

DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE ORO NATIVO MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X (EDXRF)

C. DE LA FUENTE ⁽¹⁾, M. OVEJERO ⁽¹⁾, I. QUERALT ⁽²⁾ Y M. VILADEVALL ⁽³⁾

- ⁽¹⁾ Escola de Gemmologia. Universitat de Barcelona. C./ Martí i Franqués, s.n.- 08028-Barcelona.
- ⁽²⁾ Institut de Ciències de la Terra «Jaume Almera».C.S.I.C. Barcelona. C./ Solé i Sabarís, s.n. – 08028- Barcelona
- ⁽³⁾ Departament de Petrologia i Geoquímica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. C./ Martí i Franqués, s/n – 08028- Barcelona

INTRODUCCIÓN

El oro es un metal y es un mineral. Esa doble condición de mineral-metal afecta a sus propiedades físicas y tecnológicas que se ven condicionadas por las características cristalográficas o estructurales del oro al constituirse como un empaquetado cúbico compacto.

La realidad es que el oro como mineral se presenta siempre aleado, de tal manera que el oro puro, 100% oro, no existe en la forma mineral natural. El llamado oro nativo siempre se presenta aleado en la naturaleza , aunque sea con cantidades mínimas, de plata, de cobre y/o de otros metales. Consiguientemente el porcentaje de los metales aleantes puede llegar a variar considerablemente. En este sentido, resulta de interés llegar a una determinación de la ley de oro lo más exacta posible, con la finalidad de llegar a optimizar el beneficio de las materias primas auríferas.

Por otro lado, en el ámbito profesional joyero, las aleaciones de oro y el porcentaje de este metal en las mismas, expresado con el quilataje, constituye un factor fundamental para la valoración de sus productos, donde un quilate equivale a 1/24 parte porcentual, es decir, 24 quilates representa el 100 %. Esta determinación se ha realizado tradicionalmente con el «método de la piedra de toque», que resulta impreciso ya que únicamente actúa sobre una raya superficial del metal y no permite distinguir recubrimientos superficiales de piezas macizas. La normativa legal actual sobre metales preciosos en la Unión Europea obliga a expresar el contenido de las aleaciones de oro y otros metales nobles en milésimas, aunque coexista con la expresión en quilates, por lo que esta expresión está condenada a desaparecer.

El Real Decreto nº 197/1988 de 22-02-1988 (BOE nº 60 de 10-03-1988) establece en su artículo cuatro «métodos de ensayo» para la determinación de la ley en objetos de oro. Estos métodos son: copelación, potenciometría, gravimetría y análisis volumétrico. Todos estos métodos tienen un grave inconveniente cuando se aplican a materiales preciosos: son destructivos de la muestra.

Así, tanto desde el punto de vista minero como desde el punto de vista comercial joyero, se está imponiendo cada vez más la exigencia de una determinación precisa y exacta sobre el contenido en oro. Es por ello que cada vez con más fuerza se imponen en la determinación de las aleaciones, otras técnicas analíticas no destructivas, entre las que se encuentra la espectroscopia de fluorescencia de rayos X mediante dispersión de energías (EDXRF), que juega un papel crucial en el análisis de las aleaciones metálicas.

Finalmente, indicar que en la fecha de redacción de este resumen el precio del oro está situado en 558,5 euros / onza-troy, razón por la cual el rigor en el cálculo de la ley del oro en las aleaciones se hace todavía, si cabe, más necesario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se han analizado diversas muestras de oro nativo tanto de origen filoniano como de origen sedimentario, con el fin de determinar la composición de sus aleaciones y la presencia de posibles impurezas.

El oro de origen sedimentario proviene de sedimentos aluviales de ríos que posteriormente han sido concentrados mediante procesos físico-mecánicos, de manera que

Referencia	Procedencia	Tamaño medio de partícula (mm)	Características morfológicas de los granos
LR	Río Segre (Lleida)	1,2	ovalados, contorno irregular, rugosos, brillantes
LP	Río Segre (Lleida)	1	elongados, contorno regular, planos, brillantes
LU	Río Miño (Lugo)	0,6	ovalados, contorno regular, planos, brillantes
AF	Río Moa (Sierra Leona)	1,5	esféricos, contorno irregular, rugosos, mates
CA	North Fork of American River (California)	2,5	ovalados, contorno irregular, planos, brillantes

Tabla 1: Origen y características de las muestras de oro nativo de origen aluvial

Referencia	Procedencia
CO	Magdalena (Colombia)
ME	Sonora (México)

Tabla 2: Origen y características de las muestras de oro nativo de origen filoniano

se han individualizado una serie de granos de oro en forma de pequeñas pepitas ó pajuelas clasificadas según sus características morfológicas. Las características de las muestras analizadas se detallan en la Tabla 1 y 2.

Para la realización del análisis mediante EDXRF se utilizó un equipo Fischer, modelo Fischerscope X-ray XDAL,el equipo trabaja a una tensión de 50 kV y 1mA de intensidad. Las medidas se tomaron utilizando un colimador de 600 µm y filtro de Ni. El tiempo de conteaje para la obtención del espectro fue de 50 segundos.

RESULTADOS

En cada una de las muestras diferenciadas se realizó una determinación cuantitativa del contenido en Au, Ag, Pt, Fe, Cu, Ni, As y Hg. Para ello se realizaron 50 medidas en diferentes puntos de cada muestra, sobre distintos granos de la misma para apreciar las variaciones entre las diferentes muestras. En la Tabla 3 se muestran los contenidos en Au y Ag, así como la relación Au/Ag, indicativa de la pureza de la aleación, y en la Tabla 4 los contenidos en Pd, Pt, Fe, Cu, Ni, As y Hg, presentes como impurezas.

El contenido medio en oro de las muestras analizadas se encuentra comprendido entre el 71% para el oro de Colombia y próximo al 99 % para el oro de los ríos Segre (LP) y Miño, de excepcional pureza. El contenido medio

Muestra		Au (%)	Ag (%)	Au/Ag
ME	x	88.47	10.30	8.60
	s	0.38	0.32	0.29
	r	1.47	1.30	1.17
CO	x	71.44	26.19	2.74
	s	3.13	1.87	0.28
	r	10.82	5.18	0.80
AF	x	85.21	10.85	7.87
	s	1.72	0.30	0.28
	r	5.73	0.57	0.50
LP	x	99.20	1.37	86.04
	s	0.62	0.59	37.13
	r	2.45	2.47	102.84
LR	x	98.23	1.85	68.96
	s	1.47	1.21	32.08
	r	5.87	4.44	126.95
LU	x	98.50	0.69	234.24
	s	1.27	2.76	111.27
	r	2.35	0.71	362.47
CA	x	93.29	7.26	31.11
	s	7.53	7.54	36.45
	r	34.45	34.44	158.08

Tabla 3: Contenidos en Au y Ag y relación Au/Ag expresadas en tanto por ciento. x: media, s: desviación standard y r: rango, referidos al conjunto de partículas integrantes de cada muestra.

en plata varía desde un 0.69% para el oro del río Miño hasta un 26,19% en el oro colombiano. Por otro lado, se aprecia que en aquellos granos de mayor tamaño, existe

Muestra		Pd (ppm)	Pt (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Ni (ppm)
ME	max	1200				
	min	1400				
	f	10				
CO	max		4900	2900		
	min		16400	6900		
	f		63	36		
AF	max	1900	4200	29100		
	min	1000	1500	12100		
	f	10	25	100		
LP	max	2900			8300	
	min	900			700	
	f	12			100	
LR	máx			1300	34600	1500
	min			700	1500	1100
	f			12	100	20
LU	máx	2900	13100		23700	
	min	1000	7300		9800	
	f	20	15		15	
CA	máx				8700	
	min				3000	
	f				16	

Tabla 4: Contenidos en Pd, Pt, Cu, Fe y Ni expresados en ppm. max: valor máximo, min: valor mínimo, f: frecuencia expresada en tanto por ciento.

un mayor rango de variación del contenido en oro, de manera que en el oro de California existe un rango de variación de 34,45%, que contrasta con el valor de 2,35 % correspondiente al oro del río Miño que se caracteriza por tener el menor tamaño de partícula de todas las muestras analizadas.

En general, se aprecia un notable enriquecimiento en el contenido en oro para aquellas muestras de oro nativo de origen aluvial, donde la relación Au /Ag puede llegar a alcanzar el 234 como en el caso del oro de origen aluvial del río Miño, mientras que el oro mexicano y colombiano presentan una relación Au/Ag inferior a 10.

En todas las muestras analizadas de oro nativo se ha detectado la presencia de otros metales en forma de impurezas. No obstante, a excepción del oro del río Moa, caracterizado por la presencia de cobre y el oro del río Segre (LR), caracterizado por la presencia de hierro, no todos los granos analizados presentaban impurezas ni en el caso de que existieran se han detectado la presencia de los mismos metales como impurezas. A este hecho cabe añadir que aquellos granos de morfologías más irregulares, presentan un mayor número de impurezas.

CONCLUSIONES

El contenido en oro está relacionado con el tamaño de partícula. Así, a mayor tamaño de partícula mayor rango de variabilidad de la concentración de oro. Existe una mayor heterogeneidad del contenido en oro en la partícula analizada. Por otro lado, aquellos de morfología más irregular y apariencia rugosa suelen contener algún tipo

de impureza para todos los granos analizados y además muestran un mayor número de ellas. Así, el contenido en impurezas parece estar relacionado con la morfología de los granos.

Podríamos indicar que cuanto más pequeña es la muestra (pepitas, pajitas, etc.) en el oro aluvial mayor es su contenido en oro, y cuanto más irregular es su morfología más elevado es el número de impurezas que contiene.

Por todo lo expuesto anteriormente, podemos decir que la técnica de fluorescencia de rayos X mediante dispersión de energías se revela como una técnica útil, rápida y cómoda sin la necesidad de aplicar ninguna preparación o tratamiento previo de la muestra de oro a analizar. Otra ventaja destacable es la facilidad de poder analizar individualmente cada partícula de oro nativo, de manera que los datos obtenidos son mucho más representativos, precisos y fiables a la hora de evaluar el contenido de un yacimiento.

REFERENCIAS

- Erial, G. (1984). Géomorphologie et gîtologie de l'or detritique. Piémonts et bassins intramontagneus du NW de l'Espace. CNRS, Paris 456 pp.
- Roessiger & Nensel (2003). Gold Bulletin, 36 (4), 125-137.
- Díaz Martínez, R. et al (1998). Acta Geológica Hispánica, 33, 351-371.
- Freyssinet, Ph. (1989). Journal of Geochemical Exploration, 32, 17-31.
- BOE nº 60 de 10-03-1988. Real decreto nº 197/1988 de 22-02-1988.