

# Arqueometría: Técnicas de Rayos x aplicadas al análisis Químico en Patrimonio Cultural

R. Álvarez, S. Ugarteche, S. Amore, N. Loiacono, M. Schwartz  
**INTI Química**  
 J. Spina  
**UNLA**  
 D. Álvarez  
**ADVENTVS**  
 ralvarez@inti.gob.ar

## Introducción

La difracción de Rayos X (XRD) permite identificar fases cristalinas y la Fluorescencia de Rayos X (FRX) permite identificar y/o cuantificar elementos, datos útiles para la arqueometría, que es el análisis de los materiales para aportar a los estudios arqueológicos.

Una característica general de este tipo de muestras, debido a su procedencia, es que se dispone de poca cantidad y se debe preservar para otros análisis. Ante este inconveniente, las técnicas de Rayos X han demostrado aportar datos confiables para la caracterización de materiales por técnicas no destructivas, trabajando con poca cantidad de muestra.

Las técnicas se aplicarán a 2 casos.

### Horno de fundición previo a la colonización

Estudios recientes dan pistas sobre las comunidades originarias y la actividad metalúrgica del Valle de Hualfín, región que estuvo bajo la órbita del imperio incaico hace más de quinientos años. El INTI participa de la investigación a través del Laboratorio de Especies Cristalinas.

Hace un lustro, una expedición arqueológica descubrió 32 hornos metalúrgicos incaicos en el valle de Hualfín, ubicado en el departamento del Belén en pleno corazón de la Provincia de Catamarca. Este hallazgo permitió arrojar luz sobre cómo era la vinculación entre las comunidades originarias y el Estado Inca.

### Monedas antiguas

El empleo de técnicas instrumentales para el estudio de composiciones metálicas tiene y tuvieron como objetivo obtener información acerca del contexto económico del período, estableciendo la devaluación de la moneda a través de la reducción paulatina del metal precioso principal, es decir, la ley de la especie monetaria emitida en un lapso de tiempo específico. A diferencia de nuestra moneda actual, en la antigüedad su valor estaba

definido por el contenido de metal precioso.

## Objetivo

Este trabajo se propone aportar, desde el conocimiento y desarrollo de técnicas, a quienes están trabajando en rescatar parte de la historia para recuperar el patrimonio cultural

En el caso de los hornos precolombinos pudimos identificar los residuos de fundición presentes en hornos metalúrgicos a partir de muestras procedentes de los recintos y suelos del Valle de Hualfín.

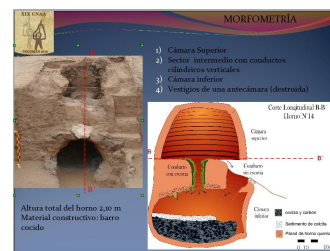


Figura 1: Morfometría horno de fundición.

En las muestras de monedas romanas nos propusimos aportar información relevante para establecer la autenticidad de las piezas en cuestión, por medio de métodos no destructivos.

## Descripción

Todos los análisis por DRX se realizan con un Difractómetro de Rayos X PW1730/10 Panalytical, tubo de Cu, en condiciones habituales. Para el análisis elemental por FRX se usó un equipo de Fluorescencia de Rayos (XRF) PW2400 Panalytical, tubo de Rh que cuenta con un programa que permite hacer un análisis cualitativo y/o semicuantitativo de elementos con número atómico mayor a 8 (del oxígeno en adelante).

### Horno de fundición previo a la colonización:

Las 13 muestras analizadas constituían parte de las incrustaciones internas de hornos presentes en el sitio.

En esta oportunidad pudo medirse para hacer una caracterización general de la muestra y sumar a los ensayos realizados por otras técnicas. Pudimos extraer fracciones mínimas para complementar con ensayos de DRX. Se analizaron además muestras provenientes del entorno, como ser suelos y rocas.

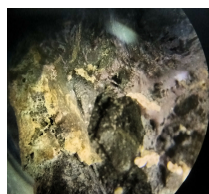


Figura 2: Muestra N° 13, incrustación interna en microscopio. Vistas en lupa aumento 45x

### Numismática:

Las muestras son monedas de la época de la Anarquía Militar (235 dC – 285 dC) auténticas y falsas, y monedas del Bajo Imperio Romano (284 dC – 476 dC). En el primer caso identificamos por FRX los elementos presentes así como sus cantidades relativas. Las monedas auténticas tienen una composición de elementos característica tanto en sus componentes mayoritarios, que fue variando con el tiempo, como en las trazas. En el segundo caso, monedas del Bajo Imperio, la composición de las pátinas depende de las condiciones en que se fueron oxidando las monedas de cobre. Analizamos por FRX y DRX la composición de las monedas y los compuestos de las pátinas.



Figura 3: Muestras de monedas del periodo “Anarquía Militar”, las dos primeras auténticas y la última falsa. Vistas en lupa aumento 7x

## Resultados

### Horno de fundición previo a la colonización

		M13	M14	M19	Suelo
SiO <sub>2</sub>	g/100g	64	67	70	66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	g/100g	17	16	14	17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	g/100g	6.2	5.8	4.9	1.8
K <sub>2</sub> O	g/100g	3.4	2.7	3.4	4.4

MgO	g/100g	2.3	2.2	1.8	0.65
CuO	g/100g	< 0.01	0.04	0.03	<< 0.005
SO <sub>3</sub>	g/100g	< 0.01	< 0.01	0.01	0.1

Tabla 1: FRX en tres muestras de incrustaciones de hornos a modo de ejemplo y muestra de suelo proveniente del sitio.

### Monedas antiguas

	N°1a Entera Clara Auténtica Gordiana 249 d.C.	N°1e Degollado Auténtica Gordiana 249 d.C.	N°2 Falsa Gordiana	Moneda bajo Imperio N°1 Pátina Auténtica	Moneda bajo Imperio N°3 mayor espesor c/manchas
pesada	4,5835 g	3,0591 g	3,6114 g	1,7406 g	2,3690 g
Plata (Ag)	66	91	86	2,1	1,7
Cobre (Cu)	30	3,6	6,7	70	78,7
Silicio (Si)	1,4	1,6	2,1	5,2	2,0
Aluminio (Al)	0,58	0,80	0,76	0,78	0,47
Azufre (S)	0,24	0,42	0,45	0,47	2,5
Plomo (Pb)	0,08	0,10	---	3,8	0,49
Arsénico (As)	0,03	---	---	---	---
Calcio (Ca)	---	1,2	1,84	3,6	---
Niquel (Ni)	---	---	---	---	---
Potasio (K)	---	---	0,3	0,42	0,13
Yodo (I)	---	---	---	1,9	---
Hierro (Fe)	---	0,78	0,4	1,7	---
Oro (Au)	---	0,18	---	---	---
DRX	Ag – Cu	-	Ag – dudoso Ca	CuO	Cu <sub>2</sub> O – Cu – CuCl – Cu <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Malaquita VERDE – Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> Cl

Tabla 2: Resultados comparativos DRX y FRX en cinco muestras de monedas

## Conclusiones

En el caso de los hornos precolombinos, pudimos identificar la presencia de vestigios de cobre en las incrustaciones y deducir que no fueron aportados por el medio, lo que abona la idea que eran hornos para fundir dicho metal.

En el análisis de las monedas, los resultados obtenidos por FRX le permitieron al especialista corroborar la falsedad de algunas monedas, basándose en la presencia de ciertas impurezas. En el caso de las monedas del bajo imperio, fue posible aportar datos útiles sobre la composición de la patina al especialista a fin de sumar a los criterios de autenticidad.

Los análisis por Rayos X resultan adecuados para la caracterización de materiales en forma no destructiva y utilizando poca cantidad de muestra.