

# Estudios arqueométricos de clavos procedentes de contextos funerarios de las ruinas de San Francisco (Mendoza, Argentina)

 Marcos Quiroga\*, Horacio Chiavazza\*\*, Gustavo Lascalea\*\*\* y Mariano Gurruto\*\*\*\*

Recibido:  
6 de noviembre de 2015

Aceptado:  
7 de mayo de 2016

## Resumen

Los elementos metálicos incorporados en los contextos funerarios coloniales ofrecen información que permite establecer cronologías de fabricación y posibles procedencias de las materias primas utilizadas. En este caso, se aplicaron estudios arqueométricos a los materiales de clavazón que formaron parte de los contextos funerarios registrados en las Ruinas de San Francisco (templo Jesuita desde el siglo XVII al XVIII), ubicado en la Ciudad de Mendoza. El objetivo de los estudios fue responder interrogantes relacionados con su proceso de producción (tecnología, manufactura y materias primas comprometidas para su elaboración). Para tal fin, fue importante conocer la distribución espacial y estratigráfica de los elementos de clavazón y su relación contextual con los entierros humanos registrados. De igual manera se establecieron, a partir de análisis metalográficos, las técnicas de producción y cronología de los elementos analizados, lo que permitió también comprobar si existió algún grado de re-utilización de elementos durante el período analizado.

## Palabras clave

Clavo arqueológico  
Metalografía  
Acero esponjoso  
Acero pudelado  
EDS

## Archaeometric studies of nails of funeral context from San Francisco ruins (Mendoza, Argentina)

## Abstract

The metallic elements found in the colonial funeral contexts generates data that allows us to establish the chronology of manufacture and the possible origin of the raw materials used. In this case, we will apply archaeometric studies to the nail-like items uncovered as part of the funeral contexts registered at the Ruinas de San Francisco site

\* Centro de Investigaciones Ruinas de San Francisco (CIRSF), Área fundacional, Municipalidad de la Ciudad de Mendoza. Ituzainzó 2164 (CP 5500), Mendoza, Argentina. E-mail: quirogamarcos05@gmail.com

\*\* Instituto de Arqueología y Etnología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo - Centro de Investigaciones Ruinas San Francisco (CIRF) - Área Fundacional, Municipalidad de Mendoza. Of56, 1º subsuelo, Centro Universitario parque General San Martín (CP 5500) Mendoza, Argentina. E-mail: hchiavazza@gmail.com

\*\*\* Laboratorio de Química Ambiental, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CONICET - Universidad Nacional de Cuyo. Ruíz Leal s/n, parque General San Martín (CP 5500), Mendoza, Argentina. E-mail: glascalea@mendoza-conicet.gob.ar

\*\*\*\* Laboratorio de Mecánica, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. J. Rodríguez 273 (CP 5500), Mendoza, Argentina. E-mail: marianogurrito@hotmail.com

**Keywords**  
 Archaeological nail  
 Metallography  
 Spongy steel  
 Wrought steel  
 EDS

(a 17th to 18<sup>th</sup> Century Jesuit temple) in the city of Mendoza. The aim of this article, is to answer questions related to their production process, including technology, manufacture and the raw material involved in their elaboration. For this reason, it was important to determine the spatial distribution and stratigraphy of the nail-like items and their contextual relationship to the human burials we registered. Likewise, the production techniques and the chronology of the analyzed elements were established using metallographic analysis, this allowed us to check whether there was any degree of re-use of these items during the period under consideration here.

## Introducción

En las excavaciones arqueológicas urbanas realizadas en las ruinas de San Francisco (RSF en adelante), de la Ciudad de Mendoza (República Argentina) (Figura 1), se recuperó un conjunto de clavos de hierro y tachuelas de bronce asociados a entierros propios del ritual católico (Chiavazza 2005, 2008; Schávelzon 1998). Durante las excavaciones se pudo establecer que, en la mayoría de los casos, correspondían a elementos de clavazón de los ataúdes propios de contextos funerarios coloniales, que en la mayoría de los casos no presentaban entablados por estar desintegrados.

El predio de las RSF desde los momentos fundacionales registra una casa de barro, la que fue propiedad de la familia del encomendero Lope de Peña. Desde 1608, allí funcionó el primer templo de la Compañía de Jesús, con ampliaciones y arreglos y estuvo activo hasta ca.1716 (Schávelzon 1998). Esta modesta construcción fue afectada por una inundación registrada en ese año, por lo que los jesuitas comenzaron la construcción de un nuevo templo que concluyeron unos 15 años después. A diferencia de aquel, el segundo templo estaba construido de ladrillos con morteros de argamasa. Hasta el terremoto de 1861 constituía la edificación más emblemática de la ciudad (Burmeister 1943).

La manzana jesuita se ubicaba frente al extremo noroeste de la plaza principal de la ciudad colonial. En 1767 las reformas borbónicas aplicadas por el rey Carlos III de España, determinaron la expulsión de esta orden de Hispanoamérica. Es por ello que a partir del año 1798 el lugar fue cedido, por la Junta de Temporalidades, a la orden franciscana. Esta se hizo con el predio y templo hasta el año del terremoto ocurrido el 20 de marzo de 1861; que destruyó toda la ciudad, incluyendo esta propiedad (Chiavazza 2005, 2008; Cueto *et al.* 1991; Ponte 1987; Schávelzon 2008; Zuluaga 1964).

En este contexto, el templo construido por los jesuitas y luego en manos de los franciscanos operó como cementerio o campo santo durante 230 años. Esta práctica fue abandonada en el año 1840, como consecuencia de la Ley de Cementerios Públicos, pero se la retomó luego del terremoto de 1861, ya que muchas víctimas de la tragedia fueron sepultadas en el predio en ruinas.

Por lo tanto, el rango temporal en el que se ubicaron los clavos y las tachas analizadas se correlacionó con la estratigrafía en la que se discriminaron las diferentes etapas de los entierros humanos, muchas veces desestructurados por la afectación de enterramientos continuos (Chiavazza 2005; Quiroga 2014). De este modo, se propuso una cronología hipotética, relativa para los elementos metálicos estudiados antes de realizar los análisis. Con estos datos de procedencia espacial y estratigráfica se procedió a efectuar un primer análisis ordenador de carácter tipológico (Lorusso *et al.* 2004; Quiroga 2014; Schávelzon 1991). Así, la muestra pudo acotarse entre los períodos colonial temprano y republicano tardío y luego se procedió a la aplicación de análisis específicos que confirmarían o descartarían tales inferencias temporales.



Figura 1. Localización de las Ruinas de San Francisco y aspecto de las mismas 20 años después del terremoto del 20 de marzo de 1861.

## Materiales y métodos

El total de clavos estudiados ascendió a 271, la distribución estratigráfica de los elementos abarca una profundidad desde 50 cm hasta los 335 cm. En todos los casos se tuvo control de que estuvieran asociados a tumbas, aunque también se localizaron en contextos en donde se constató que correspondían a entierros removidos por procesos postdepositacionales de tipo antrópicos (Chiavazza 2005).

Según los estudios tipológicos los clavos de tipo forjado tienen perfiles cuadrados e irregulares, donde se aprecian a ojo desnudo las marcas del martillado y en la cabeza se presenta un ensanchamiento brusco en relación con el vástago. La manufactura de estos elementos se estima hasta fines del siglo XVIII en Europa, pero arribaron a América a principios del siglo XIX. A diferencia de estos, los clavos de tipo cortado europeos, llegaron al continente a partir de 1830, los mismos se fabricaban con maquinarias pre-industriales por lo que a la cabeza se la colocaba luego de haber confeccionado el vástago. Morfológicamente los clavos de tipo forjado se diferencian claramente de los clavos de tipo cortado europeos, ya que en estos últimos, las aristas son rectas y limpias, puntas afiladas y los perfiles son cuadrados. Los clavos de tipo cortado europeo compitieron económica y funcionalmente con los clavos de tipo cortado norteamericanos, los que se fabricaban con máquinas industriales en su totalidad y, al presentar las fibras metálicas en forma vertical al vástago, se aseguraba una mayor fijación (Lorusso *et al.* 2004; Quiroga 2014; Schávelzon 1991). A partir de estas consideraciones tipológicas, se buscó analizar las posibles concordancias entre la cronología estimada para los depósitos y las cronologías (*post quem*) atribuibles a los clavos (Figura 2).

Con el fin de otorgar mayor certeza a las tipologías establecidas, se decidió seleccionar clavos y tachuelas tipológicamente adscriptas a ciertas cronologías y analizar por medio de técnicas arqueométricas los materiales y tecnologías utilizados en su manufactura.

Los métodos aplicados a la muestra, constituida por seis elementos, fueron EDS (*Espectrómetro de Dispersión de Energía*) y metalografías. Los espectros EDS permiten determinar, mediante un espectrómetro asociado a un microscopio electrónico de barrido, la composición química a escala semi cuantitativa, de partículas de reducido





Figura 3. A) Sigla n° 288 (San Francisco- Sector del Crucero); B) Sigla n° 33 (San Francisco- Sector del Crucero); C) Sigla n° 179 (San Francisco- Sector del FU3); D) Sigla n° 227 (San Francisco- Sector del Pilastra NO); E) Sigla n° 276-277 (San Francisco- Sector Nave Central- a partir de ahora NC).

tamaño o de zonas limitadas de estas (Guliáev 1990; Picasso *et al.* 2000). En tanto que los estudios metalográficos permiten establecer características como el tamaño de grano, distribución de fases que componen la aleación, inclusiones no metálicas como sopladuras, microcavidades de contracción, entre otras. Esto daría cuenta del proceso tecnológico implementado en la manufactura del elemento (Bernau 1958) y, a partir de ello, atribuir los entierros a los contextos cronológicos que indicasen los clavos.

El análisis metalográfico fue desarrollado en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Regional Mendoza y los espectros EDS se realizaron en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, (CITEDEF). En el primer caso se utilizó un microscopio metalográfico y en el segundo un SPECTRO XSORT Handherld X-Ray Spectrometer.

## Materiales

La muestra analizada (Figura 3), corresponde a un clavo de tipo forjado (Figura 3A), al que se le realizaron análisis metalográficos y espectros EDS. Otro elemento corresponde morfológicamente a un clavo de tipo cortado europeo (Figura 3B), el que también se sometió a análisis metalográficos y espectros EDS, principalmente en la inserción cabeza-vástago. Cabe aclarar que los elementos presentados fueron los únicos a los que se les aplicaron espectros EDS.

Además se analizaron microscópicamente dos clavos de tipo cortado norteamericano (Figura 3C y 3D) y 2 tachas de bronce (Figura 3E).

### Muestra n°1

El primer elemento analizado (Figura 3A), corresponde a un clavo de tipo forjado, de acero esponjoso<sup>1</sup>, recuperado a los 218 cm de profundidad y asociado directamente al

1. Acero esponja, es un producto que se obtiene sin alcanzar el estado líquido, y por reducción directa del mineral. Su contenido de carbono es muy bajo y se caracteriza por su gran porosidad y contenido de escoria (Bernau 1958: 183).

entierro C N°10, (no se ha podido determinar el sexo ni la edad aproximada del individuo), encontrado en lo que se ha interpretado como el interior del primer templo Jesuita del siglo XVII (Chiavazza 2005).

El elemento se analizó macroscópicamente, limpiándolo de concreciones de oxidación con la ayuda de una herramienta Dremel y fosfatizantes. Una vez que se estableció su tipo (forjado, cortados europeos o cortados norteamericanos), se decidió realizar cortes transversales y longitudinales para su análisis microscópico.

### **Muestra n°2**

El segundo clavo analizado macroscópicamente (Figura 3B), correspondería a la tipología de clavo cortado europeo, que fue recuperado a los 130 cm de profundidad, asociado contextualmente con un conjunto esquelético datado entre los siglos XVIII y XIX (Chiavazza 2005).

Como en la muestra 1 (clavo forjado; sigla n° 288; San Francisco- sector del Crucero), el clavo se presentaba fisurado y con alto grado de corrosión, por tal motivo las observaciones metalográficas se vieron limitadas en la interpretación. En este caso, también se trataría de un acero de tipo esponjoso, en el que se aprecian dos estructuras, una de ferrita acicular y la otra perlita.

### **Muestra n°3**

Este clavo (Figura 3C), que se caracterizó como cortado norteamericano, fue recuperado a los 110 cm, asociado a un conjunto esquelético localizado en el sector denominado arqueológicamente como FU3 (NC) (Chiavazza 2005:106). El conjunto, no tenía una denominación específica, ni una cronología determinada.

La mayoría de estos clavos se hacían con maquinarias industriales, utilizando un acero óptimo, al que le habían retirado todas las impurezas gracias al uso de un convertidor Bessemer<sup>2</sup>, por lo tanto la durabilidad y calidad del elemento eran superiores que en los casos anteriores.

### **Muestra n°4**

El clavo correspondiente a la muestra 4 (Figura 3D), se adscribió tipológicamente como del tipo cortado norteamericano. Fue registrado a los 220 cm de profundidad, en el sector Pilastra NO y probablemente su posición sea resultado de las remociones sedimentarias producidas durante la cimentación de este pilar del templo.

En el análisis macroscópico, se pudo determinar la tipología de éste elemento por las aristas limpias, la disposición de las fibras metálicas (horizontal al vástago) y la rebarba dejada durante el proceso de cortado, características típica de los clavos cortados norteamericanos. Esta muestra presentó los mismos problemas de corrosión que la muestra 1 (sigla n° 288) y 2 (sigla n° 33), lo que también dificultó las interpretaciones metalográficas. A partir de las microscopías, se pudo determinar que se trata de un acero pudelado<sup>3</sup>.

### **Muestras n° 5 y 6**

Las muestras 5 y 6 (Figura 3E), que se analizaron microscópicamente corresponden a dos tachas de bronce (siglas n° 276 y 277) recuperadas a los 198 cm de profundidad, en la nave central del templo (sector denominado NC). Estaban asociadas a la madera que contenía al entierro SF NC N°15 (individuo masculino, entre 18 y 20 años de edad), datado para el siglo XVII (Chiavazza 2005:124).

2. El convertidor, es un horno giratorio en forma de retorta, de cuello ancho donde se lleva a cabo el procedimiento. El mismo consiste en retirar las impurezas mediante la oxidación (que permite mantener a altas temperaturas la masa de hierro, manteniéndola fundida), producida por el insuflado de aire en el hierro fundido. Este horno sirvió para establecer la fabricación en serie de aceros estandarizados y de buena calidad (Bernau 1958).

3. "El Acero pudelado fue un material muy utilizado desde fines de 1700 hasta comienzos del siglo XX en la construcción de estructuras metálicas, en general.

El mismo consiste en un metal heterogéneo, impuro, obtenido en hornos de pudelar en estado pastoso por descarburación de la fundición y que en el interior de su masa metálica contenía gran cantidad de pequeñas partículas de escorias (inclusiones no metálicas). Para su utilización, el material era previamente laminado presentando mayor resistencia a la tracción y mayor ductilidad en el sentido longitudinal de laminación que en el transversal" (Picasso et al. 2000:898).

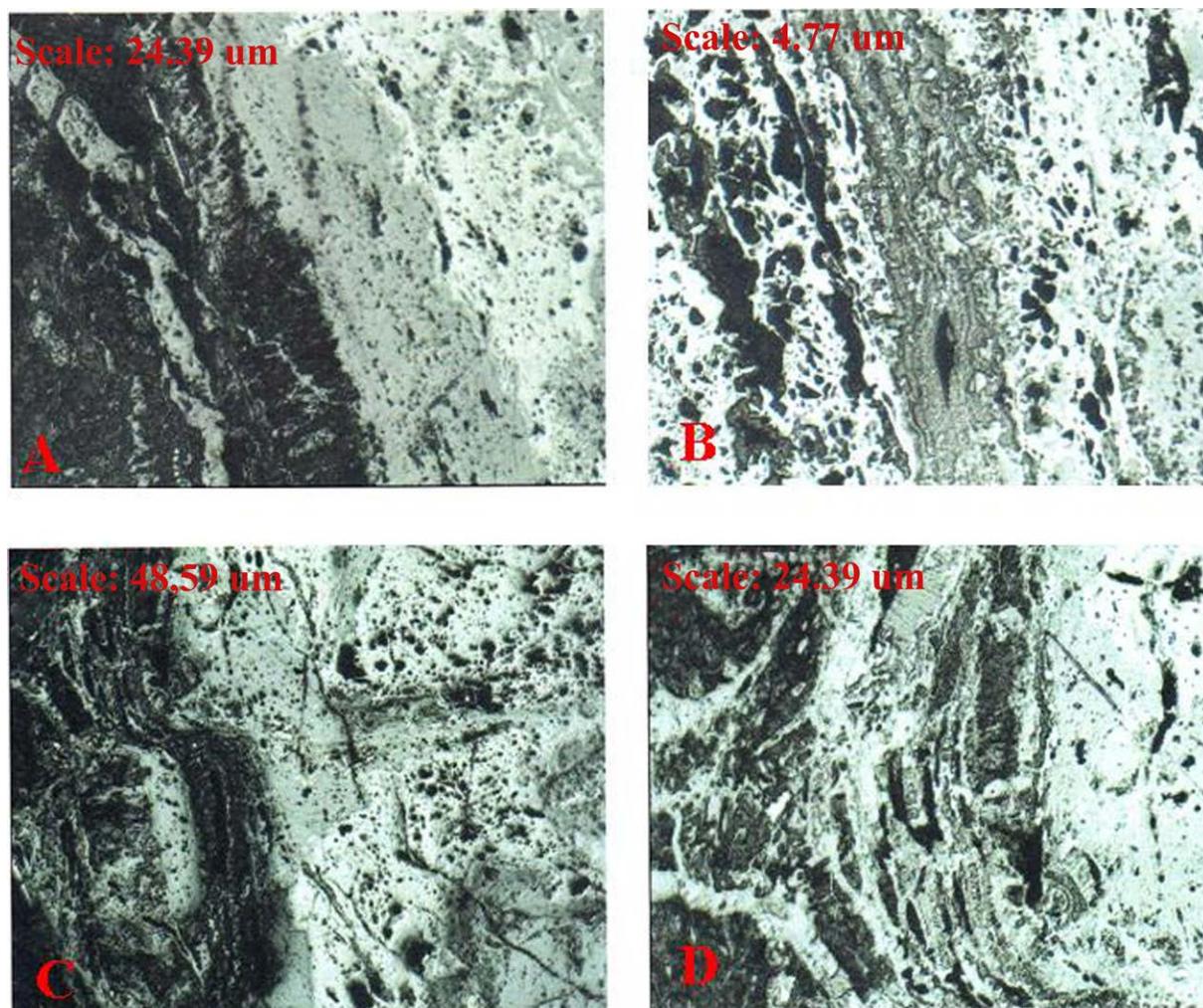


Figura 4. A) Vista longitudinal 100X (con nital al 3%); B) Vista longitudinal 100X (sin nital); C) Vista transversal 50X (con nital al 3%); D) Vista transversal 100X (con nital al 3%).

Como se había anticipado, a uno de estos elementos (sigla n° 276) al presentar masa metálica, se le pudo evaluar su composición química. Cabe aclarar que en estas piezas no se usó nital al 3% como en los casos anteriores, sino que se prefirió usar una solución de cloruro férrico para atacar a la pieza y determinar la composición química. Se optó por esto ya que el nital altera y modifica la estructura mineralógica en cobre, zinc y aleaciones y no se arriba a ningún resultado certero con su implementación.

## Resultados

Todas las observaciones que se realizaron sobre la muestra n° 1, se hicieron sin y con ataque de nital al 3%. En las microscopías longitudinales (Figura 4A y 4B) estructuras como las inclusiones se apreciaron de forma longitudinal e irregularmente distribuidas. En las microscopías transversales en cambio (Figura 4C y 4D), las estructuras se dispusieron de formas concéntricas respecto al eje del clavo, esto indicaba una manufactura a partir de forja manual, sobre un acero de tipo esponjoso, con una tecnología y manufactura de aplicación rudimentaria (Quiroga 2014).

Tipo de Mineral	Cantidad Porcentual
Carbono	28.68%
Oxígeno	41.22%
Manganeso	1.39%
Hierro	28.38%

Tabla 1. Resultados EDS genéricos.

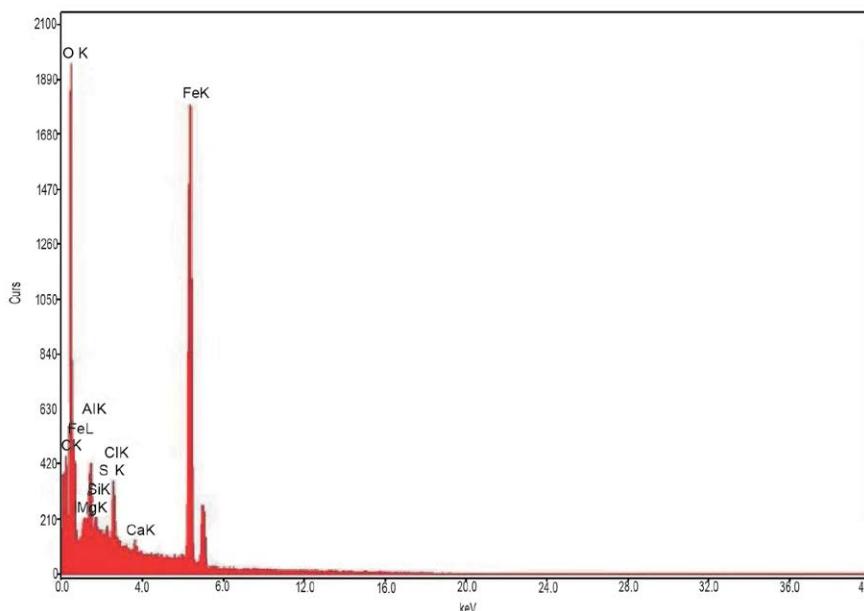


Figura 5. Espectros EDS genéricos.

A partir de estos resultados se procedió a ampliar los análisis con EDS para determinar la composición química del elemento. Se realizaron cuatro espectros EDS genéricos de todo el vástago (Figura 5 y Tabla 1) y uno en una zona corroída de la pieza. Se tomaron tres muestras del núcleo, una en la inserción entre el cuerpo y la cabeza y por último de la punta del clavo. La probeta utilizada para dicho análisis fue la misma que se obtuvo para las observaciones metalográficas.

Para comprender los resultados que se desprendieron de los espectros EDS realizados sobre la muestra n° 1, se ha utilizado el estudio que efectuó Pifferetti (2012) sobre la composición química de objetos metálicos de hierro provenientes de posibles centros de producción metalúrgica en Hispanoamérica, desarrollados en las colonias americanas (Tabla 2).

A partir de la diferenciación mineralógica (Pifferetti 2012), se han detectado similitudes en la composición química entre la muestra n° 1 con la piedra itacurú utilizada en las misiones Jesuitas de San Juan Bautista (Paraguay) (Tabla 3).

En esta comparación no se han tenido en cuenta los valores porcentuales de carbono y oxígeno porque los mismos responden al proceso de fundición del mineral y varía dependiendo del tipo de horno y leña usada en la combustión. Se puede observar la similitud que existe entre ambas composiciones químicas, la presencia de manganeso, sílice y aluminio en la muestra, además de la baja proporción de hierro.

Procedencia	Composición	Interpretación
Mineral de Canadá	50% de hierro 30%-40% rendimiento real	Se caracteriza como "limonita color rojo brillante con fractura negro brillante", formada por óxido de hierro, combinado con pequeñas cantidades de manganeso, sílice y fósforo y una proporción de agua y materia orgánica.
Mineral de San Juan Bautista (Paraguay)	20 a 48% de hierro 27 a 43% de sílice 6 a 16% de alúmina 0,57 a 1,70% de titanio 0,10 a 1,98% de manganeso	Piedra itacurú, típica del norte argentino y sur brasilero. Se origina en el lavado de suelos residuales, conocido como "tierras coloradas".
Mineral de la Guyana venezolana	35 a 45% de hierro 43% del tenor	Mineral del tipo ibapirita?, la hematina es el óxido de hierro dominante y en menor cantidad se encuentra la magnetita. Ortopiroxeno es el silicato ferromagnesiano presente.
Mineral de San Juan Capristano	60 a 67% de hierro	Son yacimientos de hierro con hematinas y magnetitas.
Mineral de la zona de San Pablo	65% de óxido férrico 25% de óxido ferroso 10% de sílice Trazas de fósforo	El mineral es magnetita, la dificultad para fundirlo proviene porque se presenta impregnada de óxido de titanio.

Tabla 2. Diferenciación en la composición química de los posibles centros de producción metalúrgica en Hispanoamérica. Extraído de Pifferetti 2012: 314-315.

Composición Química Clavo Forjado (muestra n° 1).	Composición Química Piedra Itacurú.
Manganeso 1,39%	Manganeso 0,10 a 1,98%
Aluminio 2,38%	Aluminio 0,6 a 16%
Sílice 0,42%	Sílice 0,2 a 43%
Hierro 28,38%	Hierro 20 a 48%

Tabla 3. Relación química entre clavo forjado (muestra 1) y la composición química de la piedra itacurú.

Con respecto a los resultados de la muestra n° 2, se pudo constatar que la tecnología aplicada sobre el elemento, correspondería a la de un clavo cortado europeo tipológicamente, pero obtenido a partir de un acero esponjoso, implementando una técnica artesanal o de forja. Recordemos que durante la manufactura de estos clavos, se martillaba el vástago para darle forma, por lo tanto la constatación del forjado sería adecuada. La particularidad en éste elemento es que no correspondería el acero utilizado para su fabricación, ya que el mismo es por lo general acero pudelado y no acero esponjoso.

Las observaciones longitudinales (Figura 6A y 6B) dieron como resultado que tanto las estructuras como las inclusiones se presentan de forma irregular, pero en las microcopias transversales (Figura 6C y 6D) se lograron caracterizar de forma concéntricas al eje del vástago. Esta forma estructural en las inclusiones indicaría que el clavo se fabricó a partir de forja manual.

Debido a ciertos interrogantes que surgieron con las observaciones microscópicas, se decidió realizar observaciones EDS en esta pieza. Se efectuaron seis espectros EDS genéricos en el núcleo del clavo, así como también en la corteza y en la inserción de la cabeza con el cuerpo (Figura 7, Tabla 4).

Los resultados presentados provienen de la inserción entre la cabeza y el vástago, por lo que se tuvo en cuenta el porcentaje del mineral que se utilizó en el proceso de soldadura entre ambas partes. Recordemos que en los clavos cortados europeos la cabeza se fabricaba aparte y se soldaba al cuerpo posteriormente.

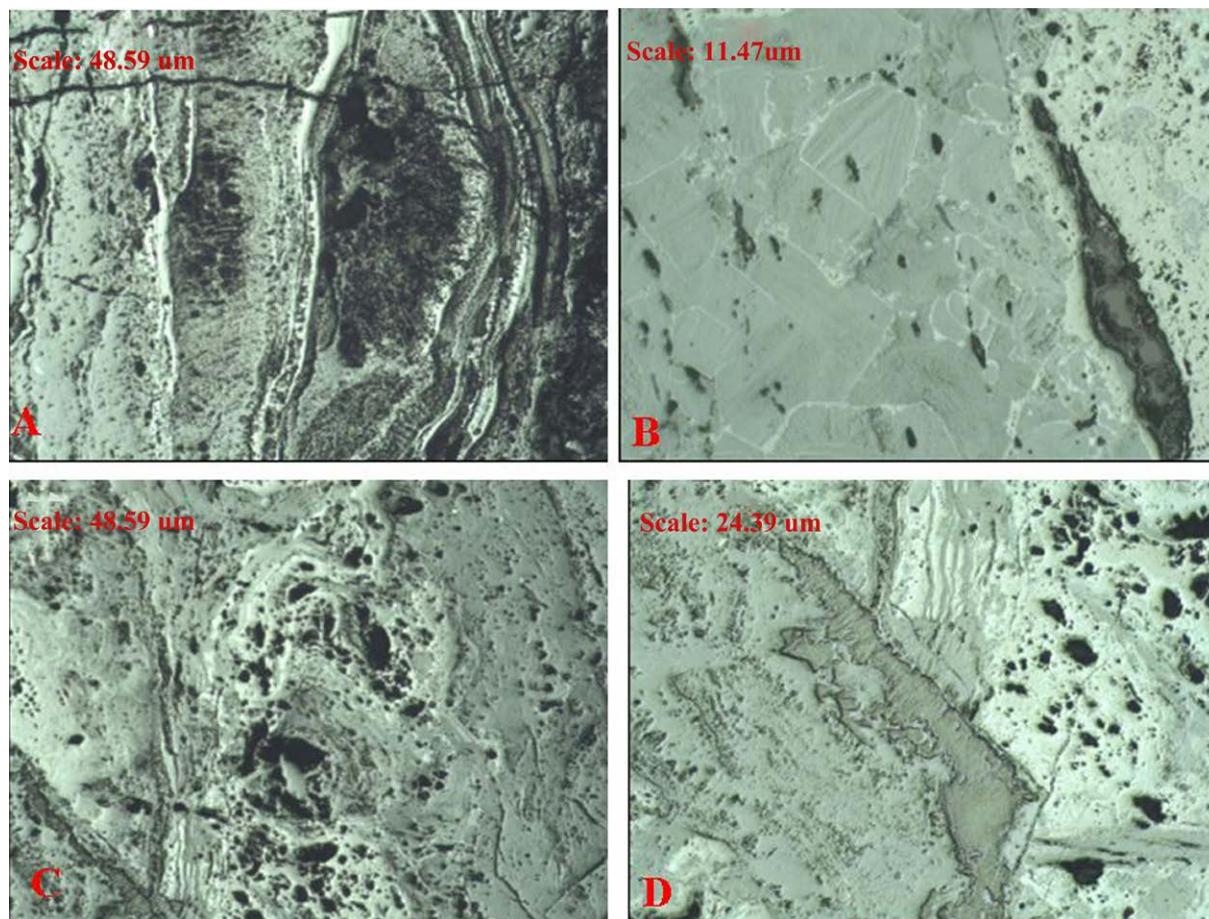


Figura 6. A) Vista longitudinal 50X (con nital al 3%); B) Vista longitudinal 200X (con nital al 3%); C) Vista transversal 50X (con nital al 3%); D) Vista transversal 100X (con nital al 3%).

Tipo de Mineral.	Cantidad Porcentual.
Carbono	17,56%
Oxígeno	26,82%
Hierro	45,63%

Tabla 4. Resultados porcentuales de los minerales observados.

De acuerdo con los resultados expuestos, se postula que morfológicamente el elemento presenta las características típicas de un clavo cortado europeo, pero el acero, la composición química y la manufactura aplicada para su fabricación no serían coincidentes con este tipo de clavos. Este tipo de piezas se obtenían a partir del cortado, con máquinas industriales, de un chapón de acero pudelado, al que luego se le aplicaba la cabeza. Por tal motivo se podría postular que al elemento se lo intentó estandarizar morfológicamente (a partir de forja) con los clavos europeos, vigentes para éste período. Esto puede suponer que para fines del siglo XVIII y principio del siglo XIX, se tendió a economizar y aprovechar al máximo este tipo de materiales pero dentro de un sistema artesanal de trabajo.

Por medio de las observaciones metalográficas con microscopías longitudinales (Figura 8A y 8B) y transversales (Figura 8C y 8D) realizadas sobre la muestra n° 3, se pudo

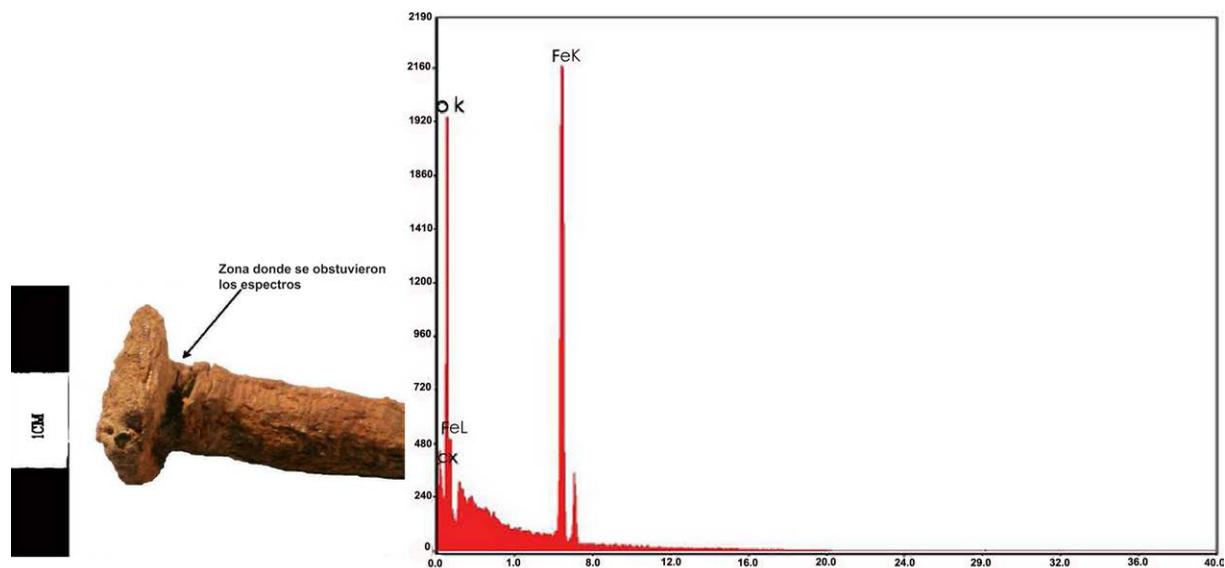


Figura 7. Detalle inserción cabeza-vástago. Espectros EDS realizados en la unión seleccionada.

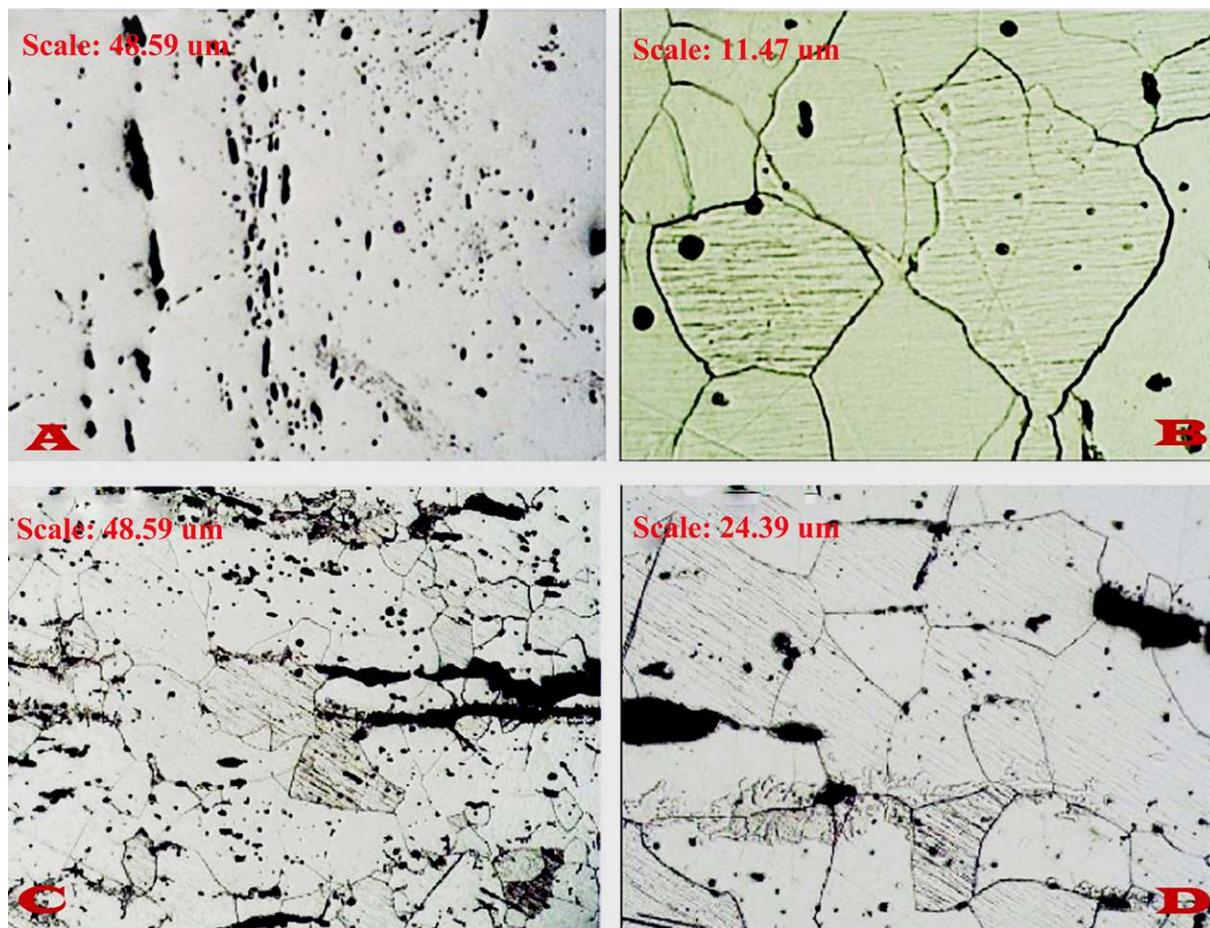


Figura 8. A) Vista longitudinal 50X (sin nital); B) Vista longitudinal 200X (con nital al 3%); C) Vista transversal 50X (con nital al 3%); D) Vista transversal 100X (con nital al 3%).

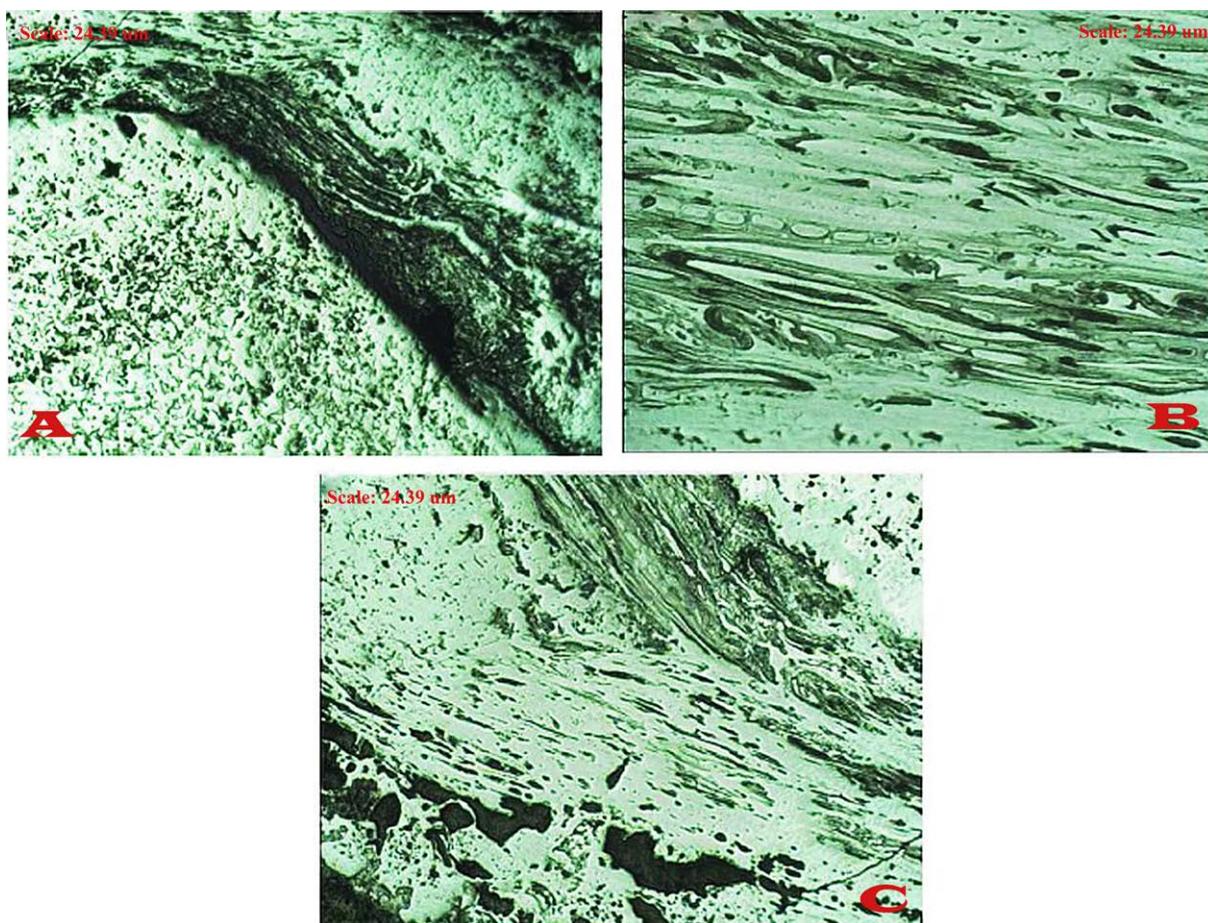


Figura 9. A) Vista longitudinal 50X (sin nital); B) Vista longitudinal 100X (con nital al 3%); C) Sector punta 200X (con nital al 3%).

determinar que, se trataba de un clavo con estructura ferrítica con bajo contenido en carbono, en donde se apreciaron inclusiones: Silicate type C3 y Sulfite type A3.

No se apreciaron concentraciones de inclusiones ni en el centro, ni en sectores periféricos, por lo que la distribución es uniforme y están dispuestas de forma longitudinal al elemento. En las microscopías transversales, las inclusiones detectadas están orientadas en sentido longitudinal, lo que es una evidencia típica de un proceso de laminado a partir de un chapón. Por último, se comprobó que el tamaño del grano es irregular en toda la estructura.

Por lo que se concluyó que se trataría de un clavo obtenido a partir del corte sobre un chapón de acero, de alta calidad y que habría sido sometido a un proceso de afino (con un convertidor Bessemer), para quitarle las impurezas. Al hallarse todas las inclusiones orientadas en la misma dirección no quedarían dudas de que el clavo se fabricó en un solo proceso industrial, lo que avala que se trata de un clavo cortado norteamericano (Quiroga 2014).

La muestra nº 4 se trata de un clavo cortado norteamericano (morfológicamente), pero con evidencia de una tecnología rudimentaria que no corresponde al proceso productivo de dichos elementos. Gracias a las observaciones microscópicas longitudinales (Figura 9A y 9B) y transversales, se infiere que se trataría de un clavo fabricado a partir de forja (seguramente catalana), donde se utilizó acero pudelado (de mejor calidad que el acero esponjoso) y con una técnica de trabajo que podría estar señalando alguna intencionalidad en conseguir la forma específica de este elemento durante

Elemento	%Al	%Zr	%Si	%Ni	%Pb	%Zn	%Cu	%Fe	%Sn	%Nb
Tacha de bronce	2,23	0,025	1,67	0,037	0,70	3,87	20,9	0,29	0,25	0,017

Tabla 5. Resultados de la composición química de las tachas de bronce.

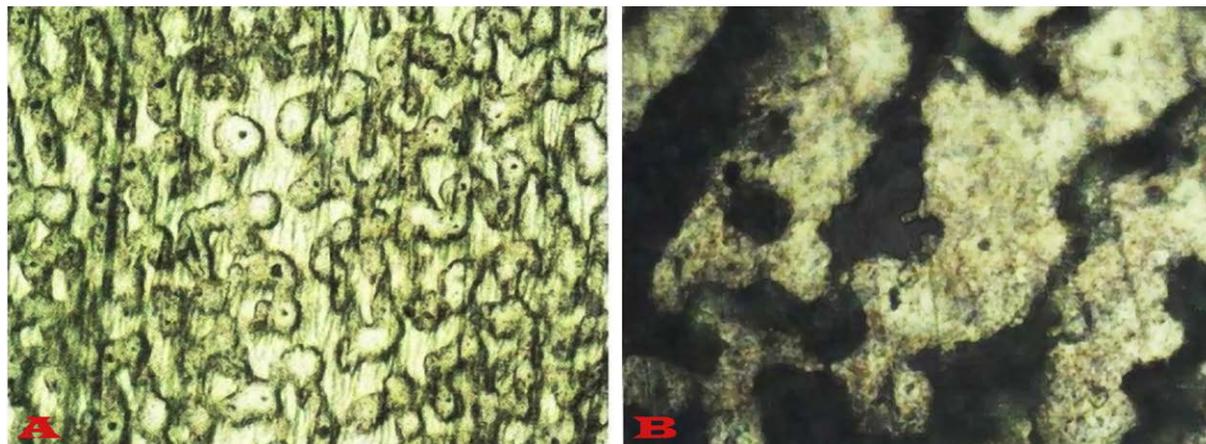


Figura 10. A) Detalle estructura latón sílicealuminato (200x); B) Detalle estructura de granos gris oscuros, con presencia de granos amarillos claros dendríticos retenidos (500x).

su realización. En este caso, se analizó la punta del elemento (Figura 9C) para poder observar las marcas de la cuña, lo que permitió identificar claramente las líneas irregulares de forja. Estas marcas sugerirían que se trataría de un proceso donde el manejo del acero fue mucho más delicado y artesanal.

Al igual que en la muestra n° 2, aquí también se postula que se estandarizó al objeto con la producción vigente en Estados Unidos: quizás buscando la misma forma y la disposición de las fibras metálicas que generaban mayor fuerza en la fijación. Sin embargo, no se trataría de un clavo producido con acero dulce de alta calidad y cortado con máquinas industriales como eran los norteamericanos, sino que se utilizó un acero pudelado (obtenido en altos hornos con reducción directa) y fabricado a partir de forjas catalanas. Teniendo en cuenta la situación económica hacia fines del siglo XVIII y durante el siglo XIX en el Virreinato del Río de la Plata, reflejada en el siguiente fragmento: "...se carece de todo (...) y clavazón de todas clases, bien que de éstas se encuentra aunque a precios exorbitantes" (Mariluz Urquijo 1977:16), bien estarían justificadas estas estrategias productivas para la fabricación y obtención de estos objetos tan preciados.

Como se había anticipado, a las muestra n° 5 y 6 se les pudo establecer la composición química por presentar una estructura metálica que permitía su determinación (Tabla 5). Cabe aclarar que no se tuvieron en cuenta los valores porcentuales de oxígeno y carbono, ya que los mismos varían dependiendo del elemento que se utilice para el proceso de fundición. Se estipuló que se tratan de piezas fabricadas por forjado en caliente, a partir de una aleación de sílice-aluminio-latón, material entre los catalogados generalmente como latones sílicealuminatos (Figura 10A y 10B). Presentan en su estructura dendritas de pequeños granos de fase amarilla clara, retenidos en una mayor cantidad de eutectoide de fase gris oscuro.

Estas tachas (de latón) presentan un proceso de corrosión por dezincificación uniforme, es decir, que se forma una capa superficial en donde se observaron restos de granos de color amarillo claro.

Un dato a destacar es que las tachas en cuestión, se encontraban clavadas en la madera que conformaba el ataúd del entierro SF NC N°15. Por su morfología y composición química se pensó que pudo haber sido parte del proceso de fabricación del ataúd en Europa, pero según la tendencia en los resultados obtenidos en el laboratorio en la muestra n°1 (clavo que conformaba parte del mismo cajón) (Quiroga 2014), bien podría tratarse de productos fabricados en Hispanoamérica durante el período colonial.

## Consideraciones finales

A partir del desarrollo de la presente investigación se pudo constatar que los clavos forjados, cortados europeos y cortados norteamericanos, se distribuyeron entre todos los sectores excavados dentro y fuera de los templos jesuitas (presentando una distribución más homogénea para el siglo XIX en relación con los siglos XVII y XVIII), por lo que su presencia-ausencia no estaba relacionada con la posición social del difunto, sino con la disponibilidad del recurso. Lo analizado permitió discriminar que los entierros fechados para el siglo XIX registraban presencia de clavos, como parte del fardo mortuorio o en su inmediata relación contextual. Pero esto no ocurriría en los períodos anteriores, principalmente en las fosas datadas para el siglo XVII, donde era menos significativa la presencia de clavos forjados, quizás porque estos elementos estaban restringidos para la construcción de bienes inmuebles y no de ataúdes. Por tal motivo es de relevancia que las tumbas excavadas en el sector del Crucero entre los 230 cm y 220 cm de profundidad, realizadas dentro del templo del siglo XVII, presentaran clavos forjados en los ataúdes. Esta situación, podría estar sugiriendo que se tratarían de individuos con alguna relevancia social, cuya posición económica les permitió acceder a estos elementos para su entierro.

Con respecto a los resultados microscópicos obtenidos en la muestra n° 1 (sigla n° 288; San Francisco- Sector del Crucero), se determinó que se trataba de un clavo de tipo forjado. Este elemento formaba parte del ataúd que contenía el entierro SFN N°10, el que fue realizado en el primer templo que ocupó la Orden Jesuita, entre los años 1608 y 1730. En el análisis a ojo desnudo se interpretó que el elemento provenía posiblemente desde Europa para el abastecimiento de la ciudad o bien había sido traído desde ese continente por los jesuitas para su propio abastecimiento. Pero los resultados de los espectros EDS, permiten proponer que el mineral utilizado para fabricar el objeto fue la piedra itacurú, cuyas fuentes están en el noreste argentino, sur brasilero y en el Paraguay. Esto se reforzaría con el registro documental que indica que en las misiones de San Juan Bautista (Paraguay), los jesuitas utilizaban este mineral para manufacturar pequeños utensilios o clavos para la construcción de viviendas. Si bien existen autores que postularon (a modo hipotético) un intercambio inter-misional jesuita de bienes metálicos (Pifferetti 2012), no se tenían registros precisos sobre un objeto con estas características químicas. Los resultados de los componentes químicos del clavo fortalecen las hipótesis postuladas sobre estos intercambios inter-misionales de bienes de uso. Esto nos lleva a postular que el clavo en cuestión fue producido con acero americano, de la zona de San Juan Bautista del Paraguay y traído hasta Mendoza durante el siglo XVII.

Un caso parecido al mencionado es el de la muestra n° 2 (clavo cortado europeo; sigla n° 33; San Francisco- sector del crucero), en donde el análisis químico dio como resultante un bajo contenido en hierro, similar al que contienen las piedras itacurú del noreste argentino y sur brasilero. Por lo tanto, es probable que estos elementos no hayan provenido de Europa. La explicación a esta situación puede estar relacionada con las altas tasas que se pagaban por los fletes y la capacidad productiva de la Compañía, lo que hace pensar en un aprovisionamiento de productos que se manufacturaban en América, pero estandarizando su producción a la forma de los clavos europeos. Una

cuestión similar a esta, fue la muestra n° 4 (clavo cortado norteamericano; sigla n° 227; San Francisco- Sector del Pilastra NO); se trataría de un clavo cortado norteamericano (morfológicamente), pero en donde se aplicó una tecnología no coincidente con el proceso de fabricación de este tipo de clavos. No se trataría de un clavo producido con acero dulce de alta calidad y cortado con máquinas industriales como se producían los clavos norteamericanos, sino que se utilizó un acero pudelado (obtenido en altos hornos con reducción directa) y fabricado a partir de forjas catalanas. En este caso también se postula que se estandarizó al objeto con la producción vigente en Estados Unidos, con lo que probablemente se buscaba la misma forma y la disposición de las fibras metálicas para generar mayor fuerza en la fijación.

Las tachas de bronce analizadas, muestra n° 5 y 6 (sigla n° 276 y 277, San Francisco, sector Nave Central -Osario -), se encontraban clavadas en la madera que conformaba el ataúd del entierro SF NC N°15. Por su morfología y composición química se pensó que pudo haber sido parte del proceso de fabricación del ataúd en Europa, pero en relación con los resultados obtenidos en la muestra n° 1, bien podrían tratarse de piezas elaboradas en Hispanoamérica durante el período colonial.

Como puede observarse, entre los jesuitas de Mendoza, el temprano abastecimiento de objetos de acero parece haber estado vinculado con su traslado desde sectores lejanos ocupados por otras misiones religiosas. Sin embargo, en tiempos más tardíos su provisión se resolvió por medio de la producción artesanal local, pero amoldando las piezas a diseños y formas presentes en clavos extranjeros. Esto indicaría que el valor de uso de estos bienes fue alto y por tal motivo se implementaban diferentes estrategias para obtenerlos.

## Agradecimientos

Se agradece al laboratorio de metalurgia de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), regional Mendoza y especialmente a su Director, Ing. Franetovich. Se extiende el agradecimiento a la Dra. N. E. Walsöe de Reca y al Tec. Dante Giménez, del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) por los decisivos espectros EDS que completaron los estudios arqueométricos de la presente investigación. Finalmente a la Prof. Cecilia Buyé por el asesoramiento prestado en la realización de este artículo.

## Bibliografía

- » BERNAU, R. (1958). *Elementos de Metalografía y de Acero al Carbono*. Ed. Andrés Bello. Santiago de Chile.
- » BURMEISTER, H. (1943). *Viajes por los estados del Plata (1857-1860)*, 3 vols. Unión Germánica Argentina. Buenos Aires.
- » CUETO, O., J. COMADRÁN RUÍZ, V. CEVERINO DE RODRIGUEZ, A. ROMANO y C. MARIGLIANO (1991). *La Ciudad de Mendoza: su historia a través de cinco temas*. Fundación de Bostón. Buenos Aires.
- » CHIAVAZZA, H. (2005). *Los Templos coloniales como estructuras funerarias. Arqueología en la Iglesia jesuita de Mendoza*. British Archaeological Reports, S1388.
- » CHIAVAZZA, H. (2008). Bases teóricas para el análisis arqueológico de la espacialidad religiosa y los procesos de transformación cultural en la Ciudad de Mendoza durante la Colonia. *Revista de Arqueología Americana* 25: 225-244.
- » GULIÁEV, A. (1990). *Metalografía*. Mir. Moscú.
- » LORUSSO, H., H. SVOBODA y H. DE ROSA (2004). Estudio Arqueometalúrgico de clavos pertenecientes a embarcaciones balleneras halladas en la Antártida Argentina. *Jornadas SAM/ CONAMET*, pp. 1103-1106. Río Negro.
- » MARILUZ URQUIJO, M. (1977). *Noticias del correo Mercantil de España y sus Indias sobre la vida económica del Virreinato del Río de la Plata*. Academia Nacional de la Historia, Buenos Aires.
- » PICASSO, A., R. ROMERO y A. CUNIBERTI (2000). Identificación y Caracterización de un acero y una fundición utilizados en la construcción de puentes ferroviarios a fines del siglo pasado. *IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, Jornadas SAM*, pp. 893-899. Neuquén.
- » PIFFERETTI, A. (2012). La Producción de hierro en América Colonial y su posible diferenciación del hierro europeo. *Actas del V Congreso Nacional del Arqueología Histórica*, tomo I, pp. 295-321. Buenos Aires.
- » PONTE, R. (1987). *Mendoza Aquella Ciudad de Barroz. Historia de una ciudad andina, desde el siglo XVI hasta nuestros días*. Municipalidad de la Ciudad de Mendoza. Mendoza.
- » QUIROGA, M. (2014). *Estudios Arqueométricos del Registro de clavos procedentes de contextos funerarios de Las Ruinas de San Francisco (Mendoza)*. Tesis de Licenciatura en Historia (con Orientación en Arqueología), Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo. Mendoza. Ms.
- » SCHÁVELZON, D. (1991). *Arqueología histórica de Buenos Aires: La Cultura Material Porteña de los siglos XVIII y XIX*. Corregidor. Buenos Aires.
- » SCHÁVELZON, D. (1998). *Las Ruinas de San Francisco (ex Jesuitas)*. Arqueología e Historia. Municipalidad de Mendoza. Mendoza.
- » SCHÁVELZON, D. (2008). *Historia de un terremoto: Mendoza, 1861*. Centro de Investigaciones Ruinas de San Francisco. Área Fundacional. Municipalidad de Mendoza. Mendoza.
- » ZULUAGA, R. (1964). *El Cabildo de la Ciudad de Mendoza, su primer medio siglo de existencia*. Facultad de Filosofía y Letras, U.N.C. Instituto de Historia, Mendoza.