

Estudio de la Pátina Biológica y Ensayos de Limpieza en el Mausoleo Yalour, Cementerio de La Plata.

Vilma G. Rosato^{1,a}, Sandra G. Gómez de Saravia^{2,b}, Silvia E. Rastelli^{2,c} y Rosana Lofeudo^{1,d}

¹LEMIT CICPBA – CONICET. Av. 52 e/ 121y 122, La Plata, Bs.As. Argentina

²CIDEPINT CICPBA-CONICET. Av. 52 e/ 121y 122, La Plata, Bs.As. Argentina.

^avilmarosato@yahoo.com.ar, ^bs.gomez@cidepint.gov.ar, ^ce.rastelli@cidepint.gov.ar,

^drosanalofeudo@yahoo.com.ar

Palabras clave: mausoleo, hormigón, pátina, limpieza y conservación.

RESUMEN

El mausoleo de Yalour es un monumento realizado en hormigón armado martelinado, ubicado en un lote especial cedido por el Consejo Deliberante, diseñado por el ingeniero platense Enrique Boudet y construido por Armando J. Frehner entre 1931 y 1932, destacándose en el frente una escultura de una escena marina. Actualmente, el mausoleo se encuentra uniformemente cubierto por una pátina negra, con manchas conspicuas de tono más claro. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la pátina y evaluar los procedimientos de limpieza más aptos para su intervención final. Para ello: i) se tomaron muestras de las paredes y de los vidrios del mausoleo que se observaron en microscopio óptico, de barrido de electrones y de epifluorescencia e ii) se ensayaron metodologías de limpieza en laboratorio e “*in situ*”. Primero se cepilló en seco la superficie, luego una parte se lavó sólo con detergente neutro, otra con detergente neutro y aplicación de cloro, y otra con aplicación de papeta AB57 modificada con el agregado de cloruro de benzalconio en forma directa y de emplasto (cubierta de papel). Pudo observarse, en todas las muestras de paredes, que la pátina está constituida por algas verde-azules: *Aphanocapsa* sp., *Lyngbya* sp. y *Leptolyngbya* sp. y algas verdes: *Chlorococcum* sp y *Klebsormidium* sp. También se observaron conidios de *Alternaria* sp. Cabe destacar la abundancia de *Tillandsia aëranthos* (clavel del aire) principalmente sobre la pared derecha del mausoleo y el crecimiento sobre los vitrales del líquen *Flavoplaca austroclitrina*. Se comprobó en el ensayo de laboratorio que el cloruro de benzalconio eliminó la pátina sin dejar manchas amarillas y por eso se aplicó luego en las pruebas “*in situ*”. En cuanto a una posible intervención, el mejor resultado se obtuvo con limpieza en seco, detergente neutro y aplicación de papeta AB57 con el biocida.

INTRODUCCIÓN

La palabra "pátina" se utiliza a menudo para referirse a los cambios de superficie en las obras de arte. Este término implica no sólo la decoloración de la superficie, sino también

otras formas de alteraciones como por ejemplo alteraciones físicas y químicas, que conducen a la formación de costras [1]. El color que presentan las pátinas se correlaciona con frecuencia con la presencia de diversos microorganismos [2, 3].

La formación de pátinas en edificios debida a la presencia de microorganismos es un tema que siempre ha preocupado a profesionales del área de ingeniería civil. De hecho, este fenómeno cambia la estética y la apariencia de los materiales y, en una etapa posterior, puede incluso comprometer la durabilidad de las estructuras por el deterioro inducido por los microorganismos [4]. Si bien el tipo de microorganismos que colonizan las fachadas de construcción de cemento es diverso, los análisis realizados *in situ* revelan que las algas son uno de los colonizadores iniciales y principales [5].

Las pátinas, pueden presentarse en forma de polvo y fragmentos minúsculos de diversos colores, en forma de láminas, escamas, costras de coloración verde o negra o como incrustaciones de color negro, blanco o rosa. La humedad que poseen los materiales favorece su crecimiento, así como la adherencia de polvo, por lo que se forma una capa o pátina fangosa que puede ser aprovechada por otros organismos tales como líquenes y briofitas. Si no hay control sobre el crecimiento de estos organismos las pteridofitas y las plantas superiores también pueden aparecer en estadios posteriores [6, 7, 8]. Las algas pueden causar deterioro bioquímico, ya que producen, al igual que los hongos, metabolitos de naturaleza predominantemente orgánica. Estos, disuelven activamente los constituyentes de la roca o incrementan su solubilidad en agua y estimulan la migración de sales en la matriz de la roca causando eflorescencias en su superficie [2].

El cementerio de La Plata, fundado por Benoit en 1887, tiene en su interior mausoleos y monumentos notables de diversos estilos merecedores de protección patrimonial. Uno de ellos es el mausoleo de Yalour. El mismo, actualmente, se encuentra uniformemente cubierto por una pátina negra, con manchas conspicuas de tono más claro. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue caracterizar desde el punto de vista biológico la pátina desarrollada sobre el mausoleo y evaluar los procedimientos de limpieza más aptos para su intervención final, y que retrasen el posterior desarrollo de los microorganismos.

METODOLOGÍA

Sitio de muestreo

El mausoleo Yalour, se encuentra emplazado en el Cementerio de La Plata (Fig. 1), en un lote especial cedido por el Concejo Deliberante en homenaje a este marino que rescató numerosos naufragos y expedicionarios polares en aguas del Atlántico Sur [9] Es un monumento de 3,25 m de frente por 3 m y 4,50 m de alto, realizado en hormigón armado martelinado. Fue diseñado por el ingeniero platense Enrique Boudet y construido por Armando J. Frehner entre 1931 y 1932, destacándose en el frente una escultura de una escena marina (Fig. 2).



Figura 1: Ubicación de la bóveda en el Cementerio (Imagen tomada de Google Earth)



Figura 2: Mausoleo de Yalour.

Caracterización biológica de la pátina

Se tomaron muestras en 4 sitios de las paredes mediante raspado con bisturí esteril (Fig. 3) y de los vidrios del mausoleo. En laboratorio, se separaron porciones de cada muestra, para su observación y determinación taxonómica de las algas en el microscopio óptico (Arcano), en el microscopio electrónico de barrido (FEI, Quanta 200) y en el microscopio de epifluorescencia (Olympus BX51). El resto de la muestra se colocó en caldo de cultivo BG11 para su mantenimiento [10].



Figura 3: Toma de muestra de la pátina que recubre al mausoleo Yalour.

Pruebas de limpieza

Se ensayaron metodologías de limpieza en laboratorio e *"in situ"*. Primero se delimitó la superficie y se cepilló en seco, aplicando en cada una los métodos de limpieza indicados en la Tabla 1 y Fig. 4. La finalidad de estos ensayos fue verificar que la acción del cloruro de benzalconio no genere, en las cianobacterias, la liberación de pigmentos carotenoides de color naranja en el sustrato como ya fue observado en un monumento de mármol en otros estudios [11]. Una vez realizadas estas pruebas, se repitieron en el propio mausoleo.

Tabla 1. Ensayos preliminares de limpiezas realizadas en laboratorio

	Metodología de limpieza
I	Cepillado en seco + Detergente neutro
II	Cepillado en seco + Detergente neutro + agua clorada 15% y enjuague
III	Cepillado en seco + Detergente neutro agua clorada 15% y enjuague + Papeta AB57

Delimitación de la superficie a limpiar



Cepillado en seco



Limpieza con detergente neutro



Aplicación de agua clorada al 15%



Limpieza con papeta AB57 modificada con biocida.



Figura 4: Pasos y procedimientos de aplicación de los métodos de limpieza realizados en laboratorio.

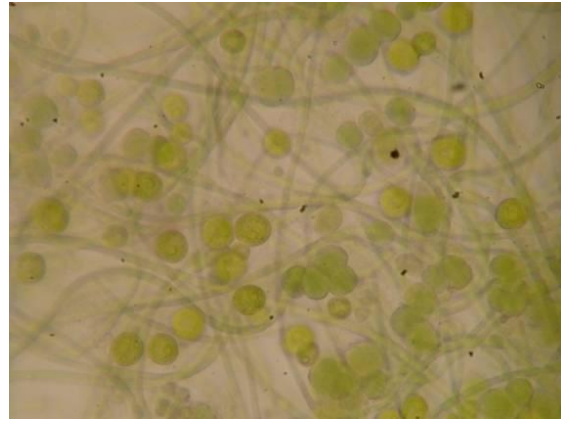
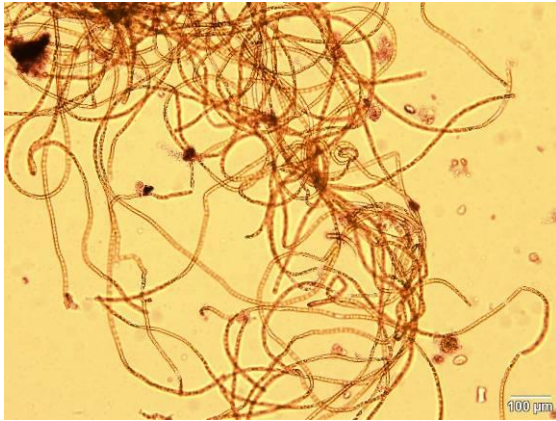
RESULTADOS

Pátina biológica

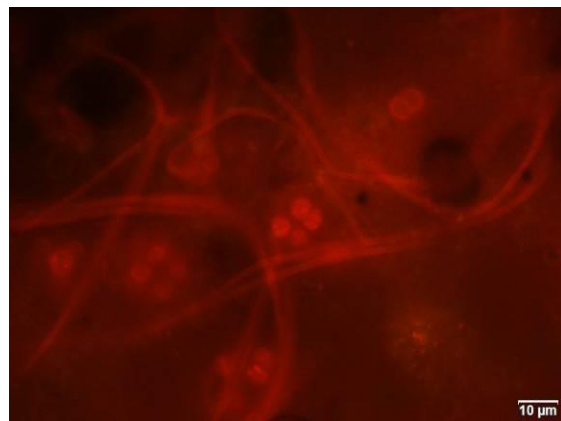
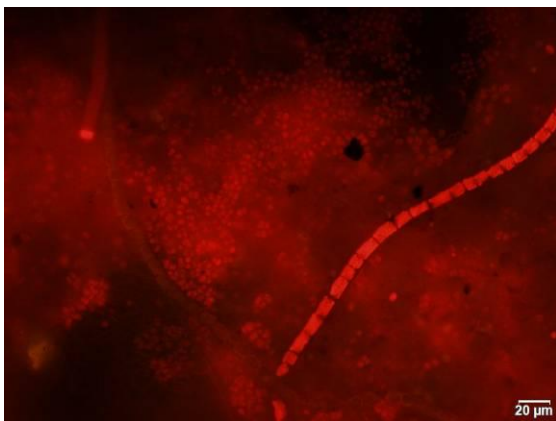
A partir de las observaciones y análisis mediante las diversas microscopías aplicadas, no se hallaron diferencias significativas de la composición biológica en los diferentes sitios muestreados de las paredes del mausoleo. Se determinaron taxonómicamente algas verde-azuladas pertenecientes a la clase Cyanophyta, de tipo cocoides como *Aphanocapsa* sp. y

filamentosas como *Lyngbya* sp. y *Leptolyngbya* sp. y algas verdes como *Chlorococcum* sp. perteneciente a la clase Chlorophyta y *Klebsormidium* sp. de la clase Streptophyta (Fig. 5). También se observaron conidios (esporas fúngicas) de *Alternaria* sp. Algunas de estas especies han sido reportadas en estudios similares [12]

Microscopio optico



Microscopio de epifluorescencia



Microscopio electrónico de barrido

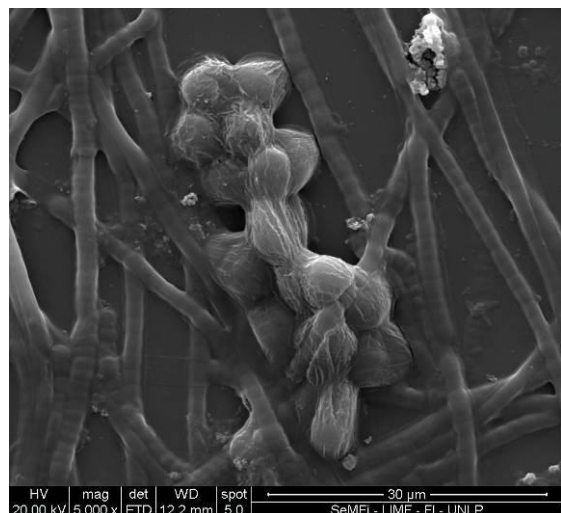
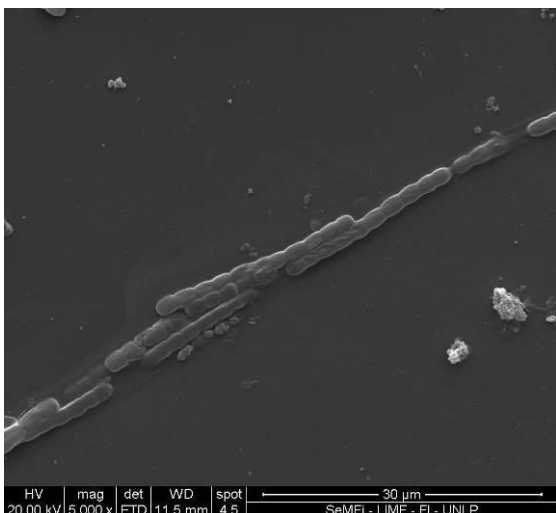


Figura 5: Aspecto de las algas cocoides y filamentosos presentes en la pátina, observadas mediante las diferentes microscopías.

Asimismo se observaron otros organismos, entre los cuales cabe destacar la abundancia de *Tillandsia aëranthos* (“clavel del aire”) principalmente sobre la pared derecha del mausoleo (Fig. 6). De todos modos, como se ha observado en otros monumentos de La Plata al aplicar el índice de riesgo [13], estas plantas alcanzan sólo un nivel 3 de una escala de 10, porque tienen raíces de escaso desarrollo y, por lo tanto, ocasionan menos daño que otras plantas de mayor porte [14].



Figura 6: Pared del mausoleo colonizado con *Tillandsia aëranthos* (flechas amarillas)

También se debe mencionar el crecimiento sobre los vitrales del líquen *Flavoplaca austrocitrina* (Fig. 7). Esta especie es una de las más difundidas sobre diversos materiales en edificios de distintas zonas de la Provincia de Buenos Aires, capaz de causar daños a la superficie, ya que se ha observado que penetra revoques de cemento hasta 1,5 mm [15,16, 17,18]. Si bien no se observó en este caso de estudio daño en los vidrios del mausoleo, ya en 1922 es citada la colonización y deterioro de vitrales causada por líquenes [19].



Figura 7. Colonización líquénica de *Flavoplaca austroclitina* sobre el vidrio de la ventana posterior del mausoleo de Yalour.

Pruebas de limpieza

Se observó que con los métodos indicados en la Tabla 1, el mejor resultado se obtuvo con el proceso III (con los otros procedimientos la superficie queda con coloración oscura); se comprobó además en el ensayo de laboratorio que el cloruro de benzalconio eliminó la pátina sin dejar manchas amarillas (Fig. 8) y por eso se aplicó luego en las pruebas “*in situ*”.

Sin embargo, en el mausoleo en sí, se observó que tras el cepillado en seco y posterior lavado con agua aplicando finalmente agua clorada al 15 % con enjuague abundante, la limpieza era satisfactoria. La papeta AB57 con cloruro de benzalconio sólo fue necesaria puntualmente para eliminar las colonias aún presentes y que se veían como manchas verdes.



Figura 8: Ensayo de limpieza en laboratorio: aspecto final de la superficie luego de aplicar los distintos métodos.

En vista a una posible intervención, se recomienda aplicar una limpieza con cepillado en seco, seguida de un lavado con detergente neutro y agua con aplicación final de papeta AB57 con el biocida.

CONCLUSIONES

Se hallaron distintos agentes causantes de deterioro biológico en el mausoleo de Yalour, como algas verdes y verde-azuladas, líquenes y plantas vasculares.

Las pruebas de limpieza mostraron que la suciedad no está fuertemente adherida y puede eliminarse con relativa facilidad, sin recurrir a métodos o productos costosos, de modo que la puesta en valor puede realizarse con rapidez.

Se prevé analizar en próximos estudios el tiempo de duración de estos métodos de limpieza y su variación con la aplicación de hidrorrepelentes.

REFERENCIAS

- [1] Chilvers I. (2004) "The Oxford Dictionary of Art and Artists". Oxford University Press, London, pp. 816
- [2] Kumar R. and Kumar A.V. (1999) "Biodeterioration of Stone in Tropical Environments: An Overview". USA: The J. Paul Getty Trust; p. 96.
- [3] Barberousse H., Ruiz G., Gloaguen V., Lombardo R.J., Djediat C., Mascarell, G. and Castaing J.C. (2006) "Capsular polysaccharides secreted by building façade colonisers: characterization and adsorption to surfaces". *Biofouling* 22, pp. 361-370.
- [4] Maury-Ramirez A., De Muynck W., Stevens R., Demeestere K. and De Belie, N. (2013) "Titanium dioxide based strategies to prevent algal fouling on cementitious materials". *Cement and Concrete Composites* 36, pp. 93-100.
- [5] Gaylarde C.C. and Gaylarde P.M. (2005) "A comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Europe and Latin America". *International Biodeterioration and Biodegradation* 55, pp. 131-139.
- [6] Perrichet A. (1984) "Développement de micro-organismes à la surface des bétons et enduits". *Matériaux et Construction* 17, pp.173-177.
- [7] Deruelle S. (1991) "Rôle du support dans la croissance des microorganismes". *Matériaux et Construction* 24, pp. 163-168.
- [8] Barberousse H. (2006) "Etude de la diversité des algues et des cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation" PhD thesis, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.
- [9] Lofeudo R., Delâge R. y Longoni J. (2017), "El monumento funerario al capitán de navío Jorge Yalour en el Cementerio Municipal de La Plata." 16° Congreso de Historia de los Pueblos de la Provincia de Buenos Aires, Dolores, 27 y 28 de abril de 2017.
- [10] Rippka R., Deruelles J., Waterbury J.B., Herdman M. and Stanier R.Y. (1979) "Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria." *Journal of General Microbiology* 111, pp. 1-61.

- [11] Lofeudo R., Rosato, V.G. y Sempé, M.C. (2012), "Análisis y puesta en valor de monumentos funerarios marmóreos de inicios de siglo XX en la Ciudad de La Plata, Argentina." *VIII CINPAR 2012 (Congreso Internacional de Patologías y Restauración de Estructuras), La Plata, 4 al 6 de junio de 2012.*
- [12] Cañaveras J.C., Fernandez-Cortes A., Elez J., Cuezva S., Jurado V., Miller A.Z., Rogerio-Candelera M.A., Benavente D., Hernandez-Marine M., Saiz-Jimenez C. and Sanchez-Moral. (2015) "The deterioration of Circular Mausoleum, Roman Necropolis of Carmona, Spain". *Science of the Total Environment* 518–519, pp. 65–77
- [13] Signorini, M. A. (1996), "L'indice di pericolosità: un contributo del botanico al controllo della vegetazione infestante nelle aree monumentali" in "Informatore botanico italiano", 28 (1), pagg. 7-14.
- [14] Rosato, V. G. y García, R. A., (2012), "El índice de peligrosidad de las plantas y su aplicación a edificios del patrimonio de La Plata." *VIII CINPAR 2012 (Congreso Internacional de Patologías y Restauración de Estructuras), La Plata, 4 al 6 de junio de 2012.*
- [15] Rosato, V.G. (2002), "Hidrolavado de superficies colonizadas por líquenes en monumentos y edificios históricos". Jornada: *Técnicas de restauración y conservación del patrimonio*. La Plata, 6 de septiembre de 2002. (Editado en CD).
- [16] Rosato, V.G. 2006), "Diversity and distribution of lichens growing on cement materials in the Buenos Aires Province." *Darwiniana* 44 (1):89-97
- [17] Rosato, V. G., Arup U. (2010), "*Caloplaca austroclitrina* (Teloschistaceae) new for South America, based on molecular and morphological studies." *The Bryologist* 113 (1): 124–128.
- [18] Rosato, V.G., García R. A. (2014), "Clave de líquenes creciendo sobre cemento y hormigón en la provincia de Buenos Aires, Argentina". *Glialia* 6(1): 1–14.
- [19] Mellor, E. (1922), "Les lichens vitricoles et la détérioration des vitraux d'église." Librairie Générale de L'Enseignement, Paris.