



# ARQUEOMETRÍA 2018

## Libro de Resúmenes Extendidos



VII CONGRESO NACIONAL DE ARQUEOMETRÍA  
 Materialidad, Arqueología y Patrimonio  
 17 AL 20 DE ABRIL DE 2018  
 SAN MIGUEL DE TUCUMÁN / AMAICHA DEL VALLE, ARGENTINA  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOLOGÍA HISTÓRICA  
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Serie Monográfica y Didáctica / Volumen 56 / ISSN 03275868



do-ECS- (Los potenciales se registran en ECS). La Tabla 1 presenta la nomenclatura, batería, área expuesta y potencial de corrosión de cada muestra. En la Figura 2, se presentan las curvas de polarización en función del sobrepotencial a fin de observar la velocidad de corrosión.

Tabla 1. Potencial de corrosión de las muestras.

Batería	Muestra	Área Expuesta (cm <sup>2</sup> )	Pot. Corrosión (mVecs)
2	VO7	0,32±0,2	-883±5
	VO8	0,25±0,1	-745±10
	VO13	0,44±0,02	-859±2
	VO15	0,43±0,01	-756±10
1	VO18	0,30±0,2	-702±10
	VO19	0,73±0,1	-718±5
	VO21	0,74±0,1	-888±10
	VO28	0,47±0,05	-724±5

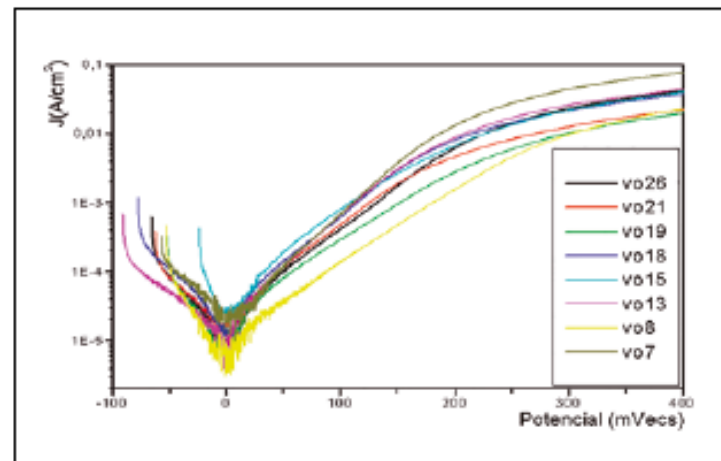


FIG. 2. Curvas de polarización potenciodinámicas en función del sobrepotencial de las piezas analizadas.

En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que:

- 1) Todas las muestras presentan un proceso de corrosión homogénea que se expresa mediante el aumento constante de la corriente de corrosión en función del sobrepotencial;
- 2) El potencial de corrosión de las piezas varía entre -660mVecs y -760mVecs, debido a las diferencias composicionales y/o a la presencia de inclusiones en el material;
- 3) La velocidad de corrosión de todas las piezas fue similar, salvo en la muestra VO8, que presenta una velocidad levemente menor de degradación;
- 4) Los resultados arrojados por los ensayos potenciodinámicos demuestran que aunque no es posible agrupar el comportamiento del material por batería (la heterogeneidad intrabatería es superior a la interbatería), existe una variabilidad de comportamiento que se explica por la heterogeneidad composicional y de manufactura de los clavos analizados.

#### Referencias

- Ramos, M.; Lanza, M.; Helfer, V.; Bognarri, F.; Raies, A.; Darigo, M.; Dottori, C.; Warr, M.; Santos, C.; Raño, J.; Pinochet, C.; Hernández De Lara, O.; Umaño, M. y Alanís, S. (2014). *Arqueología histórica de la Guerra del Paraná: la de Vuelta de Obligado y el Tonelero*. En C. Landa y O. Hernández de Lara (Eds.), *Sobre campos de batallas. Arqueología de conflictos bélicos en América Latina* (pp. 75-107). Buenos Aires: Aspha.
- Ramos, M.; Bognarri, F.; Lanza, M.; Helfer, V.; González Toralbo, C.; Senesi, R.; Hernández de Lara, O.; Pinochet C. y Clavijo, J. (2011). *Arqueología histórica de la batalla de Vuelta de Obligado*, Provincia de Buenos Aires, Argentina. En M. Ramos y O. Hernández de Lara (Eds.), *Arqueología Histórica en América Latina. Perspectivas desde Argentina y Cuba* (pp. 13-32). Buenos Aires: PROARHEP.

## ESTUDIO PRELIMINAR ARQUEO-METALÚRGICO EN EL OESTE TINOGASTEÑO, CATAMARCA (SIGLOS III AL XV)

N. Ratto<sup>1</sup>, M. Pichipil<sup>2</sup>, J. Amado<sup>3</sup>, J.I. Cecheto Baum<sup>1</sup> y H. De Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Instituto de las Culturas (UBA-CONICET), Facultad de Filosofía y Letras, Moreno 350, 1091 C.A.B.A., Argentina.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long" (INTECEN), Facultad de Ingeniería, Paseo Colón 850, C1063ACV C.A.B.A., Argentina.

<sup>3</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Paseo Colón 850, C1063ACV C.A.B.A., Argentina.

\*e-mail: nratto@filo.uba.ar



Presentamos los primeros resultados arqueometalúrgicos de cuatro piezas de metal enteras provenientes de sitios arqueológicos del oeste tinogasteño (Catamarca), que dan cuenta de distintos momentos del desarrollo social, económico y político de la región desde el siglo III hasta el siglo XV de la era (Ratto 2013). Las piezas analizadas fueron una pinza y una aguja de sociedades del primer milenio, y un aro y un cincel de momentos del tardío-inca, provenientes de los sitios arqueológicos Palo Blanco, Mishma-2 y San Francisco. En la Tabla 1 presentamos los tipos de ambientes de emplazamiento y cotas altitudinales de cada sitio y sus contextos crono-culturales.

El análisis de las muestras consistió en una inspección visual de las superficies de las piezas, que en algunos casos se encuentran cubiertas de productos de corrosión color verdoso. Se realizó además un análisis metalográfico por microscopía óptica y espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDS). Estos resultados permitieron identificar diferencias morfológicas en los modos constructivos y la composición de los materiales empleados. La degradación, observada en las piezas, pudo haber tenido su origen tanto durante su fabricación y uso y/o durante el tiempo transcurrido en el contexto arqueológico hasta su hallazgo. Finalmente, los resultados obtenidos permitieron esbozar conclusiones preliminares que dan cuenta de los cambios y continuidades de la cadena operativa metalúrgica de las sociedades del primer milenio con respecto a la incaica (ca. 1500 AD).

Las piezas analizadas corresponden a dos momentos de la historia regional. Por un lado, a las sociedades del primer milenio o "formativas", particularmente su comienzo (Aguja) y finalización (Pinza), que en ambos casos provienen de distintos núcleos habitacionales de la aldea de Palo Blanco, emplazada en el sector norte del valle de Fiambalá, en una cota altitudinal de 1900 msnm. Por otro, remite a momentos de la presencia incaica en la región y su contacto con las poblaciones locales y/o movilizadas en el marco de la estrategia de dominación del incario (Ratto 2013). En un caso proviene de un sitio emplazado en el sector medio del valle de Fiambalá (Aro), mientras que la otra (Cincel) de un sitio que se localiza en la puna transicional de Chaschuil (Figura 1). De esta manera, la pequeña muestra da cuenta tanto de una escala espacial amplia, como de un lapso temporal que se extiende desde el inicio del siglo III hasta mediados del siglo XV de nuestra era.

En la Figura 1 se presentan las macrografías y los resultados del análisis metalográfico de la aguja y la pinza de las sociedades del primer milenio. Se observa que ambas piezas presentan granos equiaxiales con maclas de crecimiento por lo que las dos fueron fabricadas por deformación plástica con posterior recristalización por calentamiento. También se observa la presencia de inclusiones no metálicas de color gris oscuro, alineadas en el sentido del conformado. El análisis EDS es el que muestra diferencias composicionales entre ambas piezas. La pinza fue confeccionada en cobre (Cu) sin alejar, mientras que la aguja resultó ser de Cu con un 5% de arsénico (As); también se detectaron contenidos menores de bismuto (Bi) y aluminio (Al), este último muy probablemente resultado de la contaminación de la muestra en la etapa de preparación. La presencia de inclusiones de plomo (Pb) se considera proveniente del mineral de origen del cobre. El escaso nivel de inclusiones se puede considerar como resultado de la utilización de cobre nativo o de un proceso de afinado de alta calidad del mineral cuprífero. La presencia de Arsénico en una de las muestras (aguja), no proviene del agregado de dicho elemento en forma intencional, sino de la utilización de un mineral de cobre que lo contiene. El cobre aleado con As es factible de incrementar su dureza por trabajo mecánico en mayor medida que el cobre puro (Tylecote 2002), en este caso,

tal beneficio no fue aprovechado dado que la pinza tiene una estructura de recocido. La ausencia de As en la otra pieza (pinza) puede considerarse como una evidencia de la utilización de diferentes fuentes de aprovisionamiento de mineral y/o de técnicas de reducción y fundición, en los que por ejemplo partiendo de minerales con As se produce una eliminación diferencial por el proceso metalúrgico (Tylecote 2002).

Tabla 1. Contexto espacial y temporal de proveniencia de las piezas analizadas

Tipo de pieza	aro	cincel	pinza	aguja
Sitio arqueológico	Mishma-2	San Francisco	Palo Blanco-NH5	Palo Blanco-NH1
Período cultural	Tardío-inca	Inca	Medio	Temprano
Ambiente	Valle mesotérmico	Puna transicional	Valle mesotérmico	Valle mesotérmico
Altitud (msnm)	1700	4000	1900	1900
Descripción y contexto	Intervención Sempé (1978). Proviene de la trinchera 1	Intervención PACH-A. Proviene de excavación de tambor incaico	Intervención Sempé (1978). Proviene del Recinto 2	Intervención Sempé (1976). La pieza proviene del piso de ocupación de la habitación A.
Laboratorio y fechado radiométrico y calibrado*	LP- 2647; 500±50 años AP (1410-1462 AD)	UCTL 1313; 550±50 años AP (1401-1443 AD)	LP-2988, 960±80 años AP (1034-1184 AD)	AC-365; 1780±95 años AP (205-426 AD)

Referencia: \*Calib 7.0.4, curva Sshcal13.14c; AD = Años Domini; AP= antes del presente

Las metalografías obtenidas de las piezas de momentos tardío-inca, también se presentan en la Figura 1. La microestructura del cincel corresponde a una solución sólida con inclusiones no metálicas en borde de grano. La presencia de maclas de crecimiento distorsionadas y líneas de deslizamiento indican que fue conformada por un proceso de deformación y recristalización por calentamiento seguido de una última etapa de trabajado en frío. Por su parte, el aro es una pieza conformada a partir de un alambre arrollado en sus extremos y ligeramente aplastado en el plano de arrollamiento. Presenta una microestructura de solución sólida con granos pequeños y maclas de crecimiento, también se aprecian algunas líneas de deslizamiento e inclusiones alineadas en la dirección del eje del alambre. Por lo tanto, se trata de un material confeccionado por deformación y recristalización por calentamiento, con un leve trabajo final en frío. Se detecta además un deterioro corrosivo intergranular, que normalmente se relaciona con micro-segregaciones de elementos de aleación, lo que suele sensibilizar el borde de grano (ASM 1997). Esta circunstancia se ha observado en aleaciones cobre-estaño (Cu-Sn) (Gabaldón 2006). Por su parte, la composición química del cincel, obtenida por EDS, muestra que el metal es fundamentalmente Cu aleado con un 7 a un 8 % de estaño (Sn). También se detectaron inclusiones tipo sulfuros. La utilización

de una aleación Cu-Sn (cobre-estaño) y la estructura deformada en frío se pueden considerar consistentes con la funcionalidad de la pieza, ya que dichos factores contribuyen a la obtención de mayor dureza en el material. El aro, al igual que el cincel, fue confeccionado con una aleación Cu-Sn, pero con menor contenido de este alearite (alrededor del 5% en peso). Ambas piezas presentan inclusiones de tipo sulfuros y el aro además óxidos de Cu. La presencia de inclusiones de sulfuros suele ser indicativa de que la fuente de aprovisionamiento de cobre correspondía a minerales de tipo sulfuroso, como por ejemplo calcosina o calcopirita (Gabaldón 2006).

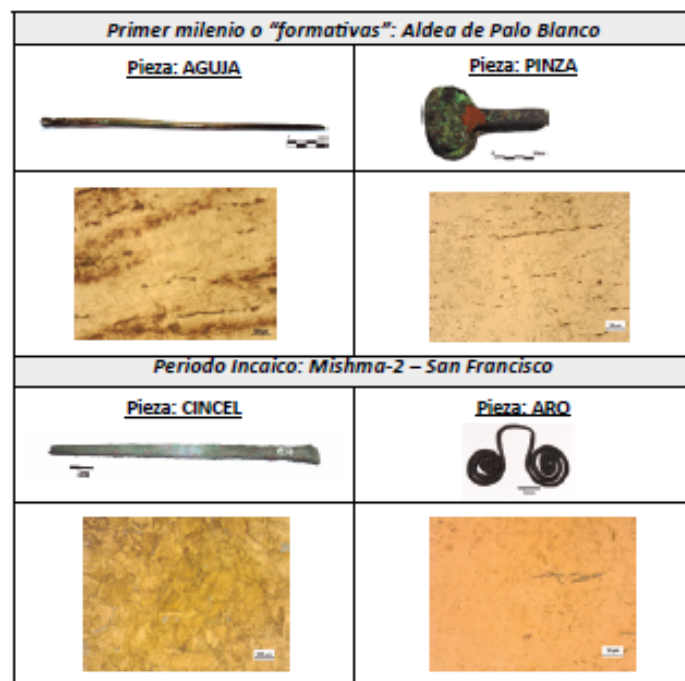


FIG. 1. Piezas analizadas y microestructuras obtenidas

Se pueden hacer tres distinciones importantes entre las piezas analizadas del primer y segundo milenio:

- 1) La pinza y la aguja de las sociedades del primer milenio fueron elaborados empleando Cu sin alear o con As, respectivamente; mientras que las piezas de momentos tardío-inca, aro y cincel, presentan aleación de Cu-Sn.

- 2) La presencia de As se encuentra relacionada a la mena de cobre utilizada; mientras que el agregado de Sn es intencional para lograr mayor resistencia y menor punto de fusión en el material.
- 3) La elaboración de las piezas del periodo incaico presenta una etapa final de endurecimiento por deformación plástica, con o sin la intención de dar dureza al material acabado.

Agradecimientos: Los autores agradecen a Mercedes Pianetti de INTI Mecánica por los ensayos SEM EDS.

#### Referencias

- ASM (1997). ASM Handbook. Corrosion: Effect of metallurgical variables on aqueous corrosion. Vol 13. EEUU: ASM International.
- Gabaldón A.; López, V.; Martín-Coste, A. y Otero, E. (2006). Caracterización metalúrgica de tres piezas arqueológicas de materiales base cobre procedentes del Bajo Aragón. *Revista de Metalurgia* 42 (4), 287-298.
- Ratto, N. (2013). A modo de introducción: la articulación de estudios arqueológicos, paleoambientales e históricos en el oeste tinogasteño (Catamarca). En N. Ratto (comp.), *Delimitando prácticas de la gente del pasado: Los procesos sociohistóricos del oeste catamarqueño* (pp.17-44). Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- Sempé, M.C. (1976). Contribución a la arqueología del valle de Abaucán. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Tylecote R.F. (2002). *A History of Metallurgy*. London: The Institute of Materials.

## ANÁLISIS DEL PROCESO EMPLEADO PARA LA EXTRACCIÓN DE COBRE A PARTIR DE MINERALES DEL YACIMIENTO "LA MEJICANA", CHILECITO, ARGENTINA

N.M. Rendtorff<sup>1,2</sup>, M.E. Morosi<sup>1,3</sup> y E.L. Tavani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC), Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, CCT CONICET. La Plata, Argentina.

<sup>2</sup>Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

<sup>\*</sup>e-mail: rendtorff@cetmic.unlp.edu.ar; mmorosi@cetmic.unlp.edu.ar; etavani@cetmic.unlp.edu.ar

#### Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar una exhaustiva caracterización fisicoquímica de las escorias producidas hace cerca de 100 años en la fundición Santa Florentina,