

# RESULTADOS EXPLORATORIOS DE LA APLICACIÓN DE GELES DE AGAR-AGAR PARA LA LIMPIEZA DE SUPERFICIES DE YESO: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

## Exploratory Results of Agar Gel Application for the Cleaning of Plaster Sculpture Surfaces: A Methodological Proposal

Carmen Royo Fraguas<sup>1</sup>, Melissa Morales Almonacid<sup>1</sup>, Fernanda Espinosa Ipinza<sup>2</sup>, Sara Chiostergi Picchio<sup>2</sup>

### ANTECEDENTES

Durante las últimas décadas se ha comenzado a fraguar un cambio en los criterios, métodos y materiales utilizados en conservación-restauración de bienes patrimoniales. Basado en ello, han empezado a utilizarse nuevas técnicas, insumos y metodologías de trabajo tendientes a la mínima intervención, entendida en este caso como la mínima interacción entre las sustancias utilizadas en los procesos de conservación-restauración y los materiales presentes en la obra; así como la preocupación por la toxicidad de los productos que han sido utilizados tradicionalmente para dichos procesos. En definitiva, una tendencia que gira en torno a un mayor respeto por la obra y por los conservadores-restauradores que la intervienen.

Entre las acciones que comprenden el proceso de restauración, la limpieza es una de las etapas más complejas y delicadas, sobre todo por su irreversibilidad.

Los principales criterios que llevan a decidir remover ciertos materiales de la superficie de un objeto se relacionan con la conservación de la materia, cuando los depósitos o sustancias añadidas pueden causar

alteración en los materiales constituyentes de la obra, o por razones de carácter estético, cuando esta ya no es legible. En este sentido es importante desarrollar y optimizar nuevas técnicas de limpieza, que minimicen los efectos de deterioro y logren garantizar la conservación de los objetos. Cada tipo de tratamiento debe adecuarse a la particularidad de cada obra que, en la mayoría de los casos, presenta fragilidad intrínseca e inestabilidad química. Es por esto que la técnica de limpieza a implementar debe ser lo menos invasiva posible para cada soporte (Iannuccelli y Sotgiu 2010, Dei 2013).

En esta misma línea se ha evaluado el uso de geles, ya que estos se han establecido como óptimos sistemas de limpieza, debido a su selectividad y control del poder de solubilidad y penetración del agua hacia las capas de los soportes en estudio, en comparación al uso de solventes tradicionales (Wolbers 2003).

Las propiedades de limpieza específicas de un gel dependen de la naturaleza de los polímeros que lo componen, lo que permitirá distinguir el gel más apropiado para tratar un determinado soporte

<sup>1</sup> Laboratorio de Escultura y Monumentos, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Chile. laboratorio.monumentos.2@cncr.cl; melissa.morales@cncr.cl

<sup>2</sup> Laboratorio de Análisis, Centro Nacional de Restauración y Conservación, Chile. maria.espinosa@cncr.cl; laboratorio.analisis.3@cncr.cl

(Ovalle 2014). Entre las posibilidades están los geles de agar-agar, los que están formados por una mezcla compleja de polisacáridos extraídos de la pared celular de algas Rodophyta, de los órdenes de las Gelidiales y Gracilariales (Campani et al. 2007). Estos son geles físicos que otorgan superficies húmedas, blandas y elásticas, útiles para operaciones de limpieza. Actúan como una “esponja molecular” que absorbe cualquier material soluble en agua de las superficies. Son termorreversibles, económicos, no tóxicos y de fácil preparación (Anzani et al. 2008). Además, debido a su limitado poder de adhesión no es necesario, por lo general, realizar algún lavado o postratamiento a su uso (Cremonesi 2013), como sí ocurre con otros agentes gelificantes, como Carbopol® o Pemulen™ (Casoli et al. 2014). Su aplicación puede ser en estado semirrígido, lo que permite su distribución sobre superficies irregulares o en estado rígido, en el caso de superficies planas (Campani et al. 2007).

## El yeso como soporte escultórico

El yeso ha sido utilizado como material desde la antigüedad, ya sea como material constructivo (revestimientos de paredes, mortero de unión, etc.) o en los procesos de producción de esculturas. Es muy habitual encontrar en museos obras realizadas en yeso y, desgraciadamente, mucho más habitual en sus depósitos. El yeso ha sido considerado habitualmente como material de sacrificio, entendido como una fase del proceso de producción (Berzioli 2011). Este hecho ha llevado a considerarlo como un arte menor y ha supuesto que en muchas ocasiones permaneciera, en el mejor de los casos, en los depósitos de museos.

La escasa apreciación de este material ha influido en gran medida en el deterioro de muchas obras. En la actualidad se está tendiendo a una mayor valorización de este material, ya que en muchas de estas obras aparecen puntos de medición, trabajos primarios o marcas de herramientas del escultor (Berzioli 2011), hecho que permite el estudio de las mismas desde el punto de vista de la manufactura, de los procesos de creación y la intencionalidad del artista, entre otros.

Las características estructurales del yeso se resumen en una elevada porosidad, asociada a escasa resistencia mecánica, parámetros que son inversamente proporcionales. Esta alta porosidad genera que el material sea capaz de absorber la humedad ambiental, junto con polvo y contaminantes del aire. Además, las estructuras internas de hierro o madera y los refuerzos de hierro, presentes en la mayoría de los casos, se ven afectados por esta humedad provocando manchas y una potencial biodegradación en el caso de materiales de origen orgánico.

La alta porosidad sumada a las propiedades higroscópicas del yeso hacen de este material un sistema difícil de tratar en cuanto a su limpieza superficial con soluciones acuosas. A este problema se suma que muchas de las obras de yeso que llegan al Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR) vienen desde condiciones de depósito inadecuadas e incluso algunas han estado a la intemperie, lo que hace que tengan depósitos de suciedad superficial importantes, además de faltantes, porosidades irregulares y manchas.

Este estudio, de carácter exploratorio, tuvo como objetivo determinar la aplicación de geles de agar-agar para la limpieza superficial de esculturas de yeso. Este proceso se diseñó para cumplir con los criterios de reversibilidad y de inocuidad, los que fueron seleccionados considerando las propiedades materiales del yeso antes descritas, como higroscopicidad, baja dureza<sup>3</sup>, alta porosidad, entre otras.

En el marco exploratorio de la investigación se planteó el determinar las características, propiedades y aplicación de geles de agar-agar para la limpieza de superficies de bienes escultóricos realizados en yeso, para luego evaluar los resultados a modo de establecer una metodología de trabajo respecto de las limpiezas de estos soportes.

---

<sup>3</sup> Dureza: 2 en la escala de Mohs, que va del 1 al 10, siendo el 1 el material más blando (talco) y el 10 el de mayor dureza (diamante).

## METODOLOGÍA

### Las obras

Las pruebas se realizaron en dos obras incluidas en el Programa de Intervención de 2015 del Laboratorio de Escultura y Monumentos. Las dos obras corresponden a bustos de yeso, realizados mediante la técnica del vaciado y que no se encuentran patinadas ni policromadas. Ambas presentan diferencias en cuanto a las alteraciones y deterioros, aunque en ambos casos las causas son de origen antrópico, ya sea por el uso o almacenaje incorrecto. En la Tabla 1 se presenta la información de origen y contexto de ambas obras.

### Preparación de geles de agar-agar

Los geles se prepararon utilizando agar-agar polvo puro en agua destilada. Para su preparación se utilizó un calentador magnético Advantec SRS 710 HA. Una vez disuelto el polvo en el agitador, los geles se llevaron a ebullición a 85°C en microondas. Una vez que el gel se enfrió, se repitió el paso anterior de cocción en microondas. La temperatura de los geles se controló utilizando un termómetro manual de mercurio.

**Tabla 1. Descripción contextual y material de las obras utilizadas en este estudio.**

*Context and material description of the works used in this study.*

Descriptores	Busto de Simón González	Busto de Monseñor Valdivieso
Autor	Emercy (firmado)	José Miguel Blanco (firmado)
Propietario	Museo Nacional de Bellas Artes	Museo Histórico Dominicano
Fecha/Época	Finales siglo XIX-principio siglo XX	1878 (firmado)
Material	Sulfato de calcio Sin policromía	Sulfato de calcio Sin policromía
Técnica	Vaciado	Vaciado
N° ficha clínica	CLM431	CLM433
Principales alteraciones o deterioros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suciedad superficial y adherida.</li> <li>• Faltantes de soporte y desportilladuras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suciedad superficial.</li> <li>• Rayados.</li> <li>• Desportilladuras.</li> <li>• Intervenciones anteriores: A nivel superficial lijado al agua y lechada para unificar color. Reintegración de soporte en la peana.</li> </ul>

## Aplicación de los geles

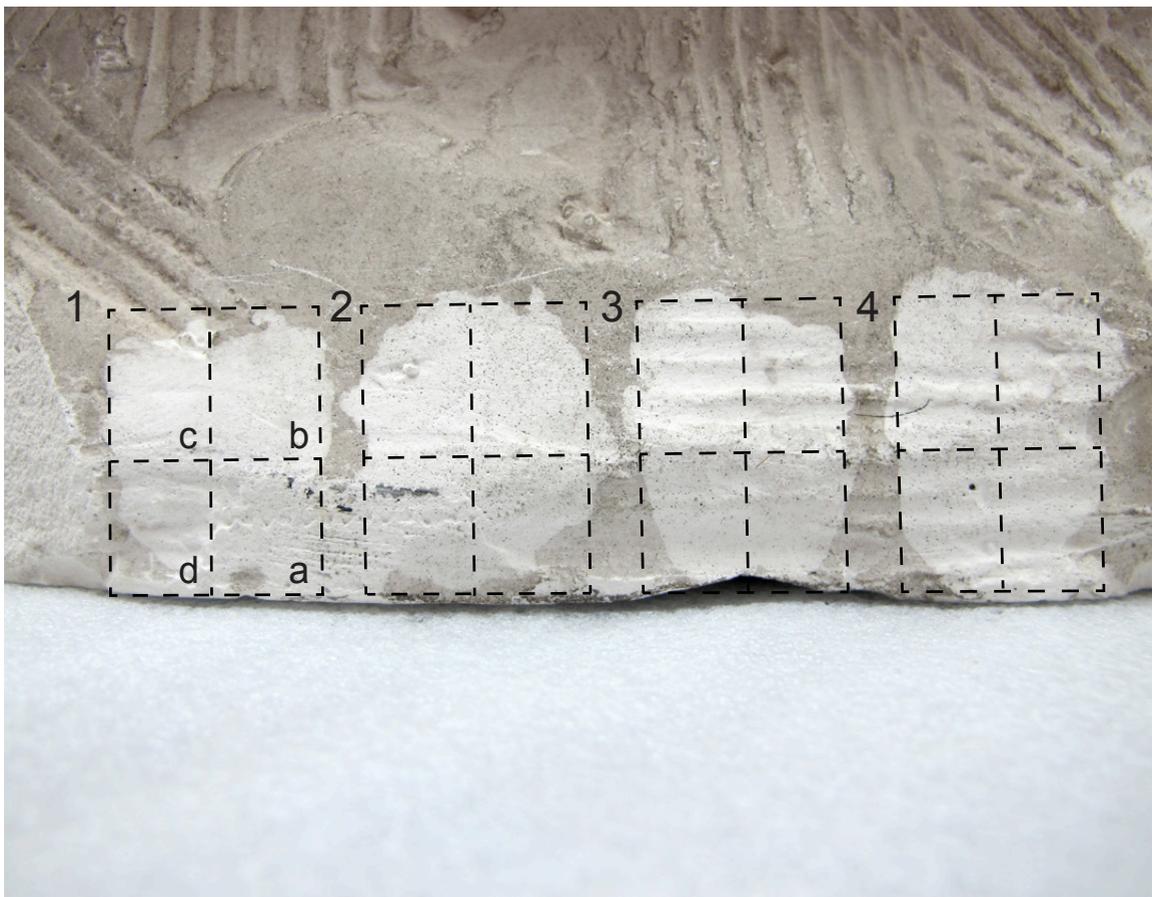
Los geles se aplicaron en estado fluido con el objetivo de que se adaptaran a los volúmenes de las obras tridimensionales, y a una temperatura entre 40 y 45 °C. Se testearon cuatro concentraciones del gel peso/volumen (p/v) 2,5%, 3,5%, 4% y 5%, a tiempos entre tres y 15 minutos. La aplicación se realizó utilizando pincel o brocha, en relación con el tamaño del área a limpiar. Luego de los tiempos seleccionados se retiró la capa de agar-agar utilizando una varilla plana de madera de bambú. Se limpió la zona con un pincel y se chequeó el retiro de residuos con una lámpara UV de mano (Cole-Parmer®).

## RESULTADOS

### Busto de Simón González

Se realizaron 16 pruebas en la zona inferior de la parte posterior de la peana (Figura 1), con porcentajes de 2,5%, 3,5%, 4% y 5% p/v, dejando actuar cada uno de ellos en tiempos de 3, 5, 10 y 15 minutos.

En las pruebas se obtuvo una limpieza adecuada, sin embargo se observó que hubo difusión de agua, la que era suficiente para ser absorbida, penetrar en el soporte y humedecer en exceso el material.



**Figura 1.** Ubicación de las diferentes pruebas con geles de agar-agar en busto de Simón González. Concentración: (1) 2,5%; (2) 3,5%; (3) 5%; (4) 4%. En la cuadrícula se identifican los distintos tiempos de aplicación: a. 3 min.; b. 5 min.; c. 10 min.; d. 15 min. (Fotografía: Royo, C. 2015. Archivo CNCR).

*Location of the different agar gel tests, on the Simón González bust. Concentration: (1) 2,5%; (2) 3,5%; (3) 5%; (4) 4%. On the grid it is possible to see the different application time periods: a. 3 min.; b. 5 min.; c. 10 min.; d. 15 min. (Photograph: Royo C. 2015. CNCR Archive).*

Este hecho se verificaba incluso en la aplicación del gel preparado con el mayor porcentaje de agar-agar y el menor tiempo.

Luego se realizaron pruebas alternativas hasta conseguir una metodología que permitiera el nivel de limpieza anterior, pero que evitara la excesiva penetración de agua en el soporte. Se decidió realizar varias pruebas con gel de agar-agar al 3,5% p/v durante 10 minutos<sup>4</sup>, interponiendo papel japonés de diferentes gramajes (alto, medio, bajo) entre la superficie y el gel. Con esto se verificó que con el papel de gramaje bajo seguía dándose una difusión excesiva de agua, mientras que los de gramaje medio y alto no permitían que el gel se adaptara al modelado de la escultura.



**Figura 2.** Resultados de limpieza parcial con la técnica del *strappo* en busto de Simón González. Superficie limpia a la izquierda, superficie sin limpiar a la derecha (Fotografía: Rivas, V. 2015. Archivo CNCR).

*Partial cleaning results of with strappo technique on Simón González bust. Cleaned surface on the left, uncleaned surface on the right. (Photograph: Rivas, V. 2015. CNCR Archive).*

Valorando dichos resultados se decidió realizar otra prueba con gel al 3,5% en la esquina inferior izquierda de la parte posterior de la escultura, en este caso, retirando el gel mediante *strappo* o arranque en el momento de la gelificación (aprox. un minuto). De esta manera se obtuvieron resultados óptimos, tanto en términos de limpieza como de difusión de agua sobre el soporte de yeso (Figura 2).

En algunas zonas donde la escultura presentaba manchas oscuras se realizó la misma prueba, corroborándose que para este tipo de alteración se requerían dos aplicaciones sucesivas de gel.

## Busto de Monseñor Valdivieso

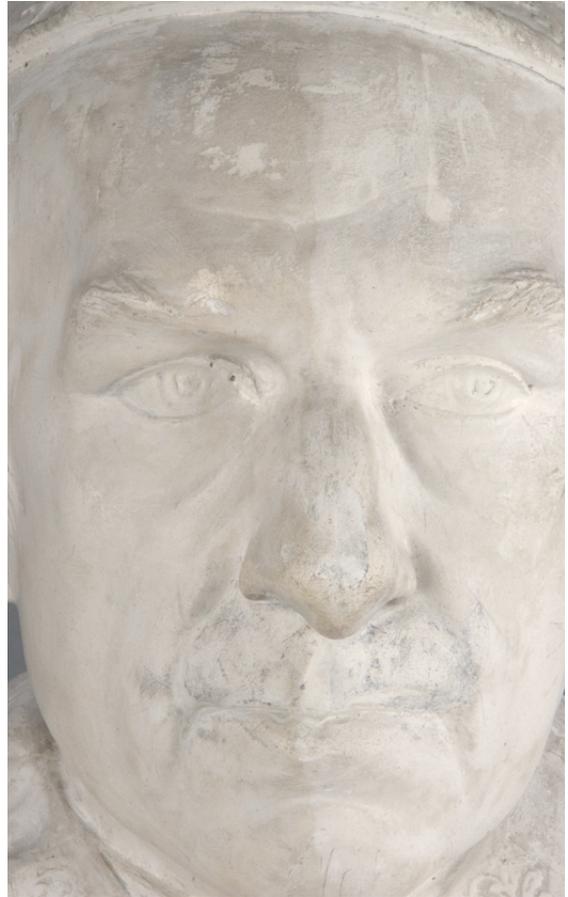
Se realizaron 16 pruebas en la zona inferior izquierda de la parte posterior de la peana. Los porcentajes utilizados son 2,5%, 3,5%, 4% y 5% p/v, dejando actuar cada uno de ellos en tiempos de 3, 5, 10 y 15 minutos.

Los resultados obtenidos eran similares a las concentraciones testeadas del gel, observándose una mayor limpieza a partir de los 10 minutos, excepto en el gel al 5%, en el que podía apreciarse una menor efectividad de limpieza para todos los tiempos. Ante estos resultados se decidió escoger un gel cuyo porcentaje de agar-agar en agua fuera un poco elevado con el objetivo de limitar la difusión (Figura 3), pero que a su vez permitiese llegar al nivel de limpieza deseado, para lo que se decidió la aplicación del gel a 3,5% por 10 minutos. Los resultados obtenidos fueron los adecuados, lográndose una limpieza controlada y efectiva (Figura 4).

<sup>4</sup> Se decidió utilizar gel de agar-agar al 3,5% debido a que los resultados eran similares en todos los casos aunque se apreciaba una mayor limpieza cuanto más bajo era el porcentaje, hecho que se palió con un mayor tiempo de aplicación (10'), dentro de los parámetros establecidos como seguros para la obra concreta.



**Figura 3.** Proceso de limpieza de la suciedad superficial con gel de agar-agar al 3,5% durante 10' (Fotografía: Royo, C. 2015. Archivo CNCR).  
*Superficial cleaning process with agar gel at 3.5% during 10' (Photograph: Royo, C. 2015. CNCR Archive).*



**Figura 4.** Diferencia en la superficie antes (izquierda) y después (derecha) de la limpieza (Fotografía: Rivas, V. 2015. Archivo CNCR).  
*Difference between surfaces before (left) and after (right) the cleaning process (Photograph: Rivas, V. 2015. CNCR Archive).*

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Durante el proceso de limpieza se observaron los resultados obtenidos en cada caso, y se establecieron comparaciones entre ellos. Se realizaron las pruebas siguiendo la preparación del gel según se menciona en la metodología. Estas pruebas tuvieron como objetivo fijar una metodología de trabajo que se pueda aplicar en las intervenciones futuras que se realicen en el CNCR.

Las pruebas permiten concluir que el tratamiento de limpieza con gel de agar-agar mediante

*strappo* es inocuo y no altera visualmente el soporte de yeso. En cuanto a la difusión de agua, se pudo comprobar mediante el pesaje diario de las obras que su evaporación completa se daba pasadas las 24 horas.

Se verificó la importancia de realizar una doble cocción del gel antes de su aplicación. Este procedimiento generó un gel más homogéneo, con mayor capacidad de retención de agua.

Como se describe en la metodología, la aplicación del gel fue realizada en estado fluido, para que se adaptara a los volúmenes de las obras tridimensionales en las que se trabajó. Es necesario tener en cuenta la relación entre la temperatura de gelificación (38 °C) y la temperatura de aplicación (40-45 °C) (Anzani et al. 2008), la que permite aplicar el gel antes de que se haya solidificado pero a una temperatura que no supone un riesgo para la superficie de yeso. Se verificó la importancia de que la capa de gel aplicada sea homogénea, lo que facilita su retirada y reduce la generación de residuos. La velocidad de gelificación permitió desplazar el pincel creando esta capa uniforme sin niveles superpuestos de gel.

El tiempo de aplicación del gel dependió de las necesidades de cada caso. Es necesario considerar que la red que forma el agar-agar es la que actúa atrayendo hacia ella las sustancias de la superficie que el agua solubiliza, por tanto el tiempo necesario para la limpieza estará relacionado con el tiempo de gelificación y será proporcional al espesor de la película aplicada y a las dimensiones del área de intervención (Anzani et al. 2008). El intercambio comienza cuando se extiende el gel, generándose primero una intensa atracción de la suciedad hacia el espesante por ósmosis, seguida de una lenta liberación de agua hacia el interior del soporte (Anzani et al. 2008).

## REFERENCIAS CITADAS

ANZANI, M., BERZIOLI, M., CAGNA, M., CAMPANI, E., CASOLI, A., CREMONESI, P., FRATELLI, M. et al. 2008. *Gel rigidi di agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso*. Quaderno N° 6, CESMAR 7. Padua, Italia: Il Prato.

BERZIOLI, M. 2011. *An Analytical and Applied Approach to the Cleaning of Artworks*. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Químicas, Facultad de Química, Universidad de Parma, Parma, Italia.

## CONCLUSIONES

La generación de una propuesta metodológica para la limpieza y tratamiento de objetos de yeso era imprescindible para el Laboratorio de Escultura y Monumentos del CNCR, debido a las particularidades de este soporte en cuanto a su alta porosidad e higroscopicidad.

El uso de geles de agar-agar en forma fluida y aplicados como *strappo* parece ser un método inocuo y eficaz para la eliminación de suciedad superficial y manchas, el que permite controlar y reducir la difusión de agua en el soporte.

La experiencia en estas dos obras deja de manifiesto la importancia de realizar pruebas antes de cada limpieza, ya que cada pieza presenta particulares características, lo que no permite generar una receta común. Sin embargo, los resultados de este estudio ayudan a establecer las bases de una propuesta metodológica que deberá ir completándose a futuro al agregar otras tipologías de objetos en yesos que presenten acabados o capas policromas.

**Agradecimientos:** A la bioquímica Angélica Ovalle, quien en su práctica profesional en el Laboratorio de Análisis del CNCR comenzó el trabajo que hoy se materializa en las experiencias expuestas en este reporte.

CAMPANI, E., CASOLI, A., CREMONESI, P., SACCANI, I. y SIGNORINI, E. 2007. *L'uso di agarosio e agar per la preparazione di "gel rigidi"*. Quaderno N° 4, CESMAR 7. Padua, Italia: Il Prato.

CASOLI, A., DI DIEGO, Z. y ISCA, C. 2014. Cleaning Painted Surfaces: Evaluation of Leaching Phenomenon Induced by Solvents Applied for the Removal of Gel Residues. *Environmental Science and Pollution Research*, 21: 13252-13263.

- CREMONESI, P. 2013. Rigid Gels and Enzyme. En: M. Mecklenburg, E. Charola y R. Koestler (eds.), *New Insights into the Cleaning of Paintings: Proceedings from the Cleaning 2010 International Conference, Universidad Politécnica de Valencia and Museum Conservation Institute*, pp.179-183. Washington DC, Estados Unidos: Smithsonian Institution.
- DEI, L. 2013. Conservation Treatments: Cleaning, Consolidation and Protection. En: P. Baglioni y D. Chelazzi (eds.), *Nanoscience for the Conservation of Works of Art*, pp. 77-92. Cambridge, Reino Unido: The Royal Society of Chemistry.
- IANNUCELLI, S. y SOTGIU, S. 2010. Wet Treatments of Works of Art on Paper with Rigid Gellan Gels. *AIC's 38th Annual Meeting, Book and Paper Group Session*, v. 29, pp. 25-39. Washington DC, Estados Unidos: The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Recuperado de: <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v29/bp29-04.pdf> [12 agosto 2015].
- OVALLE, A. 2014. *Análisis de técnica y efectividad en la limpieza superficial de soportes de papel y yeso, utilizando geles de agar, para su aplicación en restauración de piezas patrimoniales. Informe de práctica*. Santiago, Chile: CNCR. Documento no publicado.
- WOLBERS, R. 2003 [2000]. *Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods* (2ª reimpr.). Londres, Reino Unido: Archetype.