez Balda et al., 1978), a las que deben su disposición actual bastante compleja.

Mayor importancia, a efectos de la génesis del yacimiento, tienen las fases de fracturación tardi-hercínicas que afectan al zócalo; éstas se han manifestado como grandes fallas de dirección predominante NNE-SSO, que están cortadas por otros sistemas ONO-ESE y E-O. Estas fallas han sido removilizadas en épocas pre-terciarias originando grandes cuencas alargadas, como la «Fosa de Ciudad Rodrigo», donde se depositaron potentes masas de sedimentos durante el Terciario.

## ESTUDIO DE LA MINERALIZACION

De dos muestras ( $C_A$  y  $C_B$ ), de 40 Kg. de peso cada una, tomadas desde la superficie hasta el bed-rock del yacimiento mediante una roza se han obtenido concentrados mediante el siguiente tratamiento en el laboratorio:

- lavado desenlodador
- tamización en seco, separando las granulometrías:  $> 4$  mm, 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0.59 mm, 0.59-0.2 mm, 0.2-0.1 mm y  $< 0.1$  mm
- concentración gravimétrica
- concentración mediante bromoformo
- separación electromagnética.

Se ha elegido la granulometría de 4 mm como límite superior con el fin de lograr una buena representatividad de los resultados en función del volumen de muestra manipulada.

En todos los casos se ha realizado un control de posibles pérdidas de casiterita en los estériles de todos los pasos del proceso mediante análisis químico por fluorescencia de rayos X. Los resultados obtenidos se expresan en las tablas siguientes:

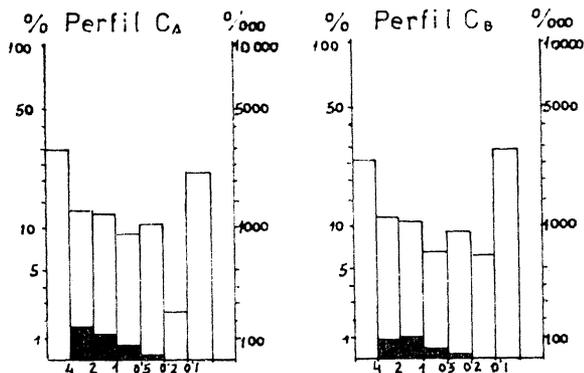
TABLA NUM. 2.—PERFIL CA

	Fraciones Ø en mm.	% en peso	Densos- mesa % en peso	Contenido en Sn del estéril- mesa ppm	Densos- bromo- formo % en peso	Conte- nido en Sn del estéril- bromof. en ppm	Diamag- néticos en gr.	% de Sn del con- tenido final
Gravas	> 4	29.82	—	—	—	—	—	—
Gravas	4-2	13.16	2.61	< 10	0.24	112	9.06	69.1
Arenas muy gruesas	2-1	12.87	0.86	15	0.11	40	6.49	77.15
Arenas gruesas	1-0.59	9.12	0.43	10	0.06	48	4.70	63.1
Arenas medias	0.59-0.21	10.11	0.32	< 10	0.05	12	1.92	51.8
Arenas finas	0.2-0.1	2.50	0.03	< 10	0.005	28	0.48	10
Arenas muy finas + limos y arcillas	< 0.1	22.48	0.14	< 10	0.006	13	0.50	1.5

TABLA NUM. 3.—PERFIL CB

	Fraciones Ø en mm.	% en peso	Densos- mesa % en peso	Contenido en Sn del estéril- mesa ppm	Densos- bromo- formo % en peso	Conte- nido en Sn del estéril- bromof. en ppm	Diamag- néticos en gr.	% de Sn del con- tenido final
Gravas	> 4	25.77	—	—	—	—	—	—
Gravas	4-2	11.59	1.98	75	0.20	27	6.49	69.2
Arenas muy gruesas	2-1	10.65	1.77	< 10	0.12	40	5.91	71.8
Arenas gruesas	1-0.59	6.84	0.36	12	0.05	29	2.47	71.9
Arenas medias	0.59-0.21	9.27	0.32	< 10	0.04	16	1.42	43.5
Arenas finas	0.2-0.1	6.5	0.17	< 10	0.02	18	1.88	10
Arenas muy finas + limos y arcillas	< 0.1	29.38	0.65	< 10	0.03	12	3.67	2.5

Las representaciones gráficas adjuntas (Fig. núm. 2) resultan bien ilustrativas.



En ordenadas (escala logarítmica) figuran los contenidos en Sn (en negro) relacionados con las distintas fracciones granulométricas, cuyos diámetros se expresan en abscisas. Para lograr una representación conjunta se ha recurrido al empleo de un múltiplo (por 100) de los contenidos en Sn, lo que se indica en la ordenada derecha de los histogramas; no obstante, los contenidos de Sn de las fracciones de diámetro menor de 0.2 mm no son representables.

De su observación destacan los siguientes aspectos:

— Por debajo de 0.2 mm de diámetro la casiterita contenida es prácticamente inexistente, lo que implica un grado relativamente avanzado de evolución del yacimiento.

— Existe un claro predominio del contenido en Sn en las fracciones granulométricas más gruesas, en especial las superiores a 0.59 mm. Esto, en función del comportamiento hidrodinámico de la casiterita en relación con el cuarzo (Azcárate, 1972) supone que ha de estar en el depósito acompañada por arenas muy gruesas y gravas.

Por otra parte, a lo largo del proceso de separación se ha puesto de relieve la existencia de granos mixtos de cuarzo y casiterita de aspecto fragmentado y anguloso de abundancia creciente con la granulometría, y un contenido de fragmentos de roca y grado de alteración de los mismos no muy elevado que de nuevo indica cierto grado de evolución del yacimiento detrítico.

Aprovechando las fracciones granulométricas más gruesas de los concentrados obtenidos se pueden observar los siguientes hechos: los minerales pesados acompañantes de la casiterita están en general poco rodados, y presentan a menudo aspecto anguloso y fragmentado, siendo los más frecuentes y abundantes:

Turmalina. Sin duda el más abundante. Casi siempre con aspecto hidiomorfo y colores muy oscuros.

- Granates. En fragmentos angulosos.
- Zircón. En general con hábito prismático bien conservado, pero también redondeados en diversos grados.
- Apatito. En formas prismáticas y fragmentos sueltos poco redondeados.
- Oxidos de hierro y limonitas. Producto de la alteración de minerales ferruginosos como la pirita, de la que aparecen algunos cubos, y biotitas, Presentan un aspecto terroso e impregnan a muchos de los otros minerales. En ocasiones con aspecto fibroso-radiado de goethita.

Asimismo se detectan fragmentos de andalucita, estauroлита, distena y otros.

Desde el punto de vista cristalográfico, la casiterita, aunque raramente en cristales completos, presenta predominio de las caras (110), (100), (101), (231) y especialmente (111), teniendo en general los cristales aspecto bipiramidal, con las otras caras subordinadas, y siendo muy raras las formas macladas.

En cuanto a los colores que presentan dichos cristales se constata un claro predominio de los tonos marrones oscuros y castaño-rojizos, apareciendo más raramente los de color marrón claro; los primeros presentan brillo resinoso y los últimos vítreo a casi adamantino.

En función de estas diferencias de color se han realizado análisis de algunos elementos traza en dos concentrados agrupando el uno los cristales de color más claro, y el otro los más oscuros. Los resultados se expresan en la siguiente tabla:

TABLA NUM. 4

	Oscuro	Claro
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.26 %	0.10 %
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.45 %	0.21 %
Fe	0.21 %	0.17 %
Mn	≤ 100 ppm.	< 100 ppm.
W	1250 ppm.	1200 ppm.
Ti	< 100 ppm.	< 100 ppm.
As	< 50 ppm.	< 50 ppm.

De todo lo anterior se puede concluir que los aportes de casiterita proceden de yacimientos primarios no muy dispares entre sí y de elevada temperatura, correspondiendo a filones con paragénesis neumatolítica y catatermal.

Otro desmuestre, realizado igualmente en las paredes de las labores mineras, se llevó a cabo tomando ordenadamente, desde la superficie al bed-rock, sucesivas muestras perfectamente localizadas en la vertical, de manera que por cada 2.5 m. de profundidad se tomó una muestra de tres kilogramos, agrupándose en cuatro «perfiles» normales al yacimiento (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>).

Este tipo de desmuestra presenta algunas ventajas importantes al combinar, en cierta medida, las dos formas características y más comunes en la toma de muestras usadas habitualmente en la prospección y estudio de esta clase de yacimientos. Esto es, las muestras puntuales para batea y las recogidas mediante sondeo de tipo Bangka (Guiges y Devismes, 1969). En el primer caso siempre se plantean problemas en la decisión de la cantidad de muestras a tomar, por lo que para conseguir una representividad aceptable se suele recurrir a batear «in situ» gran cantidad de material para ulterior estudio en el laboratorio del concentrado así obtenido. De esta manera se obtiene información sobre la distribución superficial del posible yacimiento.

En el segundo caso, por medio de una plataforma de sondeos Bangka se pueden conseguir muestras de hasta algunos metros de profundidad. Una posterior concentración «in situ» por distintos métodos de lavado permite reducir la cantidad de muestra a tratar en el laboratorio, obteniéndose así información sobre la distribución en profundidad de las características de los materiales estudiados.

Con el método por nosotros empleado en las paredes de la corta, se han podido además de conseguir los datos que se habrían obtenido de los métodos brevemente enunciados más arriba, correlacionar distintos aspectos de los contenidos en minerales pesados y casiterita con las granulometrías de los materiales encajantes, a excepción de para los tamaños superiores a 4 mm., ya que en este caso la discriminación, inevitable, de tamaños en la toma de muestra impide que ésta tenga representatividad.

Para la localización de las muestras se ha tomado como nivel de referencia la superficie topográfica que se encuentra a 885 m., por lo que las profundidades se expresan tomando este valor como nivel cero.

El perfil C<sub>1</sub> va desde los 5 a los 25 m. de profundidad; el C<sub>2</sub> desde el nivel cero de referencia hasta los 32.5 m. de profundidad; el C<sub>3</sub> desde la superficie hasta los 15 m. y el C<sub>4</sub> desde los 12.5 m. hasta los 32.5 m.

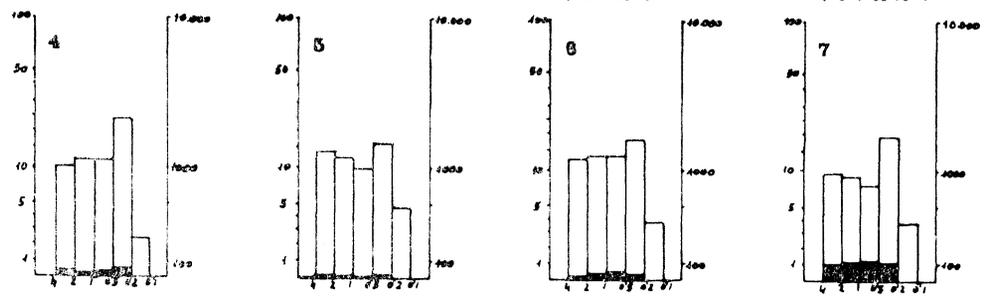
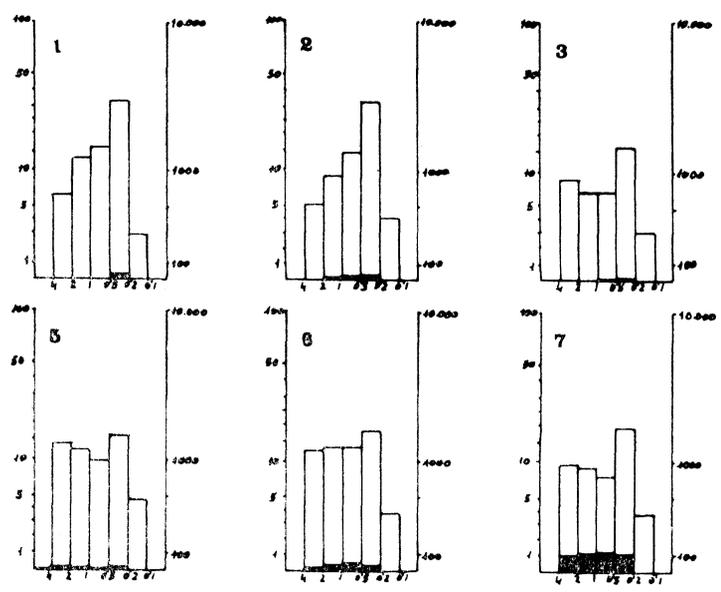
El tratamiento de cada una de las muestras individualizadas en el laboratorio ha sido:

- lavado deseslodador
- tamizado en seco, separándose las mismas fracciones granulométricas que en el caso ya antes descrito.
- separación densimétrica con bromoformo
- separación electromagnética mediante Frantz Isodinamic de los minerales diamagnéticos.

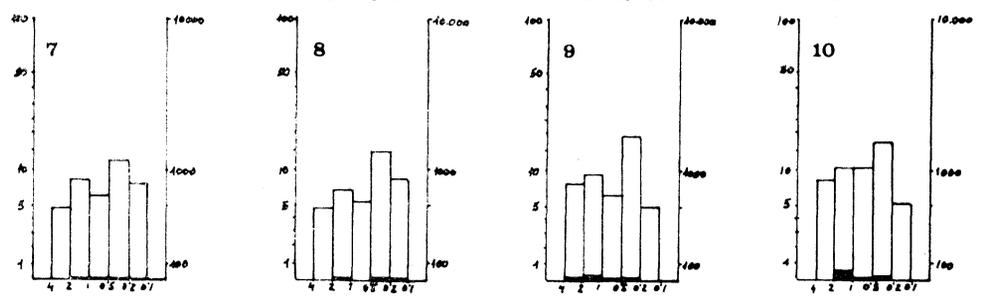
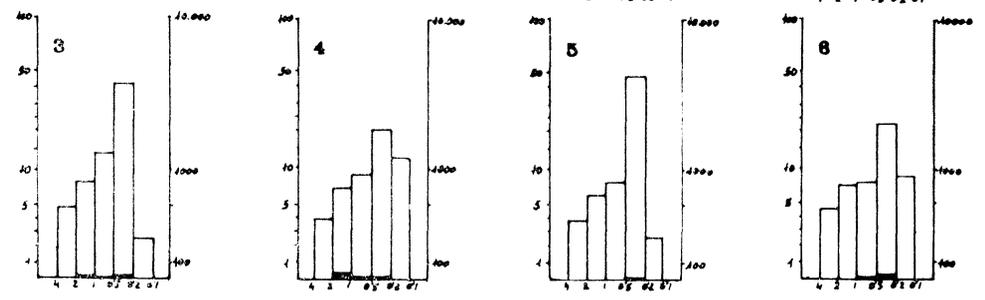
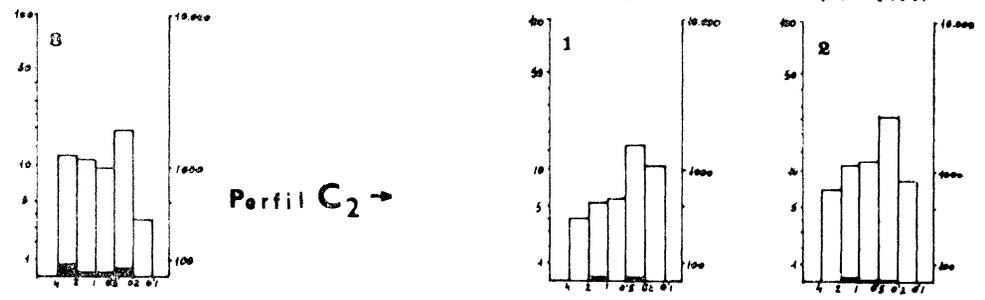
De los concentrados obtenidos se ha procedido a la valoración de los contenidos en casiterita con la ayuda de la lupa binocular y el uso de patrones visuales, método que tras ser controlado mediante análisis químico se ha mostrado con resultados suficientemente fiables.

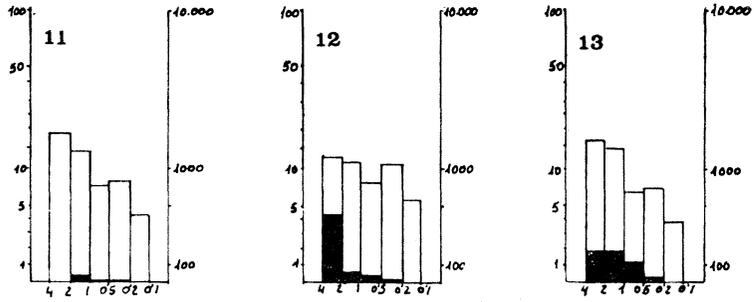
Los resultados obtenidos se expresan en los siguientes gráficos donde el contenido en casiterita (en negro) se representa multiplicado por cien, superpuesto a los valores del tanto por ciento en peso de las granulometrías y escala logarítmica en ordenadas, lo que nos permite visualizar la

Perfil  $C_1 \rightarrow$

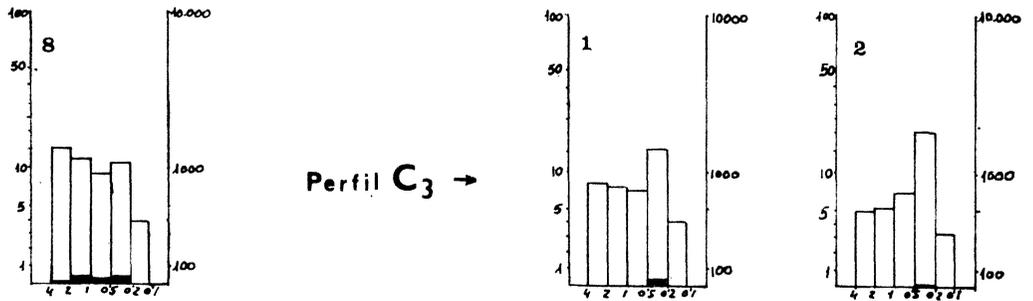
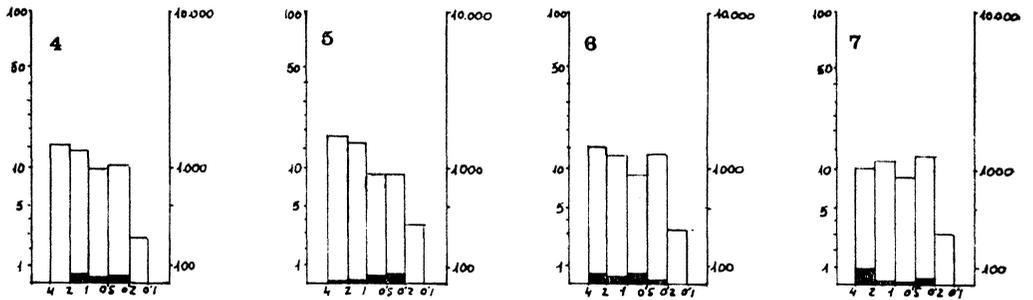
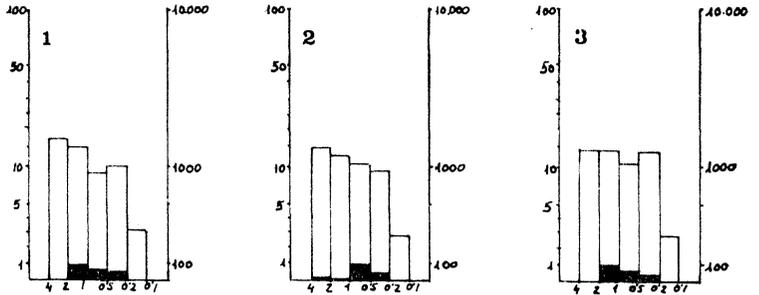


Perfil  $C_2 \rightarrow$

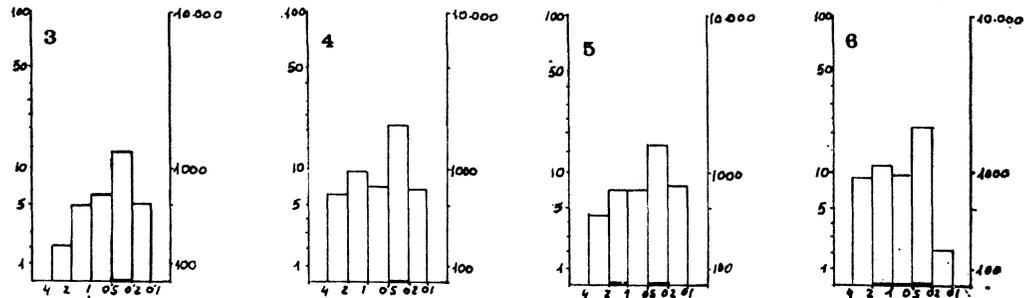




Perfil C<sub>4</sub> →



Perfil C<sub>3</sub> →



distribución espacial de la mena en el yacimiento en cada uno de los distintos tamaños de grano utilizados. Las muestras se ordenan siempre de techo a muro.

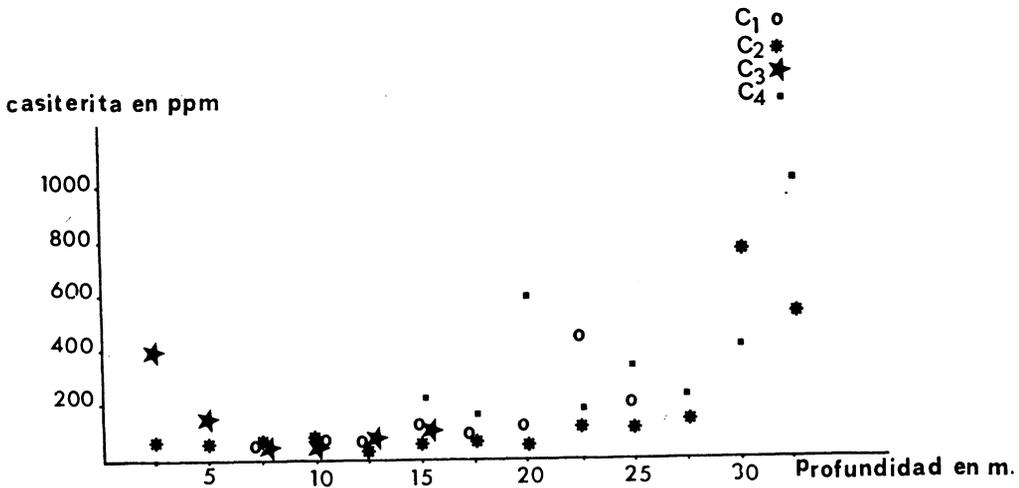
Resulta evidente la existencia de una zonación en profundidad de la mineralización lo que concuerda perfectamente con la estructura estratigráfica descrita.

Además la mineralización se distribuye en capas y no en regueros, teniendo un aspecto relativamente homogéneo en la horizontal. Esto permite descartar el término aluvión como aplicable al yacimiento. En nuestra opinión se trata más bien, dado su grado de madurez y disposición espacial, de un término bastante evolucionado de «deluvión», en el sentido de Kukhareno (1961), que no ha alcanzado más que en algunos de sus caracteres el grado evolutivo de «coluvión».

Un hecho de singular importancia desde el punto de vista minero lo constituye la presencia de un «fondo enriquecido» en el bed-rock, consecuencia de la sobreconcentración debida a la esquistosidad del mismo, de disposición transversal a la dirección de aportes.

Asimismo se constata de nuevo la existencia de una mena muy importante en las granulometrías gruesas a muy gruesas y su virtual desaparición de los tamaños finos, aumentando además hacia el bed-rock, lógicamente, el contenido en los tamaños gruesos.

Por último el diagrama siguiente (fig. 5), en donde se representan los valores de casiterita expresados en partes por millón, en relación con la profundidad, es bien ilustrativo.



Se observa en él que a excepción de un valor, el correspondiente a la muestra más superficial del perfil C<sub>3</sub>, no es sino hasta los 15 m. de profundidad cuando se comienzan a alcanzar valores interesantes de contenido en estaño, naturalmente dentro de las granulometrías por nosotros estudiadas, debiendo tenerse en cuenta que sin duda de mayor importancia económica son los de tamaños de grano superiores a los 4 mm. que

a efectos mineros parecen constituir la fracción más importante de la mena, fracción que nosotros no hemos estudiado.

El valor de la muestra núm. 1 del perfil C<sub>3</sub>, que supera nítidamente el nivel medio que suele considerarse límite de explotabilidad, viene a confirmar la existencia de otro nivel mineralizado más superficial, igualmente de granulometrías gruesas, actualmente ya desaparecido y que en su día dio lugar a las primeras explotaciones de la zona.

## **GENESIS DEL YACIMIENTO**

En cuanto al origen primario de la casiterita que se beneficia en la mina, es indudable su procedencia de los filones detectados en zonas próximas, muchos de los cuales han sido explotados en el pasado, como ya se ha dicho.

Se trata normalmente de filones de escasa potencia (entre 0.5 y 2 m.) que están encajados en distintos materiales, fundamentalmente pizarras micáceas. Su buzamiento es subvertical.

Existen en la región (Templado y Pastora, 1946), tres sistemas principales de direcciones E-O, NE-SO y NO-SE, respectivamente, siendo al parecer el más importante el primero.

La casiterita aparece en estos filones junto a los hastiales en forma de vetillas y pequeñas bolsadas, a veces con excelentes cristales. También en pequeños cristalillos, dispersos en la masa general del relleno, que normalmente es cuarzo, lechoso en superficie y con tinte rojizo hacia abajo, con turmalina ferrífera (variedad chorlo) y mica muy abundante, especialmente hacia las salbandas, en laminillas y escamas de color amarillento, del tipo gilbertita y afines.

Por otro lado, el yacimiento secundario se ha llegado a depositar y conservar hasta hoy como resultado de la formación de pequeñas cuencas en las proximidades de los filones mineralizados, producto de la actividad de fallas de direcciones idénticas a las de los accidentes tectónicos tardihercínicos, ya citados, que forman la cuenca principal. Estas fallas, como ha podido ser observado en «El Cubito» han tenido pulsaciones en épocas relativamente recientes, pues afectan a parte de los materiales rojos de la serie, siendo fosilizadas por el tramo superior de los mismos.

## BIBLIOGRAFIA

- Alberdi, M. T. y Aguirre, E. (1970). Adiciones a los Mastodontes del Terciario español. *Estd. Geol.*, 26, 401-415. Madrid.
- Azcárate, J. E. (1972). Metodología y técnica para la prospección y valoración de placeres aluviales con Casiterita. E.N.A.D.I.M.S.A. Madrid.
- Crusafont, M.; Reguant, S. y Golpe, J. M. (1975). Síntesis biocronoestratigráfica del Terciario Continental español. *Estd. Geol.*, 31, 581-585. Madrid.
- Díez Balda, M.<sup>a</sup> A.; Martínez Catalán, J. R.; González Lodeiro, F. e Iglesias Ponce de León, M. (1977). La deformación hercínica en los materiales paleozoicos y precámbricos al sur de Salamanca. *Stvd. Geol.* XII, 91-108. Salamanca.
- Guiges, J. y Devismes, P. (1969). La prospection minière à la batée dans le Massif Armoricain. *Mem. du B.R.G.M.* n.º 71.
- Jiménez, E. (1970). Estratigrafía y Paleontología del borde suroccidental de la Cuenca del Duero. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca.
- Jiménez, E. y García Marcos, J. M. (1978 a). Mapa y memoria explicativa de la Hoja 14-15 (Toro) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 (MAGNA). IGME. Madrid.
- Jiménez, E. y García Marcos, J. M. (1978 b). Mapa y memoria explicativa de la Hoja 14-17 (Fuentesaúco) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 (MAGNA). IGME. Madrid.
- Kukhareno, A. A. (1961). Mineralogie des gisements alluvionaires. 2T. *Gosgeoltekhizdat*, Moscou. Traduccions B.R.G.M. n.º 4453 et 5149.
- López de Azcona, M. C. y Mingarro, F. (1970). Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, Hoja n.º 502 (Matilla de los Caños del Río). IGME. Madrid.
- Martínez García, E. y Nicolau, J. (1973) Los terrenos infraordovícicos de la antiformal de Martinamor (Salamanca) *Bol. Geol. Min.*, 84 (6), 407-418. Madrid.
- Ordóñez, S. y Mingarro, F. (1972). Estudio geológico de la zona Vecinos-Martinamor. *Estud. Geol. Geol.*, 28, 297-314. Madrid.
- Schmidt-Thome, P. (1945). Basamento paleozoico y cobertera moderna en la parte occidental de España central (provincias de Salamanca y Cáceres). *Publ. Extr. Geol. de España*, 5, 91-146.
- Templado, D. y Pastora, J. L. (1946). Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000. Hoja n.º 478 (Salamanca). IGME. Madrid.