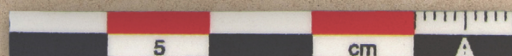


Conservación y restauración de materiales metálicos

Joaquín Barrio Martín (coord.)



Contenidos digitales
www.sintesis.com

EDITORIAL
SINTESIS

Conservación y restauración de materiales metálicos

Colección:
Gestión, Intervención y Preservación del Patrimonio Cultural (Guías prácticas)

Coordinador:
MIKEL ROTAECHE GONZÁLEZ DE UBIETA



Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

Conservación y restauración de materiales metálicos

Joaquín Barrio Martín (coordinador)
María Cruz Medina Sánchez,
Cristina Cabello Briones,
Ana Isabel Pardo Naranjo,
Inmaculada Donate Carretero,
Juan Serrano Moreno



Consulte nuestra página web: **www.sintesis.com**
En ella encontrará el catálogo completo y comentado

Listado de entidades y particulares que han cedido imágenes:

- Ayuntamiento de Madrid: Caso de estudio Felipe IV (figura 9.21)
- Carmen Gutiérrez Sáez (figura 3.2)
- Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León: Caso de estudio Cruz procesional (figuras 9.18, 9.19 y 9.20)
- J. Domínguez Fernández y Empresa Fernández Molina S.A.: Caso de estudio Felipe IV (figuras 9.22 y 9.23)
- Juan Cuéllar (foto de cruz parroquial en la figura 1.1)
- Luis Carlos Zambrano y Manuel Bethencourt: Caso de estudio Hierros subacuáticos (figuras 9.26 y 9.27)
- María Turégano Botija: mapa de alteraciones (figura 7.1)
- Museo Nacional Reina Sofía: Caso de estudio Calder (figura 9.28)
- Pedro Muñoz Moro (figura 3.1)
- Metis, Conservación y Restauración, S.L. (figura 6.5)

Imagen de cubierta: Objetos de bronce de un ajuar de una tumba vaccea
en la necrópolis de Pintia (SECYR)

© Joaquín Barrio Martín (coordinador)
María Cruz Medina Sánchez,
Cristina Cabello Briones,
Ana Isabel Pardo Naranjo,
Inmaculada Donate Carretero,
Juan Serrano Moreno,

© EDITORIAL SÍNTESIS, S.A.
Vallehermoso, 34. 28015 Madrid
Teléfono: 91 593 20 98
www.sintesis.com

ISBN: 978-84-1357-141-6
Depósito Legal: M-30.127-2021

Impreso en España. Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S.A.

Índice

<i>Introducción</i>	11
---------------------------	----

PARTE I

Cuestiones generales sobre los metales

1. <i>Objetivos, definiciones y precedentes</i>	15
1.1. Los metales patrimoniales. Distintos tipos de Patrimonio Metálico.....	15
1.2. Precedentes y finalidad de la guía.....	18
2. <i>Conservar el Patrimonio Metálico: una tarea compleja</i>	23
2.1. Apuntes sobre la historia de la restauración del Patrimonio Metálico.....	23
2.1.1. 1ª etapa: la restauración de taller y la introducción de los tratamientos químicos y electrolíticos.....	24
2.1.2. 2ª etapa: consolidación de la conservación científica y desarrollo de técnicas de limpieza química y electroquímica.....	28
2.1.3. 3ª etapa: la supremacía de las limpiezas mecánicas y abandono de las técnicas químicas y electroquímicas.....	31
2.1.4. 4ª etapa: incorporación de las nuevas técnicas innovadoras en restauración de Patrimonio.....	34

2.2. Principios para la restauración del Patrimonio Metálico	35
2.2.1. Características de la pátina y garantizar su conservación como prueba de autenticidad.....	36
2.2.2. Recuperar la integridad física en cada pieza, como soporte imprescindible de su cualidad estética	38
2.2.3. Aplicar métodos de limpieza que propicien un buen control del nivel de intervención.....	39
2.2.4. Propiciar la mayor estabilización de los metales constituyentes de obras, como garantía para su conservación futura.....	40
2.2.5. Devolver la legibilidad estética e histórica a cada pieza.....	40
2.3. Necesidades de una formación especializada.....	41
Preguntas de autoevaluación	44
3. <i>Los metales y su tecnología</i>.....	47
3.1. Breve síntesis de los metales a lo largo del tiempo	47
3.2. La tecnología de los metales y su desarrollo.....	50
Preguntas de autoevaluación	56
4. <i>La naturaleza química de los metales</i>.....	59
4.1. Química básica de los metales	59
4.1.1. Aleaciones	62
4.1.2. La microestructura de los metales y las aleaciones	63
4.1.3. Origen y extracción de los metales.....	64
4.2. Cobre y aleaciones.....	64
4.2.1. Bronces	66
4.2.2. Latones.....	67
4.2.3. Otras aleaciones de base cobre	68
4.3. Hierro y aceros	69
4.3.1. Aceros.....	70
4.3.2. Fundiciones.....	72
4.4. Otros metales utilizados en Patrimonio.....	73
4.4.1. Oro y plata.....	73
4.4.2. Plomo, estaño y zinc.....	74
4.4.3. Mercurio, platino, níquel y aluminio.....	76
4.5. Técnicas de análisis en metales	77

4.5.1. Técnicas no destructivas	78
4.5.2. Técnicas destructivas	81
Preguntas de autoevaluación	87

PARTE II

Intervención en metales

5. Condicionantes del deterioro y estado de conservación de los metales	91
5.1. Causas de alteración de los metales según el medio.....	91
5.1.1. Medio aéreo.....	93
5.1.2. Medio arqueológico terrestre.....	96
5.1.3. Medio subacuático.....	98
5.2. Otros aspectos que influyen en la conservación del Patrimonio Metálico	100
5.2.1. Alteración durante el proceso de extracción	100
5.2.2. Alteraciones derivadas de antiguas intervenciones.....	101
5.3. Formas y productos del deterioro de los metales	101
5.3.1. Oro.....	104
5.3.2. Plata.....	104
5.3.3. Cobre.....	106
5.3.4. Plomo.....	109
5.3.5. Estaño	110
5.3.6. Zinc	111
5.3.7. Hierro.....	112
5.3.8. Aluminio y níquel	114
Preguntas de autoevaluación	116
6. La conservación preventiva de los objetos metálicos	
¿Cómo garantizar su futuro?.....	119
6.1. Condiciones medioambientales para la conservación futura.....	120
6.2. Sistemas de control ambiental en exposición y almacenamiento: museos y colecciones.....	124
6.2.1. Medición de las condiciones medioambientales.....	124
6.2.2. Sistemas de control.....	126

6.2.3. Almacenamiento, exposición y transporte.....	130
6.3. Protección y control de los metales en medio urbano....	132
6.3.1. Métodos de inhibición.....	132
6.3.2. Métodos de protección de barrera.....	134
Preguntas de autoevaluación	137
7. Metodología y técnicas de intervención.....	139
7.1. Documentación y estudio de las obras, desde una perspectiva material, tecnológica e histórico-artística	139
7.2. Estudio y análisis del estado de conservación	140
7.3. Tratamiento de restauración	142
7.3.1. Consolidación y protección previa.....	142
7.3.2. Limpieza.....	143
7.3.3. Unión de partes.....	144
7.3.4. Reintegración y estructuras de montaje (opcional)....	145
7.3.5. Estabilización e inhibición.....	146
7.3.6. Consolidación y protección final.....	147
7.3.7. Medidas de seguridad y conservación preventiva	148
7.4. La gestión de calidad para asegurar una metodología de trabajo sistemática y sostenible	148
7.5. Seguridad y prevención de riesgos laborales	151
7.6. Sistemas de protección	152
7.6.1. Indicaciones generales sobre el lugar de trabajo.....	155
Preguntas de autoevaluación	156
8. Nuevas tecnologías para la restauración y conservación de los metales.....	159
8.1. El interés de la innovación en el campo del Patrimonio Metálico.....	159
8.2. Principios de restauración en metales y nuevas tecnologías	160
8.3. La tecnología láser y sus aplicaciones en la restauración de metales.....	163
8.3.1. ¿Cómo funciona el láser?.....	163
8.3.2. Propiedades del láser aplicadas a Patrimonio.....	164

8.3.3. Procesos de interacción láser-materia durante la limpieza.....	165
8.3.4. Tipos de láser.....	166
8.3.5. Ventajas que aporta el láser a la restauración de metales	167
8.4. Las técnicas de base electroquímica y la conservación de los metales	170
8.4.1. Técnicas potenciométricas para el cálculo del potencial de corrosión.....	171
8.4.2. Limpiezas electrolíticas.....	171
8.4.3. Resistencia a la polarización	172
8.4.4. Espectroscopía de impedancia (EIS)	172
8.4.5. Electroquímica del estado sólido o voltamperometría de micropartículas (VMP).....	173
8.5. El horno de plasma frío	174
8.6. Conclusiones sobre la innovación en restauración de Patrimonio Metálico.....	177
Preguntas de autoevaluación	179

PARTE III

Casos prácticos

9. Proyectos de restauración de metales	183
9.1. Un conjunto de armas de hierro prerromanas	183
9.1.1. Estado de conservación: análisis y estudio previo	184
9.1.2. Tratamiento de restauración.....	187
9.2. Fragmentos de esculturas romanas de bronce.....	190
9.2.1. Estado de conservación: análisis y estudio previo	192
9.2.2. Tratamiento de restauración.....	193
9.3. Dos ejemplos de conservación y restauración de monedas arqueológicas	196
9.3.1. Monedas califales de Haza del Carmen, Córdoba	197
9.3.2. Moneda de bronce romana de Nertóbriga	201
9.4. Un conjunto de cobres dorados.....	205
9.4.1. Estado de conservación: estudios previos y análisis....	205
9.4.2. Tratamiento de restauración.....	208
9.5. Cruz procesional de Vado de Cervera, Palencia	212
9.5.1. Estado de conservación: estudios previos y análisis....	213

9.5.2. Tratamiento de restauración.....	215
9.6. La escultura ecuestre de Felipe IV (plaza de Oriente, Madrid)	217
9.6.1. Estudio de las intervenciones históricas	218
9.6.2. Proyecto 1997. Estado de conservación: análisis y estudio previo.....	220
9.6.3. Proyecto 1997. Tratamiento de restauración	221
9.6.4. Proyecto 2014	222
9.7. Un conjunto de objetos de hierro procedentes del medio subacuático	225
9.7.1. Estado de conservación: estudios previos y análisis....	226
9.7.2. Tratamiento de restauración	226
9.8. Escultura contemporánea de metal I: <i>Carmen</i> de Calder.....	230
9.8.1. Estado de conservación: estudios previos y análisis..	231
9.8.2. Tratamiento de restauración	231
9.9. Escultura contemporánea de metal II: <i>Dieplood</i> de Lili Dujourie.....	233
9.9.1. Estado de conservación: estudios previos y análisis....	234
9.9.2. Tratamiento de restauración.....	235
 <i>Selección bibliográfica</i>	 239
 <i>Solucionario</i>	 241

Contenidos digitales



El código que se facilita en la primera página del presente libro da acceso a estos materiales complementarios en la página web www.sintesis.com

Referencias bibliográficas
Anexo: Lista de figuras a color

Conservar el Patrimonio Metálico: una tarea compleja

2.1. Apuntes sobre la historia de la restauración del Patrimonio Metálico

A lo largo de más de un siglo, desde fines del siglo XIX (Macarrón, 2002), la restauración de obras arqueológicas o artísticas nos ha ofrecido una conjunción de procedimientos tradicionales y técnicas calificadas de vanguardia en su momento. En este largo período de tiempo, los materiales metálicos han sido intervenidos con tratamientos manuales mecánicos, químicos, electro-líticos, electroquímicos, láseres..., conforme las técnicas disponibles, las modas, los criterios y los principios imperantes en esos años. Podríamos decir que el proceso ha sido una combinación histórica de criterios y principios de restauración que han evolucionado a lo largo de los años, haciéndose cada vez más respetuosos, claros y adecuados a las obras en las que se interviene.

¿Cómo se ha desarrollado este proceso de introducción, cambio y revisión de métodos de tratamiento en los materiales metálicos? En el año 2014, en una lección del curso de Diplomado en Patrimonio Metálico INAH-UAM (6ª edición), impartida en Ciudad de México, hicimos una síntesis personal breve de la Historia de la Restauración en materiales metálicos, que ahora reelaboramos y exponemos aquí. Las aportaciones de más interés para conocer este aspecto de la restauración en España las han realizado Dávila y Moreno (2018) y Dávila (2018) quienes han hecho una exhaustiva y porme-

norizada periodización de las etapas desarrolladas en el Museo Arqueológico Nacional (MAN), que es la institución en que mejor se conoce la evolución de la restauración llevada a cabo en sus talleres desde su fundación en 1867 por Isabel II. Lo que aconteció en ese Museo es fiel reflejo de la evolución de la restauración en España, pues fue pionero en la implantación de nuevos criterios de actuación, así como en la introducción y el uso de nuevos materiales. Así, se ha puesto de manifiesto en la reciente iniciativa (noviembre 2019) de la creación de un recorrido temático en las salas de este museo sobre “la Historia de la Conservación y la Restauración desde la Prehistoria hasta el siglo XXI”, surgida de la colaboración del MAN y la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ESCRBC) de Madrid en su cincuenta aniversario. Entre la veintena de objetos seleccionados y repartidos por las salas del museo se encuentran algunas piezas metálicas como el Timiaterio de Calaceite o los Toros de Costixt, que ilustran muy bien el desarrollo de la restauración en nuestro país. Una elogiosa iniciativa de gran utilidad formativa para alumnos y público general, por cuanto acerca más a la sociedad nuestra profesión (Museo Arqueológico Nacional, 2019).

2.1.1. 1ª etapa: la restauración de taller y la introducción de los tratamientos químicos y electrolíticos

A grandes rasgos, esta etapa precedente iría desde finales del siglo XIX hasta fines de los años cincuenta, dejando el lapsus de la Guerra Civil, y los primeros años posteriores a esta. Se trata de una etapa en que preferentemente se practica la restauración de taller, por profesionales avezados en una profesión u oficio determinado. Para el caso concreto del MAN, hay constancia documental de este modelo de restauradores-artesanos desde 1875. Está perfectamente documentado el nombramiento de D. Manuel Padilla Álvarez “[...] restaurador de armas antiguas, objetos de hierro y acero” del museo, lo que supuso reconocer la especialización necesaria en la restauración de los objetos metálicos. Coincide en el mismo año de 1875 con la redacción de las “Normas de restauración de objetos arqueológicos”, en las que, además de incidir en el estudio del estado de conservación con aporte de un dibujo como documentación previa y de una propuesta inicial de tratamiento, tiene la intención clara de poder evitar los métodos más agresivos y las reconstrucciones excesivas o falseantes (Dávila 2018: 248).

Ni en las Cartas Internacionales, ni en el Real Decreto-ley de 9 de agosto de 1926, sobre protección, conservación y acrecentamiento de la riqueza

artística, ni en la Ley de la República de 1933 y su reglamento de desarrollo, se hace mención alguna a los criterios que han de regir la práctica de la restauración de materiales metálicos. Tendrá que ser el estudio y análisis de las intervenciones, cuando de ellas ha quedado constancia, a partir del cual podrá averiguarse a qué criterios se debió cada restauración.

En la mayoría de los talleres se viene abordando desde fines del XIX la restauración y protección de los objetos de hierro y bronce con métodos muy tradicionales: raspados, cocción en agua caliente, empaquetados de cera naturales, etc. En esculturas de bronce es común la eliminación de las pátinas, incluso los pulidos y la nueva repatinación de la superficie. Para unir los metales se realizan soldaduras con plomo, remaches, pastas de pegar a base de mezclas de ceras, etc. No faltan casos en que fue bien vista la recuperación de la forma mediante martilleado o estirado, aunque muy especialmente se aplicó en piezas de metales nobles. A modo de ejemplo, puede traerse el caso del casco ibérico de bronce de la necrópolis de Galera (Granada), que forma parte de la Colección de la Universidad de Barcelona.

No hace falta más que recoger las detalladas palabras del profesor Maluquer (1987) (figura 2.1) para ilustrar el modo de proceder, el cómo y el quién en esta intervención del desdoblamiento completo del casco en 1959:

El casco había perdido el temple en la incineración del cadáver y había sido doblado dos veces sobre sí mismo, como si se tratara de una simple cuartilla. Por tratarse de un material conocido del mundo ibérico, aunque no demasiado abundante, intentamos ver si se podía desdoblar y devolverle su primitiva forma. Durante meses con un martillo de madera fui desdoblando el casco hasta conseguir primero la mitad del mismo y, luego, con una paciencia infinita desdoblarlo en lo posible. Llegó un momento en que ya no nos atrevimos a hacer más, temiendo la rotura de la plancha de bronce. Empezó entonces la búsqueda de soluciones para acabar de desdoblarlo y devolverle su forma primitiva. La solución la encontró nuestro amigo Francisco Rosella, restaurador de nuestro laboratorio por aquel entonces. Rosella conocía un calderero de cobre que hacía verdaderas maravillas con las piezas. Dicho calderero, cuyo nombre desconocemos, había trabajado ya en alguna pieza para el Museo Arqueológico de Barcelona. En pocos días nos devolvió el casco en la forma presente y sin que apareciera más que una única rotura en el punto donde la chapa había sido doblada cuatro veces, pero que no afectaba a ninguno de los bordes.



Figura 2.1. Casco ibérico de bronce.

En esos mismos años, en las superficies de los metales suelen aplicarse ceras mezcladas con polvo metálico o restos de productos de corrosión, o bien nuevas pátinas si se trata de bronce de mayor contenido artístico, que servían a veces para ocultar los productos corrosivos no retirados o bien para suplir la pátina que se había eliminado. Por ejemplo, en algunas fotografías de principios de siglo de los paneles expositores de armas celtibéricas de las necrópolis excavadas por el Marqués de Cerralbo, parece apreciarse este tipo de tratamiento superficial de protección aplicado a las piezas; se evidencia el tono blanquecino de la consolidación de las tierras superficiales con ceras (cercicina). Tampoco las condiciones de conservación eran mucho más cuidadosas, exponiendo las armas y arreos de caballos cosidos a un cartón con hilos metálicos.

Sin embargo, la llamada de la Carta de Atenas de 1931 (art. 5.1) a la colaboración de las “[...] de las ciencias físicas, químicas y naturales” en la tarea de la restauración, la creación en museos de Europa (Berlín, Estocolmo, Londres) de los primeros laboratorios para restauración de metales y la publicación de algunas obras por parte de los directores de estos centros (Rathgen, Rosenberg, Scott, Champion, Leddon), tuvo un impacto considerable en el establecimiento de una restauración más *científica*, con nuevos métodos de trabajo en los metales. Es el momento de la llegada de químicos que investigan los problemas de los metales e introducen métodos de limpieza química y electroquímica en los talleres de restauración de museos y colecciones.

De un peso especial en España fue la obra de Rosenberg (1917) (figura 2.2); un texto muy detallado en la metodología a seguir en cada uno de los procedimientos expuestos de intervención en materiales metálicos de bronce y de hierro. La consecuencia inmediata son tratamientos muy agresivos, genera-

dores de *inmunización*, según palabras de estos profesionales, que supondrán la pérdida de la piel original o la pátina, especialmente en los objetos de hierro. La implantación de unos procedimientos que se salgan de esta norma es muy excepcional, y más si la base es la química, en la que estos maestros de oficio no tenían experiencia. Por ello, cuando se introduce la limpieza electrolítica es una técnica aún minoritaria, solo al alcance de unos pocos. El caso más conocido para dar respuesta a estos agresivos tratamientos de restauración de metales aplicados a principios del siglo xx, es el que se lleva a cabo en el Museo Arqueológico Nacional (Dávila y Moreno, 1994).

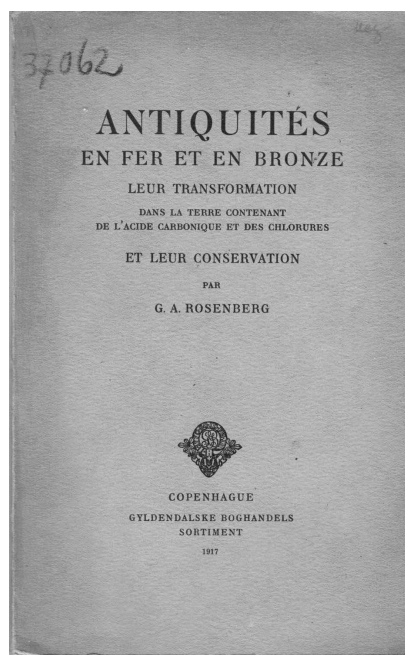


Figura 2.2. Portada de la obra de Rosenberg.

De manera sintética, estos son los rasgos que pueden ponerse en evidencia como definidores de la actividad del MAN:

- a) Contratación en 1930 de un técnico, D. José Magaña Marín, militar especialista-experto en limpiezas electrolítica para que monte

- un laboratorio específico y realice las primeras intervenciones. En 1936, con la Guerra Civil, se truncan estas experiencias.
- b) Finalizada la Guerra Civil, en 1940, las condiciones de conservación de metales en los depósitos del museo siguen siendo muy deficientes, amontonados en vitrinas.
 - c) Labor de J. Cabré, nombrado en 1940 “Conservador encargado de promover la restauración de materiales”. Su actuación concreta sobre las colecciones del Marqués de Cerralbo, principalmente en las armas celtibéricas, fue muy positiva. Desde años antes este arqueólogo había demostrado un interés notable en las tareas de una “reconstrucción virtual” mediante dibujos a mano de las armas de las necrópolis vetonas, que propició unas restauraciones de contenido más didáctico que abrían la puerta a unos criterios de restauración más pedagógicos (Cabré y Morán 1993).
 - d) Reactivación de los tratamientos químicos y electrolíticos. Diversos documentos del archivo del MAN avalan la continuidad de estos sistemas de limpieza en años posteriores a la Guerra Civil. Una carta de 1945 del director del MAN al director general de Bellas Artes donde el primero aboga por el uso de estos procedimientos en la limpieza de metales y se solicita restaurador para poder ejecutar estos trabajos, con un resultado de restauración siempre excesivo que suponía una gran pérdida de las superficies originales que se conservan en el objeto metálico.

2.1.2. 2ª etapa: consolidación de la conservación científica y desarrollo de técnicas de limpieza química y electroquímica

Este es el momento, desde comienzos de los años sesenta hasta los ochenta del siglo xx, de la consolidación de la denominada conservación científica en museos e instituciones de España que tienen alguna dedicación a la restauración. Quizás el impulso definitivo sea la Carta de Venecia de 1964, que en el art. 2, indica con claridad que “la conservación y restauración [...] constituye una disciplina que abarca todas las ciencias y todas las técnicas que puedan contribuir al estudio y la salvaguarda del patrimonio”. Si bien lo refiere al Patrimonio Monumental, debe hacerse extensivo, sin duda, también al trabajo sobre Patrimonio Metálico.

Así pues, la restauración científica es entendida como una alternativa a los procedimientos de la denominada restauración de taller que se venía

haciendo desde la fundación de estas instituciones o desde el momento en que estas contaron con restauradores en sus plantillas capacitados para ello. Las técnicas químicas, y especialmente las electroquímicas en la restauración de metales, tuvieron ahora su momento de mayor implantación, no solo en museos de referencia como el MAN, que ya contaba como hemos visto con una larga tradición. En los años sesenta estamos hablando de las técnicas electrolíticas aplicadas como método de limpieza de los metales antiguos, y no como técnica de consolidación, etc. (Barrio, Hermana y Pardo, 1998; Barrio *et al.*, 2009). Se consolida y generaliza el uso de los adhesivos nitrocelulósicos y de contacto.

¿Qué condiciones pesaron en este desarrollo generalizado?

- a) Llegada de químicos a plantillas de estos centros: Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte (ICROA), Museo de América, Museo Arqueológico de Barcelona, etc.
- b) La intensa acción restauradora del recién creado por el profesor Gatriniano Nieto ICROA (1964), entre cuyos objetivos, tenía promover la implantación de técnicas de restauración más científicas entre los talleres de los museos de toda España. Y entre ellas destacó la labor difusora de los procedimientos electroquímicos en la limpieza de los metales arqueológicos y la formación en estas técnicas de restauradores egresados de la escuela recién creada por él mismo en 1961, y de la que fue director entre 1968-1971 cuando la formación queda desgajada del Instituto.
- c) El influjo de la nueva literatura científica internacional: Plenderleith (1956), France-Lanord (1965), Stombolov (1965) y Organ (1968). Evidentemente, no todos con el mismo peso, pues, será el primero de ellos el que tenga una influencia determinante entre los restauradores españoles, que siguen a pies juntillas los tratamientos químicos y electroquímicos detallados en el primer manual de restauración que llegó a España.
- d) Las directrices y programas de restauración de metales emanados de las instituciones internacionales, especialmente del Consejo Internacional de Museos (ICOM). En la reunión del ICOM-Comité de Conservación en Ámsterdam en 1969, el programa del Grupo Metales de 1969-1972, coordinado por R. Organ, tiene como punto 1º completar el trabajo sobre tratamientos electrolíticos y electroquímicos de antigüedades metálicas mineralizadas.

¿Cuál fue el resultado práctico de estos textos científicos sobre las actividades de restauración en España?

Tenemos algunos ejemplos publicados de lo que supuso en la práctica esta etapa de la restauración en España, caso de la intervención en la excepcional falcata ibérica de Almedinilla (Nieto, Escalera y Cabrera, 1970) y en las armas de varias necrópolis prerromanas como la de Miraveche o la de Uxama, realizados en 1965-66. En estos materiales metálicos se hace uso de los procedimientos electroquímicos de reducción del hierro con granalla de zinc en disolución de sosa cáustica, completando con tratamiento manual mecánico las zonas de las piezas que muestran algún tipo de decoración por damasquinado. Recogemos estas palabras de la restauración de los hierros de la necrópolis de Miraveche que relatan por sí solas los detalles procedimentales y lo enérgico del método aplicado:

La operación debe vigilarse cada momento [...] Si la sosa cáustica se utiliza al 50 % la reacción es más activa. Sufrido este proceso, el objeto se limpia con un cepillo de acero, sometiéndolo a un fuerte lavado de agua. Entonces es el momento de sumergir el objeto en agua destilada hirviendo hasta que quede limpio del óxido y del reactivo utilizado.

Un texto que expresa el conocimiento detallado y el aprecio a este sistema de limpieza, en el que los restauradores tenían una plena confianza en que su aplicación proporcionaba la eliminación de todos los productos de corrosión, incluida la definitiva extracción de cloruros (Pellicer 1968:25-29). El trabajo se completaba con la consolidación de las piezas a base de celulosa en acetona o metacrilato de metilo en xileno. La superficie se acababa con la aplicación de una pátina artificial falsa de envejecimiento mediante color o de grafito con cera. Tampoco faltaron las capas de protección a base de la nueva parafina aplicada, sin duda, con calor.

Las conclusiones que podemos sacar del breve análisis de esta etapa serían estas:

- La difusión generalizada de las técnicas de limpieza electroquímica de los metales, tanto entre los restauradores del ICROA como entre los que desarrollaban esta tarea en otros museos de España. La valoración por ellos de estas nuevas técnicas fue muy satisfactoria calificándolas de “ensayos muy interesantes”.
- La introducción de estas técnicas en los programas académicos de las asignaturas de restauración de metales arqueológicos de las es-

cuelas de conservación y restauración a partir de 1967. Por tanto, los alumnos egresados de estas conocieron la práctica de estos procedimientos y los expandieron en muchos casos en los lugares donde ejercieron su profesión.

- La ausencia de criterios proteccionistas claros en las limpiezas y conservación de las pátinas de los metales fue clave en la expansión de las técnicas electroquímicas. Al menos, no se nota una preocupación por estos aspectos estéticos.
- La realización de limpiezas masivas de piezas, sobre todo de hierros, en los museos donde se implantan estas técnicas o en los talleres del recién fundado ICROA.
- Las incontroladas limpiezas electroquímicas generaron un fuerte impacto irreversible, que provocó la pérdida completa de la epidermis en las piezas de hierro restauradas. Esta degradación estética llevó aparejado el falseamiento de las superficies de estos metales, que fueron pintadas con una pátina falsa o grafitadas para ocultar el núcleo metálico.
- El uso de tratamientos químicos y electrolíticos/electroquímicos muy agresivos con todas las pátinas, al contrario de lo que pronosticaba en su manual H. J. Plenderleith (1956), no llevó aparejada la evacuación completa de los productos nocivos, pues los cloruros permanentes en los hierros se han activado con el paso del tiempo, necesitando muchas de estas piezas una nueva intervención.

2.1.3. 3ª etapa: la supremacía de las limpiezas mecánicas y abandono de las técnicas químicas y electroquímicas

Este nuevo período se desarrolla entre los años ochenta hasta final de siglo xx, aunque es evidente que el tránsito siempre es permeable. Podemos valorar algunos aspectos indicativos de lo que supuso en la restauración del Patrimonio Metálico.

En los años setenta finales y comienzos de los ochenta del siglo xx, con mayor o menor demora, se produce la introducción en España de criterios más restrictivos con los valores estéticos de las pátinas de los metales arqueológicos, nacidos de las Cartas de Restauración y de las teorías brandianas. Hay una consciencia de que los errores cometidos eran irreparables en la conservación de las pátinas y que, además, no se habían extirpado los productos más degradantes (por ejemplo, akaganeita o atacamita) del

interior de estos objetos de hierro o bronces causantes de la reactivación de su corrosión, como nosotros mismos pudimos verificar en un estudio de las restauraciones antiguas de armas prerromanas en el Museo del Ejército de Madrid (Barrio, Hermana y Pardo, 1998:238-241).

El peso de las normas deontológicas y legales es cada vez mayor en las decisiones de restauración adoptadas en las instituciones museísticas o en los responsables de colecciones arqueológicas. Se impone la que cabría denominar *conservación estética* sin abdicar, por supuesto, de la ya consolidada aportación científica. Aunque no puede hablarse en esos años de un protocolo metodológico bien desarrollado para la restauración de los metales, sea emanado de las Cartas de Restauración o consensuado entre los profesionales, a nuestro entender se pueden apreciar unos principios básicos más restrictivos y más conservativos para el Patrimonio Metálico:

1. Recuperar la integridad física posible en cada pieza de metal, con atención prioritaria a su pátina o superficie original.
2. Conservar las piezas sin núcleo metálico, aún a costa de abdicar de ciertos tratamientos.
3. Devolver la legibilidad estética e histórica a cada pieza, mediante la recuperación de la superficie original que haya llegado.
4. Propiciar la estabilización de los metales constituyentes de las obras, como garantía para su conservación futura.

A la luz de una mayor sensibilidad con la valoración estética de las obras, se abandonan por completo en los centros y talleres de restauración estas técnicas de limpiezas por reducción electroquímicas o electrolíticas descontroladas. Dichos métodos de limpieza electrolítica, a consecuencia de ello, se dejan de enseñar en las escuelas y en los talleres de los museos donde se realizan las prácticas de fin de carrera de los alumnos restauradores. El impacto afectó también al abandono drástico y a veces injustificado de los tratamientos químicos, incluso algunos que podrían ser útiles en la restauración de metales. Queda solo un uso muy restringido de algunos tratamientos químicos con algún apoyo de técnicas electroquímicas controladas.

Las limpiezas mecánicas, con el apoyo de análisis multidisciplinares, son las que se imponen en primacía casi exclusiva en la restauración de los materiales metálicos, pues gracias al mayor control que propician se pueden tomar decisiones más objetivas para la limpieza y estabilización de estos metales. Es considerado un método lento pero eficaz. Como

complemento de las técnicas mecánicas, se realiza la implantación de otros sistemas de intervención combinatorios más novedosos a principios de los años ochenta del siglo xx: microabrasímetros, cubetas de ultrasonidos, espátula ultrasónica [...] Todos ellos métodos de un control muy puntual, con el objetivo de preservar al máximo la pátina de los objetos metálicos restaurados.

Un ejemplo aleccionador de cómo, desde finales de los años setenta, estos nuevos procedimientos regidos por nuevos criterios deontológicos se fueron imponiendo en la práctica de los profesionales intervinientes en el Patrimonio Metálico nos lo ofrece la restauración de las piezas de hierro de las ruedas del carro ibérico de la necrópolis de La Toya (Jaén), llevado a cabo en el ICROA en 1977-1978. A pesar de ser un conjunto propicio para los tratamientos electroquímicos debido a la complejidad formal y topográfica de las chapas de hierro de los radios de la rueda con buen núcleo metálico, estos no se aplican, sino que se impone el método mecánico, completado con la eliminación de los cloruros de hierro con agua desmineralizada. En este trabajo hay una intensa preocupación por la piel original del objeto, por lo que la limpieza mecánica pretende conseguir la conservación de lo que quede de ella, sin dejar aflorar el metal subyacente. Asimismo, se potenciarán los sistemas de inhibición y protección de la superficie con nuevos productos bien testados, como es la resina acrílica Paraloid B-72 (copolímero de metacrilato de etilo y acrilato de metilo) usado como protector ante la corrosión, sobre la que se aplica una capa de cera, ahora la microcristalina, extraída del refinado de los hidrocarburos. Novedades de materiales importantes de adhesión, reintegración, consolidación y protección que permite la continuada aportación de la industria química de esos años.

Dentro de la arqueometría, surge una línea propia aplicada a la conservación. Se impone progresivamente el apoyo en las técnicas de investigación arqueométricas con diversos análisis que permitan conocer mejor el estado de conservación de los objetos. La etapa de diagnóstico se convierte en una tarea necesaria para abordar una mejor restauración y tomar las decisiones adecuadas. A modo de ejemplo, la radiología tradicional; aunque no es una técnica novedosa, es un recurso imprescindible y acompaña a buena parte de las restauraciones de armas más destacables, con el objetivo de reconocer su estado interno antes de la intervención.

Conforme pasan los años, las grandes dificultades para la decloruración en piezas de hierro y bronce derivan la preocupación hacia tratamientos de estabilización, que puedan desactivar los agentes o elementos de la corrosión

de los metales. La implantación paulatina de los procedimientos químicos de disolución y evacuación de cloruros se acepta como una solución viable en casos muy excepcionales. Crece la preocupación por los tratamientos de inhibición y estabilización, pues se es consciente de que la reactivación de la corrosión puede acarrear un daño irreversible a muchas obras en metal, haciendo que se pierdan para siempre las superficies originales que se han conseguido recuperar en la fase de limpieza.

2.1.4. 4ª etapa: incorporación de las nuevas técnicas innovadoras en restauración de Patrimonio

Desde fines del siglo xx y especialmente desde comienzo del siglo xxi asistimos a la llegada de nuevas tecnologías provenientes de los avances científicos en el campo de la investigación aplicada y que, en buena medida, ya han sido experimentadas en otros campos de la restauración de los bienes patrimoniales, como es el Patrimonio Arquitectónico. No se abandonan los métodos mecánicos o químicos ya conocidos ni se desprecian por su ineficacia, sino que se combinan buscando la solución de problemas sin resolver y, sobre todo, pensando en obtener la máxima conservación de las superficies originales de los objetos. En otros casos, son los graves problemas de estabilización de los metales mediante la extracción o reducción de los cloruros, principal problema para el futuro de muchos materiales metálicos. Y ello siempre acompañado de una investigación arqueométrica precisa de la acción de estos métodos de innovación en los procesos de restauración y una evaluación pautada de los resultados con el paso del tiempo.

Los nuevos métodos de innovación a que nos referimos son las técnicas láser, las electroquímicas con control potencioestático, y al horno de plasma frío de hidrógeno. A su explicación técnica y sus aplicaciones en el Patrimonio Metálico vamos a dedicar el capítulo 8 de esta guía; a él remitimos.

Así pues, en la actual etapa de la Historia de la Restauración del Patrimonio Metálico caminamos a un marco de aplicación transversal de técnicas combinatorias en la solución de problemas complejos y muy heterogéneos, donde necesariamente se haga uso de cualquiera de los métodos experimentados, ya sean tradicionales o innovadores. El único objetivo a perseguir es la mejor conservación futura de los objetos y obras metálicos.

2.2. Principios para la restauración del Patrimonio Metálico

Las restauraciones de los bienes respetarán las aportaciones de todas las épocas existentes. La eliminación de alguna de ellas solo se autorizará con carácter excepcional y siempre que los elementos que traten de suprimirse supongan una evidente degradación del bien y su eliminación fuere necesaria para permitir una mejor interpretación histórica del mismo. Las partes suprimidas quedarán debidamente documentadas (LPHE 16/1985, BOE 29/06/ 1985. Art. 39. Párrafo 3).

En este pequeño texto de nuestra vigente Ley de Patrimonio se recogen todas las prescripciones legales obligatorias; pero, sin duda, la práctica de la restauración debe llevarnos a hacer en esta guía una propuesta de principios de intervención algo más desarrollada y más concreta.

La restauración del Patrimonio Metálico es una tarea específica no carente de complejidad, como bien se sabe, y por ello con más razón ha de atenerse a una serie de normas y principios deontológicos, que han fraguado a lo largo de los últimos setenta años en lo que la profesión ha denominado “criterios de restauración y conservación”. Como se puede determinar por las palabras de páginas anteriores, la concreción de tales principios ha sido fruto de la Historia de la Restauración y, en un sentido más concreto, de la participación e influencia de los autores más relevantes de las teorías de la restauración científica desde el primer cuarto del siglo xx.

Después de una experiencia de trabajo de más de treinta años investigando y restaurando materiales metálicos en los laboratorios de la UAM, es intención hacer una valoración concluyente en este punto de los distintos aspectos que tienen más que ver con los procedimientos y la filosofía de trabajo, que con la metodología de trabajo. Quizás pueda recogerse bajo el paraguas de lo que debemos denominar *Ética del Patrimonio*, en consonancia con lo que se hace en otras ciencias como la Biología o la Medicina, donde también se incide directamente en animales o seres humanos. Con ello se quiere indicar, por tanto, que la intervención directa sobre un bien de Patrimonio Metálico debe estar rigurosamente justificada por un diagnóstico, y orientada a la recuperación y la conservación de la obra, además de responder a protocolos de acción determinados, emanados de las normas internacionales concernientes a la deontología de la conservación y restauración en estos primeros decenios del siglo XXI. El significado histórico y el valor documental de cada pieza obligan a ello.

Una vez decidida la necesidad de intervenir, es preciso alcanzar una solución óptima utilizando algunos criterios generales que garanticen a priori la fiabilidad, seguridad y durabilidad de los procedimientos de la restauración ejecutados. No en vano ICOM, como primera institución mundial en la conservación y cuidado de los bienes culturales, dejó manifiesto en 2006, en su Código Deontológico, directriz 3.5, al hablar de las investigaciones que se llevan a cabo en estos objetos, que “deben ser conformes a las prácticas jurídicas, éticas y académicas establecidas”.

Ante todo, es necesario efectuar una elección razonada, tras un cuidadoso análisis comparativo de diferentes hipótesis y pruebas reales, en función de la solución que se pretende llevar a cabo ejecutando la restauración sobre la obra. Esta solución debería ser preferentemente integral para que la intervención sea lo más general y, en cierto modo, lo más repetitiva posible y, por tanto, lo más controlable posible en sus efectos en el futuro. Para ello conviene haber definido con claridad un protocolo de trabajo, a semejanza de lo que se sigue en otros ámbitos como la Cirugía Clínica, con la que tanta similitud tiene la Restauración, obviando indudablemente las diferencias en el *sujeto*.

Si dejamos al margen un análisis crítico de lo que se ha hecho y cómo se ha hecho hasta hoy en la restauración de los metales, en la actualidad se viene apostando por unos criterios muy conservacionistas en la recuperación estructural y estética del Patrimonio Metálico. Se recogen algunos criterios compartidos por todo el Patrimonio Histórico, pero también otros específicos del Metálico, tan distintos de otros tipos por su naturaleza y estado de conservación. Podrían responder sintéticamente a estos presupuestos:

2.2.1. Características de la *pátina* y garantizar su conservación como prueba de autenticidad

Podemos considerar *pátina* natural (una definición siempre escurridiza) la que se genera desde el mismo momento de la producción del objeto por la transformación del metal original, producida por causas naturales debidas a las condiciones ambientales durante su etapa de uso o durante el enterramiento; en este caso solo propio de objetos arqueológicos. Es el elemento de mayor autenticidad en cualquier bien patrimonial, indicativo de la huella del paso del tiempo sobre él, sea este más o menos prolongado. En este sentido, tanto es *pátina* la película generada en una escultura de bronce de un