

Investigación científica de metales en el Museo Histórico Nacional

Juan Manuel Martínez Silva
Carolina Araya Monasterio

RESUMEN

El Museo Histórico Nacional resguarda una valiosa colección de objetos patrimoniales de metal. Debido a su importancia, el museo ha llevado a cabo un proyecto de investigación científica, en el cual se han implementado diversas técnicas de microanálisis químicos y la utilización de fluorescencia de rayos X, como métodos de reconocimiento cualitativo de su composición química.

Por otra parte, considerando el estado de conservación de algunas piezas con evidentes problemas de intervenciones anteriores, se decidió realizar una evaluación crítica a dichos tratamientos, seleccionando aquellos objetos con evidentes deterioros y contemplando la remoción de los productos utilizados en las intervenciones evaluadas a través de métodos químicos no abrasivos, de tal forma de restituir la visión original de las piezas.

ABSTRACT

The National Historic Museum safeguards a valuable collection of metallic heritage artifacts. Considering its relevance, the museum implemented a scientific research project. In that opportunity, X-ray fluorescence and several microanalysis techniques were employed for the qualitative recognition of chemical compositions.

After considering the poor condition of certain items as a consequence of former conservation treatments, a critical assessment was developed. As a consequence, the objects that showed more evident deterioration problems were selected for the removal of the products employed in the questionable treatments. Nonabrasive chemical methods were used to restore the original aspect of the objects.

Juan Manuel Martínez Silva, Historiador del Arte, Encargado de Colecciones. Museo Histórico Nacional.

Carolina Araya Monasterio, Química Especialista en Conservación. Directora del Laboratorio Científico. Centro de Conservación, Restauración y Estudios Artísticos **Crea**.

INTRODUCCION

El Museo Histórico Nacional, uno de los tres museos nacionales que posee nuestro país, resguarda una valiosa colección de objetos patrimoniales de metal, la cual incluye armas, objetos decorativos, arqueológicos, etnográficos y una rica colección numismática y de medallas. Estas colecciones se han depositado en el Museo desde su fundación en 1911.

Desde 1997 se ha implementado en el Museo Histórico Nacional un trabajo metodológico y científico con las colecciones llamadas generales, que incluyen esta vasta colección de objetos metálicos. Este trabajo metodológico se refiere fundamentalmente a dos aspectos centrales: la documentación y la conservación preventiva. Si bien es cierto que el Museo, desde su traslado a su ubicación actual en el Palacio de la Real Audiencia a principios de la década de los 80, comenzó a trabajar en estas dos áreas, hasta la fecha no ha sido suficiente para abarcar la totalidad de las colecciones.

Hoy en día, cuando la conservación preventiva impera por sobre los criterios y métodos tradicionales de manejo de colecciones, se hace absolutamente necesario el monitoreo de los factores ambientales en los depósitos donde se resguardan las colecciones. En nuestro caso, es muy importante conocer las variaciones de estos factores que imperan tanto en los depósitos como en las salas de exhibición, puesto que los metales pueden permanecer muy estables mientras sus condiciones de almacenamiento sigan un equilibrio climático; en caso contrario, rápidamente se desencadena el proceso químico de degradación de los metales y las aleaciones llamado “corrosión”.

La colección de metales del Museo es muy variada y desde hace 90 años los objetos metálicos son datados principalmente usando un método visual, lo cual no es suficiente para determinar con certeza su materialidad y composición química. Respecto a la implementación de metodologías científicas para la identificación química de la colección en estudio, esta investigación ha contribuido al desarrollo de dos técnicas de análisis químico cualitativo de metales, hoy en día ampliamente utilizadas en la determinación de la composición de metales y que las hemos llevado a cabo en el laboratorio científico del departamento textil del Museo. Estas técnicas son la electrocromatografía y los microanálisis químicos cualitativos con varillas analíticas. Ambas técnicas permiten la ejecución de un microanálisis “a la gota” o *spot test* con una aproximación fidedigna de la composición química de la pieza, lo que ayuda tanto a la elección del tratamiento correcto de restauración como a la selección de los tratamientos de conservación a aplicar. Además, para la identificación más precisa de la composición de los objetos estudiados, se ha utilizado el análisis instrumental de fluorescencia de rayos X, *FRx*, el que fue realizado en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X del Centro de Estudios Nucleares “Lo Aguirre” de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, *CCHEN*.

Al realizar estos ensayos sobre algunas de las piezas más valiosas de la colección, sus resultados definieron inequívocamente su materialidad y se llegó a una definición más específica de estos objetos, siendo estos datos antecedentes disponibles para ser integrados como parte de su catalogación e inventario en el Programa Sur (programa de normalización documental en museos estatales).

METODOLOGIA

La investigación se desarrolló teniendo como base el examen científico de la colección de metales del Museo, aplicando para ello diversos análisis químicos para el reconocimiento de composiciones de aleaciones y metales, así como el monitoreo y control de los parámetros ambientales adecuados para la óptima conservación de la colección de metales, lo cual derivó en la ejecución de las siguientes etapas de estudio:

- a) Investigación bibliográfica de las técnicas de análisis químicos aplicados a la identificación de metales y aleaciones, así como los métodos utilizados en la conservación preventiva de dichos materiales.
- b) Implementación de los depósitos y salas de exhibiciones que resguardan la colección de metales, con equipos de monitoreo ambiental adecuados.
- c) Selección de las piezas más representativas en cuanto a período, materialidad y valor histórico a ser investigadas.
- d) Desarrollo de los protocolos de análisis “a la gota” de metales y aleaciones en el laboratorio del Museo.
- e) Evaluación de los resultados de los análisis químicos de FRx, realizados en el laboratorio de servicio especializado de la CCHEN.
- f) Evaluación crítica de tratamientos de restauración anteriores.
- g) Almacenamiento de los objetos estudiados en óptimas condiciones de conservación en los depósitos del Museo.

PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Selección de las piezas

Se seleccionaron las piezas de colección a ser estudiadas de acuerdo a los antecedentes recopilados en la etapa de investigación bibliográfica. Estos fueron agrupados en diferentes tipos de objetos que representan a las colecciones de objetos mapuches, hispano coloniales, de la independencia y etapa republicana que incluye Guerra del Pacífico, objetos presidenciales y conmemorativos (tabla 1).

Tabla 1
Objetos en estudio seleccionados según época

TIPO DE OBJETO	N° ASIGNADO EN PROYECTO	DETALLE Y DESCRIPCIÓN
MAPUCHE	1	Aro (11910)
	30	Prendedor
	31	Pipa
	32	Aro
	33	Prendedor redondo
	34	Joya mapuche
HISPANO COLONIALES	2	Crucifijo
	3	Crucifijo
	5	Pala conmemorativa (n°1332)
	12 A	Espada (67), medición en hoja
	12 B	Espada (67), medición casoleta
	15	Santiago reconquistado 1814
	17	Jura de Fernando VII 1808
	29	Chapa colonial
	5	Cacho (1052-24)
	36	Tijera (336)
	37	Llave (580)
	39	Mate
	40	Jarro de cobre
	41	Candelabro
42	Candelabro 2 brazos	
ETAPA INDEPENDENCIA	16	A la unión
	18	Medalla de la Independencia 1818
	19	Orden al mérito
	20	Un peso 1822
ETAPA REPUBLICANA	23	Yo fui del ejercito libertador medalla
	38 A	Farol de la Esmeralda, medición superior
	38 B	Farol de la Esmeralda, medición en aro inferior
	13 A	Espada Boonen Rivera (53-1342) con vaina, medición en hoja
	13 B	Espada Boonen Rivera (53-1342) con vaina, medición en hoja
	21	Condecoración Guerra del Pacífico
	24	Un peso 1867
	25	Medalla peruana 1839
	6	Escudo (1401 – 886)
	7	Placa (1883-194-138)
	9	Placa (1877-193-137)
	10	Placa (1880-118-4-90)
	11	Placa (1901-198-133-66)
	4	Llave conmemorativa (905)
	43 A	Pala ceremonial, medición en pala
	43 B	Pala ceremonial, medición en mango

Análisis de mediciones de condiciones ambientales

Con el fin de conocer las características climáticas de los lugares donde se almacenan o exhiben objetos de metal se adquirieron seis equipos registradores de temperatura y humedad digitales marca HOBO Pro Series, los cuales se dispusieron en los depósitos y salas de exhibición para controlar los factores ambientales de humedad relativa (HR) y temperatura durante los meses de verano y otoño, tiempo en el cual se desarrolló la investigación.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros señalados en bibliografía especializada como los más aptos para la conservación de objetos de metal^{1, 2}.

Análisis de electrocromatografía

Hemos adoptado el método desarrollado por el Analytical Research Services Laboratory of the Canadian Conservation Institute³, el cual consiste en aplicar un pequeño voltaje a través del objeto de metal, para remover electrolíticamente una pequeña muestra, la cual es absorbida por un papel filtro humedecido con el reactivo específico de reconocimiento o bien por un papel especialmente preparado con reactivos específicos fabricados por la empresa Macherey - Nägele and Co., cuya sensibilidad de detección llega a 0.05 mg de metal sobre superficies, según catálogo. Este método fue utilizado en la detección de plata⁴, cobre, hierro y níquel.

Para realizar la electrólisis se construyó un aparato muy simple, utilizando una batería de 9 volts con sus cable de conducción de los polos positivo y negativo. Para llevar a cabo este análisis se debe ubicar el polo positivo en contacto con el metal a analizar y la pinza del polo negativo con el papel humedecido con el reactivo específico, como se muestra en la foto 1.

Microanálisis químicos cualitativos con varillas analíticas

Este método lo hemos desarrollado como una variante de los análisis a la gota tradicionales, utilizando para ello papeles preparados con reactivos específicos de reconocimiento de metales, fabricados por la empresa Merck, los cuales simplemente se humedecen con agua destilada y se aplican sobre la superficie a analizar: un cambio de color en los papeles indica la presencia de un determinado metal y su concentración aproximada. La sensibilidad de detección llega a 0.5 mg de metal sobre superficies, según catálogo. Este método fue utilizado para la detección de cobre, hierro y níquel⁵.



Foto 1. Equipo registrador de temperatura y humedad digital.

-
- 1 de Guichen, 1984.
 - 2 CNCR/DIBAM, 1996.
 - 3 Laver, M., 1978.
 - 4 Burriel, 1981.
 - 5 Merck, 1999/2000.

Tabla 2
Resultados de análisis de fluorescencia de rayos X para objetos mapuches e hispano coloniales

MUESTRA	MAPUCHE												HISPANO COLONIAL											
	1	32	30	33	31	34	2	3	5	12_A	12_B	15	17	29	35	36	37	39	40	41	42			
K	-	-	-	5,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,13	-	-	1,50	-	-	-			
Ca	0,12	1,98	3,49	3,26	1,42	1,61	2,16	-	2,39	1,14	1,14	28,37	4,30	5,76	3,60	6,68	1,91	2,53	0,78	4,09	3,64			
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	-	-	-	-	-			
Ti	0,06	0,21	0,42	-	-	-	0,15	-	0,36	-	-	-	0,43	0,19	-	-	-	-	-	-	-			
V	-	-	-	-	0,12	-	0,09	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	0,08	-	-	-	-			
Cr	0,03	-	-	-	0,05	-	0,06	-	0,11	-	-	0,09	-	-	0,09	-	-	-	-	0,16	-			
Mn	0,03	0,04	-	-	0,03	0,05	0,04	-	-	0,09	0,37	-	0,08	-	-	-	-	-	0,09	-	-			
Fe	0,14	0,05	0,17	-	-	0,08	1,22	0,11	0,11	78,51	85,82	0,43	0,24	68,02	0,17	79,85	85,62	0,12	0,34	-	0,23			
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09			
Ni	-	-	-	-	-	0,03	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-			
Cu	62,50	8,09	13,40	11,46	63,42	39,86	78,98	14,09	16,38	-	0,08	0,27	0,18	0,05	10,61	0,06	0,09	14,55	97,67	11,03	10,46			
Zn	28,79	-	0,72	-	-	0,24	3,24	0,13	0,11	0,03	0,15	0,01	0,02	0,36	0,46	0,12	0,04	0,68	-	-	0,52			
As	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Se	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Br	-	-	-	-	-	-	-	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Rb	0,08	38,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	0,02	0,01	-	-	-	-			
Sr	0,03	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-	-	0,02	-	0,03	-	-	-	-	-			
Ag	6,54	51,07	76,41	84,99	34,96	56,46	8,82	59,10	79,93	9,77	12,15	6,15	92,38	8,15	86,55	12,03	10,66	81,39	4,32	84,34	83,84			
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,33	-	-	-	6,08	-	-	-	-	-	-	-			
Sn	-	-	-	-	-	-	3,34	-	-	-	-	54,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,35	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-			
Cs	-	-	-	-	-	0,85	-	-	-	-	-	2,69	1,54	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91	-	-	-	1,43	-	-			
La	-	-	-	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04	-	-			
Ce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-			
W	-	0,02	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Au	-	-	0,03	0,04	-	0,03	-	0,39	-	-	-	0,01	0,03	-	0,25	-	-	0,35	-	0,27	0,28			
Hg	-	-	0,02	-	-	-	-	24,86	-	-	-	0,01	-	-	0,01	0,02	-	-	-	-	-			
Pb	1,68	0,17	0,25	0,25	-	0,29	1,91	0,29	0,36	0,12	0,29	1,99	0,11	0,15	0,31	0,07	0,10	0,36	0,16	0,27	0,35			
Bi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-			

Análisis de fluorescencia de rayos X (CCHEN)

Los objetos fueron analizados en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X del Centro de Estudios Nucleares “Lo Aguirre” de la Comisión Chilena de Energía Nuclear CCHEN, aplicando la técnica de Fluorescencia de Rayos X, que corresponde a un sistema de espectrometría de Rayos-X dispersivo en energías, de análisis no destructivo (no existe preparación de muestras), el cual se efectúa *in situ* sobre la muestra, en una geometría especial de medición.

Las características del sistema son las siguientes:

- Fuente de excitación: Fuente radioisotópica de Cd-109, de 25 mili Curies.
- Detector de estado sólido de Silicio-Litio.
- Electrónica asociada (preamplificador de espectroscopia, conversor análogo digital, tarjeta de adquisición de datos multicanal y computador personal-impresora).
- *Software* para análisis cuantitativo AXIL (QXAS), por FRX.
- Se utiliza fuente radioisotópica, con objeto de cubrir la máxima superficie del objeto en estudio.
- Se prefirió utilizar una fuente radioisotópica, en lugar de un generador de rayos X, con el fin de cubrir la máxima superficie posible del objeto en estudio.

Evaluación crítica de métodos de restauración e intervenciones anteriores

Se seleccionaron algunas de las piezas que presentaban evidentes alteraciones por tratamientos de restauración anteriores, evaluando críticamente la posibilidad de su remoción para mejorar las condiciones de conservación de esas piezas.

Para la remoción de productos abrasivos se ocuparon hisopos de algodón humedecidos con agua destilada y en algunos casos humedecidos con una solución de EDTA (etilendiaminotetracético) al 5% p/v, removiendo su exceso con suficiente cantidad de agua destilada. Para la remoción de cintas adhesivas y barnices se utilizaron hisopos de algodón humedecidos con acetona o con la solución de EDTA ya mencionada^{6, 7, 8}.

Diseño y elaboración de embalajes

Finalmente se diseñaron y confeccionaron los contenedores apropiados para los objetos estudiados, utilizando cajas de cartón forradas en poliéster (Tyvek) y

6 Scott, 1994.

7 ICCROM, 1987.

8 Goodburn-Brown, 1998.

Tabla 3

Resultados de análisis de fluorescencia de rayos X para objetos de etapa Independencia y República

MUESTRA	INDEPENDENCIA										REPUBLICA									
	16	18	19	20	4	6	7	9	10	11	13_A	13_B	21	23	24	25	38_A	38_B	43_A	43_B
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,71	-	-	-	-
Ca	20,92	4,03	5,58	2,94	3,45	0,89	0,39	0,55	-	-	0,56	24,70	-	1,63	3,89	3,33	3,92	1,21	-	0,61
Ti	-	-	-	-	0,30	0,20	0,11	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	0,03	0,09	-
V	-	-	0,34	-	0,19	-	-	0,07	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,06
Cr	-	-	0,23	-	0,12	0,08	-	-	0,02	-	-	0,07	-	-	0,13	-	-	-	0,04	0,09
Mn	-	0,08	1,16	-	-	-	-	0,12	-	-	-	0,05	0,32	-	-	-	0,02	0,02	0,04	0,06
Fe	0,76	0,08	0,60	0,16	0,10	0,16	0,12	0,13	0,14	0,09	56,85	0,56	0,24	0,25	0,08	0,28	1,47	1,02	0,15	0,25
Co	-	-	0,94	-	-	-	0,11	0,12	-	0,03	-	-	1,39	-	-	0,11	-	-	-	-
Ni	-	-	0,15	-	0,02	-	19,85	16,51	-	0,03	-	4,75	-	-	0,03	0,09	-	0,05	-	-
Cu	0,67	0,06	2,29	9,84	4,66	29,80	47,41	40,10	14,23	55,63	0,06	52,92	0,88	6,58	6,89	0,32	61,71	65,05	52,90	64,26
Zn	0,06	0,02	-	-	0,11	0,14	12,15	9,05	-	30,48	-	8,87	0,05	-	0,09	-	21,29	21,70	35,12	16,46
Ga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	0,08	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	0,71	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Br	-	-	-	-	-	0,32	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,76	-	-	-	-
Rb	-	-	-	-	-	0,96	0,02	0,01	-	0,06	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	0,23	0,11
Sr	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	0,04	28,16	0,62	-	-	-	-	-	-	0,05	-
Ag	6,69	93,78	10,57	85,34	90,30	20,87	19,06	31,72	12,19	11,56	7,64	5,61	29,42	21,63	88,49	16,25	3,12	6,37	4,23	8,97
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,56	-	-	-	-	-	1,09	0,62	-	-
In	-	-	9,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,88	-	-	-	-	-	-	-
Sn	48,16	-	11,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	14,64	-	-	-	-	-	-	-	0,49	-	8,97	-	-	-	4,58	0,53	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs	-	1,32	2,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,47	-	-	-	0,14	0,07	0,17	0,57
La	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23	0,49
Ce	-	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Er	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
Yb	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Os	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	1,49	-	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	0,03	-	12,59	0,04	0,07	45,31	-	0,55	72,79	-	-	0,58	5,58	69,92	0,01	74,07	-	-	6,51	7,67
Hg	-	0,02	-	0,02	0,02	0,49	0,40	0,92	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,40	-	-
Pb	22,26	0,01	27,11	1,65	0,66	-	0,05	0,02	-	0,54	0,05	0,35	31,80	-	0,34	-	2,54	2,71	0,18	0,40
Bi	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-

los objetos contenidos fueron ubicados sobre espuma de polietileno (Ethafome) esculpido para minimizar sus movimientos^{9, 10}.

RESULTADOS

Análisis de fluorescencia de rayos X (CCHEN)

Los objetos fueron analizados en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X del Centro de Estudios Nucleares “Lo Aguirre” de la Comisión Chilena de Energía Nuclear CCHEN, aplicando la técnica de Fluorescencia de Rayos X, obteniendo los resultados del análisis multielemental cuantitativo no destructivo expresado en porcentaje que muestran las tablas 2 y 3, junto a los gráficos logarítmicos y lineales de Intensidad vs. Canales para cada una de las muestras analizadas, como se muestran en el ejemplo de la foto 2.

Análisis de electrocromatografía y análisis con varillas analíticas Merck

Se realizaron los análisis para reconocimiento de metales y aleaciones a 37 de las 41 objetos seleccionados, cuyos resultados se resumen en la tabla 4.

Análisis de mediciones de condiciones ambientales y recomendaciones

Con el fin de conocer las características climáticas de los lugares donde se almacenan o exhiben objetos de metal se realizaron mediciones de humedad relativa (HR) y temperatura en depósitos y salas de exhibición durante los meses de verano y otoño.

- **Resultados en los depósitos:** Se observan fluctuaciones en la HR en todas las zonas las cuales no guardan relación con variaciones en la temperatura, por lo que se atribuyen a la presencia de cañerías ubicadas en la parte superior de los recintos, las que podrían tener filtraciones de agua en algunos tramos. Si bien lo ideal es trasladar las cañerías fuera del depósito, se recomienda como medida inmediata realizar una inspección y reparar las zonas que presenten filtraciones. También, en el caso del depósito de la colección general, las variaciones en la HR podrían ser causadas por el intercambio de aire que se produce con el exterior mediante un respiradero que se encuentra en la parte superior de este recinto. Se recomienda cerrar esta abertura con algún material poroso, que permita la ventilación, pero que produzca un intercambio de aire más lento. Lo anterior también contribuirá a crear una barrera contra el polvo y las plagas que pudieran entrar desde el exterior. Es recomendable que la HR permanezca



Foto 2. Método de análisis de electrocromatografía.



Foto 3. Método de microanálisis cualitativo con varillas analíticas.



Foto 4. Resultado de análisis del método cualitativo con varillas analíticas.

9 Bradley, 1995.

10 UκIC, 1991.

Tabla 4

Resultados comparativos de los análisis a la gota
(signo + indica presencia del metal; signo - indica ausencia del metal)

TIPO DE OBJETO	N° ASIGNADO EN PROYECTO	METODO ELECTROLITICO				METODO CON VARILLAS ANALITICAS		
		Ag	Fe	Cu	Ni	Fe	Cu	Ni
MAPUCHE	1	-	-	+	-	-	+	-
	30	+	-	+	-	-	+	-
	31	+	-	+	-	-	+	-
	32	+	-	+	-	-	+	-
	33	+	-	+	-	-	+	-
	34	+	-	+	-	-	+	-
HISPANO COLONIALES	2	-	-	+	-	+	+	-
	3	+	+	+	-	+	+	-
	5	+	-	+	-	+	+	-
	12 A	-	+	+	-	+	+	-
	12 B	-	+	-	-	+	-	-
	15	+	+	+	-	+	+	-
	17	+	-	-	-	+	+	-
	29	+	+	+	-	+	+	-
	35	+	-	+	-	+	+	-
	36	-	+	+	-	+	+	-
	37	+	+	+	-	+	+	-
	39	+	-	+	-	-	+	-
	40	-	-	+	-	-	+	-
	41	+	-	+	-	-	+	-
42	+	-	+	-	-	+	-	
ETAPA INDEPENDENCIA	16	+	+	+	-	+	+	-
ETAPA REPUBLICANA	23	+	-	-	-	-	-	-
	38 A	-	-	+	-	-	+	-
	38 B	-	-	+	-	-	+	-
	13 A	+	+	-	-	-	-	-
	21	+	-	+	-	-	+	-
	24	+	-	+	-	-	+	-
	25	+	-	-	-	-	-	-
	6	+	-	-	-	-	+	-
	7	+	-	+	+	-	+	+
	9	+	-	+	+	+	+	+
	10	+	-	-	-	+	+	-
	11	+	+	+	-	+	+	-
	4	+	-	-	-	-	+	-
	43 A	-	-	+	-	-	+	-
	43 B	-	-	+	-	-	+	-

lo más estable posible; sin embargo, se cree que en este caso las fluctuaciones no representan un riesgo importante de deterioro, debido a que los objetos han estado en el depósito por muchos años y probablemente ya han alcanzado un equilibrio con su medio. Esto deberá ser corroborado mediante la inspección visual de los objetos, para determinar si existe algún grado de deterioro producido recientemente por variaciones en el clima. Se recomienda que los

objetos muy sensibles a las fluctuaciones, tales como objetos de madera, papel o materiales mixtos, sean almacenados en embalajes cerrados, ya que éstos atenúan las fluctuaciones de HR, como se observa en los gráficos de las mediciones tomadas en cajas y mobiliario de los depósitos de la colección general y de numismática. Con respecto a los niveles de HR, si bien ésta presenta valores aceptables para la mayor parte de los materiales, es necesario tener en cuenta que los metales que poseen corrosión activa deben ser conservados con una HR no mayor a 30%^{11, 12, 13}. Por lo anterior, se recomienda identificar los objetos que presenten este deterioro con el fin de trasladarlos a un ambiente con la HR adecuada.

- **Resultados en las salas de exhibición:** Las salas de exhibición presentan importantes fluctuaciones de HR, las cuales se atribuyen a intercambios de aire con el exterior o con otras salas y, probablemente, al flujo de público. Por lo anterior, se recomienda realizar una inspección de los objetos más sensibles a las fluctuaciones de HR para determinar si existe deterioro a causa de las variaciones en el clima, y exhibirlos en vitrinas cerradas. En el caso de la sala de armas, donde las vitrinas poseen la parte superior abierta, esto es importante no sólo desde el punto de vista climático, sino también desde la perspectiva de la seguridad. También se recomienda inspeccionar los metales en exhibición, debido a que si bien la HR presenta valores inferiores a los de los depósitos, éstos no son los recomendables para metales con corrosión.

Evaluación crítica de métodos de restauración e intervenciones anteriores

En el proceso de análisis de reconocimiento de metales, nos encontramos con piezas las cuales presentaban evidentes problemas de restauraciones anteriores, por lo que decidimos realizar una evaluación crítica de dichos tratamientos.

Un primer grupo de piezas revela evidentes problemas debido al uso anterior de limpiadores abrasivos (*posiblemente un producto comercial llamado SILVO o BRAZZO*), vulnerando la visión estética del objeto. Un ejemplo es la Espada Boonen Rivera del siglo XIX, donde podemos apreciar la gran cantidad de residuos sólidos dejados en los intersticios del motivo de la empuñadura de la espada, provocando por una parte una distorsión en la apreciación del color original del metal y por otro los residuos ubicados alrededor del engaste de los rubíes de los ojos del león están evidentemente interfiriendo en su lectura visual y en su conservación, puesto que estos restos de sólidos pueden ser polos higroscópicos, aumentando el riesgo de condensación frente a algún desequilibrio de los parámetros ambientales. Otro ejemplo de este mismo tipo de deterioro se muestra en la base de un mate de plata colonial, donde la distorsión en su lectura visual era evidente (fotos 8, 9, 10, 11), por lo que se resolvió eliminar dichos residuos utilizando el método mecánico manual descrito anteriormente.



Foto 5. Microanálisis cualitativos realizados bajo microscopio estereoscópico.



Foto 6. Análisis no destructivo de fluorescencia de rayos X.

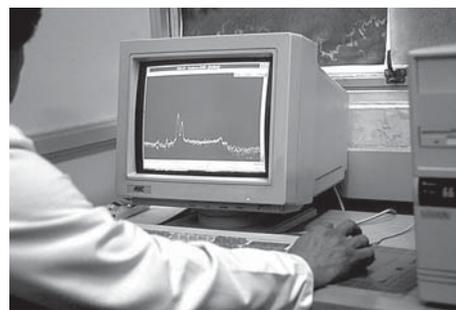


Foto 7. Resultado de análisis de fluorescencia de rayos X.

11 CNCR/DIBAM, 1996.

12 De Guichen, 1984.

13 Jones, 1992.



Foto 8. Detalle de empuñadura de la Espada Boonen Rivera del siglo XIX.



Foto 9. Magnificación de los residuos sólidos en la empuñadura de la Espada Boonen Rivera del siglo XIX.

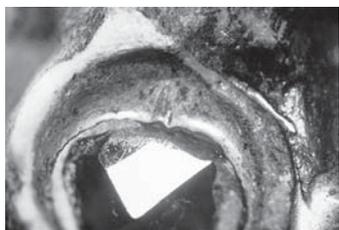


Foto 10. Magnificación del engaste en los rubies de la Espada Boonen Rivera del siglo XIX.

Un segundo grupo de piezas reveló indudables problemas debido al uso de barnices como acabados de protección. Lamentablemente, este tipo de intervención anterior no fue realizada tomando en cuenta los criterios de mínima intervención y respeto al original, puesto que el resultado final observado en estos objetos es muy artificial (*se visualizan como objetos plásticos*). Una vez evaluadas las condiciones ambientales, las cuales resultaron ser estables y adecuadas para la conservación de metales, consideramos la remoción de dichos barnices ya que ninguna de estas piezas se encontrará expuesta en exteriores, de tal forma de recuperar la lectura original estos objetos.

DISCUSION

Al comparar los análisis de reconocimiento cualitativo “a la gota” de metales resulta ser experimentalmente más sensible a bajas concentraciones de metales el Método con varillas analíticas Merck que el Método de electrocromatografía, contrariamente a los datos que los fabricantes declaran en sus especificaciones técnicas.

Ambos tipos de análisis tienen la ventaja de reemplazar los reactivos líquidos, lo cual los hace muy versátiles, puesto que se evita la preparación de soluciones y por consiguiente el almacenamiento de reactivos. Al mismo tiempo, el Método con varillas analíticas Merck se aprecia como un método muy práctico para trabajo en terreno, puesto que sólo necesita unas gotas de agua destilada y las varillas indicadoras para poder obtener los resultados. Mientras que el Método de electrocromatografía necesita de un generador de voltaje.

En ambos métodos se debe tener la precaución de minimizar el área de contacto de los papeles o varillas indicadoras con los objetos a analizar, puesto que contienen reactivos que pueden dañar la pátina o bien reaccionar inesperadamente con el metal o aleación produciendo manchas por reacción química, muy difíciles de remover. Para disminuir la zona de contacto se realiza el análisis bajo lupa binocular. El proceso es muy rápido y los resultados son evidentes por el cambio de color de los papeles, incluso a simple vista.

Gracias a los avances tecnológicos, muchas de las técnicas desarrolladas en un principio para su aplicación en química pura han sido adaptadas para ser aplicadas a la conservación de metales, como es el caso del análisis instrumental de *Fluorescencia de Rayos X*, el cual presenta la ventaja respecto a los anteriores métodos por entregar resultados cuantitativos, además de ser un análisis absolutamente no-destrutivo¹⁴.

Si comparamos los resultados obtenidos para la identificación de plata, notamos que el análisis “a la gota” tiene un límite de detección cercano al 5%. En cambio, el método instrumental de fluorescencia de rayos X logra identificar concentraciones de plata inferiores al 0,05%.

14 Goodburn-Brown, 1998.

La información del análisis instrumental referente al fierro no nos permiten deducir los límites de sensibilidad de los métodos cualitativos, ya que los objetos analizados presentan porcentajes de contenido en fierro muy dispersos.

Al observar, por ejemplo, los resultados de los análisis de fluorescencia de rayos X de las joyas mapuches investigadas, hemos podido apreciar objetivamente su calidad, comprobando la alta composición de plata en ellas, lo cual nos demuestra el perfeccionado método que alcanzó su artesanía sobre todo en las joyas analizadas pertenecientes a etapas más postrímeras de su cultura cercanas al intercambio con la cultura española. En cambio, aquellas joyas datadas visualmente en épocas muy tempranas de su cultura contienen mayor cantidad de cobre en su composición.

Las mediciones de los parámetros de temperatura y humedad fueron registrados durante los meses de verano y otoño. Se recomienda, por lo tanto, realizar un estudio completo durante todo el año, con el fin de conocer el comportamiento anual del clima al interior de los recintos estudiados.

Al analizar críticamente las intervenciones de restauración anteriores, hemos podido observar que los residuos de limpiadores comerciales aumentan en forma evidente el riesgo a desencadenar una corrosión activa, puesto que bajo condiciones ambientales poco controladas, éstos pueden actuar como medios higroscópicos. Por esta razón, se recomienda eliminar dichos residuos utilizando un método mecánico manual como el descrito anteriormente, así como prohibir el uso de materiales comerciales de limpieza de metales, puesto que su formulación no es evidente.

CONCLUSION

Los microanálisis seleccionados para ser desarrollados en esta investigación forman parte de las técnicas de vanguardia, que hoy en día numerosos países utilizan para el estudio de reconocimiento de materiales constitutivos asociados a la conservación de metales y aleaciones. El llevar a cabo estos ensayos sobre una parte de la colección de objetos metálicos del Museo Histórico Nacional nos ha permitido conocer cuáles son sus características en cuanto a composición, estabilidad y resistencia a factores de deterioro comunes.

El hecho de realizar los análisis de reconocimiento cualitativo “a la gota” de metales de rápida ejecución innova el quehacer de la conservación preventiva de metales del Museo, puesto que ha integrado la variable científica dentro del proceso cotidiano de trabajo, como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en los tratamientos de conservación a realizar. La implementación de estas técnicas durante el desarrollo del proyecto se logró plenamente, siendo llevadas a cabo en el mismo Museo.



Foto 11. Mate de plata colonial en proceso de limpieza.



Foto 12. Jarro de cobre con acabado de barniz.



Foto 13. Detalle del acabado de barniz en jarro de cobre.



Foto 14. Residuo de pegamento de etiqueta de inventario.



Foto 15. Proceso de microanálisis cualitativo bajo microscopio estereoscópico.

El monitoreo permanente de los factores ambientales de la colección de objetos metálicos permitirá no sólo llevar el registro y control interno, sino que ser una información de referencia para otras instituciones que resguarden objetos patrimoniales metálicos, ya que los resultados de este proyecto serán divulgados a través de las asesorías que presta el Departamento a otras instituciones con colecciones metálicas. Así mismo, los resultados de este proyecto han enriquecido la información acerca de la materialidad de la colección de metales, información que será dada a conocer a otras entidades del Servicio, a través de su incorporación como antecedente de catalogación e inventario en el Proyecto Sur.

Al concluir este proyecto, podemos decir que hemos logrado plenamente los objetivos planteados, fundamentalmente en crear una metodología de trabajo en la que concurren visiones de carácter científico y otra de carácter curatorial, en un quehacer de tipo multidisciplinario, óptica que requiere un museo moderno.

BIBLIOGRAFIA

- BRADLEY, S. *A Guide to the Storage, Exhibition and Handling of Antiquities, Ethnographia and Pictorial Art*. Londres, Inglaterra: British Museum, Department of Conservation, 1995.
- BURRIEL, F.; LUCENA, F. Y ARRIBAS, S. *Química Analítica Cualitativa*. Madrid, España: Paraninfo, 1981.
- Catálogo de Reactivos de Productos Químicos*. Merck, 1996.
- Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in Open-Air Exposure, Symposium, 6 – 8 octubre 1986, Paris, Francia*. Roma, Italia: ICCROM, 1987.
- GUICHEN, G. DE. *El Clima en los Museos*. Roma, Italia: ICCROM, 1984.
- GOODBURN-BROWN, D.; JONES, J. *Look after the pennier*. London, England; Archetype Publications Limited, 1998.
- Introducción a la Conservación Preventiva para Colecciones Museológicas*. Curso organizado por el Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR) y la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM), Valparaíso, Chile, 22 al 27 de julio de 1996.
- Ironworks and Iron Monuments. Symposium, Ironbridge, study, conservation and adaptative use*. Roma, Italia: ICCROM, 23 al 25 de octubre de 1984
- JONES, D. A. *Principles and Prevention of Corrosion*. New Jersey, U.S.A.: Prentice Hall, 1992.

Martínez, Araya: Investigación científica de metales en el Museo Histórico Nacional

LAVIER, M. Spot Test in Conservation: Metals and Alloys. En: *5th triennial meeting, ICOM Committee for Conservation*, Zagreb, 1 al 8 de October, 1978. Preprints, Communications. Paris, Francia: International Council of Museums, 1978, pp. 782381 – 7823811.

SCOTT, D. A.; PODANY, J. AND CONSIDINE, B. B. *Ancient and Historic Metals, Conservation and Scientific Research*. California, USA.: The Getty Conservation Institute, 1994.

Storage: Preprint for UKIC Conference, Restoration '91. London, United Kingdom: Institute for Conservation of Historic and Artistic Works of Art, October 1991.

BLANCA