

**DETERIORO BIOLÓGICO DE
MATERIALES Y TÉCNICAS PARA SU
LIMPIEZA Y PRESERVACIÓN**

DETERIORO BIOLÓGICO DE MATERIALES Y TÉCNICAS PARA SU LIMPIEZA Y PRESERVACIÓN / Vilma Rosato ; Fabian Iloro ; Luis P. Traversa ; editado por Vilma Rosato. - 1a ed ilustrada. - La Plata : Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica - LEMIT, 2016.
100 p. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-987-3838-06-4

1. Deterioro Ambiental. 2. Materiales. 3. Conservación.
I. Iloro, Fabian II. Traversa, Luis P. III. Rosato, Vilma, ed. IV. Título.
CDD 607.3

Título:

DETERIORO BIOLÓGICO DE MATERIALES Y TÉCNICAS PARA SU LIMPIEZA Y PRESERVACIÓN

Editor:

Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica

Diseño y diagramación:

Sebastian Marquez

Cantidad de ejemplares: 75



Esta publicación es patrocinada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires a través de un Subsidio para Publicaciones Científicas y Tecnológicas (PCT09).



Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida por algún método gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo los sistemas de fotocopias, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento del editor.

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced by any method graphic, electronic or mechanical, including photocopying systems, magnetic recording or record data feed, without written permission from the publisher.

ENSAYOS DE DOS SUSTANCIAS HIDRORREPELENTES EN LADRILLOS: DEMORAN EL CRECIMIENTO DE BIOFILMES? EL CASO DE LA CATEDRAL DE LA PLATA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Vilma G. Rosato , Rosana Lofeudo, Fabian Iloro, Renato García

INTRODUCCIÓN

La Catedral de La Plata (Buenos Aires, Argentina), es un edificio neogótico con una superficie de 7000 m² construido con mampostería de ladrillo a la vista y mortero, que le dan una apariencia muy especial y característica. Se usó mortero de cemento blanco en los pináculos, arcos de apoyo de las bóvedas y ornamentos. Aunque está ubicado en el centro de la ciudad, en un área de tránsito denso, la Catedral está rodeada por un jardín que ayuda a mitigar los efectos de la contaminación aportada por los autos y la influencia de los contaminantes del complejo Petroquímico en las afueras de la ciudad, y provee sombra y humedad.

El proyecto original fue diseñado por el Ing. P. Benoit, y el Arq. E. Meyer dibujó el plano definitivo, inspirado en las Catedrales de Colonia y Amiens (Figuras 1 y 2). La construcción comenzó en 1884, con la bendición de la piedra fundacional. Luego de varios años de trabajo, la capilla “Nuestra Señora de los Dolores” se abrió en 1902, pero sólo comenzó a funcionar como Catedral en 1932. Luego se completó la cripta, diseñada por el Arq. C. Rivarola y los restos del fundador, Dardo Rocha y su esposa, fueron sepultados allí solemnemente en 1940. En 1941, los pisos se recubrieron con baldosas de granito, y en 1947 los vitraux franceses se colocaron en las ventanas. Luego, el edificio quedó inconcluso hasta que las torres y los detalles ornamentales se completaron en 1999. Mientras estos trabajos estaban en ejecución, el edificio se limpió y se utilizó una sustancia hidrófoba (Igolnikow, 2000).

Ahora, luego de 10 años, la Catedral está afectada por el crecimiento de líquenes, algas verdes, cianobacterias, musgos (Gómez de Saravia, Fontana y Guiamet, 2009), y planta superiores. Los líquenes como *Xanthoplaca austrocitrina* crecen especialmente en los lugares húmedos mirando hacia el sur y sureste (Rosato, Garcia & Barreto, 2008), por lo que se planifican nuevos trabajos de limpieza y protección.

Aunque las sustancias hidrófobas no tienen efecto biocida, bloquean la absorción de agua, por lo que hay muy poca agua disponible para los microorganismos. Así, en teoría, los hidrorrepelentes tendrían una doble acción protectora: prevenir el daño causado por el agua a los materiales y crean una barrera para los biofilmes, puesto que los

microorganismos encuentran difícil crecer en superficies con baja humedad.

Este trabajo tiene dos grandes finalidades: primero, encontrar un proceso de limpieza adecuado que sea efectivo contra los biofilmes sin dañar el material; y segundo, un tratamiento hidrorrepelente que demore el crecimiento de nuevos microorganismos tanto como sea posible.



Figura 1: Catedral de La Plata



Figura 2: Vista aérea (obtenida de Google Earth)

MATERIALES Y MÉTODOS

Clima:

De acuerdo a los datos del Instituto de Geomorfología y Suelos de Universidad Nacional de La Plata, La Plata tiene un promedio anual de precipitaciones de 1040 mm (obtenidos de datos de 100 años). El mes más lluvioso es marzo, con un promedio de 111 mm y el menos lluvioso es junio, con un promedio de 63 mm. La distribución estacional de la lluvia es bastante regular, aunque hay una disminución en invierno (Tabla 1).

Con respecto a los últimos 10 años, las precipitaciones totales pasaron de 1496 mm en 2001 a 711,15 mm en 2008. (Figura 3 – los datos de 2010 son las precipitaciones acumuladas hasta Julio).

La temperatura media anual es 16.2 °C. Enero es el mes más caluroso con 28 °C de promedio y Julio es el más frío, con una temperatura media de 9.9 °C. Las temperaturas extremas fueron 43 °C y -5 °C.

Verano (Diciembre, Enero, Febrero)	289 mm	27%
Otoño (Marzo, Abril, Mayo)	289 mm	27%
Invierno (Junio, Julio, Agosto)	196 mm	18,8%
Primavera (Septiembre, Octubre, Noviembre)	266 mm	25,6%

Tabla 1- Distribución de las lluvias durante el año

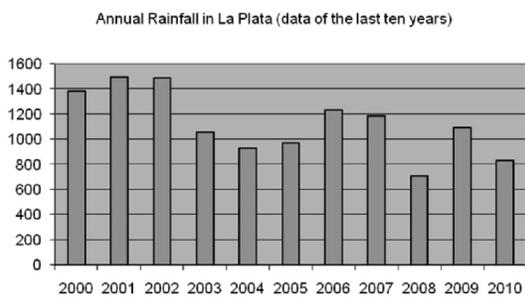


Figura 3: Precipitaciones durante los últimos 10 años (2010 sólo hasta julio).

La intensidad anual promedio del viento es de 12 km/h, con predominio de vientos del E, y luego del NE and SO. Las mayores intensidades se observan durante octubre, diciembre y enero, con promedios de 7 a 15 km/h. Es importante notar que los vientos del NE y NO trasportan contaminantes del complejo petroquímico en las localidades vecinas de Berisso y Ensenada.

La humedad relativa promedio es de 77%, variando entre 85% en junio y 70% en enero.

Materiales:

Las muestras de ladrillos se obtuvieron de la pared con un taladro con punta de diamante enfriado con agua. Las muestras eran de 7.5 cm de diámetro y 25.0 cm de profundidad.

Los materiales se estudiaron para determinar su composición, absorción y retención de agua.

La humedad natural del material a diferentes profundidades medidas secando las muestras en la estufa a 100 °C y midiendo la diferencia de peso.

Para medir la absorción de agua, las muestras se dejaron en estufa a 100 °C hasta que alcanzaron peso constante, se sumergieron en agua durante 24 h y luego se pesaron nuevamente después de secar cuidadosamente la superficie. La diferencia entre peso húmedo y seco se calcula como porcentaje del peso inicial.

Para medir la tasa de retención de humedad, las muestras de ladrillo se sumergieron y se dejó que absorbieran agua hasta peso constante y expuestas a dos ambientes diferentes, uno con $60 \pm 3\%$ de humedad relativa y 22 ± 2 de temperatura (ambiente seco) y el otro con 95 ± 3 humedad relativa (ambiente húmedo) y una temperatura dentro del rango indicado más arriba.

La composición de los materiales se analizó por XRD (Difracción de Rayos X) con un Goniómetro Philips 3020 con un controlador PW 3710, usando radiación de Cu-K α , filtro Ni y 40 kV-20 ma. Se observaron pequeñas muestras bajo MEB (Microscopio Electrónico de Barrido) y se realizaron análisis EDE (Espectroscopía de dispersión de electrones).

Pruebas de hidrorrepelentes:

Para verificar la acción de los hidrorrepelentes, se limpiaron superficies colonizadas de morteros de cemento y ladrillo con diferentes métodos: hidrolavado; hipoclorito de sodio; peróxido de hidrógeno; detergente de pH neutro; pasta limpiadora (“papeta”) AB 57 con cloruro de benzalconio como biocida. Luego de eso, las superficies se enjuagaron con abundante agua para retirar los restos de las sustancias usadas. Las pruebas se realizaron sobre la pared de mampostería junto a la puerta de la Capilla sobre la Avenida 53 y las secciones se identificaron como sigue:

- 601: hidrolavado
- 602: hidrolavado más hidrorrepelente 1
- 603: hidrolavado más hidrorrepelente 2
- 701: lavado con hipoclorito de sodio 50%

702: lavado con hipoclorito de sodio 50% e hidrorrepelente 1
 703: lavado con hipoclorito de sodio 50% e hidrorrepelente 2
 801: lavado con detergente neutro y rociado con hipoclorito de sodio 50% antes del enjuague
 802: lavado con detergente neutro y rociado con hipoclorito de sodio 50% antes del enjuague, e hidrorrepelente 1
 803: lavado con detergente neutro y rociado con hipoclorito de sodio 50% antes del enjuague, e hidrorrepelente 2

Las superficies limpias se dejaron secar tres días y divididas en tres: una parte se dejó sin tratar, y las otras dos se impregnaron con dos hidrorrepelentes diferentes disponibles en el comercio (uno es un silano y el otro una mezcla de alcoxisiloxano, como se ve en la Tabla 2)

Además, dos ladrillos antiguos se limpiaron y se impregnaron con los hidrorrepelentes a probar, finalmente llevados al ábside (la parte más húmeda y sombría) y expuestos en el techo a 22 m de altura

Estos ladrillos se observaron periódicamente para observar si había biofilmes creciendo en la superficie.

Se realizaron muestreos cuantitativos antes y después de la limpieza para poder comprobar la eficacia de los biocidas,

y luego controlados nuevamente después de uno y tres meses, para observar nuevos crecimientos. Para identificar los organismos, las superficies afectadas se rasparon suavemente con un bisturí, y la muestra se colectó en cápsulas de Petri estériles. Las muestras luego se observaron bajo microscopio y los organismos se identificaron con la ayuda de la bibliografía correspondiente.

Para medir la cantidad de UFC (Unidades Formadoras de Colonia), se usó una modificación del método del número más probable (Figura 4): un cuadrado de 10 x 10 cm se raspó cuidadosamente, quitando el biofilme que se recolectó en cápsulas de Petri estériles. Entonces, las muestras se etiquetaron inmediatamente y llevadas al laboratorio.

Las muestras se colocaron en recipientes estériles y suspendidas en 100 ml de solución fisiológica. El medio de agar- nutriente derretido se volcó en tres cápsulas de Petri estériles y se dejó enfriar. Antes de que el agar se gelificara, se volcó 1 ml de la suspensión en cada cápsula de Petri. Los cultivos se incubaron a 35 °C y las colonias resultantes se observaron y contaron a las 24 y 48 horas. En este caso, no se usaron nuevas diluciones, porque las pruebas preliminares mostraron que el número de colonias era adecuado y el número de UFC se podía estimar directamente usando la suspensión original.

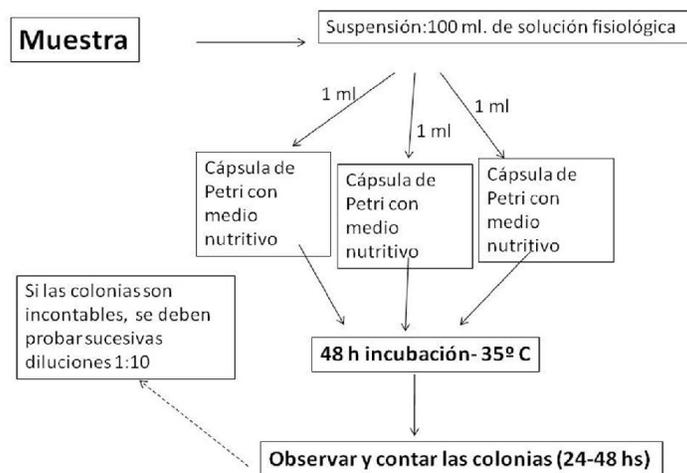


Figura 4: Esquema del ensayo cuantitativo.

Producto	1	2
Descripción	Protección hidrorrepelente para muros externos con base de solvente	Hidrorrepelente superficial con base de solvente
Datos Técnicos	Base química: siloxanos en solventes orgánico	Base química: silanos y siloxanos en base solvente
	Densidad (A 20°): 0,8 KG/LT	Densidad: 0,8 KG/LT
	Tiempo de secado: 1 H AT 20°C - 65% RH	Tiempo de secado: -
	Ph: 5/6	Ph: 7/8
Aplicaciones	Impregnante líquido hidrorrepelente que penetra superficies porosas por capilaridad a través de los poros, produciendo una efectiva y duradera repelle del agua de lluvia.	Hidrorrepelente superficial que actúa evitando la penetración de materiales porosos, no fisurados, permitiendo que las superficies respiren libremente

Tabla 2: Comparación de los dos productos hidrorrepelentes

RESULTADOS

El valor promedio de absorción obtenido de tres ensayos fue 15.6%; la densidad en estado saturado con superficie seca es 1.7. La porosidad del material tiene un promedio de 23.6%, determinado como el cociente del volumen de agua absorbida luego de 24 hs y el volumen de la muestra.

La humedad natural del ladrillo se midió a diferentes profundidades medidas por la pérdida de peso a 100 °C y los resultados comprobaron que la sección con contacto al exterior tenía menos humedad que la parte interior .

En cuanto a la capacidad de retención de agua del ladrillo, la Figura 5 indica los porcentajes de humedad retenidas por las muestras con respecto al tiempo y las condiciones ambientales. Como se puede observar, hay una gran influencia de la humedad relativa ambiente en la retención de agua en el material, creando un sustrato adecuado para la colonización de los microorganismos.

Los análisis de DRX (Difracción de Rayos X) indican principalmente la presencia de cuarzo, y feldespatos sódicos y/o calcosódicos (Figura 7). También hay una escasa cantidad de óxidos de hierro (hematita) y probable contenido de calcita y feldespato potásico en bajas proporciones, al igual que una muy baja cantidad de materiales arcillosos.

Las observaciones con MEB (Figura 7) y microanálisis EDE (Figura 8) confirman los resultados obtenidos por DRX.

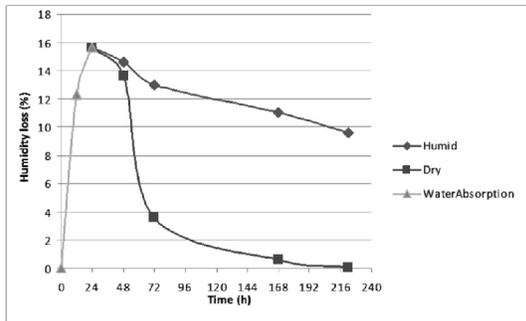


Figura 5: Pérdida de agua de los ladrillos en diferentes ambientes de humedad relativa.

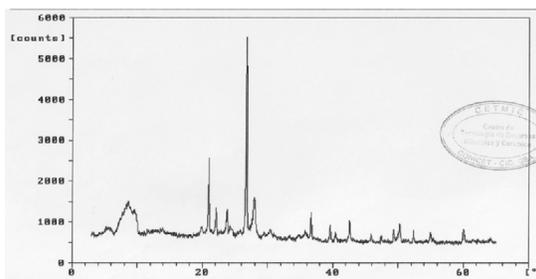


Figura 6: Difractograma de la muestra de ladrillo.

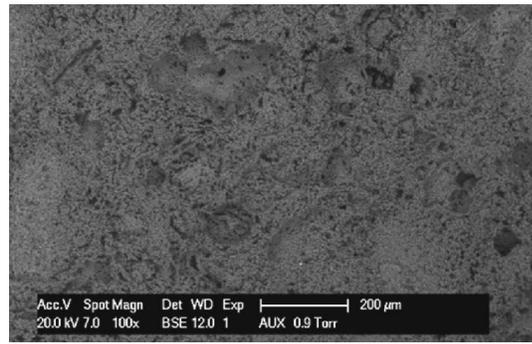


Figura 7: Imagen obtenida con MEB.

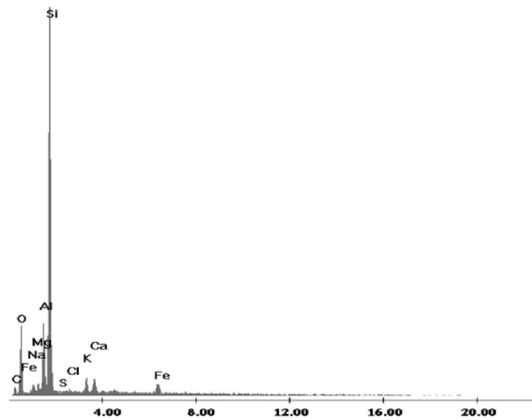


Figura 8: Espectrograma EDS de la muestra de ladrillo.

Estudio Microbiológico

Los resultados de las muestras cuantitativas se muestran en las Tablas 3 a 6. Al comparar la tabla 3 con la tabla 4, es evidente que todos los métodos de limpieza fueron eficientes para limitar o eliminar los microorganismos. Sin embargo, luego de tres meses los microorganismos aparentemente empiezan a crecer en las secciones 701 y 801.

Cuando se miran los resultados de las superficies tratadas con hidrorrepelentes, no se hallan UFC o hay conteos muy bajos, y no se observan diferencias o tendencias en el efecto de ambos hidrorrepelentes, excepto en la sección 703 donde los microorganismos parecen volver a crecer.

En cuanto al hidrolavado, había colonias creciendo en el sector 601, pero esa tendencia no continuó en los siguientes controles.

Los ladrillos expuestos en el techo del ábside no tienen signos de nueva colonización en el corto plazo.

Tratamiento	24 h			48 h		
	1	2	3	1	2	3
601	7	6	17	11	9	23
701	4	5	3	7	8	5
801	7	3	5	9	13	5

Tabla 3: Condición Pretratamiento (los números representan la cantidad de UFCs)

Tratamiento	24 h			48 h		
	1	2	3	1	2	3
601	0	3	0	5	3	0
701	0	0	0	0	0	0
801	0	5	1	1	0	8

Tabla 4: Control Postratamiento (los números representan la cantidad de UFCs)

Tratamiento	24 h			48 h		
	1	2	3	1	2	3
601	0	0	0	1	0	0
602	1	0	0	1	2	1
603	1	0	0	1	0	0
701	0	0	0	0	0	0
702	0	0	0	0	3	0
703	0	0	0	0	0	0
801	0	0	0	1	0	0
802	1	0	0	1	0	0

Tabla 5: Control después de 1 mes (los números representan la cantidad de UFCs)

CONCLUSIONES

Los ensayos físicos mostraron que los ladrillos de la Catedral de La Plata son muy porosos, y retienen agua por un tiempo bastante prolongado (una semana hasta 10 días) en condiciones de humedad. Esta situación es adecuada para el crecimiento de microorganismos, aunque en este caso, los conteos microbiológicos originales eran bajos. Es importante notar que, de acuerdo a los resultados de los ensayos de humedad natural a diferentes profundidades, el ingreso de agua es principalmente por absorción capilar del agua del suelo.

Los métodos de limpieza redujeron el número de

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- García, G. R. 2002- Preservación de materiales en la Catedral de La Plata. Intervención en: mampostería de ladrillos, componentes ornamentales y elementos metálicos. En: *1a Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio*, LEMIT, La Plata 2002 (CD)
- 2.- Gómez de Saravia S. G., Fontana J.M., Guiamet P.S., 2009. Caracterización de biofilms algales provenientes de la Catedral de La Plata. En: *Reunión Interdisciplinaria de La Provincia sobre biofilms*.(CD)
- 3.- IGOLNIKOW R. 2000. Aspectos estructurales de la Catedral de La Plata y de su completamiento. Hormigón 35, Buenos Aires, 2000, pp. 23-38
- 4.- La Catedral de La Plata. *El mayor templo neogótico del siglo XX*. MZ Ediciones y Fundación Catedral- Buenos Aires, Argentina, 2000
- 5.- Rosato Vilma G., García Renato, Viera Barreto Jessica Análisis de cobertura de Caloplaca austrociitrina en las paredes de la Catedral de la Inmaculada Concepción de La Plata 1er. Congreso Iberoamericano de Conservación del Patrimonio. La Plata, 10 y 11 de setiembre de 2009. (CD)

Tratamiento	24 h			48 h		
	1	2	3	1	2	3
601	0	0	0	0	0	0
602	0	0	0	0	0	0
603	0	0	0	0	0	0
701	1	0	0	1	1	0
702	0	0	0	0	0	0
703	3	1	2	3	1	2
801	1	0	0	3	2	1
802	0	0	0	1	0	0
803	0	0	0	1	0	0

Tabla 6: Control después de 3 meses (los números representan la cantidad de UFCs)

microorganismos o, directamente, los eliminaron. La excepción fue la limpieza con detergente neutro: al comienzo, casi no había crecimiento de nuevos microorganismos, porque el sector se roció con hipoclorito de sodio antes del enjuague final con agua, pero luego de tres meses se detectan colonias en el sector no tratado. Esto es porque el hipoclorito de sodio no tiene efecto residual. En contraste, los sectores tratados con hidrorrepelentes aún están limpios.

Esto también ocurre en el sector 701, solo lavado con hipoclorito de sodio: luego de tres meses, hay crecimiento de microorganismos aunque en números muy bajos. Es notable que el sector 703, tratado con el hidrorrepelente 2, también muestre la presencia de nuevas colonias.

Las inspecciones visuales de seguimiento y el muestreo cuantitativo de microorganismos en las paredes limpias y los ladrillos expuestos en el techo del ábside mostraron que en corto plazo (1- 3 meses) que casi no hay crecimiento en las superficies tratadas, mientras que las superficies sin tratar tenían conteos microbianos bajos, y no se observaban diferencias entre la acción de los hidrorrepelentes.