

INFORME TÉCNICO

Análisis comparativo de la composición elemental de ejemplares numismáticos

Objeto: estudio comparativo de los resultados analíticos de 16 ejemplares, organizados en tres grupos.

Base documental: tablas aportadas con porcentajes elementales, diámetro, peso y clasificación tipológica.

Alcance: interpretación composicional. Las tablas no incluyen micrografías, fases metalográficas ni ensayos de dureza; por ello, el documento no atribuye resultados microestructurales no observados.

Distribución de los grupos

Grupo	Ejemplares	N.º de piezas	Criterio
1	N.º 1	1	Ejemplar individual
2	N.º 2 y N.º 3	2	Conjunto de dos ejemplares
3	N.º 4 al N.º 16	13	Resto de ejemplares

1. Consideraciones metodológicas

Los porcentajes se transcriben de las tablas facilitadas. Se interpretan como composición elemental reportada, sin asumir que representen necesariamente la composición del núcleo metálico. La corrosión, la preparación de superficie, la técnica instrumental, la calibración y la normalización pueden afectar a los resultados.

Conviene distinguir el análisis composicional de la metalografía en sentido estricto. Para caracterizar la microestructura serían necesarios datos como micrografías, fases, inclusiones, segregaciones y, en su caso, ensayos de dureza.

2. Resultados por grupos

2.1. Grupo 1: ejemplar n.º 1

Composición reportada: Cu 96,585 %; Ag 3,135 %; Pb 0,280 %. La pieza presenta una aleación claramente dominada por el cobre, con plata como segundo componente y una proporción reducida de plomo. Este perfil sirve como referencia para la comparación con los demás ejemplares, pero no permite inferir por sí solo procedencia, receta de fabricación ni cronología.

2.2. Grupo 2: ejemplares n.º 2 y n.º 3

Ejemplar	Composición reportada
N.º 2	Cu 95,773 %; Ag 3,154 %; Pb 0,462 %; Fe 0,314 %; Mn 0,025 %.
N.º 3	Cu 95,560 %; Ag 3,580 %; Pb 0,275 %; Ir 0,113 %; Os 0,480 %.

Ambos ejemplares comparten el predominio del cobre y contenidos de plata del mismo orden. El n.º 2 presenta hierro y manganeso en proporciones reducidas; el n.º 3 registra iridio y osmio. Las diferencias en los elementos minoritarios, junto con la diferencia de peso (1,50 g frente a 0,77 g) y la distinta clasificación tipológica (Tipo I y Tipo II A), impiden tratarlos como equivalentes basándose solo en los componentes mayoritarios.

La presencia consignada de Ir y Os merece verificación en los espectros originales y en la documentación del método, especialmente antes de utilizarla como indicador de materias primas o procedencia.

2.3. Grupo 3: ejemplares n.º 4 al n.º 16

El cobre es el componente mayoritario de todas las piezas del grupo, con valores entre 93,80 % (n.º 8) y 97,33 % (n.º 9). La plata oscila entre 2,50 % (n.º 9) y 4,64 % (n.º 8). Estos intervalos muestran variabilidad, aunque no separan por sí solos al grupo de los otros dos.

Ej.	Cu (%)	Ag (%)	Otros elementos reportados (%)
4	94,78	3,099	Os 1,54; Ir 0,243; Pb 0,340
5	96,30	2,68	As 0,24; Ni 0,04; Pb 0,44; Sb 0,32
6	95,90	2,98	As 0,31; Ni 0,04; Pb 0,44; Sb 0,30
7	94,80	4,54	Pb 0,35
8	93,80	4,64	As 0,17; Pb 0,71; Sb 0,44; Fe 0,06
9	97,33	2,50	Pb 0,162
10	93,88	3,04	Fe 1,93; Ti 0,53; Ir 0,37; Pb 0,26
11	95,30	3,62	Pb 0,92; Ti 0,15
12	93,88	3,08	Os 2,45; Pb 0,31; Ir 0,28
13	95,44	2,93	Pb 1,63
14	95,908	3,675	Pb 0,327
15	95,56	3,58	Pb 0,275; Ir 0,113; Os 0,48
16	95,64	3,26	Fe 0,73; Ti 0,37

El plomo aparece de forma recurrente, con un intervalo reportado de 0,162 % a 1,63 %. El n.º 13 presenta el valor más alto del grupo; le siguen el n.º 11 (0,92 %) y el n.º 8 (0,71 %). Las piezas n.º 10 y n.º 16 contienen hierro y titanio en proporciones distintas. Arsénico, antimonio y níquel aparecen sobre todo en los n.º 5, 6 y 8. Iridio y osmio se consignan en los n.º 4 y 12, así como en el n.º 15.

Los n.º 5 y 6 presentan perfiles próximos en varios componentes: cobre, plata, plomo, arsénico, níquel y antimonio. Esta semejanza justifica una comparación específica, pero no demuestra una misma colada o procedencia. El n.º 15 coincide exactamente con el n.º 3 en todos los valores elementales transcritos (Cu, Ag, Pb, Ir y Os); es una observación destacada que debe comprobarse con los registros originales y mediciones independientes.

3. Comparación global

Grupo	Ejemplares	Intervalo Cu	Intervalo Ag	Observación
1	1	96,585 %	3,135 %	Perfil sencillo: Cu-Ag-Pb.
2	2-3	95,560-95,773 %	3,154-3,580 %	Componentes principales próximos; trazas diferentes.
3	4-16	93,80-97,33 %	2,50-4,64 %	Mayor amplitud y diversidad de elementos minoritarios.

Los intervalos de cobre y plata se solapan entre los grupos. Por ello, la composición mayoritaria no permite establecer una separación inequívoca. La diferenciación más informativa reside en los elementos minoritarios y traza, siempre que su identificación y cuantificación sean fiables.

4. Interpretación arqueometalúrgica

La variabilidad observada podría ser compatible con diferencias en las materias primas, mezclas de metales, refinado o reutilización de metal. Son hipótesis alternativas, no conclusiones demostradas por estas tablas. Los elementos minoritarios pueden ayudar a comparar piezas, pero no identifican directamente una mina, región o taller sin conjuntos de referencia y un diseño analítico adecuado.

La corrosión y el estado superficial pueden alterar las proporciones medidas, en especial si el análisis se realizó directamente sobre superficies alteradas. La relación entre composición, tipología, diámetro y peso también requiere un estudio conjunto y una muestra suficiente por tipo.

5. Limitaciones y recomendaciones

- Documentar la técnica instrumental, calibración, patrones, límites de detección y cuantificación, incertidumbres y método de normalización.
- Revisar los espectros originales, en particular las identificaciones y concentraciones de iridio y osmio.
- Confirmar si las mediciones se hicieron sobre superficies limpias, productos de corrosión o muestras extraídas; considerar análisis repetidos en zonas distintas.
- Obtener resultados sin redondear y aclarar el tratamiento de elementos no detectados o no determinados.
- Si es viable y está justificado por la conservación, complementar con microscopía óptica y/o electrónica para estudiar fases, inclusiones, segregaciones y huellas de fabricación.

6. Conclusiones

1. Los 16 ejemplares son aleaciones de base cuprífera, con cobre por encima del 93 % y plata entre 2,50 % y 4,64 % según los valores aportados.
2. No se observa una separación clara de los tres grupos atendiendo solo a cobre y plata.
3. El grupo 1 presenta una composición sencilla de Cu-Ag-Pb. El grupo 2 comparte componentes mayoritarios próximos, pero difiere en elementos minoritarios. El grupo 3 muestra la mayor amplitud composicional y diversidad de trazas.
4. Las semejanzas entre los n.º 5 y 6 y la coincidencia de los valores reportados para los n.º 3 y 15 merecen comprobación, pero no prueban por sí mismas identidad de fabricación o procedencia.
5. Las diferencias observadas pueden orientar hipótesis sobre materias primas y procesos, pero no demuestran por sí solas talleres, fuentes de abastecimiento, reciclaje ni cronologías distintas.
6. La interpretación podrá fortalecerse con documentación instrumental completa y, cuando proceda, análisis microestructurales.

Conclusión general

El conjunto comparte una base composicional de cobre y plata, pero presenta variabilidad en los elementos minoritarios. Esta variabilidad ofrece una base útil para futuras comparaciones arqueometalúrgicas. La similitud mayoritaria no equivale necesariamente a procedencia común, y las diferencias de trazas no demuestran automáticamente procesos de fabricación distintos.

Nota de alcance: documento elaborado a partir de las tablas e imágenes facilitadas, sin acceso a los archivos instrumentales originales. Antes de su uso en una publicación científica, memoria arqueológica o informe pericial, deben verificarse los datos transcritos y completarse la información metodológica.