

# BROMECC 33

Boletín de Investigación en Conservación-  
Restauración de Metal

Enero 2012

## Editorial

Este número contiene un amplio abanico de temas de investigación sobre conservación de metales desde Europa y Oriente Próximo. Esta continuación de la actividad investigadora se evidencia a pesar de una economía global debilitada y turbulencias políticas regionales: noticias recientes de algunos Contactos Nacionales han destacado los severos cortes en financiación y el cierre de escuelas de conservación e institutos de investigación en conservación en Hungría, Reino Unido y Rumanía (destacando el National Research Laboratory for Conservation and Restoration of Movable National Cultural Heritage). Sería de gran interés estimar cuanta investigación han sido o será afectada con el tiempo por estos cambios recientes.

De los *nuevos proyectos de investigación* que aparecen en este número, se hace una petición internacional de muestras de corrosión de cobre asociado con vidrio, desde una escuela de conservación alemana; un nuevo proyecto italiano está evaluando protecciones proporcionada por sistemas microclimáticos activos con una cara abierta y materiales no tóxicos para prevenir la corrosión en bronce dorados; y desde Egipto se han hecho hallazgos en ensayos de laboratorio con bronce tratados con inhibidores de corrosión y barreras protectoras. Investigadores en Gales están desarrollando un modelo de gestión predictivo para controlar las velocidades de corrosión del hierro arqueológico, mientras que en Irán, estudiantes de doctorado han comenzado un proyecto similar sobre bronce arqueológicos, como se resume en *proyectos de investigación en desarrollo*. Otra *investigación en desarrollo* es presentada desde Egipto, donde se está trabajando en una metodología para la reconstrucción de metales arqueológicos fragmentados y también en Suiza, donde se evaluará el desarrollo de hongos para producir pátinas de protección en cobre/bronce. Otro trabajo suizo, esta vez un *proyecto de investigación finalizado* dentro de una tesis de máster, evaluó el uso potencial de láseres para eliminar los productos de corrosión del cobre dorado arqueológico. Otro estudiante de máster, de Egipto, ha probado el láser y los ultrasonidos localizados para eliminar el empañamiento de hilos metálicos.

Las novedades en la lista de *próximos seminarios y congresos* son una reunión multidisciplinar en Francia sobre bronce franceses y un coloquio sobre conservación de bronce que tendrá lugar en Alemania y finalmente la próxima reunión intermedia del Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC, *Metal 2013*. Los *anuncios* incluyen la disponibilidad de las actas del último congreso del Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC, *Metal 2010*, y la disponibilidad online de una tesis sobre la corrosión de metales arqueológicos y la alteración de sus superficies originales.

¡Les deseo una interesante y agradable lectura!

James Crawford

### Editor y traductor anglófono:

James Crawford  
[jamesbcrawford76@gmail.com](mailto:jamesbcrawford76@gmail.com)

### Coeditor francófono:

Michel Bouchard  
[mbouchard@caraa.fr](mailto:mbouchard@caraa.fr)

### Traductores francófonos:

Nathalie Richard  
[n.richard.elmesti@videotron.ca](mailto:n.richard.elmesti@videotron.ca)

Elodie Guilminot  
[elodie.guilminot@arcantique.org](mailto:elodie.guilminot@arcantique.org)

Marc Voisot  
[horloqer@pendulerie.com](mailto:horloqer@pendulerie.com)

### Coeditor hispanófono:

Emilio Cano  
[ecano@cenim.csic.es](mailto:ecano@cenim.csic.es)





### Traductores hispanófonos:

Diana Lafuente  
[diana.lafuente@gmail.com](mailto:diana.lafuente@gmail.com)




Inmaculada Traver  
[lacirujanadelarte@gmail.com](mailto:lacirujanadelarte@gmail.com)

## Contenidos



### Nuevos proyectos de investigación

	<i>Corrosión de metal inducida por el vidrio en exposiciones de metal (GIMME): ¿se necesitan muestras!</i> ..... 3
	<i>Estrategias innovadoras de conservación para bronce dorados</i> ..... 4
	<i>Control basado en la evidencia de las condiciones del patrimonio en hierro</i> ..... 5
	<i>Evaluación en laboratorio de los inhibidores de corrosión y capas de protección usadas en objetos de bronce</i> ..... 6

### Proyectos de investigación en desarrollo

	<i>Investigaciones sistemáticas sobre la corrosión y el medio de enterramiento para mejorar la evaluación de riesgos de colecciones de bronce arqueológicos recién excavados</i> ..... 7
	<i>Metodología integrada para la documentación y reconstrucción virtual de fragmentos metálicos</i> ..... 8
	<i>Desarrollo y evaluación de un tratamiento biológico innovador para la protección de objetos metálicos</i> ..... 9

### Proyectos de investigación finalizados

	<i>El láser como medio de eliminación de productos de corrosión sobre objetos arqueológicos: el caso del dorado sobre aleaciones de cobre</i> ..... 10
	<i>Ensayos preliminares y aplicación empírica de laser y ultrasonidos para la eliminación del empañamiento de hilos metálicos textiles</i> ..... 11
	Abreviaturas y acrónimos ..... 12

### Información general

Próximos seminarios y congresos.....	13
Anuncios .....	13
Sitios web.....	14
Contactos Nacionales .....	16

**Imagen de portada:** Levantamiento de un dorado sobre cobre realizado por sustitución electrolítica. Una temperatura mayor de 80°C y/o un tiempo de dorado de más de 25-30 minutos pueden haber inducido este ampollamiento. Copyright: Valentine Brodard/Haute école de Conservation-restauration (HE-Arc). Consultar el resumen de Brodard, "El láser como medio de eliminación de productos de corrosión sobre objetos arqueológicos: el caso del dorado sobre aleaciones de cobre".

**BROMECC sitio web:** <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/physics/research/condensedmatt/sims/bromec/>

**BROMECC suscripción:** <http://listserv.csv.warwick.ac.uk/mailman/listinfo/bromec-bulletin-of-research-on-metal-conservation>

## Corrosión de metal inducida por el vidrio en exposiciones de metal (GIMME): ¿se necesitan muestras! (SABKS) <sup>1</sup>

### Nuevo proyecto de investigación



**Contacto:** Gerhard Eggert  
([gerhard.eggert@abk-stuttgart.de](mailto:gerhard.eggert@abk-stuttgart.de)) (SABKS), Andrea Fischer (SABKS)

**Financiación:** Friede Springer Stiftung

Muchos vidrios históricos son inestables debido a su alto contenido de agentes fundentes alcalinos. Las capas alcalinas de la superficie formadas en atmósferas húmedas pueden atacar a las aleaciones de cobre cercanas (incluyendo la plata histórica) como se ha determinado en los últimos años [2-5]. El plomo (p. ej. el emplomado de vidrieras, el plomo de los espejos o bolas) puede verse afectado también. En Stuttgart se han identificado hasta el momento dos formiatos de cobre diferentes como productos de corrosión: acetato formiato de cobre y sodio (socoformacita; el sodio proviene de la corrosión del vidrio) y formiato-trihidroxidicobre (el necesario pH alcalino >8 se debe a la corrosión del vidrio). Los objetos compuestos de vidrio/metal potencialmente afectados incluyen esmaltes en cobre y plata (p. ej. Limoges), cuentas de vidrio y bolas montadas en alambre, daguerrotipos con marcos de latón y cubierta de vidrio, y la plata en contacto con el vidrio (gemas de vidrio montado [p.ej. en las portadas de libros medievales o sepulcros], una flauta de vidrio, una caja de vidrio rubí y copa del periodo barroco).

Una exitosa conservación preventiva requiere la identificación de las fuentes de contaminación. Excepto para el ácido fórmico de la madera, el formaldehído (vía oxidación o mediante la reacción Cannizzaro en láminas de superficie alcalina) pueden jugar su papel. Otra posible fuente que va a ser investigada es la formación hipotética a partir del monóxido de carbono o el uso de baños limpiadores de la plata con ácido fórmico. La prevención debería eliminar la fuente de los contaminantes o -si no es posible- usar absorbentes, establecer un almacenamiento seco (pero no por debajo del 35% HR), y aplicar recubrimientos, si se estima oportuno.

El proyecto de investigación GIMME investigará la frecuencia de estos fenómenos mediante revisiones sistemáticas de colecciones seleccionadas. Otros compuestos (que contengan potasio, carbonato o sulfato...) se forman, pero no se han identificado todavía; por lo tanto se aplicará XRD, SEM-EDX y microscopía Raman. Los experimentos en laboratorio tendrán como objetivo dilucidar la formación y naturaleza de los compuestos.

El proyecto pide a todos los conservadores muestras de productos de corrosión de cualquier metal y observaciones de lo que ocurre solamente en objetos compuestos de metal que estén cercanos a vidrio.

1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME33.

2. Eggert, G., 2010. Corroding glass, corroding metals: survey of joint metal/glass corrosion products on historic objects. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 45 (5), 414-419.

3. Eggert, G., Wollmann, A., Schwahn, B., Hustedt-Martens, E., Barbier, B., Euler, H., 2008. When glass and metal corrode together. In: J. Bridgland (Ed.), 15th ICOM-CC Triennial Conference New Delhi, Preprints Vol. 1, 211-216. New Delhi: Allied Publishers.

4. Eggert, G., Bühner, A., Barbier, B., Euler, H. 2010. When glass and metal corrode together II: A Black Forest Schäppel and further occurrences of socoformacite. In: H. Roemich (Ed.), *Glass and Ceramics Conservation 2010*, 174-180. Corning (NY): Corning Museum of Glass.

5. Eggert, G., Haseloff, S., Euler, H., Barbier, B. 2011 When glass and metal corrode together III: The formation of dicoppertrihydroxyformate. In: J. Bridgland (Ed.), 16th ICOM-CC Triennial Conference Lisbon. Preprints CD.

## Estrategias innovadoras de conservación para bronce dorados (UNIFE, IFAC-CNR, POLIMI, UNIBO) <sup>1</sup>

### Nuevo proyecto de investigación



**Contacto:** Cecilia Monticelli ([mtc@unife.it](mailto:mtc@unife.it)) (UNIFE), Andrea Mencaglia (IFAC-CNR), Sara Goidanich (POLIMI), Carla Martini (UNIBO)

**Financiación:** Gobierno italiano (PRIN 2009)

Un proyecto de investigación que se desarrollará durante 2 años entre 4 socios se dedicará a la conservación de bronce dorados. La conservación frente a la corrosión en ambientes de interior o exterior es un problema difícil que, en el caso de valiosas obras maestras, no se soluciona con los procedimientos actuales de mantenimiento y protección. En particular, se encuentran limitaciones importantes para su limpieza y protección cuando la obra ha sido dorada. Hoy en día, la manera preferida de evitar los fenómenos de deterioro es la de aplicar medidas preventivas, incluyendo las condiciones microclimáticas controladas. Por ejemplo, para controlar de manera efectiva la humedad relativa y la temperatura, así como prevenir la acumulación de depósitos, se suele proponer la conservación en vitrinas selladas. Estos métodos se han adoptado ampliamente, pero su uso es a menudo cuestionado para objetos artísticos importantes puesto que se dificulta potencialmente el disfrute de la obra a los visitantes del museo. En años recientes, se ha dedicado una actividad investigadora intensiva en el campo de los bienes culturales a la síntesis y ensayo de nuevos inhibidores de corrosión, asociados o no a recubrimientos protectores. Estos han de estar formulados adecuadamente para evitar cualquier cambio en las superficies tratadas. En este proyecto se desarrollarán nuevas metodologías de conservación para obras de arte en aleaciones de cobre doradas situadas en el exterior o interior. Estas están basadas en condiciones ambientales controladas y tratamientos no tóxicos de la superficie con silanos, tiazoles y tetrazoles; la efectividad de las mismas evaluará mediante técnicas de diagnóstico no invasivas. Se diseñarán vitrinas con una cara abierta con control microclimático mediante flujos de aire seco modelados teóricamente y tratamientos no tóxicos de la superficie y se evaluarán sistemáticamente en grupos de probetas, incluyendo aleaciones de cobre patinadas y doradas. Los socios cuentan con la colaboración del OPD.

*1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME C 33.*

## Control basado en la evidencia de las condiciones del patrimonio en hierro (CU, UoM) <sup>1</sup>

### Nuevo proyecto de investigación



**Contacto:** David Watkinson ([watkinson@cardiff.ac.uk](mailto:watkinson@cardiff.ac.uk)) (CU), Melanie Rimmer (CU), Stuart Lyon (UoM), James Dracott (UoM)

**Financiación:** AHRC/EPSRC Science and Heritage Programme

Un proyecto de 3 años proporcionará evidencias cuantitativas para la conservación y gestión del patrimonio en hierro. Los objetos de hierro arqueológico a menudo sufren corrosión inducida por cloruros tras su excavación, que altera severamente la información que portan las capas de productos de corrosión y deja al objeto inútil para su estudio o exhibición. Aunque su almacenamiento a baja humedad relativa inferior al 15% HR se sabe que previene la corrosión por cloruros, muchas instituciones dedicadas al patrimonio no tienen recursos para mantener indefinidamente parámetros ambientales tan estrictos. Es por tanto esencial desarrollar el concepto de gestión del control de la corrosión, que requiere un entendimiento cuantitativo de las relaciones entre las condiciones ambientales, la velocidad de corrosión, el contenido de cloruros y la integridad física de los objetos. Usando estos datos, se planea el desarrollo de un modelo de gestión predictivo para controlar la velocidad de corrosión y ampliar el periodo de vida de los objetos de hierro.

El estudio registrará cuantitativamente la velocidad de corrosión de ~300 clavos arqueológicos de hierro forjado, a temperatura ambiente en una HR controlada mediante la medición del oxígeno consumido por la reacción de corrosión. Durante este proceso, la integridad física de las capas de corrosión se observarán mediante documentación fotográfica de alta resolución que será usada para la valoración cualitativa de las pérdidas de valor patrimonial por el grado de fisuras/descamación que se produzca. Después, cada clavo será disuelto para medir el contenido total de iones cloruro. Se usarán tests que cambiarán incrementalmente la HR para evaluar cómo los cambios en los parámetros ambientales afectan a la velocidad de corrosión de cada objeto individual. Las relaciones entre HR, contenido de cloruros y velocidad de corrosión se evaluarán en relación con la integridad física y, por tanto, el tiempo de vida útil de los objetos.

Los resultados iniciales muestran que es posible medir la corrosión a temperatura ambiente de objetos reales de hierro en un rango del 20% y 80% HR. Las velocidades de corrosión al 20% son típicamente dos órdenes de magnitud más lentas que al 80%. El cambio físico en la formación o ampliación fisuras, “exudación” y pérdida de productos de corrosión se ha documentado al 80% de HR. El proyecto se encuentra actualmente ampliando el rango de HR y completando los tests iniciales examinando el efecto de la eliminación de los iones cloruro mediante desalinización alcalina.

Un proyecto de tesis doctoral relacionado con este tema en la Escuela de Materiales de la Universidad de Mánchester, está continuando este trabajo con sensores ERCM que miden la velocidad de corrosión en un ambiente dado, usando un sensor de hierro pre-corroído con iones cloruros. Relacionando los datos del ERCM con las velocidades de corrosión de los objetos reales, los sensores pretenden controlar los ambientes para evaluar su corrosividad y predecir el comportamiento del material arqueológico.

Para más información del proyecto, visite: <http://www.cardiff.ac.uk/share/research/projectreports/conservationiron/index.html>

1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME C 33.

## Evaluación en laboratorio de los inhibidores de corrosión y capas de protección usadas en objetos de bronce (SVU, CU) <sup>1</sup>

### Nuevo proyecto de investigación



**Contacto:** Yussri Salem  
Mahrouse Ali ([Yussri\\_25@yahoo.com](mailto:Yussri_25@yahoo.com)) (SVU), Mai  
Mohammed Rifai (CU)

**Financiación:** Sin financiación externa

El principal objetivo de este estudio acelerado es evaluar, mediante medidas electroquímicas y gravimétricas, la eficacia de algunos inhibidores de corrosión comunes y barreras de protección usadas en objetos de bronce. Los inhibidores de corrosión usados fueron benzotriazol (BTA:  $C_6H_5N_3$ ) y 2-mercaptobenzotriazol (MBT:  $C_7H_5NS_2$ ), mientras que las capas protectoras usadas fueron Paraloid™ B-72 y Paraloid™ B-66. Tanto las barreras como los inhibidores fueron aplicados mediante simple inmersión usando soluciones 3% p/v en etanol por 24 horas. El grosor resultante no fue determinado. Se usó para todos los ensayos un bronce no corroído y pulido con una aleación binaria de cobre de composición Cu 93: Sn 6.

Las medidas de polarización potenciodinámica (velocidad de barrido: 5 mV/s) se llevaron a cabo usando dos medios acuosos corrosivos:

- disolución de mezcla de sales ( $Na_2SO_4$  [0,2 g l<sup>-1</sup>] +  $NaHCO_3$  [0,2 g l<sup>-1</sup>] +  $NaCl$  [0,2 g l<sup>-1</sup>]; en agua del grifo acidificada a pH 5 con la adición de HCl diluido [0,5 M]; y
- HCl [0,5 M] en disolución en agua del grifo.

En la solución de mezcla de sales, la corriente disminuyó con la presencia de todos los inhibidores: la disminución de la corriente catódica fue igual para todos los inhibidores, mientras que el descenso de la corriente anódica varió ligeramente; fue mayor para el BTA, y el mismo para el B-66, MBT y B-72. Así pues, todos estos inhibidores fueron efectivos pero el BTA obtuvo los mejores resultados para la solución de mezcla de sales. En HCl, la corriente (principalmente la catódica) aumentaban con la presencia de BTA, B-66 o B-72. La corriente disminuía sólo con el MBT. No se ha establecido aún una cuantificación precisa de las velocidades de corrosión en ambas soluciones.

Los ensayos de pérdida de masa se llevaron a cabo en probetas rectangulares (30 x 20 x 1 mm). Las probetas tratadas con B-72, B-66, BTA y MBT se sumergieron en condiciones extremas: cloruro cúprico ( $CuCl_2$ : 20% p/v). La pérdida de masa atribuible a la corrosión del metal fue calculada después del decapado químico de los productos de corrosión del sustrato de los metales. La eficacia ante la protección a la corrosión de los compuestos inhibidores seleccionados y las capas de polímeros, después de dos y cuatro semanas, fueron valoradas relativamente: BTA > MBT y B-66 > B-72.

Se necesitarían ensayos adicionales en atmósferas reales para confirmar si la relativa protección a la corrosión demostrada por los materiales probados, en estas condiciones extremas y acuosas, son representativas de condiciones atmosféricas.

1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROMECC 33.

## Investigaciones sistemáticas sobre la corrosión y el medio de enterramiento para mejorar la evaluación de riesgos de colecciones de bronce arqueológicos recién excavados (AUI, SUT) <sup>1</sup>

### Proyecto de investigación en desarrollo



**Contacto:** Omid Oudbashi  
(o.oudbashi@ aui.ac.ir) (AUI),  
Seyed Mohammadamin Emami  
(AUI), Parviz Davami (SUT)

**Financiación:** Sin financiación  
externa

Para anticipar de una manera eficiente las necesidades de conservación durante y después de la excavación, este proyecto de tesis doctoral está investigando metódicamente los sistemas medio-material de bronce encontrados en excavaciones arqueológicas terrestres. Naturalmente, la metalurgia del objeto y el medio de enterramiento están implicados en los posibles mecanismos de corrosión, y su consecuente morfología de corrosión. Sin embargo, es normalmente el objeto y sus recién formados productos de corrosión los primeros indicadores de la inestabilidad del objeto: después de que haya tenido lugar la corrosión. Se han realizado previamente investigaciones de algunas morfologías de corrosión (las así llamadas "Tipo I" y "Tipo II"), presentes en bronce que han sido excavados, para establecer probables mecanismos de corrosión [1], y estas deducciones se han extendido para incluir morfologías de corrosión que de aspecto similar en objetos de bronce de otras excavaciones [2]. Sin embargo, existen desviaciones de estas dos conocidas categorías. Así, para identificar otros bronce potencialmente inestables, este estudio amplía esa clasificación para incluir corrosiones de bronce con otra apariencia. Esta sistemática reunión de información pretende mejorar de manera práctica las estrategias de conservación arqueológica mediante la recolección de evidencias de excavaciones actuales; posiblemente permitiendo predecir la evaluación de riesgos para futuras excavaciones. Esto podría ayudar en la toma de decisiones para los procedimientos en las excavaciones (incluyendo la limpieza preliminar, embalaje, transporte y almacenamiento), tratamientos de conservación y métodos de exposición.

Parece que es necesario un abordaje completo e integrado basado en tres parámetros principales. Se ha establecido un sistema material-medio llamado *metal-corrosión-suelo* para ayudar a caracterizar sistemáticamente las morfologías de corrosión y la estabilidad de una colección de objetos excavados de bronce de dos excavaciones iraníes, aún en progreso. Las morfologías de la corrosión de los objetos varían, y están siendo estudiadas durante y después de la excavación para documentar las alteraciones. Además de la metalurgia del objeto (p. ej. composición y manufactura), los principales parámetros estudiados son su corrosión (p. ej. especies, cantidades, morfología, mecanismos deducidos) y la descripción del suelo de enterramiento (p.ej. tipo, textura y tamaño de grano, pH, potencial redox, conductividad/resistividad, agua contenida, sales solubles, materiales orgánicos). Finalmente, se hará un intento para determinar la presencia de alguna relación con los diversos parámetros del sistema metal-corrosión-suelo y la condición actual de conservación de unos 3000 objetos.

La principal contribución prevista de esta investigación es establecer una guía práctica in situ para los conservadores de arqueología durante las excavaciones de colecciones de bronce. Se espera que la metodología se amplíe para incluir otros metales arqueológicos. Usando este método, se piensa que se podrán identificar muchos problemas antes de empezar, o en las primeras etapas de una excavación; especialmente útil cuando una excavación ofrece cientos de objetos.

1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME 33.

2. Robbiola, L., Blengino, J. M., Fiaud, C., 1998. Morphology and Mechanisms of Formation of Natural Patinas on Archaeological Cu-Sn Alloys. *Corrosion Science*, 40, 2083-2111.

3. Oudbashi, O, Emami, S. M., 2010. A note on the corrosion morphology of some Middle Elamite copper alloy artefacts from Haft Tappeh, southwest Iran. *Studies in Conservation*, 55 (1), 20-25.

## Metodología integrada para la documentación y reconstrucción virtual de fragmentos metálicos (CU, CULTNAT) <sup>1</sup>

### Proyecto de investigación en desarrollo



**Contacto:** Wafaa A. Mohamed  
([wafaanw@yahoo.com](mailto:wafaanw@yahoo.com)) (CU),  
Ibrahim El-Rifai (CULTNAT)

**Financiación:** Sin financiación externa

Esta investigación explora la posibilidad de una reconstrucción virtual de objetos arqueológicos metálicos a partir de fragmentos. Se está examinando una colección de seiscientos veintidós fragmentos metálicos grecorromanos, gravemente corroídos, encontrados en un tesoro arqueológico. La investigación propone la integración de la documentación tradicional y avanzada y técnicas analíticas para obtener la forma física, sus características y la composición química de los fragmentos, estableciendo las bases para la clasificación y combinación de los fragmentos y su reconstrucción virtual como objetos.

Las formas y características fueron examinadas mediante una clasificación manual preliminar, acompañada por un dibujo a mano y siglado. Se usó un escáner láser 3D de corta distancia para capturar la geometría, sobre todo para los objetos grandes. Las medidas se tomaron con calibres, así como mediante software CAD. Se usó microfotografía para capturar los colores y los detalles de la superficie. La microestructura se examinó usando microscopía óptica (OM), microscopía de luz polarizada (PLM) y microscopía electrónica de barrido (SEM). La composición de la aleación y los productos de corrosión fueron respectivamente analizados mediante SEM con espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDX) y difracción de rayos X.

Se encontró que el procedimiento de reconstrucción propuesto sólo funcionaba cuando el tamaño del fragmento era lo suficientemente grande para reconstruir el modelo propuesto y el fragmento mismo pertenecía a una forma simétrica, p. ej. una vasija. Mientras, se identificaron otros objetos y sus formas fueron estimadas porque sus fragmentos pertenecían a una forma conocida de un objetos histórico, p. ej. una pátera y jarra. Por supuesto, si sólo se cuenta con pocos fragmentos, la reconstrucción no es aún posible. Los fragmentos pequeños se documentaron solo fotogramétricamente porque no se pueden proponer modelos reconstruidos a no ser que tengan marcas distinguibles que los relacionen con otros objetos. Otro asunto que dificulta la reconstrucción son los procesos de alteración, tales como la disolución preferente y la redeposición de los componente de la aleación que pueden afectar más o menos a la composición química y a la microestructura. Por último, toda diferencia química y estructural atribuible a diferentes procesos de fabricación en objetos de composición múltiple tienen que ser considerados, p. ej. el cuerpo de una jarra forjada unido a un asa o base fundida.

Actualmente, se han procesados los datos de seis potenciales reconstrucciones virtuales, permitiendo una presentación virtual de estos objetos muy dañados, sin procedimientos de intervención de restauración. Un resultado propuesto de esta metodología específica es un marco general para la documentación, descripción, agrupación y reconstrucción virtual de los objetos metálicos desde los restos fragmentarios.

*1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME33*



## Desarrollo y evaluación de un tratamiento biológico innovador para la protección de objetos metálicos (SNM, LAMUN, ISMAR, M2ADL) <sup>1</sup>

### Proyecto de investigación en desarrollo



**Contacto:** Joseph ([edith.joseph@snm.admin.ch](mailto:edith.joseph@snm.admin.ch)) (SNM), Daniel Job (LAMUN), Paola Letardi (ISMAR), Rocco Mazzeo (M2ADL), Marie Wörle (SNM)

**Financiación:** Beca Marie Curie Intra European

1. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME C 33.

2. Sayer, J.A., Kierans M., Gadd G.M., 1997. Solubilisation of some naturally occurring metal-bearing minerals, limescale and lead phosphate by *Aspergillus niger*. *FEMS Microbiology Letters*, 154 (1), 29-35.

3. Gadd, G.M., 2007. *Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation*. *Mycological Research*, 111, 3-49.

4. Marabelli, M., Mazzeo, R., 1993. *La corrosione dei bronzi esposti all'aperto: problemi di caratterizzazione*. *La metallurgia italiana*, 85 (4), 247-254.

5. Nassau, K., et al., 1987. *The characterisation of patina components by X-ray diffraction and evolved gas analysis*. *Corrosion Science*, 27 (7), 669-684.

6. Mazzeo, R., Chiavari, G., Morigi, G., 1989. *Identificazione ed origine di patine ad ossalato su monumenti bronzei: il caso del Portale Centrale del Duomo di Loreto (AN)*. In: *Le Pellicole ad ossalati: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte*. Centro del C.N.R. "Gino Bozza", Milano.

7. Joseph, E., Simon, A., Prati, S., Wörle, M., Job, D., Mazzeo, R., 2011. *Development of an analytical procedure for evaluation of the protective behaviour of innovative fungal patinas on archaeological and artistic metal artefacts*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 399 (9), 2899-2907. (Paper in Forefront)

En el marco del proyecto BAHAMAS, se están evaluando posibilidades alternativas para la protección de obras metálicas. Esta investigación pretende modificar los productos de corrosión existentes formando compuestos más estables y menos solubles, mientras se mantiene la apariencia física superficial. Según la literatura, algunas especies de hongos han demostrado tener la habilidad de transformar minerales que contienen metales en oxalatos metálicos [2]. La síntesis de los oxalatos metálicos es parte los mecanismos de resistencia natural y tolerancia desarrollados por algunos hongos en presencia de iones de metales pesados [3]. Los oxalatos metálicos se sabe son muy insolubles y químicamente estables, incluso en atmósferas ácidas (pH 3) [4]. Se han observado oxalatos de cobre en monumentos de bronce en el exterior; sin embargo, afortunadamente, estos no se han asociado con fenómenos de corrosión cíclica [5, 6]. Por tanto, se está explorando el potencial de los hongos para convertir pátinas de corrosión existentes en pátinas de oxalato metálico.

Se evaluó la capacidad de la *Beauveria bassiana* de producir oxalatos de cobre y se ensayó su comportamiento y se comparó con otras especies de hongos en varios medios que contenían cobre. Se están investigando los mecanismos de formación y las propiedades de adhesión de los nuevos oxalatos metálicos formados en los sustratos de cobre/bronce con pátinas urbanas o marinas [7]. El comportamiento de los tratamientos está siendo caracterizado con técnicas analíticas complementarias: difracción de rayos X (XRD), microscopía FTIR, microscopía Raman, microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS), colorimetría y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Su comportamiento bajo envejecimiento también está siendo evaluado y comparado con materiales de referencia (p. ej. Cosmolloid H80; silano: Dynasylan® F8263...). Se espera que las pátinas estables creadas proporcionen una protección alta y permitan la inhibición de los procesos de corrosión. Es importante destacar que la síntesis de los oxalatos metálicos mediante los hongos naturales es un proceso que ocurre en un pH neutro y cerca de la temperatura y presión ambientales. El uso de estos tratamientos biológicos representa una estrategia ecológica con muy pocos o ningún efecto en la salud y el medio ambiente. Se espera un progreso sustancial en términos de durabilidad, efectividad y toxicidad. Este trabajo se basa en una colaboración entre el Swiss National Museum (SNM), l'Institut di Scienze Marine (ISMAR) y las Universidades de Neuchâtel (LAMUN) y Bolonia (M2ADL), y cuenta con el soporte de la Unión Europea, dentro del Séptimo Programa Marco (FP7).

## El láser como medio de eliminación de productos de corrosión sobre objetos arqueológicos: el caso del dorado sobre aleaciones de cobre (HE-Arc)<sup>1</sup>

### Proyecto de investigación finalizado



**Contacto:** Valentine Brodard  
([valentine.brodard@gmail.com](mailto:valentine.brodard@gmail.com))  
(HE-Arc)

**Financiación:** Sin financiación externa

Los productos de corrosión presentes sobre los objetos arqueológicos en aleaciones de cobre dorado plantean problemas en el momento de su eliminación. Hay un riesgo importante de alterar el objeto, ya que una eliminación mecánica podría rayar el dorado y una limpieza química podría degradar el metal constituyente así como acelerar la corrosión [2-3].

Este trabajo, llevado a cabo durante una memoria de master [4], orientado a los objetos arqueológicos y etnográficos, tiene como objetivo, probar el láser como un método alternativo en las limpiezas habituales de objetos precolombinos de aleación de cobre dorado. Estos materiales se encuentran cubiertos por una capa de cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) sobre la cual encontramos la malaquita ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ). Este estudio se ha centrado en la eliminación de la capa de cuprita que recubre dichos objetos; el caso de la malaquita ha sido menos estudiado.

El estudio de objetos precolombinos demostró que el material de soporte era un cobre poco aleado y el dorado podría haber sido realizado por sustitución electrolítica. Se han utilizado probetas de cobre dorado según esta técnica para simular el comportamiento de los materiales originales en los ensayos con láser.

Después del estudio bibliográfico y según la disponibilidad de material, nuestra elección de láseres se llevo a cabo entre:

- Nd :YAG *short free running*, (1064 nm, 100  $\mu\text{s}$ ),
- Nd :YAG *long Q-switch*, (1064 nm, 100 ns),
- *Q-switch* (1064 nm, 13 ns).

La selección de fluencias (o densidad de energía,  $\text{J}/\text{cm}^2$ ) se hizo a partir de pruebas del dorado expuesto a diferentes haces láser. Los valores obtenidos son: máximo 0,48  $\text{J}/\text{cm}^2$  con el láser *Long Q-switch* y 3,6  $\text{J}/\text{cm}^2$  para el láser *Q-switch*. En los ensayos llevados a cabo con el láser *short free running* no fue posible evitar la alteración del dorado (duración del pulso: 100  $\mu\text{s}$ , frecuencia: 1-5 Hz, fluencia: 0.3  $\text{J}/\text{cm}^2$ ).

Los test de ablación de la cuprita a estas fluencias no permitieron la eliminación de la misma. La utilización de fluencias más fuertes produce una alteración del oro en diversas formas: bruñido, fusión, hasta la desaparición total y fusión parcial del cobre.

Aunque está centrado sobre un tipo de dorado, esta investigación pone de relieve las dificultades para eliminar los productos de corrosión sobre un metal dorado. El aumento de la temperatura, durante el tratamiento, es un problema que no puede ser descuidado. Actualmente, es difícil aconsejar la utilización del láser sobre objetos arqueológicos en aleación de cobre recubiertos por un dorado por sustitución electrolítica: los resultados obtenidos no permiten asegurar la inocuidad para los objetos.

1. Traducido al español por I. Traver y E. Cano. Versión original presentada por el autor en francés; consultar la versión francesa del BROME33.

2. Volfovsky, C. 2001. *La conservation des métaux*. Paris : CNRS éditions.

3. Eichhorn, P., 1985. *Bergung, Restaurierung und Konservierung archäologischer Gegenstände aus Bronze*. H. Born, *Archäologische Bronzen Antike Kunst Moderne Technik*. Berlin: SMPK. 153-157.

4. Máster obtenido en agosto 2011, en la Haute école de Conservation-restauration Arc

# Ensayos preliminares y aplicación empírica de laser y ultrasonidos para la eliminación del empañamiento de hilos metálicos textiles (CU) <sup>1</sup>

## Proyecto de investigación finalizado



**Contacto:** Fatmaa EL-Zahraa  
Sadat Mohamed  
([hamees\\_angel@yahoo.com](mailto:hamees_angel@yahoo.com))  
(CU)

**Financiación:** Sin financiación externa

El limpiar o no hilos compuestos metálicos-textiles de sus capas empañadas, sigue siendo una opción de tratamiento debatida [2, 3]. Si se procede a su limpieza, las técnicas comúnmente aplicadas pueden ser inadecuadas: las técnicas mecánicas pueden eliminar la superficie; p. ej. dorados. Y debido a su intrincada construcción, la mayoría de las técnicas de limpieza convencionales no aseguran una eficiente, localizada y controlada eliminación del empañamiento sin dañar los componentes orgánicos. Algunos estudios han explorado las técnicas láser en plata dorada e hilos de cobre plateados [4] e hilos de plata empañados [5]; presentando unos efectos secundarios no deseados o resultados limitados. La sonda de desincrustación de ultrasonidos es otra técnica de limpieza para limpiar textiles metálicos potencialmente desaconsejada, con pocos estudios [6].

En un proyecto de máster se llevó a cabo el ensayos de estas técnicas inusuales de eliminación del empañamiento con la observación de una disminución del empañamiento presente en un textil mogul indio (alrededor del s. XVII-XVIII d.C.) bordado con hilos metálicos. La composición orgánica e inorgánica del textil fue determinada primero mediante microscopía óptica (MO), microscopía de luz polarizada (MLP) y microscopía electrónica de barrido (SEM), y mediante micro-análisis de espectroscopía por dispersión de energía de rayos X (EDX), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), espectroscopía de absorción atómica (AAS), y difracción de rayos X (XRD). El tejido estaba hecho con una base de algodón y seda. El bordado metálico se confeccionó mediante una banda de doble cara dorada sobre cobre que estaba enrollada alrededor de la base de algodón. La banda de cobre tenía trazas de plata, oro, zinc y plomo, y fue mecánicamente dorada en ambos lados con "lámina de oro". El textil manifestaba diferentes signos de degradación física y empañamiento del metal (sulfuro de cobre, como se determinó por XRD).

1. Versión original presentada por el autor en inglés. Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Consultar la versión inglesa del BROMECE 33.

2. Howell, D., 1989. *Experiments with Chemical Cleaning for Metal Threads*. In *Scientific Analysis of Ancient and Historic Textiles informing Preservation, Display, and Interpretation: Post prints*, AHRC Research Centre for Textile Conservation and Textile Studies, 1st Annual Conference 13-15 July.

3. Landi, S., 1992. *The Textile Conservators' Manual*, 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann.

4. Degrigny, C., Tanguy, E., Le Gal, R., Zafiropoulos, V., Marakis, G., 2003. *Laser cleaning of tarnished silver and copper threads in museum textiles*. *Journal of Cultural Heritage*, 4. 152s-165s.

5. Sokhan, M., Hartog, F., McPhail, D.S., 2005. *Surface Analysis of Laser Cleaned Metal Threads*, In *LACONA V*, Springer proceedings in physics, 100, part V.

6. Balázs, Á.T., Eastop, D., 1998. *Chemical Principles of Textile Conservation*. London: Butterworth-Heinemann.

La aplicación en seco fue la condición elegida para cada técnica y primero se usó en probetas cogidas de fragmentos que se habían separado previamente. Los análisis de las probetas después de la limpieza mediante lupa binocular ayudó a evaluar cualquier:

- alteración cromática (p.ej. debido a cualquier exposición del sustrato de cobre y la eliminación de la capa dorada y la pátina);
- alteraciones morfológicas (p.ej. el arqueamiento o deslaminación de la banda metálica, debido a acciones térmicas); y
- otras alteraciones microscópicamente observables de la fibra de base o de las láminas que quedaban de dorado.

El estudio preliminar en los materiales testados demostraron que la sonda de ultrasonidos (frecuencia: 30 kHz  $\pm$  3 kHz) aplicada en su rango medio de nivel de energía (~7.2 - 9.3 vatios) combinada con un total de pulsos de 5 x 10 ns con un láser Q-switched Nd: YAG (2<sup>o</sup> armónico, longitud de onda 532 nm; fluencia: 4 J/cm<sup>2</sup>) redujeron el empañamiento localizado accesible.

Estas dos técnicas se consideraron adecuadas para su uso en el objeto. Sin embargo, sólo la sonda de ultrasonidos estuvo disponible para un tratamiento en el museo donde el microscopio digital (200x) ayudaba a la inspección superficial durante la eliminación parcial del empañamiento, mejorando su condición estética.

Para dar una conclusión holística a esta investigación empírica, se implementó un tratamiento de conservación y una estrategia de conservación preventiva (es decir, un refuerzo físico y un almacenamiento microclimático acondicionado).

## Abreviaturas y acrónimos

AAS: espectroscopía de absorción atómica

AHRC: Arts and Humanities Research Council

AUI: Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, Isfahan, Irán

BAHAMAS: Biological patinA for arcHaeological and Artistic Metal ArtefactS (PIEF-GA-2009-252759, 2010-2012)

BTA: benzotriazol

CAD: diseño asistido por ordenador

CU: Cairo University, El Cairo, Egipto

CU: Department of Archaeology and Conservation, Cardiff University, Reino Unido

CULTNAT: Center for Documentation of Cultural & Natural Heritage, Giza, Egipto

EDS/EDX: espectroscopía de rayos X por dispersión de energías

EIS: espectroscopía de impedancia electroquímica

EPSRC: Engineering and Physical Sciences Research Council

ERCM: monitor de corrosión por resistencia eléctrica

FP7: Séptimo Programa Marco

FTIR: espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier

GIMME: Glass-Induced Metal corrosion on Metal Exhibits (Corrosión de metal inducida por el vidrio en exposiciones de metal)

HE-Arc: Haute école de Conservation-restauration Arc, La Chaux-de-Fonds, Suiza

HR: humedad relativa

IFAC-CNR: Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Florencia, Italia

ISMAR: Istituto di Scienze Marine, Génova, Italia

LAMUN: Laboratoire de Microbiologie, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, Suiza

M2ADL: Microchemistry and Microscopy Art Diagnostic Laboratory, University of Bologna, Ravenna, Italia

MBT: 2-mercaptobenzotriazol

Nd: YAG: Granate de aluminio-itrio dopado con neodimio (neodymium-doped yttrium aluminium garnet, Nd:Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)

OM: microscopía óptica

OPD: Opificio delle Pietre Dure, Florencia, Italia

PLM: microscopía de luz polarizada

POLIMI: Dipartimento di Chimica, dei Materiali e Ingegneria Chimica, Politecnico di Milano, Milán, Italia

SABKS: Staatliche Akademie der Bildenden Kuenste Stuttgart, Alemania

SEM: microscopía electrónica de barrido

SNM: Konservierungsforschung, Sammlungszentrum, Swiss National Museum, Affoltern am Albis, Suiza

SUT: Faculty of Material Science and Engineering, Sharif University of Technology, Teherán, Irán

SVU: Conservation Department, Archaeology Faculty, South Valley University, Qena, Egipto

UNIBO: Scienza dei Metalli, Elettrochimica e Tecniche Chimiche, Università di Bologna, Bolonia, Italia

UNIFE: Centro di Studi sulla Corrosione e Metallurgia "Aldo Daccò", Università di Ferrara, Ferrara, Italia

UoM: School of Materials, University of Manchester, Reino Unido

XRD: difracción de rayos X

## Información general

### Próximos seminarios y congresos

**Nuevo**

**French bronzes: history, materials and techniques of bronze sculpture in France (16<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> centuries)** (9-12 junio, 2012, París, Francia). Musée du Louvre y Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF), París, Francia. Este simposio internacional que tendrá lugar en el Musée du Louvre y en el Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, pretende reunir diversos grupos de especialistas -p.ej. historiadores (de tecnología, arte, comercio, ideas), científicos de la conservación, conservadores, y restauradores-conservadores- para entablar un intercambio interdisciplinar en el desarrollo y concepción de ideas y tecnología relacionada con la fabricación de bronzes en Francia (y por artistas franceses en el extranjero) desde el Renacimiento al siglo XIX. Para más información: <http://frenchbronze.net/>

**Nuevo**

**Bronze conservation colloquium** (22-23 junio, 2012, Stuttgart, Alemania). La State Academy of Art and Design de Stuttgart, Alemania, en colaboración con el grupo de trabajo de Metales del ICOM-CC, albergará esta conferencia que cubrirá todos los aspectos de la conservación del cobre y sus aleaciones, incluyendo la investigación, manufactura, corrosión, métodos de conservación y estudios de caso.

**Nuevo**

**Metal 2013** (16-20 septiembre 2013, Edimburgo, Escocia). El Grupo de Trabajo de Metales del Comité de Conservación del Consejo Internacional de Museos tiene el placer de anunciar su próxima reunión intermedia: <http://www.metal2013.org/>

### Anuncios

**Nuevo**

**Disponibles las actas del Metal 2010:** Los editores y el coordinador del Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC anuncian que las actas del Metal 2010 ya están disponibles. Diríjense a [www.lulu.com](http://www.lulu.com) y busquen "METAL 2010" para comprar su copia a todo color o en blanco y negro. Se incluyen en las actas 49 artículos completos, 13 resúmenes de póster, transcripciones de las preguntas y respuestas de las sesiones para cada artículo, transcripciones de la mesa redonda de las 12 sesiones, y un índice de los autores; en un total de 489 páginas.

**Nuevo**

**La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques** ("Los límites de la superficie original en objetos metálicos arqueológicos"): la tesis doctoral de Régis Bertholon, establece una metodología detallada para determinar y describir la localización de la superficie original, modificada por los mecanismos de corrosión. En francés, el documento es un recurso inestimable para la conservación de metales arqueológicos a través de la síntesis de arqueología, mineralogía y ciencia de la corrosión. Útil para el conservador y el investigador, se incluyen numerosas fotografías detalladas y esquemas complementarios para la comprensión del texto: <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/33/11/90/PDF/Limitos.pdf>

## Sitios web

**ANDRA:** Agencia Nacional para la Gestión de Residuos Radiactivos. Los siguientes documentos pueden obtenerse libremente en este sitio: *Analogues archéologiques et corrosion* (en francés) y *Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Waste Systems* (en inglés).

([http://www.andra.fr/interne.php3?publi=publication&id\\_rubrique=82&p=produit&id=5](http://www.andra.fr/interne.php3?publi=publication&id_rubrique=82&p=produit&id=5)).

**ARTECH network:** Red que facilita el acceso de profesionales especialistas en conservación a diferentes técnicas de investigación de objetos del Patrimonio Cultural (<http://www.eu-artech.org/>).

**BigStuff 2004:** Cuidado de Objetos Tecnológicos Grandes

(<http://www.awm.gov.au/events/conference/bigstuff/index.asp>).

**BROMECE ListServ:** Para la notificación directa por email de la publicación del BROMECE, enlaces web y convocatorias de resúmenes y anuncios, sólo tiene que suscribirse con su dirección de e-mail preferida: <http://listserv.csv.warwick.ac.uk/mailman/listinfo/bromec-bulletin-of-research-on-metal-conservation>

**CAMEO:** Información química, física, visual y analítica de más de 10000 materiales históricos y contemporáneos usados en la conservación, preservación y producción de materiales artísticos, arquitectónicos y arqueológicos (<http://cameo.mfa.org/>).

**Coloquio sobre la Conservación-restauración de Hierro Arqueológico 2010** (24-26 junio 2010, Academia Estatal de Arte y Diseño, Stuttgart) los resúmenes (Gerhard Eggert y Britta Schmutzler (Eds.)) están disponibles *on-line*:

- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_1.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_1.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_2.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_2.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_3.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_3.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_session\\_4.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_session_4.pdf)
- [http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband\\_postersession.pdf](http://www.iron-colloquium.abk-stuttgart.de/Documents/Tagungsband_postersession.pdf)

**Cost Action D42: ENVIART:** Interacciones Químicas entre Objetos Culturales y Ambientes Interiores. Regístrese (gratuito) para acceder a toda la información (<http://www.echn.net/enviart/>).

**Cost Action G7:** Conservación de obras de arte mediante laser: (<http://alpha1.infim.ro/cost/>).

**Cost Action G8: Análisis no-destructivos y ensayos de objetos de museo:** Pueden descargarse resúmenes y folletos de talleres, así como anuncios de actividades previas (Fechas límite de Misiones Científicas Cortas, cursos de formación...) (<http://srs.dl.ac.uk/arch/cost-g8/>).

**Electroquímica en Conservación Histórica y Arqueológica** (11-15 de enero de 2010, Leiden, Países Bajos). La mayoría de las presentaciones de este seminario que tuvo lugar en el Centro Lorentz (<http://www.lorentzcenter.nl/>), están disponibles para su descarga: <http://tinyurl.com/lorentzpresentations>

**Espectroscopías Infrarrojo y Raman para patrimonio cultural:** (<http://www.irug.org/default.asp>).

**e-Preservation Science:** Publicación en línea de trabajos en ciencia de la conservación (<http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/>).

**Fundación de Conservación de New York:** (<http://www.nycf.org/>).

**Ge-Conservación** es una publicación periódica del GEIIC (Grupo Español de The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works <http://www.ge-iic.com/>) en asociación con la Fundación Duques de Soria. Su objetivo es contribuir al desarrollo científico, a la difusión y al intercambio de los conocimientos en materia de conservación y restauración del Patrimonio Cultural: <http://ge-iic.com/revista/index.php?lang=es>

**Grupo de Trabajo 21 de la Federación Europea de Corrosión:** dedicada a la corrosión de materiales arqueológicos <http://www.efcweb.org/Working+Parties/WP+21.html>

**Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC:** (<http://www.icom-cc.org/31/working-groups/metals/>). Este sitio web es el oficial de todas las actividades, foros, noticias, descarga de archivos e información del GT Metales del ICOM-CC. El coordinador puede escribir e-mails a todos los miembros desde este sitio una vez que los miembros del grupo se hayan registrado. El acceso público a este sitio es limitado.

**ICOMAM** Comité Internacional de Museos y Colecciones de Armas e Historia Militar: (<http://www.klm-mra.be/icomam/>).

**“Incredible Industry” (Industria Increíble):** Las actas del 18º Congreso de la Asociación Nórdica de Conservadores-Restauradores, *“Incredible Industry, Preserving the Evidence of Industrial Society”* (25-27 de mayo de 2009, Copenhague, Dinamarca) están ahora disponibles gratuitamente *online* ([www.nkf.dk/Bulletin/NKF-Incredible-industry09.pdf](http://www.nkf.dk/Bulletin/NKF-Incredible-industry09.pdf)).

**Laboratorio Pierre Sue:** Pueden descargarse en francés Tesis Doctorales del LPS relacionadas a la alteración de objetos arqueológicos. Siga el vínculo desde “Archéomatériaux et prévision de l’altération” (<http://www-drecom.cea.fr/lps/>).

**METALCons-info:** información sobre conservación de metales (<http://metalsconservationinfomation.wetpaint.com/>) es donde el antiguo sitio METALCons-info ha sido movido y rediseñado. Es un sitio basado en wiki, lo que significa que puede crecer con contribuciones de los “escritores”- es decir, tú. Su fuerza depende de la voluntad que tengas de usarlo. Cada semana envía un resumen de la actividad a los miembros, así que ¡regístrate!. Actualmente es visible públicamente, pero podría cambiar si hay actividades no deseadas.

**M2ADL:** Laboratorio de Diagnóstico de Microquímica y Microscopía de Bienes Culturales ([http://www.tecore.unibo.it/html/Lab\\_Microscopia/M2ADL/](http://www.tecore.unibo.it/html/Lab_Microscopia/M2ADL/)).

**PROMET** Proyecto de 3,5 años financiado por el 6º Programa Marco de la Unión Europea (21 participantes de 11 países de la cuenca del Mediterráneo) que desarrollaron estrategias de conservación para las principales colecciones de metales a lo largo del Mediterráneo (<http://www.promet.org.gr>).

**Red Europea de Patrimonio Cultural:** Red europea de profesionales interesados en la conservación de Patrimonio Cultural (<http://www.echn.net/>).

**Red LabS-TECH:** (<http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>).

**Restauración Metal Sur América:** (<http://www.restauraciondemetales.cl/>).

**Revisión de Artefactos Industriales:** Diseño Industrial y el rol del arte y fotografía en la promoción del patrimonio cultural (<http://industrialartifactsreview.com/>).

**TEL:** Tesis Doctorales en línea (<http://tel.ccsd.cnrs.fr/>).

**Yahoo Groups Metals Conservation:** Un grupo de discusión para todos aquellos que estén interesados en conservación de metales. Únete y hagamos de él un “Metals Cons-Dist List” (<http://groups.yahoo.com/group/Metals-Conservation-Discussion-Group>).

## Contactos Nacionales

**Alemania:** Britta Schmutzler ([britta.schmutzler@gmx.de](mailto:britta.schmutzler@gmx.de)), Estudiante de doctorado “Conservación de objetos”, Academia Estatal de Arte y Diseño (Staatliche Akademie der Bildenden Künste), Stuttgart.

**Argentina:** Blanca Rosales ([brosales@fibertel.com.ar](mailto:brosales@fibertel.com.ar)), investigador, CIDEPIINT, La Plata.

**Australia:** David Hallam ([dhallam@nma.gov.au](mailto:dhallam@nma.gov.au)), conservador-restaurador senior de objetos del Museo Nacional de Australia (National Museum of Australia), Canberra.

**Bélgica:** François Mathis ([francois.mathis@ulg.ac.be](mailto:francois.mathis@ulg.ac.be)), arqueometrista, Centro de Arqueometría, Universidad de Lieja, (Université de Liège), Lieja.

**Bulgaria:** Petia Penkova ([petiapenkova@yahoo.com](mailto:petiapenkova@yahoo.com)), conservadora-restauradora, Departamento de Conservación-Restauración, Academia Nacional de Arte, Sofía.

**Croacia:** Zoran Kirchhoffer ([zoran.k@tehnicki-muzej.htnet.hr](mailto:zoran.k@tehnicki-muzej.htnet.hr)), conservador-restaurador, Museo de Tecnología de Zagreb (Tehnički muzej Zagreb) y Sanja Martinez ([smartin@fkit.hr](mailto:smartin@fkit.hr)), electroquímica y profesora, Facultad de Ingeniería Química y Tecnología Química, Universidad de Zagreb (Sveučilište u Zagrebu), Zagreb.

**Chile:** Johanna Theile ([jtheile@udd.cl](mailto:jtheile@udd.cl)), conservadora-restauradora y profesora, Facultad de Arte, Universidad de Chile Las Encinas, Santiago de Chile.

**Dinamarca:** Karen Stemann Petersen ([karen.stemann@natmus.dk](mailto:karen.stemann@natmus.dk)), conservadora-restauradora, Museo Nacional de Dinamarca (National Museet), Copenhagen.

**Egipto:** Wafaa Anwar Mohamed ([wafaaanw@yahoo.com](mailto:wafaaanw@yahoo.com)), conservadora-restauradora, Giza.

**España:** Emilio Cano ([ecano@cenim.csic.es](mailto:ecano@cenim.csic.es)), científico, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

**Estados Unidos de América:** John Scott ([NYConsFdn@aol.com](mailto:NYConsFdn@aol.com)), Fundación de Conservación de Nueva York (New York Conservation Foundation), Nueva York.

**Federación de Rusia:** Andrey Chulin ([andrey\\_chulin@yahoo.com](mailto:andrey_chulin@yahoo.com)), conservador-restaurador, Museo Estatal del Hermitage, San Petersburgo.

**Finlandia:** Pia Klaavu ([pia.klaavu@nba.fi](mailto:pia.klaavu@nba.fi)), conservadora-restauradora, Museo Nacional de Finlandia (Suomen kansallismuseo), Helsinki.

**Francia:** Elodie Guilminot ([elodie.guilminot@arcantique.org](mailto:elodie.guilminot@arcantique.org)), científico de conservación, Arc'Antique, Nantes.

**Grecia:** Vasilike Argyropoulos ([bessie@teiateh.gr](mailto:bessie@teiateh.gr)), profesora asociada, Departamento de Conservación de Obras de Arte, Institución de Educación Tecnológica (Technological Educational Institution), Atenas.

**Holanda:** Ineke Joosten, ([ineke.joosten@icn.nl](mailto:ineke.joosten@icn.nl)), científico de conservación, Instituto Holandés del Patrimonio Cultural (Instituut Collectie Nederland), Ámsterdam.

**Hungría:** Balazs Lencz ([lenczb@gmail.com](mailto:lenczb@gmail.com)), conservador-restaurador senior, Departamento de Conservación, Museo Nacional de Hungría (Magyar Nemzeti Múzeum), Budapest.

**India:** Achal Pandya ([achalpandya@hotmail.com](mailto:achalpandya@hotmail.com)), jefe de departamento, Archivos Culturales y Conservación, Centro Nacional de Arte Indira Gandhi (Indira Gandhi National Centre for the Arts), Nueva Delhi.

**Italia:** Paola Letardi ([paola.letardi@ismar.cnr.it](mailto:paola.letardi@ismar.cnr.it)), científico, Instituto para la Corrosión Marina de los Metales (Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli), Génova.

**Noruega:** Douwtje Van der Meulen ([d.l.v.d.meulen@iakh.uio.no](mailto:d.l.v.d.meulen@iakh.uio.no)), conservadora-restauradora, Departamento de Conservación, Universidad de Oslo (Universitetet i Oslo), Oslo.

**Portugal:** Isabel Tissot ([isabel.tissot@archofactu.pt](mailto:isabel.tissot@archofactu.pt)), conservador-restaurador, Instituto Portugués de Conservación-Restauración (Instituto Português de Conservação e Restauro), Lisboa.



**Reino Unido:** Maickel van Bellegem ([Mbellegem@thebritishmuseum.ac.uk](mailto:Mbellegem@thebritishmuseum.ac.uk)), conservador-restaurador, Museo Británico (British Museum), Londres.

**Rumanía:** Dorin Barbu ([barbu\\_dorin\\_laboratory@yahoo.com](mailto:barbu_dorin_laboratory@yahoo.com)), conservador-restaurador, Museo Nacional de Brukenthal (Muzeul Național Brukenthal), Sibiu.

**Sudáfrica:** Jaco Boshoff ([jboshoff@iziko.org.za](mailto:jboshoff@iziko.org.za)), arqueólogo marítimo, Museos Iziko de Ciudad del Cabo (Iziko Museums of Cape Town), Ciudad del Cabo.

**Suecia:** Helena Strandberg ([helena.st@comhem.se](mailto:helena.st@comhem.se)), conservadora-restauradora y científico de conservación, independiente, Göteborg.

**Suiza:** Valentin Boissonnas ([valentin.boissonnas@he-arc.ch](mailto:valentin.boissonnas@he-arc.ch)), conservador-restaurador y profesor, Escuela Superior de Artes Aplicadas Arc (Haute Ecole d'Arts Appliqués Arc), La Chaux-de-Fonds.