

## Distribución y caracterización del oro libre y refractario presente en los filones de cuarzo-arsenopirita de las minas de Penedela, Fornaza y Río de Porcos (Límite entre Lugo y Asturias)

## Distribution and characterization of free and refractory gold in the quartz-arsenopyrite veins of the Penedela, Fornaza and Rio de Porcos mines (Limit between Lugo and Asturias)

VILLA, L.; ARIAS, D.; SUAREZ, O.; CORRETGE, L. G.

En las mineralizaciones auríferas filonianas de la zona de Ibias (límite entre Lugo y Asturias), se pone de manifiesto la existencia de oro libre y refractario. En el primer caso el oro aparece en forma de electrum (66 % Au y 32 % Ag) rellenando, junto con cuarzo, microfisuras que cortan a los cristales de pirita y arsenopirita. El oro refractario se ha detectado en la red de estos dos sulfuros, que presentan valores medios de 456 gr/t Au las arsenopiritas y 386 gr/t Au las piritas. Los resultados del test metalúrgico reflejan una recuperación del 68,3 % del oro contenido, lo que es coherente con la presencia de oro libre y refractario, tal y como se ha visto en el estudio mineralógico y químico de estas mineralizaciones.

**Palabras clave:** mineralizaciones filonianas, electrum, arsenopirita, pirita, test metalúrgico.

The gold veins of the Ibias zone (limit between the provinces of Lugo and Asturias), contain free and refractory gold. Free gold appears as electrum (66 % Au and 32 % Ag) along with quartz filling microfractures in pyrite and arsenopyrite. The refractory gold is present in the crystal lattice of the sulphides, with contents of 456 gr/t Au in arsenopyrite and 386 gr/t Au in pyrite. The metallurgical results show a 68,3 % of gold recovery, in correlation with the chemical and mineralogical study.

**Key words:** vein mineralizations, electrum, arsenopyrite, pyrite, metallurgical test.

## INTRODUCCION

Las mineralizaciones metálicas de Penedela, Fornaza y Río de Porcos se localizan en la zona Asturoccidental-Leonesa de la Cadena Hercínica, dentro del Dominio del Navia y alto Sil (MARCOS, 1973; BASTIDA *et al.*, 1986; PEREZ-ESTAUN *et al.*, 1990) (Fig. 1).

Están formadas por una red de filones, compuestos esencialmente por cuarzo y arsenopirita, con pirita, galena, sulfosales y esfalerita como accesorios. Estos filones están emplazados en un sistema de fracturas longitudinales de dirección N 20° W y buzamientos de 75° a 85° W, que cortan ambos flancos del anticlinal de D<sub>1</sub> de S. MARTÍN, y entre la que destaca la falla Oscos-Ibias (Fig. 1) (ARIAS *et al.*, en revisión). Las rocas encajantes corresponden a los materiales detríticos paleozoicos de la Serie de los Cabos, Pizarras de Luarca y Formación Agüeira.

## COMPOSICION QUIMICA DE LAS MINERALIZACIONES

A lo largo del corredor estructural que viene marcado por la traza de la falla Oscos-Ibias se han cartografiado una treintena de filones, con potencias de unos pocos centímetros a tres metros y corridas métricas a decamétricas.

En una primera etapa se han recogido 25 muestras puntuales, de aproximadamente 1 Kg., que presentan contenidos entre 2,05 y 188,0 gr/t Au, y un valor medio de 31,05 gr/t Au. Los valores más altos se localizaron en la zona de Penedela, sobre un filón de cuarzo-arsenopirita que aparece emplazado en una falla longitudinal que corta el flanco oeste del anticlinal de S. Martín (Fig. 1), y que aflora a lo largo de unos 200 m., con potencias entre 1 y 3 m. Sobre esta estructura se han recogido 45 paneles de 0,5 × 0,5 m., lo que supone entre 4 y 5 Kg., que han sido analizados para Au y

Ag por «fire assay», y para Pb, Zn, Cu, As y Sb por absorción atómica (Tabla 1), entre cuyos resultados destaca un contenido medio de 9,32 gr/t Au, 12,41 gr/t Ag y 4,7 % As.

A partir de los resultados analíticos se han seleccionado 30 paneles, con leyes superiores a 4 gr/t Au, que han sido utilizados para la realización de un test de recuperación metalúrgica en el laboratorio de Lakefield Research (Canadá). Un total de 121,1 Kg. de muestra fueron tratados por gravedad y cianuración, dando como resultado un 68,3 % de oro recuperable (0,4 % por gravedad y 67,9 % por cianuración), frente a un 31,7 % de oro refractario (Tabla 2).

## DISTRIBUCION Y COMPOSICION DEL ORO LIBRE Y REFRACTARIO

Los filones de cuarzo-arsenopirita de la zona de Penedela están compuestos por cuarzo de aspecto vítreo a lechoso que presenta diseminaciones de cristales milimétricos idiomórficos a subidiomórficos de arsenopirita y pirita, siendo este último accesorio. Estos minerales, especialmente la arsenopirita, presenta siempre una textura cataclástica, apareciendo atravesados por una densa red de microfisuras (Fig. 2 a,b). Las fisurillas están rellenas con cuarzo, en las que ocasionalmente aparecen cristales de electrum, con tamaños entre 10 y 200 μm (Fig. 2 c,d). Localmente pueden aparecer también cristales de bornita y galena asociados a los granos de electrum.

Sobre esta paragénesis metálica se ha realizado un estudio de su composición química mediante la microsonda Cameca: Camebax SX-50, de la Universidad de Oviedo, determinando los contenidos en elementos mayores y trazas de la arsenopirita, pirita y electrum.

Se han analizado 7 muestras de electrum, que presentan una composición muy homogénea, con un contenido medio de 65,8 % Au y 32,4 % Ag; destacando a nivel

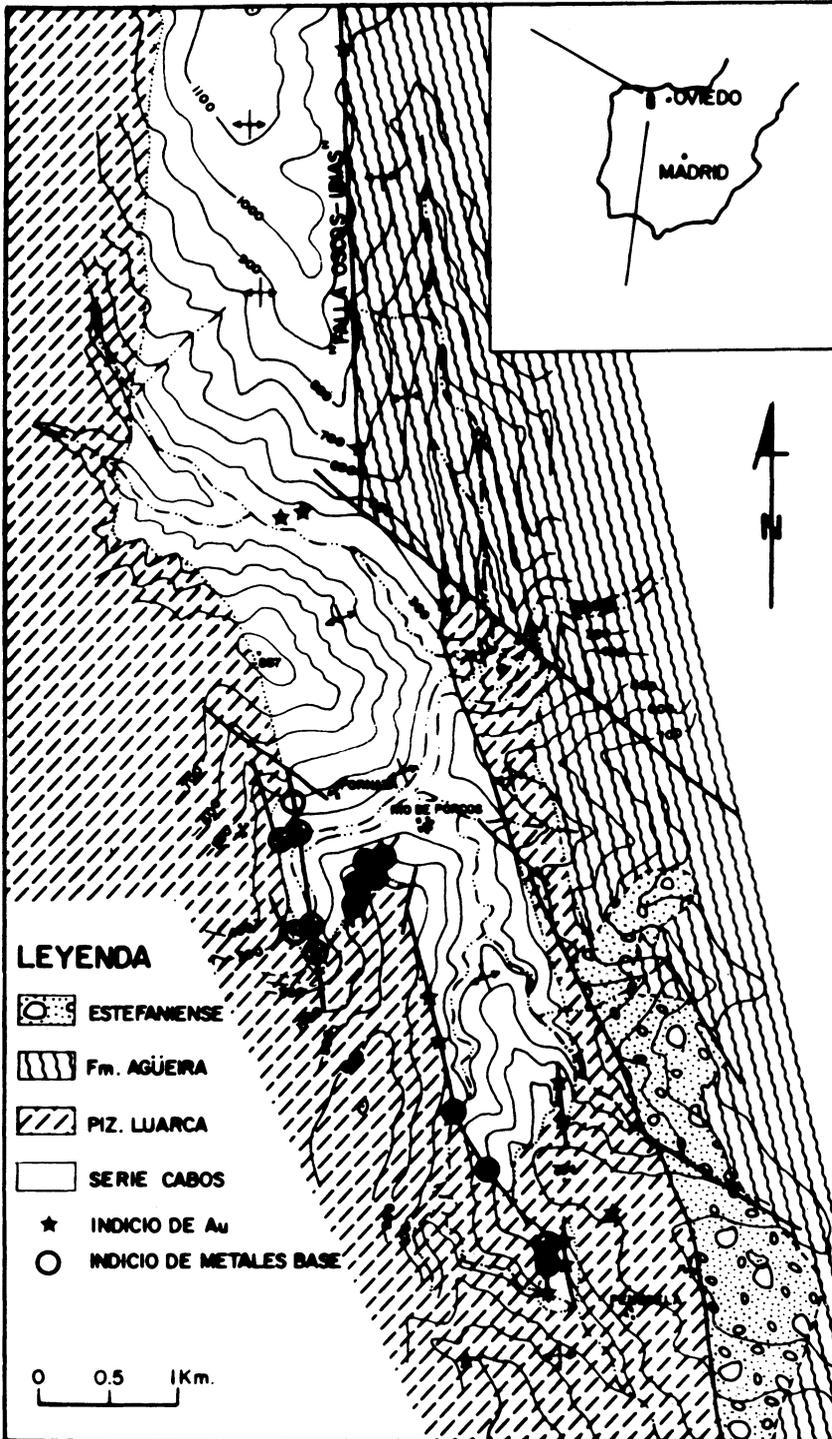


Fig. 1. Mapa geológico de la zona de Ibias (Asturias), mostrando la situación de los principales indicios auríferos y de metales base.

**TABLA 1. Composición química de la mineralización asociada a los filones de cuarzo-arsenopirita de la zona de Penedela (45 muestras).**

	ppm Au	ppm Ag	ppm Pb	ppm Zn	ppm Cu	ppm As	ppm Sb
MINIMO	0,6	0,75	100	14	50	5600	9
MAXIMO	50,4	66,1	18000	1180	2670	205000	4000
MEDIA	9,32	12,41	1919	129	270	47038	358

**TABLA 2. Resultados del test metalúrgico.**

PRODUCTO	PESO	gr/t Au	% DISTRIBUCION
Conc. gravedad	4,8 g	1240	0,4
Carbón	1394,5 g	756	67,9
Solución estéril	143,6 L	0,03	0,3
Residuo	121,1 Kg	4,03	31,4
<b>TOTAL</b>	<b>121,1 Kg</b>	<b>12,8</b>	<b>100</b>

de trazas valores medios de 0,51 % Hg y 0,19 % Bi (Tabla 3).

De los sulfuros se han analizado 33 muestras de arsenopirita y 29 muestras de pirita, presentando ambos minerales altos contenidos en oro. Las arsenopiritas se caracterizan por contenidos medios de 43,2 % As, 34,8 % Fe y 20,8 % S (Tabla 4), entre los que debemos destacar los altos valores de As, lo que las diferencia de las arsenopiritas presentes en la mayor parte de los yacimientos de oro del noroeste peninsular, cuyos contenidos en As varían entre un 31 y 34 % (COURRIOUX, 1985; GARCIA-IGLESIAS & LOREDO, 1990; CASTROVIEJO, 1990). A nivel de trazas las arsenopiritas de Penedela presentan altos contenidos en Au (456 gr/t) y Se (1906 ppm) (Tabla 4). El contenido en Au que se encuentra en la red de las arsenopiritas oscila entre 0 y 2.820 gr/t, no presentando ninguna correlación «r-mode» con los elementos mayores y trazas analizados.

Las piritas presentan porcentajes medios de 46,3 % Fe, 0,5 % As y 53,0 % S, siendo también auríferas, con contenidos que varían entre 0 y 860 gr/t, y un valor medio de 386 gr/t (Tabla 5). Al igual que ocurre con las arsenopiritas, el contenido en Au de las piritas no presenta ninguna correlación significativa con los elementos mayores y traza analizados.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se pone de manifiesto la existencia, en el límite entre los concejos de Ibias y Fonsagrada, de una red de filones con cuarzo-arsenopirita que presentan altos contenidos en oro, tanto libre como refractario. Este hecho puede analizarse bajo dos perspectivas, por un lado en cuanto a sus implicaciones genéticas y por el otro en lo que se refiere a la posible recuperación metalúrgica del oro.

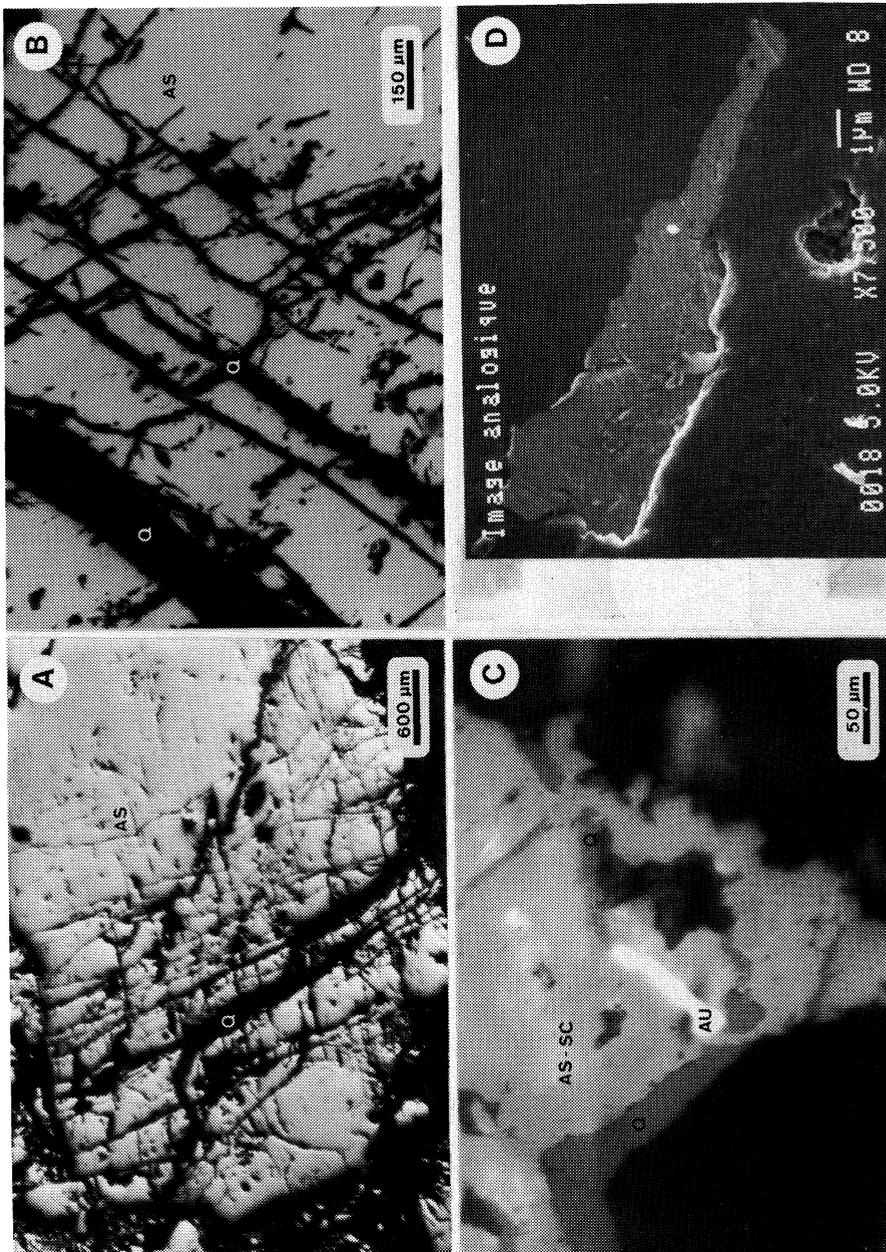


Fig. 2. Texturas características de las mineralizaciones auríferas de la zona de Peneda. A) Cristal de arsenopirita atravesado por una densa red de microfisuras rellenas de cuarzo (AS=arsenopirita, Q=cuarzo). B) Detalle de la foto anterior. C) Cristal de electrum que rellena, junto con el cuarzo, una microfisura en arsenopirita, la cual aparece parcialmente alterada a escorodita (AU=oro, Q=cuarzo, AS=arsenopirita, SC=escorodita). D) Imagen analógica por electrones reflejados de un cristal de electrum dentro de una venilla de cuarzo.

**TABLA 3. Análisis por microsonda de 7 muestras de electrum presentes en venillas de cuarzo que cortan cristales de arsenopirita.**

	% Au	% Ag	% Se	% Te	% Hg	% Bi	% Cu
MINIMO	63,09	30,20	0,00	0,07	0,32	0,00	0,00
MAXIMO	68,95	35,36	0,07	0,15	0,65	0,43	0,20
<b>MEDIA</b>	<b>65,84</b>	<b>32,38</b>	<b>0,04</b>	<b>0,11</b>	<b>0,51</b>	<b>0,19</b>	<b>0,06</b>

**TABLA 4. Análisis por microsonda de 33 cristales de arsenopirita (resultados de los elementos traza en ppm).**

	% As	% Fe	% S	Au	Ag	Se	Te	Hg
MINIMO	42,19	34,09	20,29	0	0	1240	0	0
MAXIMO	44,06	36,11	21,38	2820	620	3100	380	3590
DESV. STAND	0,52	0,49	0,34	701	183	381	135	1003
<b>MEDIA</b>	<b>43,24</b>	<b>34,83</b>	<b>20,79</b>	<b>456</b>	<b>143</b>	<b>1906</b>	<b>176</b>	<b>836</b>

Bi	Co	Ni	Cu	Sb
0	0	0	0	120
2840	390	3020	2710	1010
823	89	874	735	226
<b>382</b>	<b>62</b>	<b>668</b>	<b>495</b>	<b>546</b>

**TABLA 5. Análisis por microsonda de 29 cristales de pirita (resultados de los elementos traza en ppm).**

	% Fe	% As	% S	Au	Ag	Bi	Sb
MINIMO	46,08	0,13	52,50	0	0	0	0
MAXIMO	47,79	1,24	53,36	860	330	4490	80
DESV. STAND.	0,58	0,52	0,16	195	90	1030	23
<b>MEDIA</b>	<b>46,34</b>	<b>0,54</b>	<b>53,00</b>	<b>386</b>	<b>53</b>	<b>346</b>	<b>36</b>

La presencia de oro, tanto libre como refractario, en paragénesis con arsenopirita y pirita como minerales esenciales, es una característica común de la mayor parte de los yacimientos e indicios auríferos del noroeste peninsular (HARRIS, 1980; COURRIOUX, 1985; JAHODA *et al.*, 1989; CASTROVIEJO, 1990; GARCIA-IGLESIAS & LORENDO, 1990; GUTIERREZ-CLAVEROL *et al.*, 1991; RIBERA *et al.*, 1992; URBANO *et al.*, 1992).

En Penedela, los sulfuros de primera generación, pirita y arsenopirita, que presentan altos contenidos en oro, han sufrido un proceso de cataclasis, apareciendo atravesados por una densa red de venillas compuestas por cuarzo y trazas de electrum, bornita y galena (ARIAS *et al.*, en revisión). Se trataría de un proceso de pepitización comparable al descrito por BONNEMAISON & MARCOUX (1987), SCHREIBER *et al.* (1990) y BONNEMAISON & MARCOUX (1990) para mineralizaciones filonianas semejantes.

La etapa distensiva a la que aparecen ligadas estas mineralizaciones debió producirse durante los últimos episodios hercínicos (ARIAS *et al.*, en revisión), probablemente como consecuencia del colapso estructural de la Cadena Hercínica (MATTE, 1969).

Por la que se refiere a la recuperación del oro, tenemos que en el test metalúrgico aparece un 31 % de oro refractario, lo cual es coherente con la presencia de altos contenidos en este metal en la red de las piritas y arsenopiritas. La recuperación de este oro refractario requeriría la aplicación de procesos metalúrgicos especiales de mayor costo que el método convencional de cianuración (HARRIS, 1990), debiendo considerarse en la posible explotación de un yacimiento de estas características. Este factor puede ser determinante en la rentabilidad del proyecto, al suponer un incremento en los costos de tratamiento, que puede llegar a hacer la explotación inviable; un caso comparable lo tenemos actualmente con el depósito de Salave (Asturias), cuya explotación depende esencialmente de la recuperación económica del oro refractario presente en la arsenopirita.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a Exminesa por permitir la realización y difusión de este artículo. Este trabajo ha sido financiado por la F.I.C.Y.T. mediante el proyecto PAMAT/91-3.

## BIBLIOGRAFIA

- ARIAS, D.; CORRETGE, L. G.; SUAREZ, O.; VILLA, L.; CUESTA, A.; FERNANDEZ-SUAREZ, J. (en revisión). Description of gold and base metal vein mineralizations, and associated siliceous skarns in the Ibias zone (Asturias, NW Spain). *Chron. Recher. Min.*
- BASTIDA, F.; MARTINEZ-CATALAN, J. R.; PULGAR, J. A. (1986). Structure metamorphic and magmatic history of the Mondoñedo nappe (Hercynian belt, NW Spain). *J. of Struct. Geol.*, 8, 415-430.
- BONNEMAISON, M.; MARCOUX, E. (1987). Les zones de cisaillement aurifères du socle hercynien français. *Chron. Recher. Min.* 488, 29-42.
- BOINEMAISON, M.; MARCOUX, E. (1990). Auriferous mineralization in some shear zones: a three-stage model of metallogenesis. *Mineral. Deposita* 25, 96-104.
- CASTROVIEJO, R. (1990). Gold ores related to shear zones, West Santa Comba-Fervenza area (Galicia, NW Spain). *Mineral. Deposita* 25 S, 42-52.
- COURRIOUX, G. (1985). Los indicios de oro del li-

- neamiento de Puenteume (Galicia, España): relaciones entre paragénesis y microestructuras. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe* 9, 221-238.
- GARCIA-IGLESIAS, J.; LOREDO, G. (1990). Geological, mineralogical and geochemical characteristics of the Carlés gold mineralization, Asturias, Spain. *Mineral Deposita* 25 S, 53-58.
- GUTIERREZ-CLAVEROL, M.; MARTINEZ-GARCIA, E.; LUQUE, C.; SUAREZ, V.; RUIZ, F. (1991). Gold deposits, late hercynian tectonics and magmatism in the northeastern Iberian massif (NW Spain). *Chron. Recher. Min.* 503, 3-13.
- HARRIS, D. C. (1990). The mineralogy of gold and its relevance to gold recoveries. *Mineral. Deposita* 25 S, 3-7.
- HARRIS, M. (1980). Gold mineralization at the Salave gold prospect, northwest Spain. *Trans. Inst. Min. Metall.* 89, B1-4.
- JAHODA, R.; ANDREWS, J. R.; FOSTER, R. P. (1989). Structural controls of Monterroso and other gold deposits in northwest Spain: fractures, jogs and hot jogs. *Trans. Inst. Min. Metall.* 98, B1-6.
- MARCOS, A. (1973). Las series del Paleozoico inferior y la estructura hercyniana del occidente de Asturias (NW de España). *Trab. Geol.* 6, 1-113.
- MATTE, P. (1969). Les kink-bands-Exemple de deformation tardie dans l'hercynien du Nord-Ouest de l'Espagne. *Tectonophysics* 7, 309-322.
- PEREZ-ESTAUN, A.; BASTIDA, F.; MARTINEZ-CATALAN, J. R.; GUTIERREZ-MARCO, J. C.; MARCOS, A.; PULGAR, J. A. (1990). West Asturian-Leonese zone: Stratigraphy. In: Pre-Mesozoic Geology of Iberia, R. D. Dallmeyer & E. Martínez García eds. *Springer Verlag*, 92-102.
- RIBERA, F.; TORNOS, F.; LOCUTURA, J. (1992). Las mineralizaciones hidrotermales de oro de la vertiente norte del Teleno (León). *III Cong. Geol. de España*. Actas T-3, 418-421.
- SCHREIBER, D. W.; AMSTUTZ, G. C.; FONTBOOTE, L. (1990). The formation of auriferous quartz-sulfide veins in the Pataz region, northern Perú: A synthesis of geological, mineralogical and geochemical data. *Mineral. Deposita* 25 S, 136-140.
- URBANO, R.; TOYOS, J. M.; ASENSIO, B. (1992). Mineralizaciones auríferas filonianas intragraníticas en el área de Tomiño (Pontevedra). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 17, 341-348.

*Recibido, 27-III-93*  
*Aceptado, 10-V-93*