

# ANÁLISIS DE METALES EN ARQUEOLOGÍA

REALIZADO POR CÉSAR ECHEZURÍA

**UNICISO**  
WWW.PORTALUNICISO.COM

© - Derechos Reservados UNICISO

# INTRODUCCIÓN: LA ARQUEOMETRÍA

» **La Arqueometría ayuda a encontrar y evaluar qué materiales y técnicas son los idóneos durante la intervención.** Además, también permite considerar el grado de limpieza o el daño que sufre el objeto cuando se le aplica un tratamiento determinado.

Los objetivos de la Arqueometría aplicada a la restauración son:

» **Detectar el deterioro de los metales antiguos;** las causas y los mecanismos responsables de éstos.

» **Investigar y evaluar los resultados de la utilización de materiales y técnicas** apropiadas en la restauración, para establecer normas de trabajo y procedimientos bien examinados.

Entre los tipos de objetos que se tratan, se pueden mencionar también la **cerámica, pintura mural, y obsidiana, además de metales,** recuperados en yacimientos arqueológicos.



# LOS ESTUDIOS ARQUEOMÉTRICOS

- ◇ Abarcan el estudio un gran **número de materiales buscando cada vez la mejor información a través de instrumentación o técnicas** más avanzadas.
  - ◇ Investigación de los **inhibidores de corrosión sobre metales antiguos**, y su efectividad con el paso de los años.
- » Con el aporte de las técnicas arqueométricas, los arqueólogos logran la **conservación y el mantenimiento preventivo de los metales arqueológicos** pueden ser evaluados puntual y correctamente.
- » A finales del siglo XVIII aparecieron los primeros estudios; **análisis de composición sobre monedas de origen arqueológico.**

Un **inhibidor de corrosión** es un material que fija o cubre la superficie metálica, proporcionando una película protectora que detiene la reacción corrosiva.



En general se acepta que los campos de **actuación de la Arqueometría son:**

- » Datación.
- » Análisis físico-químicos de materiales, incluyendo tecnología, origen y uso de los mismos.
- » Estudios paleoambientales.
- » Prospección geofísica y teledetección espacial.
- » Métodos matemáticos y estadísticos (Taylor 1982; Langouet 1982; Tite 1991; McGovern 1995).



Para algunos investigadores, la Arqueometría **no es una disciplina científica en sí, tampoco una rama de la Arqueología.**

El término engloba toda una serie de **técnicas y herramientas analíticas en sus metodologías** como en sus campos concretos de aplicación.

Puede ser considerada como el **punto metodológico que permite la cooperación y el diálogo entre profesionales de la Arqueología** con las ciencias naturales, además de la Informática y la Geografía.

Se ocupa de tareas como las dataciones absolutas, la prospección sobre el terreno, el estudio de materiales biológicos y la aplicación de la informática en el manejo de datos, de campo y del estudio de colecciones.



## DESARROLLO

- » Un gran avance fue el **descubrimiento de los Rayos X y su aplicación** a los objetos metálicos arqueológicos, a comienzos de siglo XIX.
- » En el siglo XX se crearon **laboratorios para hallar características que permitan clasificar y establecer cronologías de los documentos antiguos**. Al mismo tiempo, contribuían a la conservación y, en ciertos casos, a la restauración de dichos objetos.
- » En los años sesenta se inician los grandes programas de **análisis químico con el objetivo de establecer observaciones metalográficas**. Más tarde, se completarían con métodos físicos derivados de técnicas espectrométricas o por activación neutrónica y protónica.

Los metales arqueológicos presentan al restaurador muchos retos en la lucha contra el deterioro imparable que suelen presentar.

Esto es tanto en los procesos de conservación in situ o de restauración en el laboratorio, como también en el mantenimiento de condiciones apropiadas para garantizar una conservación preventiva exitosa.



# INTERVENCIÓN

- » Las sociedades antiguas **fabricaban instrumentos con las materias primas que estaban a su alcance, por proximidad geográfica o por estructuras más complejas de comercio e intercambio**. Esos objetos son recuperados por el trabajo arqueológico y examinado junto a otras disciplinas con herramientas arqueométricas.
- » Por tanto el equilibrio debe estar en la **articulación de grupos interdisciplinares** en los que especialistas de varias áreas trabajen juntos.
- » la investigación debe contar con **tres figuras que aporten sus conocimientos** para obtener conclusiones totales y no parciales:

EL ANALISTA

EL RESTAURADOR

EL HISTORIADOR



*“Los tratamientos de conservación y restauración de metales arqueológicos deben constar, como en cualquier caso de intervención de un bien cultural, de una propuesta definida que abarque desde las acciones de conservación in situ, pasando por la conservación más curativa y los tratamientos de restauración en el laboratorio, sin olvidar el seguimiento de su estado una vez acabado el tratamiento de restauración ya sea en almacén o en exposición, labor que corresponde ya a la conservación preventiva” (Fernández. 2010. et al, Mourey. 1987, Rodger. 2004).*



# PROTOCOLO DE ACCIÓN SUGERIDO

- Etapa de diagnóstico.
- Etapa de intervención.
- Etapa de estabilización y prevención.



## ETAPA DE DIAGNÓSTICO

- » Esta es la primera etapa a la que se enfrenta un restaurador o conservador.
- » La lógica de cada intervención debe ante todo estar motivada por una **investigación preventiva de diagnóstico** con identificación de los problemas de alteración detectados en las piezas metálicas a restaurar.
- » Su objetivo básico es detectar el deterioro de los metales antiguos.

Identificar los problemas, las causas y los mecanismos responsables de éstos.



## ETAPA DE INTERVENCIÓN

- » Incluye **limpieza, eliminación del deterioro y reintegración de la pieza intervenida.**
- » La intervención debe estar rigurosamente justificada y orientada a la recuperación y la conservación, además de responder a los principios y protocolos de acción determinados en las normas de restauración.
- » Durante esta etapa, los análisis arqueométricos nos permiten **comparar la eficacia de técnicas tradicionales frente a nuevas tecnologías** introducidas en los últimos años.



## ETAPA DE ESTABILIZACIÓN Y PREVENCIÓN

» Esta etapa pretende **eliminar por completo los compuestos activos de la corrosión que en contacto con humedad y el aire** podrían activar otra vez su desarrollo y deteriorar el bien a restaurar.

» También pretende **sellar el objeto al medio para cuidarlo.**

» La Arqueometría aquí tiene un doble uso:

- ◇ Primero, sobre el objeto para **comprobar que no se ha reactivado** ningún proceso de degradación,
- ◇ y segundo centrando el **estudio sobre los propios materiales protectores.**

Se crea un ambiente para **preservarlo, y sin alterarlo** durante el mayor tiempo posible.



# PASOS DEL TRABAJO CIENTÍFICO

## » Análisis físico-químico

Se trata de **conocer el objeto a estudiar en todas sus vertientes**, partiendo prioritariamente de su análisis intrínseco.

## » Proceso de intervención y tratamiento

La utilización de cualquier **técnica en este campo, y más si son de nueva implantación, exige mucha experiencia**, puesto que las acciones a desarrollar son nada o poco reversibles.

## » Conservación preventiva y mantenimiento

Garantiza la **estabilidad de los metales arqueológicos en la etapa futura post-restauración**. Es preciso hacer una inspección permanente de los metales ubicados en los espacios museísticos, expositivos o durante los tiempos de transporte, con la periodicidad que los responsables de su custodia determinen.



# PROSPECCIÓN GEOFÍSICA POR RADAR DE SUBSUELO

Esta es una **técnica por medio de la cual se puede encontrar elementos en trabajo arqueológico**. Permite ahorrar tiempo y dinero en la investigación. Otra utilidad importante es sacrificar la menor superficie de yacimiento.

El radar del subsuelo o geo-radar o GPR (*Ground Penetrating Radar*) se basa en la **emisión y recepción de ondas electromagnéticas**.

La incidencia de la energía de una onda electromagnética sobre los componentes heterogéneos del subsuelo provoca *fenómenos de reflexión, refracción y difracción* que serán detectados por la antena receptora.

Así, se localiza e identifica de forma cuantitativa cambios en las características eléctricas y magnéticas de esos componentes, lo que permite saber si hay objetos que recuperar.



# ESCANEEO TRIDIMENSIONAL POR LÁSER

Es una técnica de trabajo cuyo objetivo es el conocimiento de las **dimensiones y la posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas** a partir de la intersección de dos o más escaneos digitales, así como reconstruir el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado.

## Implica:

- Georreferenciación.
- Puntos de Referencia de escaneo.
- Escaneo de diferentes ángulos.
- Cámara fotográfica para colorear nube de puntos.



## EJEMPLOS A NIVEL MUNDIAL

Tipo de Análisis	Objeto Estudiado	Contexto Arqueológico	Aporte Principal
Isótopos de plomo (Pb)	Espadas y cascos	Grecia micénica	Identificar minas de origen y redes comerciales del Mediterráneo.
SEM + EDS	Agujas de cobre	Edad del Bronce en Europa Central	Reconstruir técnicas de trabajo del metal y su uso cotidiano.
XRF portátil	Monedas de plata	Roma Imperial	Determinar cambios en las aleaciones según políticas económicas.
ICP-MS	Joyería de oro	Tumbas reales en Egipto (Tutankamón)	Evaluar pureza del oro y orígenes del material.
Metalografía	Herramientas de hierro	Asentamientos vikingos en Escandinavia	Identificar procesos de forjado y eficiencia tecnológica.



## EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

### » **Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) + EDS**

#### » **¿Qué es?**

Un microscopio que amplía objetos a gran escala y que, combinado con **EDS (Espectroscopía de Dispersión de Energía)**, analiza su composición química.

#### » **¿Para qué sirve?**

Revela detalles de la estructura del metal (grano, cristales, defectos) y su composición elemental.

#### » **Ejemplo en arqueología:**

Determinar si una aguja de cobre fue martillada, fundida o reciclada en Europa Central.



## EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

- » **XRF (Fluorescencia de Rayos X) portátil**
- » **¿Qué es?**  
Un equipo que emite rayos X al objeto, provocando que emita radiación secundaria (fluorescencia) que permite identificar los elementos presentes.
- » **¿Para qué sirve?**  
Analiza la composición sin destruir el objeto. Es útil en campo o museos.
- » **Ejemplo en arqueología:**  
Estudiar el contenido de plata en monedas romanas sin sacarlas de su vitrina.



## EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

- » **ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente)**
- » **¿Qué es?**  
Técnica muy precisa que disuelve una muestra y la analiza en un plasma caliente, separando los elementos por masa.
- » **¿Para qué sirve?**  
Detecta incluso trazas mínimas de elementos (partes por billón). Muy útil para determinar pureza y origen del metal.
- » **Ejemplo en arqueología:**  
Evaluar si el oro de una máscara egipcia es puro o mezclado con otros metales, y de qué mina proviene.



Tipo de Análisis	Objeto Estudiado	Contexto Arqueológico	Aporte Principal
XRF	Tumi (cuchillo ceremonial)	Cultura Lambayeque (Perú)	Caracterización de técnicas de dorado por sublimación.
ICP-MS	Máscaras funerarias	Cultura Mezcala (México)	Determinar el origen del oro y rutas comerciales prehispánicas.
SEM	Campanas de cobre	Cultura Puruhá (Ecuador)	Analizar fundición a la cera perdida y técnicas de decoración.
Fluorescencia de rayos X	Orfebrería en oro	Cultura Calima (Valle del Cauca, Colombia)	Identificar patrones metalúrgicos regionales.
Análisis de aleaciones	Hachas de bronce	Cultura Tiwanaku (Bolivia)	Comprender el desarrollo tecnológico y diferenciación sociopolítica.



## EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

- » **SEM – Microscopía Electrónica de Barrido**
- » **¿Qué es?**  
Microscopia de alta resolución que permite ver la superficie del objeto y estudiar su estructura microscópica. Se suele usar con EDS para saber qué elementos hay.
- » **¿Para qué sirve?**  
Revela cómo fue fundido o trabajado el metal: si hay poros, burbujas, fracturas, etc.
- » **Ejemplo latinoamericano:**  
En **campanas de cobre Puruhá** (Ecuador), reveló que usaban moldes y cera perdida, además de técnicas decorativas específicas.



# EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

## » **Análisis de Aleaciones**

### » **¿Qué es?**

Revisión detallada de qué metales forman parte de un objeto y en qué proporciones (por ejemplo: 80% cobre, 15% estaño, 5% plata).

### » **¿Para qué sirve?**

Saber si el bronce o el oro eran puros, si eran reciclados, o si tenían una intención tecnológica o estética.

### » **Ejemplo latinoamericano:**

En **hachas de bronce de Tiwanaku** (Bolivia), mostró diferencias entre objetos de uso común y objetos rituales, lo cual evidencia jerarquías sociales y especialización técnica.



Tipo de Análisis	Objeto Estudiado	Contexto Arqueológico	Aporte Principal
XRF	Poporos y narigueras	Cultura Muisca (Altiplano Cundiboyacense)	Clasificación de aleaciones tumbaga (oro-cobre).
SEM + EDS	Adornos metálicos	Tumbas en San Agustín	Identificación de técnicas de fundición y matrices de cera.
Metalografía	Herramientas de hierro	Sitios coloniales en Cartagena	Estudio del desgaste, reparación y manufactura europea.
Isótopos de plomo	Monedas coloniales	Santa Fe de Bogotá	Reconstrucción de circulación y origen de metales coloniales.
Espectroscopía Raman	Restos de decoraciones	Cacicazgos Zenú (Córdoba, Sucre)	Identificación de pigmentos metálicos y uso ritual de los metales.



## EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

### » **Isótopos de plomo (Pb)**

#### » **¿Qué es?**

Es un análisis que mide las proporciones de isótopos (variantes del mismo elemento) del plomo en un objeto metálico.

#### » **¿Para qué sirve?**

Permite rastrear el origen geológico del mineral utilizado, ya que cada mina tiene una “huella isotópica” única.

#### » **Ejemplo en arqueología:**

Identificar que el plomo en espadas griegas proviene de minas específicas en Anatolia o el Egeo.



# EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

## » **Metalografía**

### » **¿Qué es?**

Estudio microscópico de la estructura interna del metal, después de pulir y atacar químicamente una sección.

### » **¿Para qué sirve?**

Revela cómo fue trabajado: si fue fundido, martillado, templado o soldado. Muestra la historia térmica y mecánica del objeto.

### » **Ejemplo en arqueología:**

Analizar cómo forjaban los vikingos sus armas y si las mejoraban con tratamientos térmicos.



## EXPLICACIÓN TIPOS DE ANÁLISIS

### » Espectroscopia Raman

#### » ¿Qué es?

Es una técnica **no destructiva** que permite identificar **la composición química y la estructura molecular** de un material utilizando **luz láser**.

#### » ¿Para qué sirve?

Sirve para identificar minerales, óxidos, corrosiones, aleaciones. Es posible usarlo en tintas, pinturas en cerámica, metales y manuscritos.

#### » Ejemplo en arqueología:

En una **máscara funeraria de oro** de una tumba preincaica, la espectroscopía Raman se usó para analizar los restos negros sobre la superficie. Se descubrió que era **resina vegetal** usada para adherir plumas. Esto permitió entender mejor los rituales funerarios.



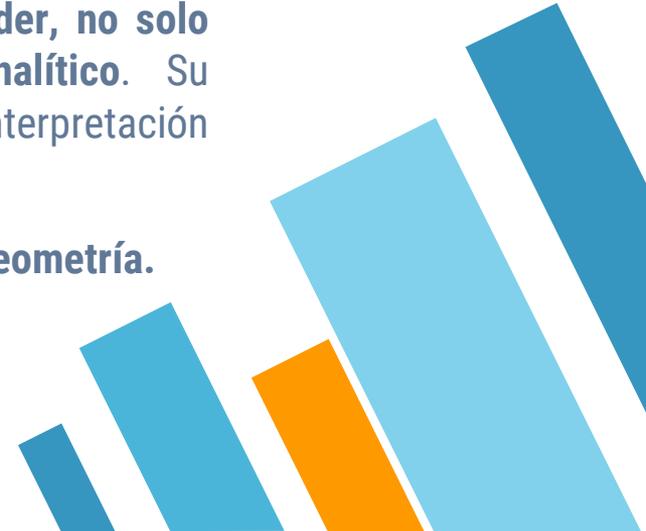
# INSTITUCIONES PÚBLICAS CON SERVICIOS Y EQUIPOS DE ARQUEOMETALURGÍA

Tipo	Nombre de la institución	Servicios o equipos disponibles	Ubicación
Universidad pública	Universidad Nacional de Colombia (UNAL)	SEM, XRF, ICP-MS, Raman, FTIR, Laboratorio de Microscopía y Materiales	Bogotá, Medellín, Manizales
Universidad pública	Universidad Industrial de Santander (UIS)	SEM-EDS, XRF, Raman, Metalografía, Centro de Ciencias de Materiales	Bucaramanga
Universidad pública	Universidad del Valle (Univalle)	Laboratorio de Química Inorgánica, ICP-OES, Raman, FTIR	Cali
Universidad pública	Universidad de Antioquia (UdeA)	SEM, XRF, FTIR, Centro de Ciencia y Tecnología de Materiales (CCTM)	Medellín
Universidad pública	Universidad de Cartagena	Análisis de cerámica y metales en laboratorio de arqueología	Cartagena
Universidad pública	UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia)	Apoyo en restauración, patrimonio y arqueología	Tunja, Sogamoso
Entidad estatal	ICANH (Instituto Colombiano de Antropología e Historia)	Coordinación de proyectos arqueológicos, convenios con universidades	Bogotá
Entidad estatal	IDPC (Instituto Distrital de Patrimonio Cultural)	Restauración, arqueología urbana, análisis de materiales	Bogotá
Entidad estatal	Museo del Oro – Banco de la República	Estudios de metales preciosos y análisis técnico en convenio con otras entidades	Bogotá
Entidad estatal	Ministerio de Cultura de Colombia	Financiamiento de análisis, coordinación de proyectos de patrimonio con ICANH y universidades	Bogotá



## CONSIDERACIONES

- » Son **frecuentes los problemas de articulación**. Es necesario un mayor entendimiento y comunicación entre **investigadores de la Arqueología y la Arqueometría**. Que estas aplicaciones y análisis estén integrados en la explicación e interpretación arqueológica, que es la investigación de base que plantea la obtención de esos datos (Anderson, 1987).
- » La Arqueometría aporta **datos que hay que aplicar y entender, no solo en el contexto arqueológico, sino en el contexto analítico**. Su investigación se basa en ambos contextos y el riesgo de interpretación errónea es elevado cuando se carece de uno de ellos.
- » Se necesita un mayor **reconocimiento institucional de la Arqueometría**.



## CONSIDERACIONES

- » La arqueometría ocupa hoy un lugar tan importante en nuestra disciplina que ha llevado a decir a algunos autores que,  
*“los mayores avances de la arqueología en el siglo XXI se producirán en el laboratorio, y ya no en las propias excavaciones y prospecciones de campo”* (Douglas Price, 2007)
- » Su principal aporte está en **metodologías y análisis de información extraída** en el trabajo arqueológico para el manejo de ciertos objetos hallados.
- » El **avance tecnológico ha sido muy útil para la Arqueología en la recuperación y tratamiento de objetos metálicos y de otros materiales que requieren de análisis**, una delicada intervención de laboratorio y trabajo para su recuperación o restauración, con herramientas y procedimientos de diversas disciplinas científicas.





## REFERENCIAS

» J Barrio, J Chamón, M Arroyo, A.I Pardo, E Catalán. La conservación y restauración de los metales arqueológicos: Propuestas metodológicas y Arqueometría. Laboratorio/Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR). Dpto. de Prehistoria y Arqueológico. Universidad Autónoma de Madrid.

» Christian Dietz. La Arqueometría al servicio de la Arqueología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 2009.

» Ignacio Montero Ruiz, Manuel García Heras y Elías López-Romero. Arqueometría: Cambios y tendencias actuales. Trabajos de Prehistoria. 64, No 1, Enero-Junio 2007, pp. 23-40.

» Jorge Chamón Fernández. Arqueometría, conservación y restauración de los metales dorados medievales. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 2010.

**UNICISO**  
WWW.PORTALUNICISO.COM





## CITA DE LA GUÍA

Echezuría, C. (2025) Análisis de metales en arqueología. UNICISO.  
Disponible en: [www.portaluniciso.com](http://www.portaluniciso.com)

**UNICISO**  
WWW.PORTALUNICISO.COM

SÍGUENOS:



© - Derechos Reservados UNICISO

### CRÉDITOS

Special thanks to all the people who made and released these awesome resources for free:

- Presentation template by [Slides Carnival](#)
  - Photographs by [Unsplash](#)

