

Análisis Composicional de Aleaciones Precolombinas Mediante Técnicas No Destructivas

/ ELENA VINDEL (1*), MARIA HERNANDO (2), JAVIER GARCÍA (3), CARLOS GUMIEL (1), VICTORIA LÓPEZ-ACEVEDO (1), MARINA PARRAS (2)

(1) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

(2) Dpto. de Inorgánica I. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

(3) ICTS Centro Nacional de Microscopía Electrónica. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas en la investigación arqueometalúrgica es el análisis composicional cuantitativo de piezas arqueológicas compuestas por aleaciones metálicas. Por su valor cultural, patrimonial, museístico y económico, las piezas no pueden dañarse y por lo tanto se tienen que analizar mediante una técnica de carácter no destructivo o mínimamente invasivo. La búsqueda de precisión y fiabilidad de este tipo de análisis constituye un reto constante entre los investigadores desde la década de los noventa. El avance en la resolución de los equipos de análisis y la interdisciplinariedad entre mineralogistas, químicos y arqueólogos se perfila como la mejor opción para la mejora en la obtención de resultados. En este trabajo se ha estudiado una pieza precolombina mediante difracción de rayos X (XRD) y microscopía electrónica de barrido (SEM).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han realizado análisis químicos cuantitativos y texturales en un fragmento metálico de la Cultura Tiaone, que se desarrolló en la región de Esmeraldas, al Norte de Ecuador durante los primeros siglos de nuestra Era. Las piezas se encontraron en el yacimiento arqueológico de La Propicia durante la realización del Proyecto Esmeralda (1970-75) dirigido por el Profesor José Alcina Franch en el marco de la Misión Arqueológica Española en el Ecuador. El yacimiento de La Propicia está datado entre 50 y 260 d.C. (Alcina, 1981). Los fragmentos (Fig. 1), de tipo varilla, formaban probablemente parte de una nariguera y son especialmente valiosos, teniendo en cuenta la escasez de orfebrería en dicho yacimiento de La Propicia. A priori, se observa que están constituidos por



fig. 1 Fragmentos de pieza arqueológica. Cultura Tiaone. La Propicia, Región de Esmeraldas, Costa Norte de Ecuador.

“tumbaga”, nombre con el cual los españoles denominaron a las aleaciones Au-Cu y Cu-Au que utilizaban las culturas precolombinas.

Para el estudio composicional se seleccionó el fragmento más pequeño por estar menos alterado. El estudio se ha realizado en primer lugar sobre la superficie y posteriormente se efectuó un corte transversal de 0,25 mm con un hilo de diamante, con objeto de estudiar el interior de la pieza. Los análisis se realizaron sobre la micromuestra obtenida.

El estudio textural y composicional se ha realizado en el Centro Nacional de Microscopía Electrónica (Universidad Complutense de Madrid, UCM), por medio de microscopía electrónica de barrido en un microscopio JEOL 6335 equipado con un detector analítico INCA para espectroscopía de dispersión de energía de rayos-X (SEM-EDX). Las muestras, por su carácter metálico, no requieren metalización para su visualización. Los análisis se realizaron a 15kV con electrones retrodispersados en modo composicional.

La caracterización estructural de las muestras se ha realizado por XRD en el CAI de Difracción de Rayos X de la UCM

utilizando una plataforma multipropósito adaptada a un difractor Panalytical X'Pert PRO MPD equipado con tubo de Cu, monocromador de haz primario de Ge y un detector X'Celerator.

RESULTADOS

La caracterización estructural de la pieza mediante XRD muestra la presencia de dos fases, cuprita, Cu_2O , y otra correspondiente a la aleación Cu_3Au que puede asociarse a la denominada tumbaga.

La caracterización SEM realizada en los fragmentos muestra que la superficie de la pieza está intensamente alterada. El análisis composicional en las distintas zonas indica la presencia de Cu que puede corresponderse con la cuprita, Cu_2O , observada por XRD. En las zonas más doradas, sigue observándose la presencia de Cu pero también Au y Ag en menor proporción (Fig. 2) asociándose a una aleación ternaria Cu-Au-Ag.

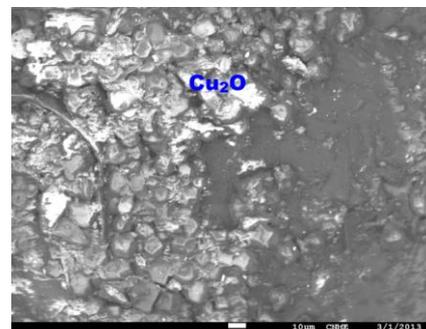


fig. 2. Imagen SEM. Alteración de cuprita (Cu_2O) sobre una aleación ternaria Cu-Au-Ag.

La observación sobre la sección cortada, libre de alteración, revela la presencia de una textura heterogénea con distintas zonas marcadas como A, B y C (Fig. 3).

palabras clave: Arqueometalurgia, Oro, Tumbaga, microscopio electrónico de barrido

key words: Archaeometallurgy, Gold, Tumbaga, Scanning Electron Microscope

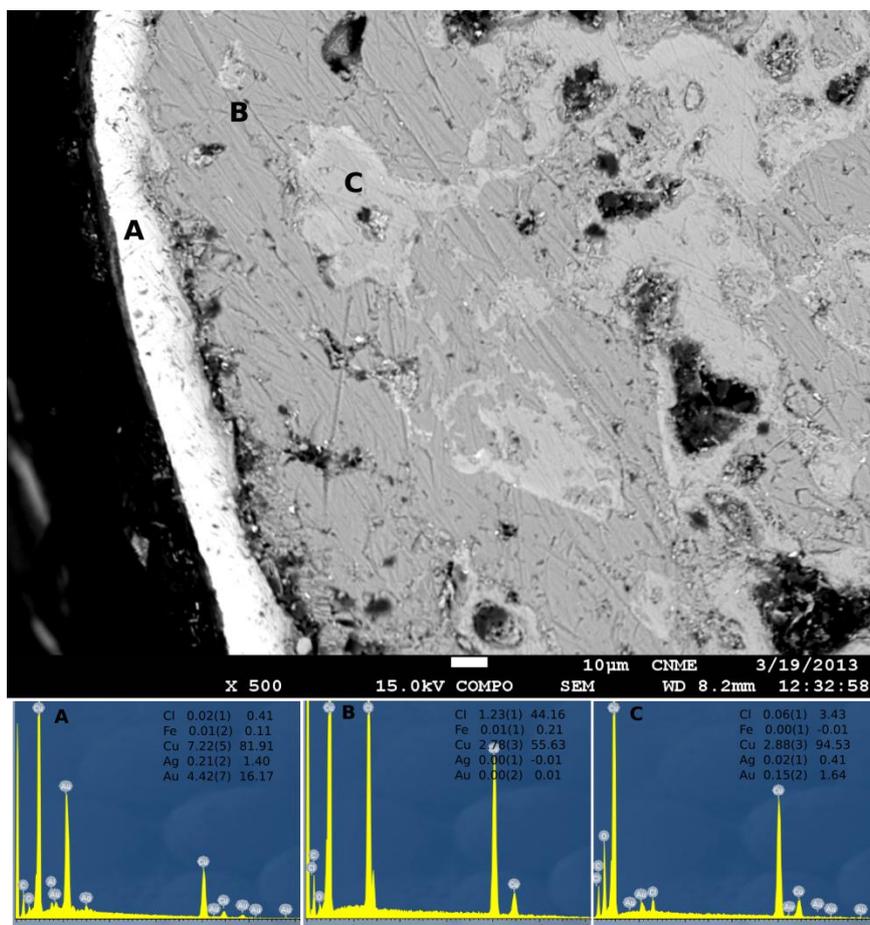


fig. 3. Imagen SEM y espectro EDX de un corte transversal a la varilla.

El análisis composicional del borde externo de unas 16 µm (zona A) muestra la presencia de Cu, Au y Ag con las siguientes proporciones: Cu (81,91 %at.), Au (16,17 %at.) y Ag (1,40 %at.). Esta relación de los metales se ajusta a la composición estándar de una tumbaga (aleación ternaria con ~20% de Au, tipo Cu-Au-Ag). Además, se detectan trazas de Fe (0,11 %at.) y Cl (0,41% at.). A diferencia de otras piezas analizadas en la misma zona (Scott y Bray, 1980), en estos fragmentos no se ha detectado la presencia de platino y otros metales de su grupo.

El interior de la pieza es composicionalmente heterogéneo con zonas bien diferenciadas marcadas como B y C (Fig. 3). El análisis de las zonas grises más oscuras (B) corresponde a una composición de 55,63 %at. de Cu y 44,16 %at. de Cl. La zona gris más clara (C) presenta Cu en una proporción muy elevada (94,53 %at.), con escasa proporción de Cl (3,43 %at), Au (1,64%) y Ag (0,41%at), poco aleado. Es frecuente la presencia de microporos (negro).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las varillas del yacimiento de La Propicia estudiadas en este trabajo muestran una lámina enriquecida en oro en la superficie (Cu: 60,94 % en peso, Au: 37,29 % en peso, Ag: 1,77 % en peso) Ese borde externo es característico de la "técnica del dorado", que se desarrolló ampliamente durante la Tiaone y otras culturas precolombinas. Entre los distintos métodos utilizados para el dorado está el enriquecimiento en oro de la superficie o "depletion gilding technique" (Letchman, 1984), el cual consistía en elaborar la pieza con cobre poco aleado y posteriormente enriquecer la superficie en oro, mediante un tratamiento químico que eliminaba parte del cobre. Otro procedimiento consistía en colocar un enchapado con delgadas láminas de oro, que se fijaban a las piezas mediante martilleado y tratamientos de recocido.

En el caso del fragmento estudiado, la

presencia de cobre pobre en oro, unido a la importante proporción de cloro detectada hacia el interior de la varilla, sugieren la intervención de procesos químicos en la técnica del dorado de la superficie.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Museo de Arqueología y Etnología de América, Facultad de Geografía e Historia de la UCM y muy especialmente a su directora la Dra. Alicia Alonso Sagaseta el préstamo de la pieza arqueológica. Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto de Mejora e Innovación de la Calidad de la Docencia, PMICD 21-2013 de la Universidad Complutense de Madrid.

REFERENCIAS

- Alcina, J. (1981): Fechas radiocarbónicas en la Arqueología de Ecuador. *Revista Española de Antropología americana*, **XI**: 95-101.
- Lechtman, H. (1984). Pre-Columbian surface metallurgy. *Scientific American*, **250**(6): 56-63.
- Scott, D.S. & Bray, W. (1980): Ancient Platinum Technology in South America, *Platinum Metals Rev.*, **24**: 144-157.