

ESTUDIO DE LAS INCLUSIONES DE UN CLAVO FORJADO DE LA ESTANCIA JESUITICA SANTA CATALINA, CORDOBA, ARGENTINA

A. A. Pifferetti ⁽¹⁾, R. E. Bolmaro ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Tecnológica Nacional, F. R. Rosario

⁽²⁾ Instituto de Física Rosario – F. C. I. y A. CONICET-UNR

E mail: apiffere@agatha.unr.edu.ar

RESUMEN

Se ha estudiado la morfología y características de las inclusiones presentes en un clavo forjado de aleación ferrosa proveniente de trabajos de sondeo arqueológico en la Estancia jesuitica Santa Catalina, Córdoba, Argentina.

El objetivo es determinar las características del material, el proceso de afino y de ser posible información sobre su procedencia.

Se trata de un clavo forjado de sección cuadrangular de grandes dimensiones, unos 160 mm de largo y unos 8-9 mm de lado, elaborado artesanalmente a la fragua por martillado en caliente. El material es acero muy decarburado y metalográficamente presenta una estructura de granos grandes e irregulares con enormes inclusiones alargadas en el sentido de la deformación plástica, incluso visibles macroscópicamente.

La superficie presenta un marcado ataque corrosivo que penetra hacia el interior por las zonas de mayor energía como los bordes de grano y las inclusiones.

La caracterización se realizó utilizando un microscopio electrónico FEI FESEM Quanta 200 equipado con EDS y determinó que se trata principalmente de silicoaluminatos complejos de hierro rodeados de una aureola de carbonatos.

Tópico 2: Materiales Metálicos

Palabras clave: metalurgia histórica, hierro forjado, inclusiones, jesuitas

1. INTRODUCCION

La estancia jesuitica de Santa Catalina (1622) formó parte de una serie de establecimientos productivos establecidos por la Compañía de Jesús en la antigua provincia de Córdoba del Tucumán integrados a la organización político-cultural que estos desarrollaron en Sudamérica entre los años 1599 y 1767 en que se produce su expulsión. Sus manifestaciones arquitectónicas, en buena parte preservadas, además de ser Monumentos Nacionales de la República Argentina, fueron declaradas Patrimonio Cultural de la Humanidad en el año 2000 por la UNESCO.

Trabajos arqueológicos realizados por la Prof. Martha M. Bonofiglio, recuperaron un clavo forjado de sección rectangular y que nos fue entregado para determinar su antigüedad y técnica de fabricación.

Se trata de una pieza evidentemente forjada a mano ligeramente curva en la parte central. La cabeza, irregular, es del tipo “gota de sebo” facetada, conformada evidentemente a golpes; tiene una altura de 7,9-8,1 mm y un ancho que varía entre 19,6 y 21,3 mm. El largo total de la pieza es de 162,2 mm y la sección del vástago variable, aproximadamente cuadrangular. Medida en tres secciones distintas, una inmediata a la cabeza, la segunda en el centro del cuerpo y la tercera en la punta, los valores obtenidos son: 10 x 8,9 mm; 8,9 x 8,4 mm y 8,1 x 3,7 mm, respectivamente. (Fig. 1)

La superficie aparece totalmente recubierta de una capa de óxidos oscuros predominantemente negros pero con algunas manchas marrones especialmente en la punta. En algunas zonas se observa un escamado superficial con desprendimiento de laminillas.

El material es de características marcadamente ferromagnéticas, aunque la atracción magnética se atenúa en los puntos de mayor oxidación.

En un trabajo previo establecimos que la morfología y características metalúrgicas de la pieza mostraban que se trataba de un clavo elaborado a mano por deformación plástica en caliente, empleando procesos artesanales o pre-industriales [1] y que presentaba características de elaboración similares a las de otros clavos jesuíticos y coloniales como los de las misiones de Santa Ana y Santos Mártires del Japón en Misiones y Santa Fe La Vieja [2,3]. Así lo muestra la forma y conformado de cuerpo, cabeza y punta.

La dureza también es la esperable en un material muy decarburado y con inclusiones de mayor tamaño y en mayor número que en un acero moderno.

No se utilizó ningún tipo de matriz o preforma de yunque como las evidenciadas en el clavo de la Boca del Monje [4], no se efectuaron tratamientos térmicos o de protección anticorrosiva de ningún tipo con posterioridad al forjado, ni se efectuó cementación en la fragua como la detectada en un clavo de un entierro de la iglesia de Santo Domingo en Buenos Aires [5].



Fig. 1.- Clavo

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio macroscópico de las superficies primeramente por inspección visual a ojo desnudo y luego un análisis más detallado utilizando una lupa binocular de 25X. La medición de las distintas dimensiones se realizó empleando calibres y micrómetros. La caracterización se realizó mediante estudios macro y micrográficos utilizando microscopía estereográfica, óptica y electrónica, con y sin ataque químico. Este último se efectuó utilizando una solución alcohólica de ácido nítrico (Nital) al 2 % para las micrografías y de mayor concentración para la micrografía. Los aumentos utilizados variaron entre 50 y 500x. Este estudio se complementó con mediciones de dureza Vickers utilizando un equipo XXX con carga de 25 gramos durante un tiempo de 20 segundos.

En cuanto a la caracterización de las inclusiones se efectuó utilizando un microscopio electrónico FEI FESEM Quanta 200 equipado con analizador EDS a energía dispersa, trabajando con 10 y 20 kV.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar un estudio metalográfico no destructivo se eligió la sección longitudinal que sobresalía en la zona de la curva central. Pudo observarse que presentaba numerosas inclusiones no metálicas (tipo sulfuros, de manganeso y compuestos), algunas de gran tamaño, preferentemente alargadas en el sentido de la máxima deformación de la pieza. La cantidad, distribución y tamaño de las mismas supera los máximos admitidos por todas las normas de fabricación de productos siderúrgicos actuales. (Fig. 3, 200 x)

Al ser atacada con solución alcohólica de ácido nítrico al 3 % (nital 3) se observa una estructura ferrítica muy decarburada con un tamaño de grano muy irregular, lo que indica que el material estuvo sometido a sucesivos procesos de calentamientos (fig. 4).

La importancia de poder estudiar la composición de las inclusiones y debido a que por sus dimensiones la muestra no podía ser introducida en el microscopio de barrido, determinó que se decidiera efectuar una metalografía destructiva efectuando un corte de un par de mm en la punta del clavo.

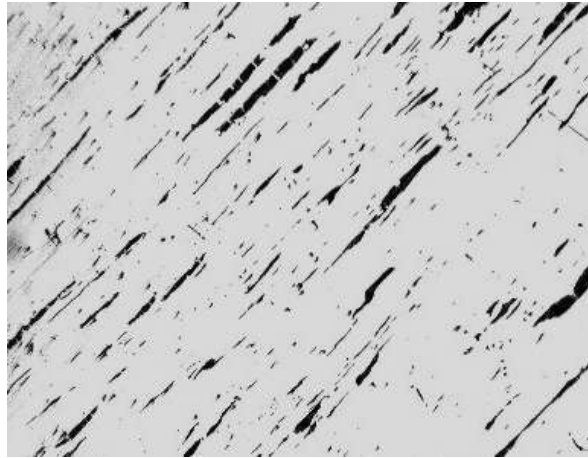


Fig. 3.- Sección long. (200 x)

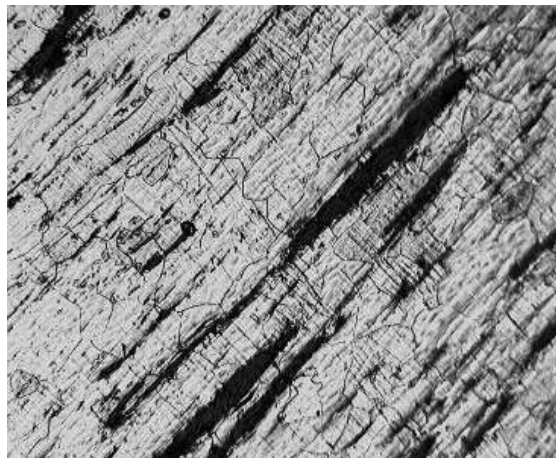


Fig. 4.- Sección long. atacada (500 x)

Esta sección transversal presenta también gran cantidad de inclusiones en forma similar a la longitudinal, aunque como era de esperar con una menor direccionalidad. (fig. 5). Las fases no metálicas, trabajando con mayores aumentos (500 x), presentan una estructura interior dendrítica. (Fig. 6)

La superficie atacada muestra también una estructura ferrítica de granos de tamaño heterogéneo, similar a la observada en la sección anterior. Las inclusiones aparecen como precipitados intergranulares. (Fig. 7)

El estudio EDS de las inclusiones determinó que, por su composición, se trata principalmente de silicoaluminatos complejos de hierro y que presentan la particularidad de estar rodeados de una aureola formada por carbonatos.

Por ejemplo en la inclusión de la fig. 8 en la que tenemos en orden decreciente Fe, O, C, Si, P y Al, de la distribución atómica podemos observar que:

- a) el C se concentra en la zona que rodea el precipitado aunque aparece en toda la masa en muy pequeña proporción.

b) El O en cambio se concentra tanto en la inclusión como en la corona que la rodea

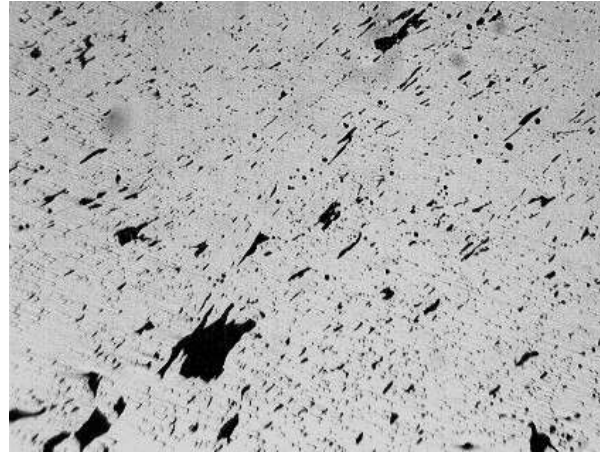


Fig. 5.- Sección transversal (200 x)

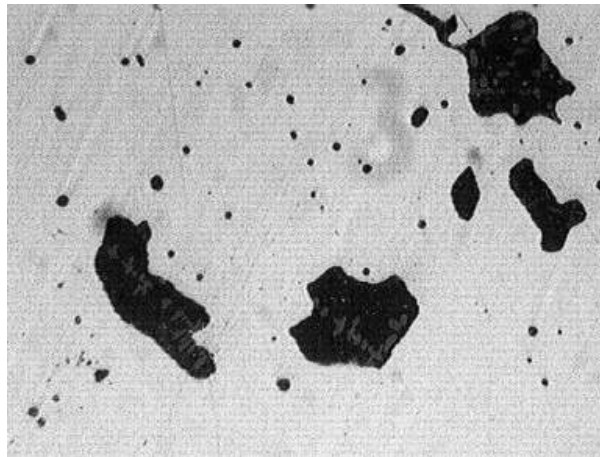


Fig. 6.- Inclusiones transversales (500 x)

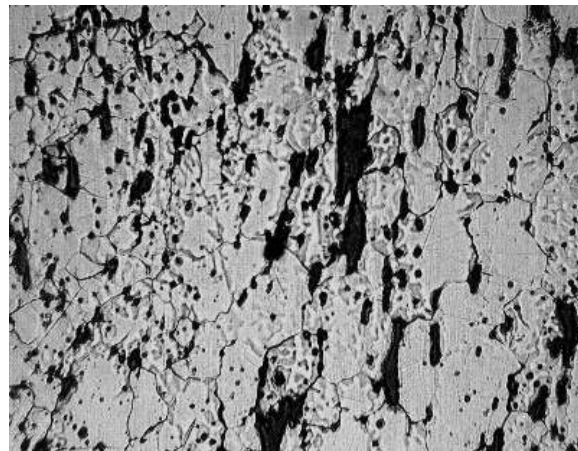


Fig. 7.- Sección transversal atacada (200 x)

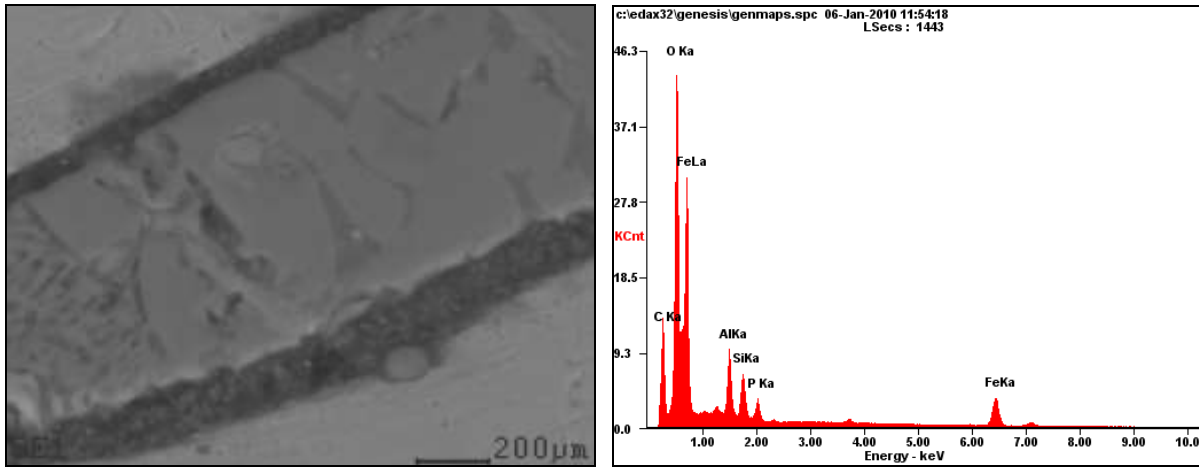


Fig. 8.- Imagen SEM y espectro EDS Inclusión

Elemento	% Peso	% Atóm.
C	8,09	17,50
O	30,10	48,88
Al	2,05	1,97
Si	6,38	5,90
P	2,45	2,06
Fe	50,93	23,69

Tabla I

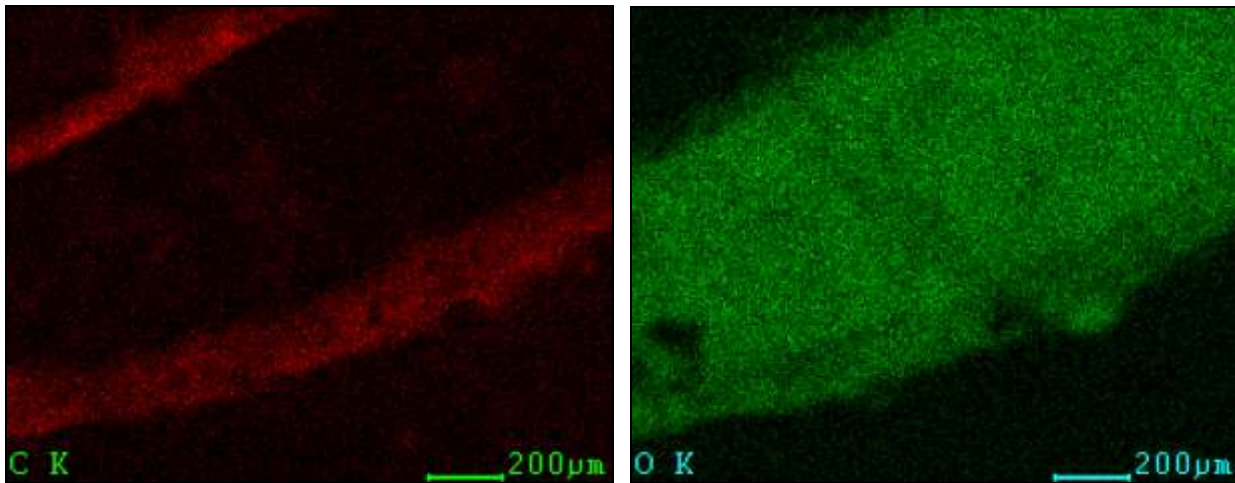


Fig. 8a y 8b

- c) El P se distribuye uniformemente tanto en la matriz como en ambos sectores de la inclusión.
- d) El Fe se concentra en la matriz y en mucho menor cantidad en la inclusión pero falta totalmente en la aureola.

- e) El Al lo encontramos en la periferia y en las zonas oscuras del interior del precipitado.
- f) Y finalmente el Si se concentra en este último, aunque disminuye en correspondencia del aumento del Al.

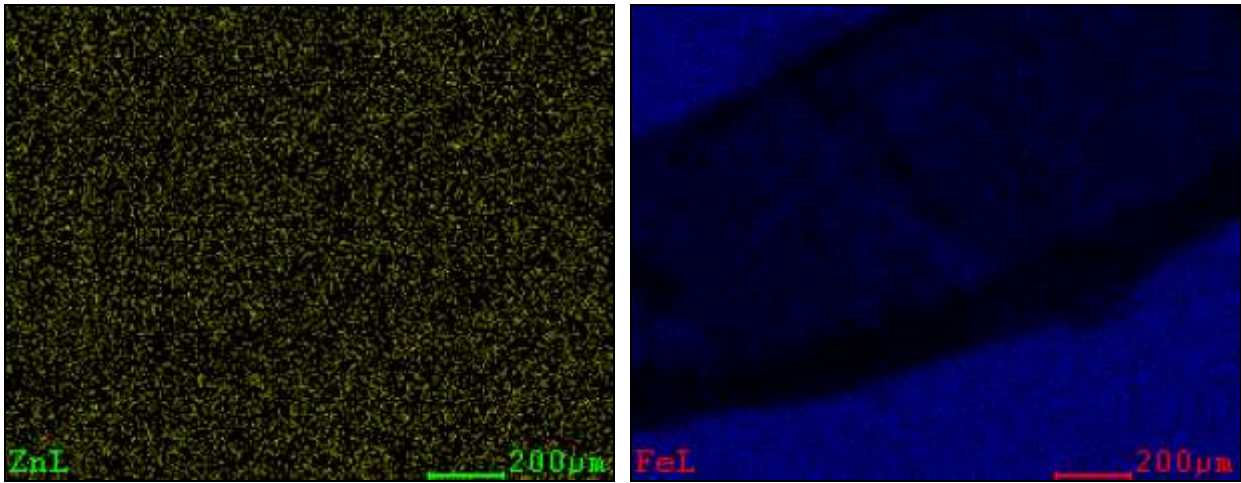


Fig. 8c y 8d

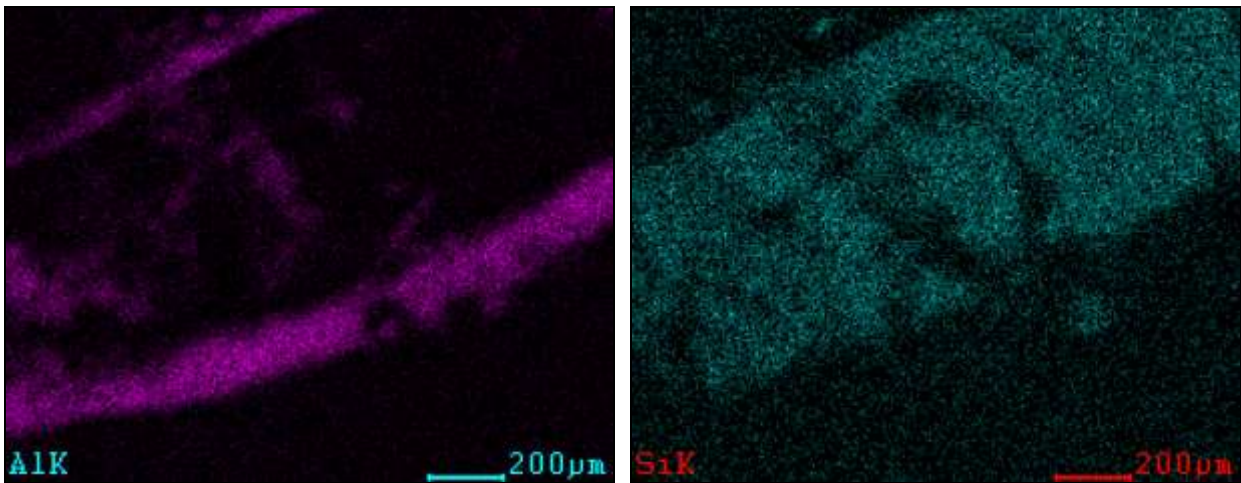


Fig. 8e y 8f

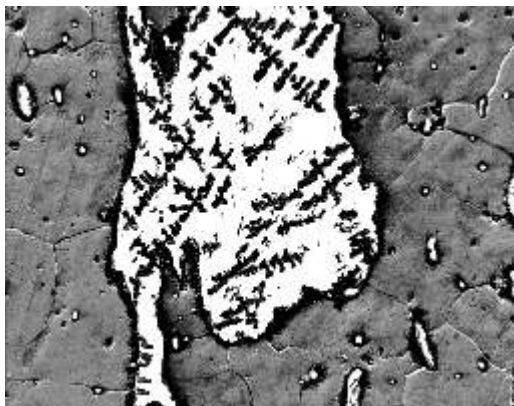


Fig. 9

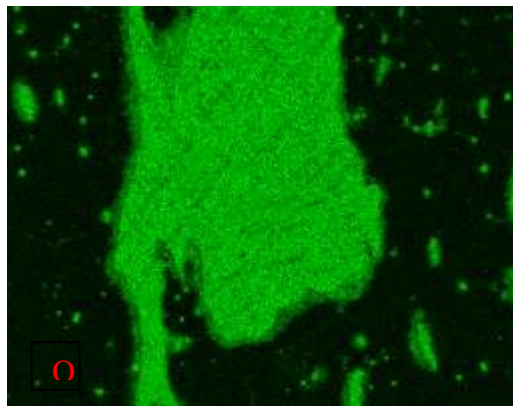


Fig. 9a - Oxigeno

Se trata entonces de un silicoaluminato complejo de hierro rodeado de una aureola de carbonato de aluminio. La inclusión de la fig. 9 tiene una composición coincidente: el precipitado contiene Fe, Si y Al, rodeado por una aureola de C, O y Al; las dendritas interiores tienen también estos tres elementos pero además Fe. La misma composición presenta las pequeñas inclusiones que la rodean.

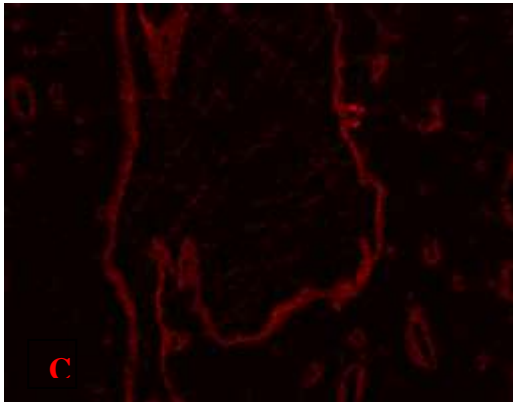


Fig. 9b - Carbono

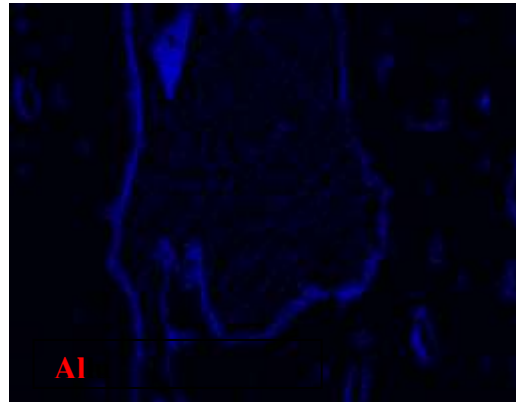


Fig. 9c - Aluminio

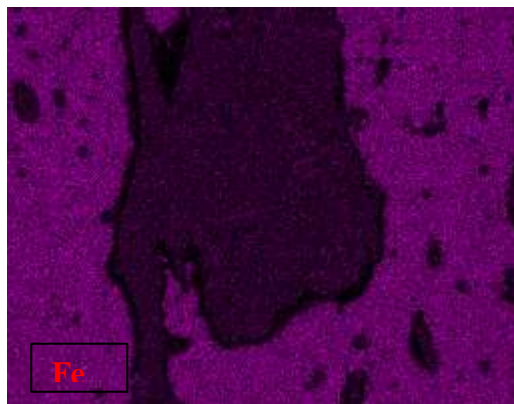


Fig. 9d - Hierro

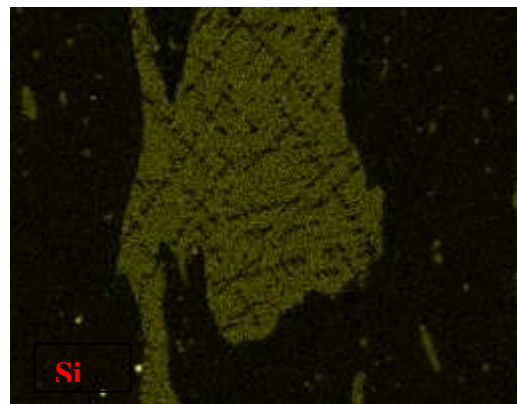


Fig. 9e - Silicio

3. CONCLUSIONES

El clavo estudiado ha sido elaborado a mano por deformación plástica en caliente (forjado), empleando procesos artesanales o pre-industriales. Así lo evidencian la forma y características metalúrgicas tanto del cuerpo como de la cabeza y la punta de sección rectangular.

Las características de elaboración son compatibles con el período de funcionamiento de la estancia jesuítica (siglos XVI-XVII). Comparte las características de estructura y morfología de otros clavos jesuíticos y coloniales como los de las misiones de Santa Ana y Santos Mártires del Japón en Misiones y Santa Fe La Vieja. [2,3]

Sin embargo las inclusiones de silicatos o silicoaluminatos complejos ferrosos, rodeados de carbonatos de aluminio no son las esperables en una aleación ferrosa de origen europeo de dicha época, tanto en lo que respecta a la presencia del Al como a la del carbono.

Sabemos que en la Reducción jesuítica de San Juan Bautista el padre Antonio Sepp elaboró hierro a partir de una piedra local que recibe el nombre de itacurú, de composición típica 20-48 % de hierro, 27 a 43 % de sílice, 6 a 16 % de alumina, 0,57 a 1,70 de titanio y 0,10 a 1,98 de Manganese. Los

escritos del propio Sepp indican que el mineral previa tostación se mezclaba con carbón de leña en proporción de 1 a 6 y cargada en un horno similar a los europeos donde se obtenía el acero al cabo de 24 horas. Estos hornos comenzaron a funcionar en 1700 y en 1760 seguían funcionando en 1760. [6]

Varios historiadores, como el jesuita Guillermo Furlong afirman que los jesuitas se organizaron en un sistema cerrado que tendía a la autosuficiencia, “producir todo lo necesario y lo que no fuera posible traerlo desde el exterior” [8]. Por eso se establecieron no solo en los lugares de acción evangelizadora como las reducciones indígenas sino también en estancias de producción agrícola-ganadera y minera como en zonas de caleras. En el Museo Histórico de Santa Fe, se exhibe un bloque metálico de forma lenticular identificado como “lingote de hierro jesuítico y la arqueóloga de las Misiones de San Ignacio y Santa Ana, R. A. Poujade opina que el hierro producido en San Juan Bautista debió circular por toda la zona de influencia jesuítica. (comunicación Personal)

Si bien falta realizar comprobaciones adicionales, la escasa presencia de inclusiones de sulfuro y la abundancia de silicoaluminatos, así como la presencia de la aureola de carbonatos hacen posible que estemos en presencia de un hierro obtenido al modo del siglo XVII pero no europeo sino de fabricación jesuítica y con la tecnología que comenta Palacios.

REFERENCIAS

1. A.A. Pifferetti y R.E. Bolmaro. Caracterización de un clavo de la estancia jesuítica Santa Catalina, Córdoba, Argentina. II Congreso Latinoamericano de Arqueometría. 2009. Lima, Perú. En prensa
2. A.A. Pifferetti, C. Martignoni, L. Nosei. Estudio y clasificación de clavos metálicos de la reducción jesuítica Santos Mártires del Japón, Misiones. XV Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Río Cuarto, Córdoba. 2004. En prensa
3. A.A. Pifferetti, C. Martignoni, L. Nosei, N.E. Walsøe de Reca y G.E. Lascalea. Estudio y caracterización de materiales metálicos de la reducción jesuítica Santa Ana, Misiones. En Aproximaciones a la Reducción de Santa Ana y su contexto –ARSA– Misiones – Argentina, R. A. Poujade y equipo, Anexo V, p. 269-280. 2009. Editorial Universitaria, Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Argentina
4. H. M. De Rosa, H. Lorusso y G. Svoboda. Caracterización de un clavo de hierro hallado en la iglesia de San Ignacio de Loyola. En Continuidad y Cambio en Arqueología Histórica, M. T. Carrara comp. 2008. Rosario.
5. A.A. Pifferetti, L. Nosei, N.E. Walsøe de Reca y G.E. Lascalea. Caracterización de un clavo de acero de la Boca del Monje, Santa Fe, Argentina. Rev. Materia Vol. 8 n° 2, p. 155-166. 2003. <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10300>
6. T.A. Palacios. Comienzos de la siderurgia colonial en la Reducción indígena guaraníca de San Juan Bautista. En Desarrollo Tecnológico y Cultura Material en América Precolonial y Colonial, A. A. Pifferetti y D.M.K. de Grinberg Coord., p. 105-111. UNAM, México. 2002.
7. G. Furlong. Misiones y sus pueblos de Guaraníes. Balmes, Buenos Aires. 1962.
8. A. Poenitz y E. Snihur. La herencia misionera. El Territorio, Posadas. 1999.