



II JORNADAS DE INVESTIGADORES JÚNIOR EN PATRIMONIO

Jornadas JIP - 2, 3 y 4 de abril de 2025

Ge-conservación
Conservação | Conservation

Productos de limpieza en museos: Evaluación de su idoneidad para objetos de plata

María García Ortúzar, Iván Díaz Ocaña, María Teresa Molina, Blanca Ramírez Barat

Resumen: En el marco de un proyecto de investigación multidisciplinar para la conservación de la plata, se ha evaluado el potencial impacto de los productos de limpieza empleados en entornos museísticos sobre objetos patrimoniales de plata. Gracias a la colaboración con tres instituciones estatales —el Museo Arqueológico Nacional, el Museo Sefardí de Toledo y el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología—, se recopilaron 24 productos empleados en los trabajos de limpieza. Mediante ensayos acelerados basados en el test de Oddy, se analizó el efecto producido sobre muestras metálicas de plata, cobre y plata esterlina. La evaluación, tanto visual como gravimétrica, ha permitido clasificar los productos según su idoneidad. Los resultados evidencian que, aunque en general los objetos patrimoniales de plata en los diferentes museos no se encuentran en riesgo, es preferible evitar algunos productos. Esto refuerza la importancia de la conservación preventiva y la colaboración entre museos y empresas de limpieza.

Palabras clave: conservación preventiva, museos, plata patrimonial, productos de limpieza, corrosión, test de Oddy

Cleaning Products in Museums: Assessment of their suitability for silver

Abstract: As part of a multidisciplinary research project on silver conservation, the potential impact of cleaning products used in museum environments on heritage silver objects has been assessed. In collaboration with three national institutions — the National Archaeological Museum, the Sephardic Museum of Toledo, and the National Museum of Science and Technology — 24 cleaning products representative of routine maintenance were collected. Through accelerated aging tests based on the Oddy test, the effects on silver, copper, and sterling silver coupons were analyzed. The evaluation, conducted through both visual inspection and gravimetric analysis, allowed for the classification of the products according to their suitability. The results show that, although silver heritage objects in the three museums are generally not at risk, it is preferable to avoid certain cleaning products in exhibition areas. This underscores the importance of preventive conservation and collaboration between museums and cleaning professionals.

Keywords: preventive conservation, museums, heritage silver, cleaning products, corrosion, Oddy test

Introducción

La conservación y difusión del patrimonio cultural son las misiones fundamentales de los museos; en este contexto nos enfrentamos a un desafío constante relativo a la conservación preventiva: el mantenimiento de las colecciones metálicas, en especial, y como objeto de este estudio, las compuestas por plata. Los metales, y de forma específica la plata patrimonial, son materiales que pueden presentar cierta sensibilidad a los agentes contaminantes presentes en el ambiente. Su elevada reactividad química frente a ciertos compuestos puede derivar en procesos de corrosión capaces de comprometer su conservación y su

apreciada apariencia estética. Entre estos compuestos se incluyen:

- Compuestos sulfurados: H_2S (g), COS (g)
- Compuestos clorados: Cl_2 (g) y $NaClO$ (aq.)

La conservación del patrimonio cultural exige un estudio y vigilancia continuos de los factores capaces de comprometer su integridad, no solo desde una perspectiva de intervención directa, sino en lo referente al entorno que lo contiene y su mantenimiento diario. En el caso de la plata, el reto subyace en el altísimo valor estético asociado a su brillo y lustre; en condiciones ideales, este

metal debe poseer un brillo excepcional. Todo aquel visitante que se encuentre frente a un objeto patrimonial de plata espera poder apreciar su brillo; por ello, resulta inconcebible su exhibición en estado de empañamiento. Se trata de un proceso fácilmente identificable a simple vista porque deriva en el oscurecimiento y pérdida de brillo de la superficie del metal. Este fenómeno se produce porque la plata, al entrar en contacto con determinados contaminantes atmosféricos sulfurados, experimenta reacciones químicas en su superficie que generan compuestos de corrosión, como el sulfuro de plata (Ag_2S). Esta capa es la responsable del oscurecimiento progresivo y de la pérdida de brillo característicos.

Por ello, es dentro del ámbito de la conservación preventiva donde se plantean interrogantes relativos al entorno que contiene un bien patrimonial y de qué forma este medio y sus particularidades pueden afectar a la preservación del objeto a corto, medio y largo plazo. En la plata, y en general en la tarea de conservación del patrimonio metálico, el principal reto al que nos enfrentamos es la corrosión. Este proceso, de naturaleza electroquímica es espontáneo cuando se reúnen las condiciones necesarias de humedad relativa, presencia de oxígeno y/o contaminantes en el ambiente. De este modo, la prevención pasa necesariamente por tratar de controlar estos factores, especialmente la humedad relativa y la concentración de contaminantes, para lo que es fundamental identificar su origen. Estudios como el realizado por Cano y Lafuente (2013) en el Museo de América de Madrid, han demostrado que factores aparentemente secundarios como pueden ser el pH del ambiente en el interior de las vitrinas donde se exponen los objetos patrimoniales, o la elección de los materiales constructivos de estas y de los lugares de almacenamiento pueden tener un impacto muy significativo sobre la conservación del patrimonio.

El uso de los productos de limpieza en espacios museísticos es uno de estos factores sobre los que debemos poner el foco por su relevancia (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2020). Aunque las tareas de limpieza son esenciales para garantizar tanto la higiene de los museos y como la conservación preventiva de los bienes culturales, estos productos pueden contener compuestos de carácter volátil o reactivos que, sin necesidad de contacto directo, pueden interactuar negativamente con las colecciones tras una exposición prolongada. Esta preocupación es compartida por las instituciones museísticas, como lo demuestra el hecho de que existen licitaciones estatales para la contratación de empresas de limpieza, en cuyos pliegos se recogen especificaciones generales sobre las características que deben cumplir los productos, principalmente desde el punto de vista de la salud (Ministerio de Cultura 2023). Sin embargo, la dificultad para trazar los productos de limpieza finalmente empleados, representa un desafío importante. A ello se suma la dificultad para establecer una lista de productos de limpieza fiables, debido al elevado número de productos existentes en el mercado con diferente naturaleza química.

La mayoría de los productos de limpieza están formulados para un uso general y las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes no arrojan información suficiente ni sobre su composición, ni sobre la concentración del principio activo. En el mejor de los casos, los productos de limpieza podrían discriminarse por la naturaleza química del mismo, siempre y cuando se dé por completa la información existente en las fichas técnicas; pero en otros casos, puede desconocerse incluso el efecto que un determinado producto de limpieza podría tener en función de su naturaleza química. De ahí que los productos de limpieza deban ser evaluados para determinar su impacto a medio y largo plazo sobre el patrimonio cultural metálico, especialmente la plata, simulando las condiciones concretas que se dan en los museos y una exposición prolongada sobre los objetos expuestos.

En el estudio se han analizado tres instituciones estatales: el Museo Arqueológico Nacional, el Museo Sefardí de Toledo y el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, con especial atención a su impacto sobre la plata. Es por ello que los objetivos principales de esta investigación son aportar conocimiento técnico suficiente y establecer criterios objetivos para la selección y uso de los productos de limpieza en contextos museísticos, especialmente cuando entre sus colecciones hay objetos patrimoniales de plata.

Los resultados obtenidos proporcionarán información sobre la seguridad de los diferentes productos, fomentando así una colaboración estrecha con los museos en el ámbito de la conservación preventiva y el uso responsable de productos compatibles con el patrimonio cultural metálico.

Materiales y métodos

— Revisión bibliográfica: Pliegos de Prescripciones Técnicas

La revisión bibliográfica previa reveló una destacable ausencia de publicaciones específicas que aborden esta problemática. Aunque existen numerosas investigaciones sobre la corrosión de metales en el interior de vitrinas o sobre la calidad del aire de los museos (Katsanos *et al.* 1999; Molina *et al.* 2023), son prácticamente inexistentes las que relacionan estos procesos de deterioro con el uso rutinario de productos de limpieza en las tareas habituales de salas, almacenes, zonas comunes o zonas de tránsito. En este sentido, Tétreault (2003) advierte que los compuestos orgánicos volátiles emitidos por productos de limpieza pueden actuar como agentes corrosivos, afectando negativamente a materiales sensibles en entornos patrimoniales.

Para abordar esta carencia de estudios específicos, se realizó una revisión documental de los pliegos de prescripciones técnicas publicados por diversas

instituciones museísticas para la contratación centralizada de los servicios de limpieza (Ministerio de Cultura 2023; Museo Sefardí 2022; MUNCYT 2023). El objetivo fue analizar las condiciones técnicas que deben cumplir las empresas adjudicatarias y extraer información respecto a posibles productos permitidos, frecuencia de limpieza, desinfección y/o sanitización, métodos, criterios ambientales, etc. Mediante este análisis se observó que la información proporcionada sobre los productos de limpieza suele ser bastante general, enfocándose en la necesidad de que sean neutros para el entorno patrimonial y respetuosos con la normativa vigente sobre medioambiente y seguridad laboral, sin especificar detalles concretos sobre los tipos de productos a utilizar.

—Selección de productos de limpieza

De manera conjunta con los museos participantes en el estudio y la colaboración con las empresas de limpieza, se recopilaron un total de 24 productos de limpieza empleados en estas instituciones. Según la información disponible, en las zonas con bienes culturales no se emplean amoniaco ni lejía, ni tampoco productos de higiene personal. Los demás productos se utilizan en distintas áreas del museo. La tabla 1 muestra los 24 productos de limpieza ensayados, agrupados por categoría funcional:

CATEGORÍA	NOMBRE PRODUCTO DE LIMPIEZA
Limiadores generales, neutros y amoniacales	1. Amoniaco Casablanca 2. Celea Limpiador Floral 3. Amoniaco perfumado Gerpa 4. Celea Quitatintas
Desinfección / limpieza potente	5. Lejía El León 6. Lejía Gerpa 7. Celea Gel Detergente Clorado
Abrillantadores, ceras y cristalizadores	8. Doril Muebles Superceras 9. Vinfer Abrillantador Suelo 10. Gala Cristalizador Suelo Máquina 11. Cera Blanca Saniwash 12. Detergente madera Saniwash 13. Limpiacristales
Desengrasantes	14. Basic 60 15. Celea Desengrasante General
Friegasuelos	16. Basic 30 Friegasuelos Pool Chemical 17. Friegasuelos Neutro Buga Clean 18. Mopa Limp Pool Chemical 19. Friegasuelos Pool Chemical
Higiene personal / sanitaria	20. B-5 Gel de Manos Azul 21. SC Professional Clear Foam Pure - Deb Skincare 22. Jabón de manos
Lavavajillas manual	23. Celea Lavavajillas Manual 24. Basic 70 Lavavajillas Manual

Tabla 1.-Categorización por tipo de los productos de limpieza ensayados

—Ensayos acelerados: Test de Oddy

Para evaluar los posibles efectos de estos productos sobre la plata en condiciones controladas, se planteó la implementación de un ensayo acelerado basado en el test de Oddy (Oddy 1973). Aunque no es un ensayo estandarizado, su uso es ampliamente aceptado como herramienta de la conservación preventiva por museos e instituciones culturales, y fue adaptado a las necesidades específicas de esta investigación (Díaz *et al.* 2024). La metodología que sigue este ensayo consiste en exponer pequeñas placas metálicas (habitualmente plata, cobre y plomo) que actúan como dosímetros de la corrosión, a la humedad y a la emisión de posibles compuestos volátiles emanados por los materiales a testar. De esta manera, se pueden seleccionar los materiales más adecuados para el entorno del patrimonio cultural. La presencia de corrosión o alteraciones visibles en las muestras metálicas permiten evaluar la posible liberación de los compuestos químicos que hayan interactuado con los metales. El motivo del empleo de diferentes metales para estudiar un único material no es otro que ampliar la gama de detección de los diversos contaminantes, ya que cabe la posibilidad de que un metal se vea alterado y otro no en presencia de determinados compuestos. Así por ejemplo, la plata es especialmente sensible a contaminantes sulfurados, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), pero apenas reacciona frente a ácidos orgánicos volátiles como el acético o el fórmico, mientras que el cobre sí presenta una notable susceptibilidad frente a estos últimos. Esta respuesta diferencial, derivada de la afinidad química de cada metal, justifica el uso de distintos metales.

Las placas metálicas utilizadas en este estudio estaban compuestas por plata esterlina (92.5 %Ag y 7.5 %Cu), plata (99.95%) y cobre (99.9%). La inclusión de la plata esterlina en este trabajo, aunque no es habitual en el test de Oddy, se debe a su amplio uso en joyería, orfebrería y otros elementos ornamentales presentes en el patrimonio cultural (Ortiz 2022). Por otro lado, los productos de limpieza a evaluar se diluyeron al 2 % v/v con agua destilada. Las muestras metálicas fueron expuestas por duplicado durante 28 días, a 25°C, a los compuestos volátiles desprendidos por la disolución de los productos de limpieza. Esta versión del test de Oddy, en la que se ensayan simultáneamente tres muestras metálicas, es conocida como la versión "3 en 1" y fue desarrollada por el Metropolitan Museum of Art (Bamberger, Howe, Wheeler 1999). En cada tubo de ensayo o dispositivo del test de Oddy se añadieron, independientemente, 10 ml de cada producto de limpieza a evaluar diluidos al 2 % v/v.

La Figura 1 muestra el dispositivo experimental empleado para la realización del ensayo, semejante en su filosofía al utilizado por el British Museum (Korenberg *et al.* 2018) para el test de Oddy, aunque con una modificación en la suspensión de las muestras metálicas en el tapón de silicona. En lugar de insertarse paralelamente en el tapón, las muestras se colgaron de ganchos de vidrio dispuestos

en forma triangular, lo cual homogeneiza las posiciones de los metales en el tubo de ensayo y evita la contaminación directa del metal con el tapón de silicona (Díaz & Cano 2022). Se empleó una brida para evitar que los tapones se soltaran.



Figura 1. Dispositivo experimental del test de Oddy (plata esterlina, plata y cobre) con los diferentes productos de limpieza a evaluar (ver Tabla 1).

— *Evaluación de resultados*

- **Método 1: Análisis gravimétrico**

La evaluación de los resultados obtenidos se llevó a cabo mediante el análisis gravimétrico, siguiendo la metodología de la norma UNE-EN ISO 11844: (2020): parte 2, basada en la ganancia de masa. Este método consiste en pesar la muestra metálica antes y después de la exposición al agente corrosivo; durante la oxidación, los iones metálicos formados en la superficie reaccionan con los contaminantes presentes, provocando un incremento de la masa. Para este estudio, se expusieron por duplicado las muestras de plata esterlina, plata y cobre, lo que permitió cuantificar la formación de productos de corrosión tras la acción de los productos de limpieza durante 28 días. Las mediciones se realizaron con una microbalanza de alta precisión (Mettler Toledo MT5), con una resolución de 0.001 mg.

- **Método 2: Observación visual**

El segundo método de evaluación fue la observación visual, siguiendo la guía interpretativa que ofrece y aplica el Metropolitan Museum of Art de Nueva York (MET) para la plata y el cobre. Esta guía clasifica las alteraciones en metales según el grado de corrosión experimentado a través de cambios de color, brillo y textura de los productos de corrosión (Silver Corrosion Library 2020; Copper Corrosion Library 2020). Asimismo, establece categorías de uso para los materiales evaluados: adecuado (sin corrosión), temporal (corrosión ligera) e inadecuado (elevada presencia de corrosión).

Este planteamiento metodológico combina la evaluación gravimétrica y la observación visual para estudiar el comportamiento de los productos de limpieza. La gravimetría aporta datos cuantitativos, mientras que

la inspección visual —según la guía del MET— ofrece información cualitativa esencial, dado que aumentos mínimos de masa no siempre se reflejan en cambios perceptibles de la superficie.

Resultados y discusión

— *Revisión bibliográfica: Pliegos de Prescripciones Técnicas (PPT)*

Los diferentes PPT analizados coinciden en un eje fundamental: los productos de limpieza empleados en entornos museísticos no pueden poseer componentes tóxicos, corrosivos ni abrasivos; es decir, se busca preservar la integridad de los bienes culturales y asegurar condiciones saludables para el personal de limpieza, el personal de conservación y el público. Las empresas de limpieza están obligadas a suministrar las fichas técnicas de los productos utilizados, y las instituciones culturales se reservan la potestad de rechazar los productos que considere inadecuados (Museo Sefardí 2022; Ministerio de Cultura 2023), constituyendo así un mecanismo de control preventivo cuyo fin último es la conservación del patrimonio. En cuanto a los productos de limpieza, los museos establecen cláusulas generales sobre la toxicidad y neutralidad de los mismos, así como su adecuación a los nuevos criterios ecológicos dictados y a las normativas de seguridad. Aunque existen estudios sobre interacciones indirectas de los compuestos volátiles con el patrimonio cultural metálico, hay mayor información sobre el contacto directo de estos productos con las superficies patrimoniales. Durante la crisis sanitaria por COVID-19, el Instituto del Patrimonio Cultural de España (Instituto del Patrimonio Cultural de España 2020) emitió recomendaciones específicas sobre el uso de desinfectantes, advirtiendo que productos como la lejía, el amoniaco y los detergentes podían resultar perjudiciales para los materiales patrimoniales si se aplicaban directamente sobre ellos, por lo que debían evitarse en superficies próximas a objetos culturales. En su lugar, se recomendaba el uso de soluciones menos agresivas en el entorno inmediato, como el etanol al 70%, aplicado a baja presión, garantizando así tanto la desinfección efectiva como la preservación de los bienes.

En la práctica, es la experiencia de los conservadores-restauradores la que permite descartar aquellos productos que consideran inadecuados en diálogo y colaboración con las empresas adjudicatarias, sugiriendo su sustitución o métodos de aplicación por otros más adecuados, ajustados a las necesidades patrimoniales.

— *Ensayos acelerados: Test de Oddy*

La Tabla 2 presenta el rango de variación en la ganancia de masa cuantificada para las muestras de plata esterlina, plata y cobre (por duplicado), en función del producto

de limpieza ensayado, una vez finalizados los 28 días del ensayo. Los 24 productos analizados se agrupan según su categoría funcional, y se incluye el valor de pH del producto original, medido mediante tiras reactivas MQuant™ (pH 0–14, indicador universal, Supelco, Merck).

En aquellos casos en los que pudo producirse un contacto directo entre los productos de limpieza y alguna de las muestras metálicas, se descartó tanto la evaluación visual del MET como la evaluación definitiva de dichos productos. Esto se debe a que el contacto directo puede haber favorecido la degradación y, en consecuencia, la ganancia de masa al generar una mayor cantidad de productos de corrosión, manteniendo activa la pila de corrosión durante más tiempo.

Los diferentes productos de limpieza analizados se sitúan en un rango de pH comprendido entre 2 y 9. Destaca

la acidez de los productos de limpieza 5 y 6, Lejía El León y Lejía Gerpa, respectivamente, lo que pone de manifiesto que no toda la información relevante figura en las fichas técnicas. En estos casos, debería indicarse la concentración de hipoclorito sódico, así como la presencia de otros compuestos adicionales que probablemente han contribuido al descenso del pH; aunque tampoco se descarta la decoloración de los reactivos por el efecto blanqueante de la lejía, como explicación de este resultado. En cuanto a la ganancia de masa, esta fue en todos los casos muy baja (próxima a cero). Los valores máximos cuantificados fueron de aproximadamente 0,5 mg para la plata y la plata esterlina, y de hasta 4 mg en el caso del cobre, si bien dicho valor se obtuvo en un único ensayo. No obstante, la verdadera relevancia de la ganancia de masa debe establecerse con el cambio de apariencia que esta provoca en la superficie de las muestras metálicas, de ahí la importancia de la evaluación visual, realizada según las

Categoría	Nombre del producto	pH	Muestra metálica	Variación gravimetría / mg	Evaluación visual (apéndices MET)
Limpiadores generales, neutros y amoniacales	1. Amoniaco Casablanca	6/7	Ag	0,000 - 0,000	Adecuado
			Ag. Est	0,035 - 0,051	Inadecuado
			Cu	0,740 - 4,098	Inadecuado
	2. Celea Limpiador Floral	5	Ag	0,000 - 0,004	Adecuado
			Ag. Est	0,000 - 0,004	Adecuado
			Cu	0,019 - 0,028	Adecuado
	3. Amoniaco Perfumado Gerpa	7	Ag	0,000 - 0,000	Inadecuado
			Ag. Est	0,010 - 0,061	Inadecuado
			Cu	0,177 - 0,357	Inadecuado
	4. Celea Quitatintas	9	Ag	0,022 - 0,032	Adecuado
			Ag. Est	0,026 - 0,032	Temporal
			Cu	0,159 - 0,213	Inadecuado
Desinfección / Limpieza potente	5. Lejía El León	5/6	Ag	0,128 - 0,166	Inadecuado
			Ag. Est	0,137 - 0,182	Inadecuado
			Cu	0,470 - 1,050	Inadecuado
	6. Lejía Gerpa	5/6	Ag	0,040 - 0,122	Inadecuado
			Ag. Est	0,107 - 0,188	Inadecuado
			Cu	0,382 - 0,770	Inadecuado
	7. Celea Gel Detergente Clorado	7	Ag	0,000 - 0,001	Adecuado
			Ag. Est	0,004 - 0,018	Adecuado
			Cu	0,015 - 0,087	Adecuado
Abrillantadores, ceras y cristalizadores	8. Doril Muebles Superceras	6/7	Ag	0,000 - 0,000	Adecuado
			Ag. Est	0,000 - 0,001	Adecuado
			Cu	0,004 - 0,008	Adecuado
	9. Vinfer Abrillantador Suelo	5	Ag	0,000 - 0,308	Adecuado
			Ag. Est	0,031 - 0,572	Adecuado
			Cu	0,011 - 0,666	Inadecuado
	10. Gala Cristalizador Suelo Máquina	2/3	Ag	0,000 - 0,002	Adecuado
			Ag. Est	0,026 - 0,044	Adecuado
			Cu	0,175 - 0,240	Inadecuado
	11. Cera Blanca Saniwash	6	Ag	0,001 - 0,007	*
			Ag. Est	0,002 - 0,007	*
			Cu	0,011 - 0,027	*
	12. Detergente Madera Saniwash	6	Ag	0,004 - 0,007	Adecuado
			Ag. Est	0,001 - 0,020	Adecuado
			Cu	0,005 - 0,041	Adecuado
	13. Limpiacristales	5	Ag	0,000 - 0,001	Adecuado
			Ag. Est	0,007 - 0,014	Adecuado
			Cu	0,017 - 0,018	Adecuado

Desengrasantes	14. Basic 60	9	Ag	0,000 - 0,004	Adecuado
			Ag. Est	0,006 - 0,019	Adecuado
			Cu	0,100 - 0,154	Adecuado
	15. Celea Desengrasante General	9	Ag	0,000 - 0,007	Adecuado
			Ag. Est	0,009 - 0,012	Adecuado
			Cu	0,109 - 0,142	Inadecuado
Friegasuelos	16. Basic 30 Friegasuelos Pool Chemical	5	Ag	0,000 - 0,001	Adecuado
			Ag. Est	0,000 - 0,007	Adecuado
			Cu	0,010 - 0,015	Adecuado
	17. Friegasuelos Neutro Buga Clean	5	Ag	0,000 - 0,005	Adecuado
			Ag. Est	0,001 - 0,036	Adecuado
			Cu	0,006 - 0,014	Adecuado
	18. Mopa Limp Pool Chemical	5	Ag	0,116 - 0,526	Adecuado
			Ag. Est	0,062 - 0,284	Adecuado
			Cu	0,049 - 0,137	Adecuado
	19. Friegasuelos Pool Chemical	5	Ag	0,000 - 0,002	Adecuado
			Ag. Est	0,004 - 0,006	Adecuado
			Cu	0,017 - 0,114	*
Higiene personal / sanitaria	20. B-5 Gel de Manos Azul	5/6	Ag	0,000 - 0,017	Adecuado
			Ag. Est	0,013 - 0,006	*
			Cu	0,015 - 0,045	*
	21. SCP Professional Clear Foam Pure - Deb Skincare	5	Ag	0,007 - 0,014	Adecuado
			Ag. Est	0,011 - 0,013	Adecuado
			Cu	0,028 - 0,037	Adecuado
Lavavajillas manual	22. Jabón de Manos	4/5	Ag	0,000 - 0,001	Adecuado
			Ag. Est	0,006 - 0,011	Adecuado
			Cu	0,020 - 0,023	*
	23. Celea Lavavajillas Manual	5/6	Ag	0,000 - 0,002	Adecuado
			Ag. Est	0,008 - 0,026	*
Lavavajillas manual	24. Basic 70 Lavavajillas Manual	5/6	Cu	0,019 - 0,029	*
			Ag	0,000 - 0,000	Adecuado
			Ag. Est	0,002 - 0,011	*
			Cu	0,008 - 0,011	Temporal

* Resultado descartado, aparentemente existió contacto directo entre el producto de limpieza y alguna de las muestras metálicas

Tabla 2.- Ganancia de masa experimentada por las muestras de plata esterlina (Ag Est.), plata (Ag) y cobre (Cu) tras ensayar los productos de limpieza agrupados por categoría funcional, junto con los valores de pH correspondientes y la evaluación visual del MET: adecuado (sin corrosión), temporal (corrosión ligera) e inadecuado (elevada presencia de corrosión)

guías del MET. Para la interpretación de los resultados, se ha adoptado un criterio conservador: se consideró que un producto de limpieza es adecuado sólo si ninguno de los metales ensayados (plata, cobre y plata esterlina) mostraba signos de deterioro visual. Conviene destacar que esta evaluación se realizó mediante observación directa de las muestras metálicas. Si bien las fotografías son una referencia representativa del deterioro, no sustituyen a la observación visual, que permite apreciar características como la pérdida de brillo, la textura de los productos de corrosión o la distinción entre reflejos superficiales y deterioro real (Díaz *et al.* 2024).

En la Tabla 3 se muestran las fotografías de las muestras originales de plata, plata esterlina y cobre, tomadas antes del ensayo. Debido al elevado número de productos de limpieza ensayados, se presentan únicamente una selección representativa: un producto de uso adecuado (Celea Limpiador Floral) en la Tabla 4, y dos productos no adecuados (Lejía El León y Amoniaco Casablanca) en las Tablas 5 y 6, respectivamente. Esta selección se realizó para ilustrar los comportamientos claramente

diferenciados, permitiendo una interpretación más directa y comprensible de los efectos de los productos sobre las muestras metálicas.

Los posibles compuestos volátiles emitidos por el Limpiador Floral Celea (producto 2) no generaron signos de deterioro sobre las muestras de plata, cobre y plata esterlina, indicando un comportamiento compatible con metales patrimoniales, por lo que se considera adecuado para su uso en entornos museísticos. El incremento de masa asociado a posibles productos de corrosión fue despreciable [Tabla 2] y, además, no se observaron signos de corrosión ni cambios de color en ninguna de las muestras metálicas ensayadas (plata, cobre y plata esterlina) [Tabla 4].

Los productos de limpieza nº 5 (Lejía El León) y nº 1 (Amoniaco Casablanca) provocan un notable incremento de masa y corrosión visible en las muestras metálicas, especialmente en los de plata esterlina y cobre, lo que evidencia su incompatibilidad con materiales patrimoniales [Tablas 5-6]. Por esta razón, su uso debe

		<i>Muestras originales</i>	
Ag			
Ag. Est			
Cu			

Tabla 3.- Fotografías de las muestras originales de plata, plata esterlina y cobre antes de ser ensayadas.

		<i>2. Celea Limpiador Floral: USO APTO</i>	
Ag			
	Adecuado	Adecuado	
Ag. Esterlina			
	Adecuado	Adecuado	
Cu			
	Adecuado	Adecuado	

Tabla 4.- Fotografías de las muestras de plata, cobre y plata esterlina tras ensayar el producto de limpieza 2, Celea Limpiador Floral, con evaluación visual según MET: adecuado (sin corrosión), temporal (corrosión ligera) e inadecuado (elevada presencia de corrosión).

		5. Lejía El León: USO INADECUADO		
Ag		Inadecuado		Inadecuado
Ag. Esterlina		Inadecuado		Inadecuado
Cu		Inadecuado		Inadecuado

Tabla 5.- Fotografías de las muestras de plata, cobre y plata esterlina tras ensayar el producto de limpieza 5, Lejía El Léon, con evaluación visual según MET: adecuado (sin corrosión), temporal (corrosión ligera) e inadecuado (elevada presencia de corrosión).

		1.Amoniaco Casablanca: USO INADECUADO		
Ag		Adecuado		Adecuado
Ag. Esterlina		Inadecuado		Inadecuado
Cu		Inadecuado		Inadecuado

Tabla 6.- Fotografías de las muestras de plata, cobre y plata esterlina tras ensayar el producto de limpieza 1: amoniaco Casablanca, con evaluación visual según MET: adecuado (sin corrosión), temporal (corrosión ligera) e inadecuado (elevada presencia de corrosión).

evitarse en cualquier zona donde pueda haber exposición de objetos patrimoniales, incluyendo suelos o superficies próximas a las áreas de exposición. La efectividad de esta restricción depende del espacio, su volumen, ventilación y proximidad de las colecciones. Esta situación plantea un desafío para el personal de limpieza, que debe recurrir a productos menos eficaces desde el punto de vista higiénico, pero más seguros para la conservación preventiva.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se ha elaborado la Tabla 7, que resume la idoneidad de los productos de limpieza ensayados. En aquellos casos en los que el producto de limpieza se considere inadecuado, se indica entre paréntesis el metal o metales que han mostrado deterioro.

En resumen, los productos de limpieza que han resultado inadecuados se concentran en dos categorías principales: por un lado, los limpiadores generales neutros y amoniacales, que incluyen el producto 1 (Amoniaco

Casablanca), el producto 3 (Amoniaco Perfumado Gerpa) y el producto 4 (Celea Quitatintas); y por otro, los productos clasificados como de desinfección o limpieza potente, representados por el producto 5 (Lejía El León) y el producto 6 (Lejía Gerpa).

Por tanto, los productos amoniacales, así como las lejías por su acción oxidante, resultan incompatibles para los objetos patrimoniales de plata. En el caso del producto 4 (Celea Quitatintas), su incompatibilidad se debe a su formulación a base de tensioactivos no iónicos con carácter básico. En cualquier caso, estos productos de limpieza solo se utilizan en aseos alejados de las zonas de exposición y, además, existen alternativas ensayadas [Tabla 7] más seguras dentro de las categorías anteriores. Sin embargo, sirven como alerta en caso de que dichos productos lleguen a usarse en zonas próximas a las áreas de exposición de un museo.

Conclusiones

Esta investigación ha permitido profundizar en el ámbito de la conservación preventiva en ambientes museísticos, mediante el análisis del impacto que distintos productos de limpieza pueden tener sobre metales presentes en nuestro patrimonio, como la plata, el cobre y la plata esterlina. La colaboración, con los museos participantes y las empresas adjudicatarias de los servicios de limpieza del Museo Arqueológico Nacional, el Museo Sefardí de Toledo y el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT) permitió obtener 24 productos de limpieza empleados en condiciones reales. Entre los productos evaluados, los que presentan mayor corrosividad para la plata, el cobre y la plata esterlina son aquellos a base de amoniaco y lejía, categorizados como limpiadores generales, neutros y amoniacales, así como productos de desinfección o limpieza potente. Aunque su uso se restringe a los aseos alejados de las salas de exposición, un uso incorrecto podría contribuir al deterioro del patrimonio cultural metálico. El resto de productos de limpieza evaluados pueden considerarse, en general, aptos para la plata pura y la plata esterlina. No obstante, el cobre es el metal que presenta mayor susceptibilidad a la corrosión frente a los compuestos volátiles liberados por los productos de limpieza. En conjunto, este trabajo proporciona información sobre qué productos de limpieza específicos son más adecuados para su uso en museos, constituyendo una pequeña base de datos que podrá ser utilizada en un futuro para desarrollar recomendaciones, protocolos o guías de buenas prácticas.

Es fundamental poder informar al personal que desempeña tareas de limpieza e integrarlo en la estrategia de la conservación preventiva. Según los museos participantes, sería recomendable organizar talleres formativos en los que se ilustre, mediante ejemplos reales, el efecto de determinados productos de limpieza sobre el patrimonio cultural metálico.

CATEGORÍA	NOMBRE PRODUCTO	RECOMENDACIÓN DE USO
Limiadores generales, neutros y amoniacales	1. Amoniaco Casablanca 2. Celea Limpiador Floral 3. Amoniaco Perfumado Gerpa 4. Celea Quitatintas	NO (Cu, Ag, Ag Est) SÍ NO (Cu, Ag, Ag Est) NO (Cu)
Desinfección / Limpieza potente	5. Lejía El León 6. Lejía Gerpa 7. Celea Gel Detergente Clorado	NO (Cu, Ag, Ag Est) NO (Cu, Ag, Ag Est) SÍ
Abrillantadores, ceras y cristalizadores	8. Doril Muebles Superceras 9. Vinfer Abrillantador Suelo 10. Gala cristalizador suelo máquina 11. Cera Blanca Saniwash 12. Detergente Madera Saniwash 13. Limpia cristales	SÍ SÍ NO (Cu) SÍ * SÍ
Desengrasantes	14. Basic 60 15. Celea Desengrasante General	SÍ *
Friegasuelos	16. Basic 30 Friegasuelos 17. Friegasuelos Neutro Buga Clean 18. Mopa Limp Pool Chemical 19. Friegasuelos Pool Chemical	SÍ SÍ SÍ *
Higiene personal / sanitaria	20. B-5 Gel de Manos Azul 21. SC Professional Clear Foam Pure 22. Jabón de Manos	*
Lavavajillas manual	23. Celea Lavavajillas Manual 24. Basic 70 Lavavajillas Manual	*

*Existió contacto directo entre el producto de limpieza y alguno de las muestras metálicas

Tabla 7.- Idoneidad de los productos de limpieza ensayados.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación POP – Protección de objetos de plata en colecciones de museos (PID2023-152322NA-I00) financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE, coordinado por el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM-CSIC), con la participación del Museo Arqueológico Nacional, el Museo Sefardí de Toledo y la Universidad de Castilla-La Mancha, y del proyecto PIE 202360E133 financiado por el CSIC. Los autores agradecen también la colaboración del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como a las empresas de limpieza de los diferentes museos que han contribuido facilitando los productos que emplean en su labor, lo que ha resultado de vital importancia.

Referencias

- AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION (AIC) (2020). *Copper corrosion library. Appendix: Photos of scored coupons*. En: AIC Wiki: A collaborative knowledge resource.
- BAMBERGER, J.A., HOWE, E.G. y WHEELER, G. (1999). "A variant Oddy test procedure for evaluating materials used in storage and display cases", *Studies in Conservation*, 44(2): 86–90.
- LAFUENTE FERNÁNDEZ, D., CANO DÍAZ, E. y GÓMEZ ESPINOSA, T. (2013). "Degradación del patrimonio metálico causada por ácidos orgánicos en museos y exposiciones: El caso del Museo de América (Madrid)", En: *IV Congreso Latinoamericano de Conservación y Restauración de Metal*, 141–152.
- DÍAZ, I. y CANO, E. (2022). "Quantitative Oddy test by the incorporation of the methodology of the ISO 11844 standard: A proof of concept", *Journal of Cultural Heritage*, 57: 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.08.001>
- DÍAZ, I., ALVAREZ-MARTIN, A., GRAU-BOVÉ, J., THICKETT, D., VILARIGUES, M. y FONTANA, D. (2024). "Review and interlaboratory comparison of the Oddy test methodology", *Heritage Science*, 12: 95. <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01174-9>
- GOBIERNO VASCO (n.d.). *Pliego de bases técnicas: Servicio de limpieza del Museo Vasco de Bilbao*. Portal de Contratación Pública de Euskadi.
- INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA (2020). *Recomendaciones sobre procedimientos de desinfección en bienes culturales con motivo de la crisis por COVID-19*. Ministerio de Cultura y Deporte, 16 de abril de 2020. Disponible en: <https://ipce.cultura.gob.es/noticias/2020/2020-04-16-recomendaciones-covid-19.html> [consulta: 16/09/2025].
- INSTITUTO LEONÉS DE CULTURA (n.d.). *Pliego de prescripciones técnicas para la contratación del servicio de limpieza de las instalaciones del Instituto Leonés de Cultura*. Diputación de León.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2020). ISO 11844-2:2020. *Corrosion of metals and alloys — Classification of low corrosivity of indoor atmospheres — Part 2: Determination of corrosion attack in indoor atmospheres*. Geneva: ISO.
- KATSANOS, N.A., DE SANTIS, F., CORDOBA, A., ROUBANI-KALANTZOPOULOU, F. y PASELLA, D. (1999). "Corrosive effects from the deposition of gaseous pollutants on surfaces of cultural and artistic value inside museums", *Journal of Hazardous Materials*, 64(1): 21–36. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(98\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(98)00241-6)
- KORENBERG, C., KEABLE, M., PHIPPARD, J. y DOYLE, A. (2018). "Refinements introduced in the Oddy test methodology", *Studies in Conservation*, 63: 2–12. <https://doi.org/10.1080/00393630.2016.1267112>
- MARQUARDT, L., PHANEUF, R.J. y O'HERN, T.J. (2015). "Protecting silver cultural heritage objects with atomic layer deposited coatings", *Heritage Science*, 3: 37. <https://doi.org/10.1186/s40494-015-0066-x>
- MINISTERIO DE CULTURA (2023). *Pliego de prescripciones técnicas n.º J230030: Servicio de limpieza en los museos estatales de Madrid*. Madrid: Plataforma de Contratación del Sector Público.
- MOLINA, M.T., DÍAZ, I., RAMÍREZ, B. y CANO, E. (2023). "Estrategias innovadoras para la conservación preventiva de los objetos metálicos en colecciones de museos", *Anejos a Cuadernos de Prehistoria y Arqueología*, 6.
- MOLINA, M.T., CANO, E., LLORENTE, I. y RAMÍREZ-BARAT, B. (2023). "Corrosion risk to metal-based artefacts in a scientific and technical museum: An assessment of environmental and exhibition conditions", *Materials*, 16(12): 4239. <https://doi.org/10.3390/ma16124239>
- MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (MUNCYT) (2023). *Pliego de prescripciones técnicas del servicio de limpieza del MUNCYT (Exp. MUNCYT/2023/CL)*. Madrid: Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- MUSEO SEFARDÍ (2022). *Pliego de prescripciones técnicas del contrato de limpieza del Museo Sefardí (Exp. MS/2022/CL)*. Toledo: Museo Sefardí.
- ODDY, W.A. (1973). "An unsuspected danger in display", *The Museums Journal*, 73(1): 27–28.
- ORTIZ CORONA, J. (2022). *Estudio del empañamiento de la plata en presencia de sulfuros, para la conservación y restauración de piezas históricas y arqueológicas*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- SILVER CORROSION LIBRARY (2020). Appendix: Photos of scored coupons. [en línea] American Institute for Conservation (AIC). Wiki: A collaborative knowledge resource. Disponible en: https://www.conervation-wiki.com/wiki/Silver_Corrosion_Library [consulta: 14/07/2025].

TÉTREAULT, J. (2003). *Airborne pollutants in museums, galleries and archives: Risk assessment, control strategies and preservation management*. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

Autor/es



María García Ortúzar

mariagarciaortuzar@gmail.com

Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM-CSIC)



María Teresa Molina

mt.molina@csic.es

Instituto de Geociencias IGEO, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y Universidad Complutense de Madrid (UCM)
<https://orcid.org/0000-0003-1183-5559>

Graduada en Conservación y Restauración de Bienes Culturales por la Universidad de Granada, formación que le permitió adentrarse en el estudio de las técnicas, materiales y procesos vinculados a la preservación del patrimonio. Posteriormente amplió su especialización con un Máster en Conservación del Patrimonio Cultural en la Universidad Complutense de Madrid. Como parte de su trayectoria, realizó prácticas y TFM en el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM-CSIC), donde tuvo la oportunidad de participar en el proyecto de investigación: *La protección de objetos de plata en colecciones de museos* (POP) (PID2023-152322NA-I00). Este proyecto se enfoca en la conservación de los objetos de plata que forman parte de las colecciones de museos.



Iván Díaz Ocaña

ivan.diaz@csic.es

Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

<https://orcid.org/0000-0003-3981-985X>

Técnico especializado de OPIs en el grupo de investigación Corrosión atmosférica y Patrimonio Cultural (CAPAC) del CENIM-CSIC. Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid, su tesis fue una de las primeras investigaciones en España sobre la corrosión atmosférica de aceros corten avanzados enriquecidos en níquel, con estancias en Old Dominion University (EE.UU), Universidad de Antioquia (Colombia) y University of California (EE.UU). Centra su labor en la conservación del patrimonio cultural metálico, habiendo participado en proyectos internacionales y nacionales como CULT-STRAT (2007) —internacional, dedicado a evaluar el impacto de la contaminación atmosférica en materiales y objetos del patrimonio cultural europeo—, y los proyectos nacionales AIR ARTE (2016) y POP (2025), centrados en la protección y conservación del patrimonio cultural en museos nacionales. Lidera el servicio científico-técnico del test de Oddy dentro del laboratorio de estudio del patrimonio cultural metálico del grupo CAPAC, aplicando la norma ISO 11844 para su evaluación cuantitativa. Ha publicado alrededor de 45 artículos científicos indexados y ha dirigido una tesis doctoral sobre pátinas artificiales en esculturas contemporáneas de acero corten.

Graduada en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural y máster y doctorado en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Su trayectoria investigadora comenzó en 2017 como técnica de investigación en el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada (UGR). En 2019 se trasladó a Madrid para trabajar en el CENIM-CSIC en la conservación y protección de metales del patrimonio científico-técnico, habiendo colaborado con varios museos con este tipo de colecciones. Actualmente es investigadora postdoctoral Juan de la Cierva en el IGEO-CSIC/UCM. Su investigación actual se basa en la investigación de recubrimientos protectores inteligentes para aplicar al patrimonio, así como nuevos morteros de restauración elaborados con materiales sostenibles y reciclados. Ha colaborado con varias instituciones internacionales como L'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC) de Florencia, Italia o La Haute Ecole Arc Conservation-restauration (HE-Arc CR) de Neuchâtel, Suiza.



Blanca Ramírez Barat

blanca.ramirez@csic.es

Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

<https://orcid.org/0000-0001-5306-4057>

Lda. en Bellas Artes, Grado en Química y Dra. Ciencia e Ingeniería de Materiales, su actividad profesional ha estado ligada a la gestión y la investigación científica. Desde el año 2013 forma parte del grupo Corrosión atmosférica y Patrimonio Cultural (CAPAC) del CENIM-CSIC, donde es investigadora permanente desde 2023. Su actividad investigadora se centra en el estudio y conservación del patrimonio cultural metálico, con especial atención a la aplicación de técnicas electroquímicas para el estudio, evaluación y diagnóstico. Ha participado en numerosos proyectos, congresos y redes y otras iniciativas científicas nacionales e internacionales, entre las que se incluyen la redacción y seguimiento del Plan Nacional de Investigación en Conservación (PNIC) del Ministerio de Cultura, la participación en Patrimonio Abierto: Investigación y Sociedad (PTI-PAIS) o la puesta en marcha de la European Research Infrastructure for Heritage Science (ERIHS). Entre sus contribuciones más recientes destaca el proyecto POP (PID2023-152322NA-I00) donde es investigadora principal.



<https://doi.org/10.37558/gec.v28i1.1441>