



Centro de Estudios de Arqueología Histórica
Universidad Nacional de Rosario



Teoría y Práctica de la Arqueología Histórica
Latinoamericana | Año X, Volumen 14 | 2021

Revista del Centro de Estudios de Arqueología Histórica,
Facultad de Humanidades y Artes,
Universidad Nacional de Rosario
<https://teoriaypracticaah.unr.edu.ar/index.php/index>
<https://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/14804>

ISSN en línea: 2591-2801

ISSN versión impresa: 2250-866X

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional
(CC BY-NC-SA 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Melania Lucila Lambri, Laura Weidenfeller, Osvaldo Agustín Lambri, Bernd Weidenfeller, Federico Guillermo Bonifaci, Griselda Irene Zelada y Ana María Rocchietti.
Determinación de los materiales utilizados y métodos de fabricación de un saxofón “Weltklang” manufacturado en Alemania oriental en 1960 mediante técnicas arqueométricas

DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS Y MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE UN SAXOFÓN “WELTKLANG” MANUFACTURADO EN ALEMANIA ORIENTAL EN 1960 MEDIANTE TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS

DETERMINATION OF MATERIALS AND METHODS USED IN THE MANUFACTURE OF A WELTKLANG SAXOPHONE MADE IN EAST GERMANY IN 1960 BY MEANS OF ARCHAEOLOGICAL TECHNIQUES

Melania Lucila Lambri¹, Laura Weidenfeller², Osvaldo Agustín Lambri³,
Bernd Weidenfeller⁴, Federico Guillermo Bonifaci⁵,
Griselda Irene Zelada⁶ y Ana María Rocchietti⁷

¹ CONICET-UNR, Lab. de Materiales, Esc. de Ingeniería Eléctrica, Centro de Tecnología e Investigación Eléctrica, Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Rosario, Argentina. Centro de Estudios de Arqueología Histórica (CEAH), Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. melania_lambri@hotmail.com

² Department of Microsystems Technology, Ilmenau University of Technology, Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau, Germany. laura.weidenfeller@tu-ilmenau.de

³ CONICET-UNR, Lab. de Materiales, Esc. de Ingeniería Eléctrica, Centro de Tecnología e Investigación Eléctrica, Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Rosario, Argentina. Centro de Estudios de Arqueología Histórica (CEAH), Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina. olambri@fceia.unr.edu.ar

⁴ IEC, Department of Materials Science, Clausthal University of Technology, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany. bernd.weidenfeller@tu-clausthal.de

⁵ CONICET-UNR, Lab. de Materiales, Esc. de Ingeniería Eléctrica, Centro de Tecnología e Investigación Eléctrica, Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Rosario, Argentina. Centro de Estudios de Arqueología Histórica (CEAH), Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario. bonifaci@fceia.unr.edu.ar

⁶ CONICET-UNR, Lab. de Materiales, Esc. de Ingeniería Eléctrica, Centro de Tecnología e Investigación Eléctrica, Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Rosario, Argentina. Centro de Estudios de Arqueología Histórica (CEAH), Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario. gizelada@fceia.unr.edu.ar

⁷ Centro de Estudios de Arqueología Histórica (CEAH), Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina. Facultad de Cs. Humanas, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. anaau2002@yahoo.com.ar

Resumen

El presente trabajo muestra un estudio de caracterización mediante técnicas arqueométricas, de los materiales utilizados para la fabricación de un saxofón “Weltklang” proveniente de la, por entonces, República Democrática Alemana. Para tal fin se implementaron estudios de fluorescencia de rayos X, microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido con análisis dispersivo de energías y termogravimetría. El saxofón fue fabricado en 1960, siendo parte de la línea de saxofones Weltklang (B&S) con el número de serie 32936, y permaneció en uso hasta el año 2002. Los resultados mostraron que el material base del ejemplar era el bronce, con una composición (Cu- 28% masa Zn); la cual se ajusta a las composiciones actuales para los broncees a nivel internacional. Con respecto al plateado observable en la superficie del instrumento, los análisis realizados permitieron determinar que éste se obtuvo probablemente mediante inmersión en un baño compuesto de cianuro de plata, cianuro de potasio y carbonato de potasio; pudiéndose determinar en consecuencia no sólo el método implementado sino también la composición del compuesto utilizado para dicho tratamiento. A su vez, se encontraron diferentes tipos de imperfecciones en las muestras que corresponden principalmente al lado interior del instrumento, lo que indica la existencia de zonas falladas en el proceso de bañado, las cuales probablemente fueron reparadas por fundición local de plata sobre esas mismas áreas defectuosas. Los datos obtenidos en este estudio muestran la potencialidad del uso de técnicas arqueométricas para poder inferir los métodos utilizados para la fabricación de instrumentos musicales antiguos, y, por consiguiente, la viabilidad de la arqueometría para la reconstrucción de modos de elaboración de aquellos instrumentos musicales que puedan recuperarse en contextos arqueológicos. Al mismo tiempo, los resultados provenientes de los análisis implementados en este trabajo demuestran la aplicabilidad de la arqueometría para casos de estudios relacionados con la arqueometalurgia histórica y la arqueología industrial.

Palabras clave: estudio de caracterización; técnicas arqueométricas; saxofón; métodos de fabricación; instrumentos musicales antiguos.

Abstract

The present work shows a characterization study by means of archaeometric techniques of the materials used for the manufacture of a “Weltklang” saxophone from the formerly German Democratic Republic. For fulfill this purpose, X-ray fluorescence, optical microscopy, scanning electron microscopy with dispersive energy analysis and thermogravimetry studies, were implemented. The saxophone was manufactured in 1960, being part of the Weltklang (B&S) line of saxophones with serial number 32936, and remained in use until 2002. The results showed that the base material of the sample was brass, with a composition (Cu- 28% mass Zn); which conforms to current compositions for brasses internationally. Regarding the silver layer observable on the surface of the instrument, the analyzes allowed to determine that it was probably promoted by the immersion of the instrument in a plating bath composed of silver cyanide, potassium cyanide and potassium carbonate. Therefore, the implemented method for plating the instrument and also the components of the used bath were determined. In turn, different types of imperfections were found in the samples that correspond mainly to the inner side of the instrument, which indicate the existence of faulty areas of the bathing process. These areas were probably repaired by the local deposition of melted silver above those faulty areas. The data obtained in this study show the potentiality of the use of archeometric techniques to infer the methods used in the manufacture of ancient musical instruments. Consequently, the viability of archaeometry for the reconstruction of the elaboration procedures of those musical instruments which can be recovered in archaeological contexts has been shown.

Keywords: characterization study; archaeometric techniques; saxophone; manufacturing methods; ancient musical instruments.

Introducción y objetivo del trabajo

Hoy en día es prácticamente imposible negar la importancia que tuvieron los metales a lo largo de la historia de la humanidad. Si bien el nivel de aprovechamiento de los mismos fue más limitado en las etapas más tempranas de las sociedades humanas, surge a la vista cómo los modos de obtención, manipulación y usos conferidos a estos materiales han ido, a lo largo del tiempo, creciendo y diversificándose a lo largo del globo (y especialmente luego de la Revolución Industrial) (Artioli, 2010). En este sentido, la Ciencia de Materiales adquiere un papel de suma importancia a la hora de estudiar las características que distinguen a los metales de otros tipos de materiales. Concretamente, esta ciencia se encarga de estudiar siguiendo los modelos de comportamiento presentes en la Naturaleza, diferentes aspectos como ser: las interrelaciones entre las propiedades físico-químicas de los materiales, su constitución o microestructura interna, y su procesado o tratamiento, como factores que van a alterar su microestructura, y por ende sus propiedades (Smith et al., 1992; Gordo y Piris, 2012). Esto último convierte a la ciencia de materiales también en un campo multidisciplinar, cuyo marco teórico-metodológico, desde el punto de vista operativo, requiere realizar ensayos y técnicas analíticas que verifiquen la predicción de diversos modelos vinculados a las propiedades de materiales específicos, y su comportamiento, luego de ser sometidos a diferentes escenarios experimentales. A estos estudios se los conoce como estudios de caracterización de materiales y, paralelamente, a las técnicas utilizadas para estos fines se las referencia como “técnicas analíticas” o “técnicas de caracterización” (como por ejemplo los ensayos mecánicos y análisis térmicos, análisis mediante microscopía, entre muchos otros) (Burriel Marti et al., 1989; Smith et al., 1992; Gordo y Piris, 2012). Avanzando ahora a un área de conocimiento más específico, se observa que la Metalurgia, como parte del dominio de la Ciencia de Materiales, se enfoca en el estudio del comportamiento físico y químico de los elementos metálicos, sus compuestos intermetálicos y sus mezclas (aleaciones). Esto último incluye el abordaje de diversos aspectos como el procesamiento de minerales, la termodinámica, la electroquímica, degradación química, la reducción y oxidación de metales, las propiedades mecánicas y físicas, transformaciones de fase, entre mucho otros (Moore y Boyce, 1990; Smith et al. 1992; Tylecote, 1992; Artioli, 2010; Reardon, 2011; Raghavan, 2015). Estas consideraciones no son menores dado que toda la información y herramientas de análisis que ofrecen tanto la ciencia de materiales como la metalurgia, se convierten en recursos muy valiosos para las otras ramas y sub-ramas de la ciencia interesadas en el estudio de las propiedades y papel que desempeñaron los objetos metálicos en sociedades pretéritas. Éste es precisamente el caso de la arqueología y sus diversas sub-ramas, como por ejemplo la arqueometría y, a un nivel más específico la arqueometalurgia, la cuales destacan justamente por su fuerte impronta inter- y multidisciplinar (Landa, 2006; Artioli, 2010; Landa, Montanari y De Rosa, 2011; Landa y Ciarlo, 2016; Rocchietti, 2019; Ferro, 2020; entre otros). En efecto, la arqueometría consiste en realizar estudios mediante la implementación de técnicas analíticas provenientes de otras disciplinas (como la ciencia de materiales, física, química, etc.) con fin el poder resolver problemas de investigación propios de la arqueología (Ruiz *et al.*, 2006; Montero Ruiz *et al.*, 2007; Artioli, 2010; De Juan Ares y Schibille, 2017; Tham et al., 2019; Lambri et al., 2021; entre otros). Estas técnicas analíticas o “arqueométricas” (por su aplicabilidad para los estudios arqueológicos) permiten al arqueólogo disponer de mayores recursos a la hora obtener caracterizaciones y data más certeras de la historia de los diferentes materiales recuperados

en un sitio arqueológico como ser: métodos de elaboración, marco temporal de producción, rastros de uso, alteraciones sufridas en el tiempo, etc. (Landa, 2006; Ciarlo y De Rosa, 2009; Artioli, 2010). Por consiguiente, es posible inferir con mayor nivel de certeza el pasado de las sociedades que habitaron esos lugares (Landa, 2006; Ciarlo y De Rosa, 2009). La arqueometalurgia, por su parte, se ocupa de todos los aspectos de la producción, difusión y uso de metales antiguos, como también en las relaciones sociales cotidianas manifestadas y simbolizadas en la cultura material de las sociedades dentro de un contexto socio-histórico determinado; para lo cual también apelará, efectivamente, a la aplicación de diversas técnicas arqueométricas que le faciliten realizar tales reconstrucciones (Gonzales, 2004; Rehren y Pernicka, 2008; Artioli, 2010; Landa et al., 2011).

Por consiguiente, y en base a lo previamente descrito, en este trabajo se propone presentar un estudio de caracterización mediante el uso técnicas arqueométricas de los materiales utilizados para la fabricación de un saxofón “Weltklang” proveniente de la, anteriormente llamada, República Democrática Alemana. El mismo fue manufacturado en el año 1960 y se mantuvo en uso hasta el año 2002. Para lograr dicho propósito, se utilizaron, concretamente, las técnicas de fluorescencia de rayos X (XRF), microscopía óptica (LM), microscopía electrónica de barrido con análisis dispersivo de energías (SEM-EDS) y termogravimetría (TGA). Asimismo, se realizó una investigación para obtener información general en relación a qué es lo que suele definir a este instrumento como tal, como también del lugar y momento histórico en el que fue fabricado el saxofón analizado para este trabajo.

De esta forma esta investigación presenta a través de la correlación de estos datos y especialmente los aportados por cada herramienta analítica utilizada, una vía de análisis con un gran potencial para ser aplicada en casos de estudio que involucran a instrumentos musicales antiguos y/o otros objetos metálicos recuperados de sitios arqueológicos (incluyendo sitios históricos).

Características generales del saxofón y desempeño musical

El saxofón es un instrumento musical de viento-madera con lengüeta vibrante de caña (*Arundo donax*) y un cuerpo de latón o compuesto de cobre (“brass”) que desciende y luego forma la “campana” (“bell”), creado originalmente por Adolph Sax a principios de la década de 1840 (Liley, 1998; Bucur, 2019). Desde la perspectiva de la música, los saxofones presentaban la particularidad de poseer una configuración que le permitía emitir sonidos con una potencia equiparable a la de una trompeta y, a su vez, ejecutar los mismos con una agilidad similar a la de un clarinete (Betancouth Pulido y Gustems Carnicer, 2017). Si bien el mismo estaba incluido principalmente en bandas militares y en menor medida en orquestas, el saxofón experimenta, desde las décadas de 1910-1920 en adelante, un fuerte incremento en su producción a nivel mundial gracias, en gran medida, al éxito global de nuevos géneros musicales como el jazz, el soul, y similares; los cuales resaltaban por sus singulares y vivaces melodías frente a otras composiciones más tradicionales principalmente en terreno europeo. De hecho, Alemania llegaría a ubicarse entre los principales productores en el mundo de este artefacto musical (Backus, 1976; Ashton, 1998; Ferraro, 2012; Asensio Segarra, 2012; Kaldewey, 2019).

Momento histórico de fabricación del saxofón bajo análisis

Concretamente, el saxofón estudiado para este trabajo fue fabricado en el año 1960, en lo que en su momento fue denominado como la República Democrática Alemana (RDA) o Alemania Oriental, dentro de la coyunta histórica y geo-política conocida como Guerra Fría. Recuérdese que en ese momento lo

que hoy conocemos como Alemania se encontraba dividida, desde el punto de vista ideológico, político, económico, social y cultural, en dos Estados: la República Federal Alemana o RFA (bajo el ala de los Estados Unidos y sus Aliados) y la República Democrática Alemana (bajo influencia de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas o URSS) (Fullbrook, 1995, 2009a,b). Puntualmente, en la por entonces RDA se produce una expropiación de empresas destinada a dar paso a una configuración de nuevas empresas denominadas “Empresas de Propiedad Popular” (o, en su idioma original, “Volkseigene Betriebe” o “VEB”); las cuales operarían produciendo diversos bienes dentro de la economía planificada por un Estado que apuntaba tanto al mercado interno como el externo. Cabe resaltar en este sentido el activo que tomó el Estado en lo referente a la financiación de la cultura en general y puntualmente a la música (Zur Weihen, 1999; Pilleul-Arp, 2005; Fullbrook, 1995, 2009a,b). En este mismo contexto surge la compañía que fabricó el saxofón estudiado para este trabajo, conocida como la “VEB Blechblas- und Signal-Instrumenten-Fabrik, Markneukirchen, German Democratic Republic (B&S)”, la cual forma parte en la actualidad del grupo “Buffet Crampon”. La misma fue productora de diversos instrumentos musicales desde la década de 1960-1970, entre ellos la línea de saxofones “Weltklang” (caracterizada por precio más accesible) que terminó siendo descontinuada en 1994. Los instrumentos musicales fabricados eran destinados tanto al mercado local como exterior, sirviendo este último como una vía de obtener divisas extranjeras (Adams, 2018; B&S, 2020; Bassic Sax, 2020a, 2020b). No obstante, eventualmente se iría denotando una baja en la calidad de los mismos, producto de desaciertos en la economía planificada de la RDA y la competencia internacional con otros países productores; especialmente asiáticos. De esta forma, los saxofones de mejor calidad serían exportados hacia la RFA y otros países occidentales.

Preparación de la muestra y metodología aplicada

Las muestras analizadas en este trabajo fueron tomadas en estado como “recibido” de un saxofón tipo tenor de la línea Weltklang (B&S) producido en 1960, con el número de serie 32936, el cual permaneció en uso hasta el año 2002. La fecha de producción fue validada con el libro de producción del productor. A nivel macroscópico, es posible observar las zonas que denotan la típica coloración del plating superficial propias del instrumento. Al mismo tiempo, también es posible visualizar claramente los grabados correspondientes tanto al número de serie como a la marca del mismo (Figura 1).



Figura 1. Vistas del saxofón “Weltklang” -B&S-, en proceso de desensamblado, en las que se puede apreciar la columna, la curva y la campana del tubo del instrumento (Izquierda) como también los grabados asociados al nombre y logo de la marca y su número de serie (Derecha).

Para la preparación de las muestras se procedió primeramente con el desensamblado del instrumento para posteriormente realizar cortes localizados en diferentes secciones como se muestra en la Figura 2, para luego de estas partes extraer pequeñas láminas rectangulares mediante el corte con una sierra de diamante de baja velocidad refrigerada con Kerosene. Las muestras a ser estudiadas en este trabajo fueron tomadas desde la campana del saxofón (bell) y sus dimensiones finales fueron de alrededor de 0.5 mm x 3mm x 35 mm.



Figura 2. Vista de los cortes de las secciones del instrumento para posterior extracción de las muestras.

Las superficies de las muestras en estado “como recibido” fueron relevadas tanto en su cara interna como externa mediante microscopía óptica de luz (LM). Para ello se utilizó un microscopio invertido metalográfico de precisión Arcano equipado con una cámara Óptika con análisis digital de imagen.

Asimismo se implementaron ensayos de caracterización destinados a la obtención de la data que permitiera determinar cómo fue manufacturado el instrumento. Se realizaron estudios de fluorescencia de rayos X (XRF) destinados a identificar la composición química del material sobre ambas caras de la muestra con un equipo Leybold LD-554800 equipado con módulo CASSY Lab. 2. Las muestras fueron estudiadas en estado como “recibido” y también luego de haber removido, mediante pulido mecánico, el recubrimiento plateado.

En cuanto al estudio mediante Termogravimetría (TGA) el mismo se realizó en muestras en estado como recibido, en aire, en una balanza electrodinámica de alta precisión con una resolución de 0.1 mg, con conexión RS232, RADWAG; modificada como termobalanza. La temperatura de la muestra fue leída mediante una termocupla de tipo K conectada a un mutímetro Fluke “true RMS” con conexión USB y la rampa de calentamiento de 5 K/minuto fue controlada por un controlador Novus 1000; siendo la temperatura máxima alcanzada los 1273K / 800°C. Todo el equipamiento fue controlado por una PC. El error en la variación de pérdida de peso fue menor al 1%.

Asimismo, se realizó un relevamiento mediante LM de las muestras una vez finalizado el análisis de TGA, es decir luego del calentamiento hasta los 1273 K/ 800°C.

Se realizaron además estudios mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) con análisis dispersivo de energías (EDS), mediante un microscopio de emisión de campo FE-SEM Jeol JSM 7610F, equipado con un EDS marca EDAX.

Resultados

Los resultados obtenidos desde los estudios de XRF permitieron determinar la composición química de los materiales que constituyen el cuerpo del saxofón y, en concreto, la zona referenciada como “bell”. Entre ellos se distinguen principalmente el Cu, Zn y la Ag, los cuales han sido claramente detectables en ambas caras de la muestra, ver Figura 3.a y Tabla 1. Los valores porcentuales de la Tabla 1 fueron determinados a partir de la previa calibración de los espectros de XRF con patrones de aleaciones correspondientes a los elementos a ser cuantificados. La composición del bronce del saxofón resulta entonces en Cu -28% mass Zn. Sin embargo, y una vez removida la superficie plateada mediante pulido mecánico, el ensayo de XRF mostró la eliminación de la Ag (ver Figura 3.b y Tabla 1), lo cual determina que la plata fue un recubrimiento a nivel superficial.

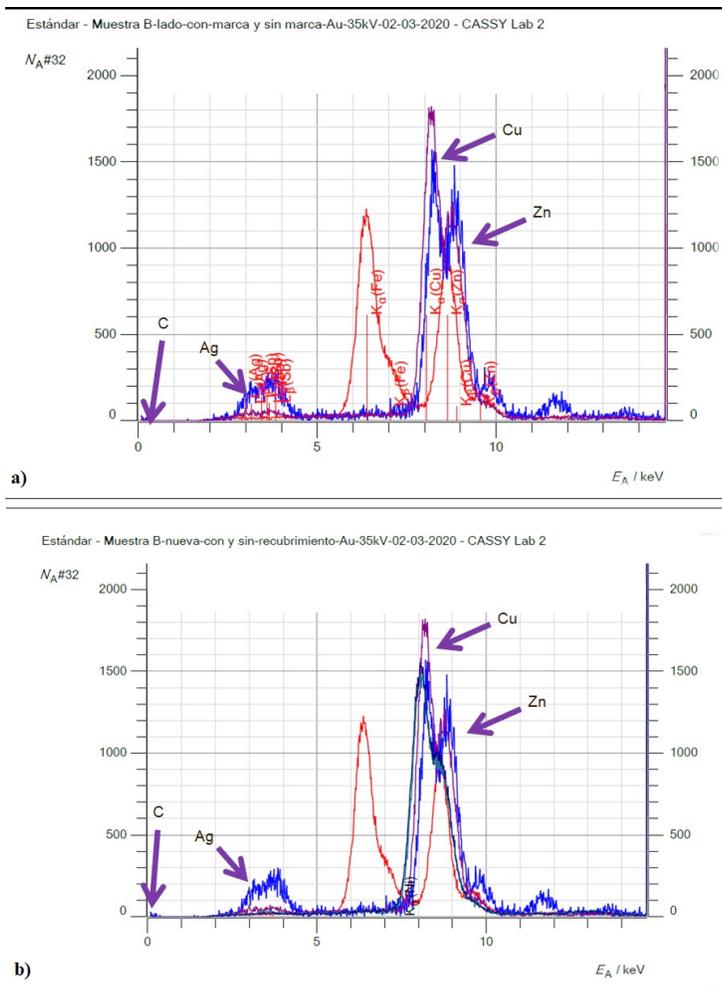


Figura 3a. Estudios de fluorescencia sobre una muestra correspondiente al Bell como recibida. Línea rojo: calibración de referencia. Línea azul: lado externo de la muestra. Línea violeta: lado interno. Puede observarse la presencia de Cu, Zn, Ag, Sn, Pb y Hg. Obsérvese que la concentración de Ag del lado interior es menor que del lado exterior.

Figura 3b. Estudios de fluorescencia sobre muestra correspondiente al Bell. Línea rojo: calibración de referencia. Línea azul: muestra como recibida. Línea violeta: muestra b como recibida después de quitar recubrimiento de Ag.

Tabla 1: Valores de concentración de Cu, Zn y Ag en las muestras “bell” según los estudios con XRF.

Element	Sample Bell		Sample Bow		Sample Colum	
	Ext. side (Convex)	Int. side (Concavo)	Ext. side (Convex)	Int. Side (Concavo)	Ext. side (Convex)	Int. side (Concavo)
Cu	33,84	52,37	28,9	67,69	33,94	68,9
Zn	18,99	25,8	15,93	28,07	17,2	27,09
Ag	46,09	21,56	54,23	4,02	47,67	3,86

Desde los resultados obtenidos mediante TGA, Figura 4, se pudo determinar a través del estudio de la derivada de la pérdida de peso con respecto a la temperatura zonas con fuertes variaciones en dicha curva. Estas fueron atribuidas a la eliminación de CO₂ desde el carbonato de zinc (ZnCO₃) y carbonato de plata (Ag₂CO₃) (Weidenfeller et al., 2021).

No obstante, es interesante de remarcar que de acuerdo a la información de referencia que aportan los diagramas de fase para el sistema Cu-Zn (Massalski et al., 1990) dichas anomalías ocurren en un rango de temperatura que se encuentra por debajo de las marcas térmicas en las que es esperable que se produzca la fusión de la aleación.

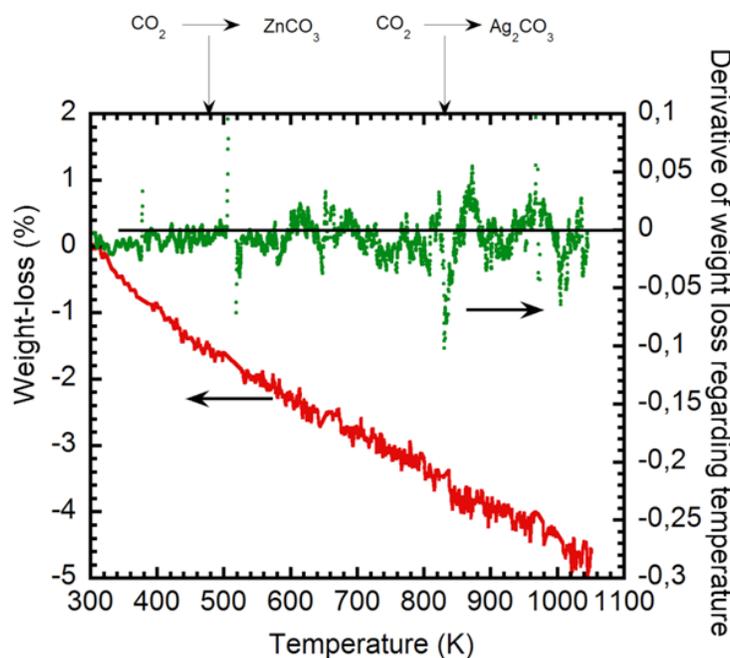


Figura 4. Eje izquierdo: Pérdida de peso obtenido desde el estudio de TGA. Eje derecho: Derivada de la pérdida de peso en función de la temperatura donde se señalan fuertes variaciones asociadas con la evaporación del dióxido de carbono.

En la Figura 5a se muestra la superficie de una muestra en estado como reciba revelada mediante LM, donde pueden observarse una importante cantidad de rayaduras superficiales provenientes probablemente del uso cotidiano, como puede ser esperado para cualquier superficie metálica de metales o aleaciones blandas. Por otro lado, las Figura 5b y 5c muestran respectivamente el relevamiento superficial mediante LM de la muestra luego del calentamiento hasta 1273 K / 800°C en el estudio de TGA. Es importante destacar el deterioro superficial de la muestra, el cual no era esperado dado que la temperatura máxima alcanzada es menor que la curva del Líquido en el diagrama Cu-Zn y también menor que el punto de fusión de la plata (1234 K/ 961°C). Además, pueden observarse zonas redondeadas con formas de burbujas. Por consiguiente, es razonable inferir que este deterioro de la superficie proviene de la evaporación del dióxido de carbono por la descomposición del carbonato de zinc y el carbonato de plata. La formación de los carbonatos de zinc y plata puede asociarse a un residuo no deseado del procedimiento para generar el baño de plata, durante el proceso de producción. Usualmente los plateados se realizan/ realizaban por la deposición de plata desde baños con las siguientes composiciones:

- 1) Silver cyanide + potassium cyanide + potassium carbonate
- 2) Fluoridic acid + silver carbonate + boric acid + potassium carbonate

En efecto, la investigación de los registros de la fábrica productora de los saxofones “Weltklang” permitió corroborar que el baño en base a cianuro de plata (formulación #1) fue el utilizado como parte del proceso de manufactura del instrumento.

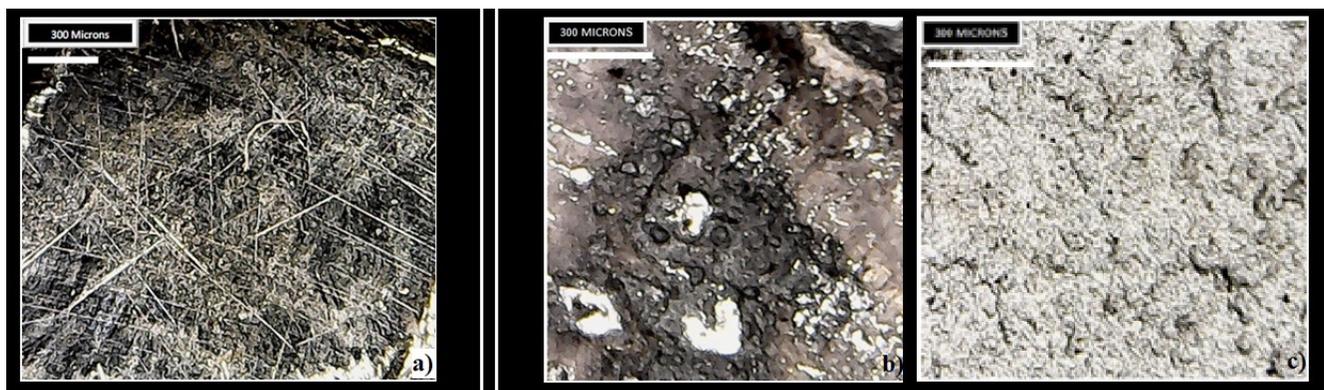


Figura 5. Micrografías de muestras tomadas de la Bell en estado como “recibido” (a) y después de un calentamiento durante la TGA hasta 800°C (b y c).

A su vez, el relevamiento mediante SEM también permitió identificar zonas “defectuosas” asociadas al proceso de deposición de plata, las cuales implicarían una posible reparación mediante fundición local de este elemento (Figura 6.a). En efecto, de los EDS correspondientes se puede evidenciar una cantidad de Cu más alta que la de Ag y con niveles elevados de oxígeno.

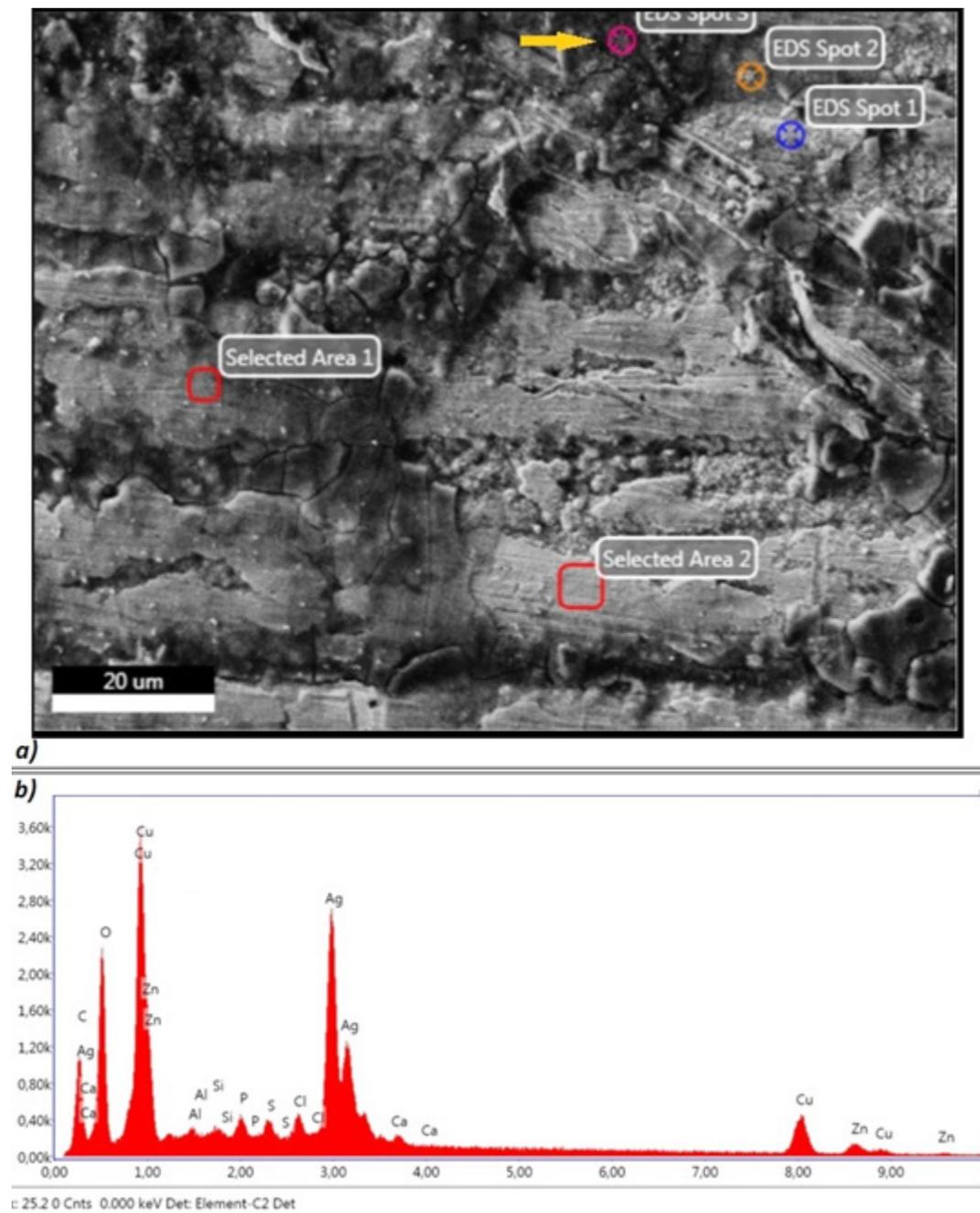


Figura 6. Estudios de SEM (a) y EDS (b) sobre muestra como recibida Bell.

Discusión y consideraciones finales

A través de los ensayos realizados, se vuelve posible afirmar que la manufactura de este saxofón de la línea “Welklang” involucró a un sustrato de bronce (brass) con una composición Cu - 28 mass % Zn correspondiente a una aleación típica en la fabricación de instrumentos bajo la norma alemana. Además, también se logró constatar que la plata empleada en la fabricación del instrumento fue empleada como un recubrimiento superficial del mismo, depositada directamente sobre el bronce. Esto debe señalarse dado que en otros instrumentos puede haber otros metales intermedios entre el sustrato y el recubrimiento externo.

Los estudios de LM han mostrado un deterioro superficial importante debido a la evaporación del dióxido de carbono proveniente de la descomposición de los carbonatos de zinc y de plata.

Por otro lado, las zonas descritas como “defectuosas” podrían estar asociadas a imperfecciones de fábrica que expresarían la merma de la calidad de los instrumentos musicales que se iba produciendo en la RDA de los años 1960-1970.

Por consiguiente, y en virtud de los resultados obtenidos, se resalta la potencialidad y necesidad del desarrollo e implementación de este tipo de análisis para poder inferir de forma más precisa los métodos utilizados para la fabricación de instrumentos musicales antiguos y/u otros objetos metálicos. Los mismos son aplicables no sólo a los sub-campos de la arqueometalurgia o de la arqueometría en particular, sino de cualquier estudio arqueológico en el cual se vea requerido el estudio de algún objeto de estas características

Referencias bibliográficas

- Adams, N. (2018). Appendix 3 A Selective List of Makers of Brass Instruments. En T. Herbert, A. Myers and J. Wallace (Eds.), *The Cambridge encyclopedia of brass instruments*. Cambridge: Cambridge University Press, ISBN 978-1-107-18000-0.
- Artioli, G. (2010). *Scientific methods and cultural heritage. An Introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science*. Oxford: Oxford University Press.
- Asensio Segarra, M. (2012). El saxofón en España (1850-2000). *Tesis Doctoral*. Valencia: Universitat de València. Facultat de Filosofia i Ciències de l'Educació. Valencia.
- Ashton, D. (1998). In the twentieth century. En R. Ingham (Ed.), *The Cambridge Companion to the Saxophone*. Cambridge: Cambridge University Press, 20-37.
- Backus, R. (1976). *Fire Music: A Political History of Jazz*: USA: Vanguard Books (IL).
- Bassic Sax a. (s/f) VEB Blechblas-und Signal-instrumenten-fabrik (B&S). Documento Digital: <https://bassic-sax.info/version5/vintage-saxes/european-made-saxes/veb-blechblas-und-signal-instrumenten-fabrik-bs/>. Último acceso: 19/06/2020.
- Bassic Sax b. (s/f). Weltklang. Documento Digital: <https://bassic-sax.info/version5/vintage-saxes/european-made-saxes/veb-blechblas-und-signal-instrumenten-fabrik-bs/weltklang/>. Último acceso: 19/06/2020.

- Betancourth Pulido, H., y J. Gustems Carnicer. (2017). *Los métodos de saxofón: una evolución desde la música clásica al jazz*. Barcelona: Univversitat de Barcelona.
- B&S. (s/f). Geschichte. Documento Digital: <https://www.b-and-s.com/de/geschichte/>. Último acceso: 19/06/2020.
- Bucur, V. (2019). *Handbook of materials for wind musical instruments*. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. ISBN 978-3-030-19174-0
- Burriel Marti, F., Lucena, F., Arrivas, S., Hernandez, J. (1989). *Química analítica cuantitativa*, 18th ed. Madrid: Paraninfo.
- Ciarlo, N, De Rosa, H. M. (2009). Estudio de caracterización de un conjunto de cucharas del naufragio de la corbeta británica HMS SWIFT (1770), Puerto Deseado (Provincia de Santa Cruz). En Oscar Martín Palacios, Cristina Vázquez, Tulio Palacios y Edgardo Cabanillas (Eds.), *Arqueometría Latinoamericana. Segundo Congreso Argentino. Primero Latinoamericano*. Volumen 1. Buenos Aires: Comisión Nacional de Energía Atómica, 270-279.
- De Juan Ares, J. y Schibille, N. (2017). La Hispania antigua y medieval a través del vidrio: La aportación de la arqueometría. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y vidrio* 56 (5), 195-204. España.
- Ferraro, M. (2012). Missing Saxophone: Why the Saxophone Is Not a Permanent Member of the Orchestra (*Doctoral dissertation*, Youngstone State University). Youngstone, Ohio: Repositorio Dspace - Youngstone State University.
- Ferro, M. V. E. (2020). Problemas de la arqueología histórica: el debate de la conformación disciplinar. *ANTI Revista del Centro de Investigaciones Precolombinas* 17 (2), 109. Argentina.
- Fulbrook, M. (1995). *Historia de Alemania (A Concise History of Germany)*. Madrid: Cambridge University Press.
- Fulbrook, M. (2009a). *History of Germany 1918-2008: The divided nation*. (Third Edition). United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Fulbrook, M. (2009b). *Historia de Alemania*. Madrid: Ediciones Akal.
- González, L. R. (2004). *Bronces sin nombre. La metalurgia prehispánica en el Noroeste Argentino*. Buenos Aires: Fundación CEPPA.
- Gordo, A. G. y Piris, N. M. (2012). *Ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Kaldewey, H. (2019). *A People's Music: Jazz in East Germany, 1945–1990*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lambri, M.L., Lambri, O.A., Bonifacich, F.G., Zelada, G.I., Rocchietti, A.M. (2021). Determining the temperatures to which the bone was heated in archaeological contexts. Distinguishing between boiled and grilled bones. *Journal of Archaeological Science: Reports* 37, 102954. Netherlands: Elsevier. DOI: 10.1016/j.jasrep.2021.102954. ISSN: 2352-409X.

- Landa, C. (2006). Fierros viejos y fieros soldados. Arqueometalurgia de materiales provenientes de un asentamiento militar de fines del siglo XIX. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires.
- Landa, C., Montanari, E., De Rosa, H. (2011). Arqueometalurgia de una pieza ferrosa del Fortín Otamendi (1850-1859). *Arqueología Rosarina Hoy* N°3, 161-166. Rosario.
- Landa, C. G. y Ciarlo, N. C. (2016). Arqueología histórica: especificidades del campo y problemáticas de estudio en Argentina. *QueHaceres* 3, 96-120. Buenos Aires.
- Liley, T. (1998). Invention and development. En R. Ingham (Ed.). *The Cambridge Companion to the Saxophone*. Cambridge: Cambridge University Press, 1-20.
- Massalski, T. B., Okamoto, H., Subramanian, P. R., Kacprzak, L. (1990). *Binary Alloy Phase Diagrams*, 2nd Edition, Ohio, USA: ASM International, doi: <https://doi.org/10.1002/adma.19910031215>.
- Montero Ruiz, I., García Heras, M., López-Romero, E. (2007). Arqueometría: cambios y tendencias actuales. *Trabajos de Prehistoria* 64 (1), 23-40. ISSN: 0082-5638. España
- Moore, J. J and Boyce, E. A. (1990). *Chemical Metallurgy*. Butterworths. ISBN 9780408053693.
- Pilleul-Arp, A. (2005). VEB-GmbH “Vatis ehemaliger Betrieb—geklaut mit besonderer Höflichkeit “. Klein-und Mittelunternehmer in der DDR: Lebensläufe zwischen 1949 und 1990 im Vergleich. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*. Deutschland: GESIS - Leibniz Institute for the Social Sciences, 160-180.
- Raghavan, V. (2015). *Physical metallurgy: Principles and practice*, Third Edition. New Delhi: PHI Learning. ISBN 978-8120351707.
- Reardon, A. (2011). *Metallurgy for the Non-Metallurgist* (2nd edition), Ohio, USA: ASM International, ISBN 978-1-61503-821-3
- Rehren, T., and Pernicka, E. (2008). Coins, artefacts and isotopes—archaeometallurgy and archaeometry. *Archaeometry*, 50 (2), 232-248. United Kingdom: Wiley-Blackwell Publishing Ltd.
- Rocchietti, A. M. (2019). Arqueología histórica. *Teoría y Práctica de la Arqueología Histórica Latinoamericana* 8, 9-22. Argentina.
- Ruiz, T. C., Sanjuán, L. G., Pérez, V. H., Ramírez, J. M. M., del Río, Á. P., y Taylor, R. (2006). La arqueometría de materiales cerámicos: una evaluación de la experiencia andaluza. *Trabajos de Prehistoria* 63 (1), 9-35. España.
- Smith, W.F. (traductores: Martín-Gil, J. y Martín-Gil, F.J.) (1992). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A. 84-7615-940-4.
- Tham, T. E. R., Gamarra, N. V. y Rullier, H. L. G. (2019). Análisis arqueométricos de las estatuillas de madera del conjunto amurallado Utzh An (expalacio Gran Chimú) del complejo arqueológico Chan Chan, costa norte del Perú. *Archaeobios* (13): 1. Perú.
- Tylecote, R. F. (1992). *A History of Metallurgy*, 2nd edn, Great Britain: Institute of Materials. ISBN 0-901462-88-8

Weidenfeller, B., Lambri, O.A., Bonifacich, F.G., Lambri, M.L., Weidenfeller, L., Sover, A. (2021). Analysis of damping spectra of silver-plated brass from a Weltklang saxophone manufactured in 1969. *Journal of Alloys and Compounds* 880, 160498. Netherlands: Elsevier. DOI: 10.1016/j.jallcom.2021.160498. ISSN 0925-8388.

Zur Weihen, D. (1999). *Komponieren in der DDR: Institutionen, Organisationen und die erste Komponistengeneration bis 1961* (Vol. 29). Cologne: Böhlau Verlag.

Recibido: 16 de abril de 2021

Aceptado: 3 de agosto de 2021