

# CRECIMIENTOS BIOLÓGICOS SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL AMBIENTE: BIOFILMES SOBRE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO Y CONSTRUCCIONES DE LA PLATA

## BIOLOGICAL GROWTHS ON MATERIALS OF CONSTRUCTION AND THE ENVIRONMENT: BIOFILMES ABOUT COOLING TOWERS AND CONSTRUCTIONS OF LA PLATA

Vilma G. Rosato<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Investigadora Adjunta CONICET, LEMIT, UTN-FRLP. [direccion@lemit.gov.ar](mailto:direccion@lemit.gov.ar)

### RESUMEN

En las torres de enfriamiento de un complejo petroquímico situado a aprox. 3 km de la costa del Río de La Plata, se detectaron abundantes biofilmes que se estudiaron con el fin de caracterizar los materiales, identificar los organismos presentes y realizar una comparación de su composición con respecto a biofilmes hallados en otras construcciones de La Plata. Se realizaron diversos ensayos para caracterizar el materia (resistencia a compresión, absorción, porosimetría por intrusión de mercurio, observaciones con MEB y microanálisis EDE) y observaciones para identificar los organismos.

De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados, el hormigón tiene buena densidad, es poco poroso y compacto, caracterizado como un material de buena calidad.

En cuanto a los biofilmes, se identificó que los organismos estudiados pertenecen a géneros conocidos de Cyanobacteria, Chlorophyta y musgos ya observados en otros edificios en la región de La Plata, excepto por *Cosmarium*, por lo que se infiere que las condiciones de alta humedad, condensación de vapor y temperaturas superiores al resto del entorno favorecen a esta especie, habitual en arroyos de agua poco contaminada.

También se verifica cómo, al margen de las cualidades de los materiales, las condiciones ambientales tienen una gran influencia en la bioreceptividad de los mismos.

**Palabras clave:** torres de enfriamiento, biofilmes, bioreceptividad, *Cosmarium*

### ABSTRACT

On the cooling towers of a petrochemical complex placed about 3 km away of the coast of Río de La Plata, abundant biofilmes were detected and they were studied with the aim of comparing their composition with other biofilms found on other constructions in La Plata. Various test were performed to assess the material's characteristics (compression resistance, absorption, mercury intrusion porosimetry,

SEM observations and EDS microanalysis) and observations to identify the organisms.

According to the tests 'results, the concrete has a good density, has low porosity and is compact, and therefore considered as a good quality material.

As regard biofilms, the studied organisms were identified as belonging to genera of Cyanobacteria, Chlorophyta and mosses already observed on other buildings in the región of La Plata, except for *Cosmarium*, so we infer that the conditions of high humidity, vapor condensation and temperatures higher than the rest of the environment are favourable to this species, usually found in non polluted water streams.

También se verifica cómo, al margen de las cualidades de los materiales, las condiciones ambientales tienen una gran influencia en la bioreceptividad de los mismos.

**Keywords:** *cooling towers, biofilms, bioreceptivity, Cosmarium*

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de microorganismos sobre los materiales de construcción depende de la interacción de tres factores: el material, las condiciones climáticas (iluminación, precipitaciones, nutrientes, etc.), determinando la bioreceptividad (Guillite, 1995).

Las torres de enfriamiento son un caso especial, ya que generan un microhábitat de gran humedad y temperaturas más elevadas que las del resto de la localidad.

En las torres de enfriamiento de un complejo petroquímico situado a aprox. 3 km. de la costa del Río de La Plata, se detectaron abundantes biofilmes y se desea realizar una comparación de su composición con respecto a biofilmes hallados en otras construcciones de La Plata como la Catedral o el Mausoleo de Yalour en el Cementerio de La Plata y materiales expuestos en la terraza del LEMIT (Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica), también a 3 km del área industrial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Clima:** La temperatura media anual de La Plata 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.

El promedio anual de precipitaciones de 1040mm (obtenidos de datos de 100 años). El mes más lluvioso es marzo, con un promedio de 111mm y el menos lluvioso es junio, con un promedio de 63mm. La distribución estacional de la lluvia es bastante regular, aunque hay una disminución en invierno (Tabla 1). La humedad en promedio es de 70%.

En cuanto a la torre de enfriamiento, dada la condensación de vapor que genera, se estima que la humedad es de 100% y una temperatura de 30°, aproximadamente.

**Caracterización del material:** se realizaron

**Tabla 1.** Distribución de las lluvias durante el año.

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

ensayos de compresión, absorción de agua, porosidad y porosimetría por intrusión de mercurio, además de observaciones en MEB (microscopio electrónico de barrido) y microanálisis EDE (Espectrometría por Dispersión de Electrones) Se aclara que los testigos debieron cortarse para que todos tuvieran la misma altura y los extremos nivelados para realizar los ensayos de resistencia a compresión. Los demás ensayos, se realizaron sobre los trozos remanentes que, por lo dicho anteriormente, resultan de dimensiones diversas.

**Caracterización de los biofilmes:** se observaron bajo microscopio estereoscópico (AOC 4.2x) y microscopio óptico (Zelion 100x), para registrar sus características y determinarlos con ayuda de claves. También se consultó bibliografía disponible para compararlo con otros biofilmes estudiados en otras construcciones del área de La Plata, como la Catedral y el Mausoleo Yalour, además de los materiales expuestos en la terraza del LEMIT (Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica).

## RESULTADOS

### Características de los materiales

Se resumen en la Tabla 1. Se observa que los niveles de absorción y porosidad son bajos.

### SEM

En microscopio electrónico de barrido, se observan las perforaciones y el desgaste causado por el

biofilme en los agregados. En las figuras 1, 2 y 3 se observa además un filamento.

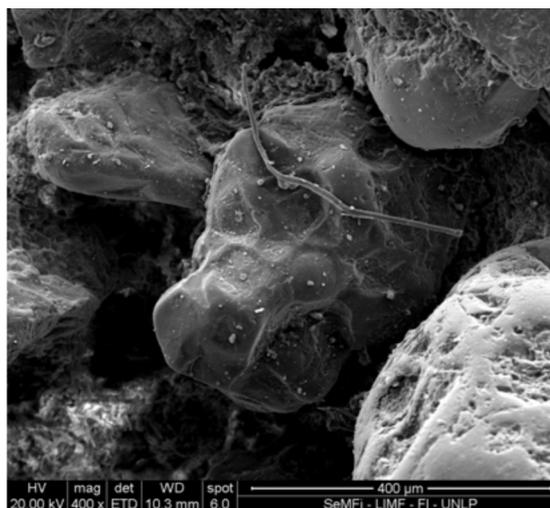


Figura 1.

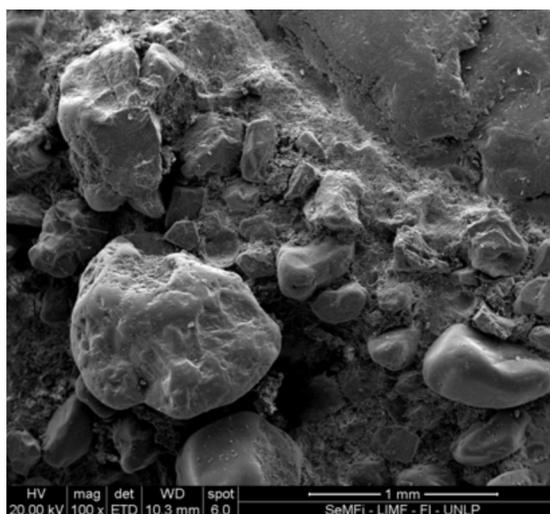


Figura 2.

Tabla 2.

Muestra	1	2	3	4
VOL (cm <sup>3</sup> )	28	55	132	28
Peso seco (g)	60,1	130,2	335,5	65,7
P.E	2,14	2,36	2,53	2,34
Peso 48 hs en agua (g)	64,2	140,5	345.36	69,6
Absorción (%)	6,82	7,9	2,94	5,93
Porosidad (%)	14,64	18,72	7,46	13,92

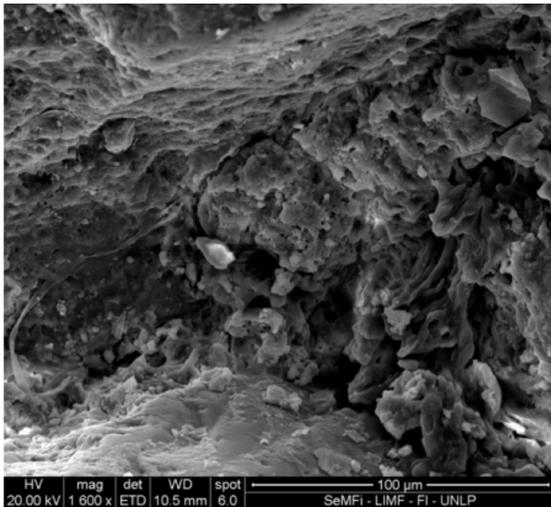


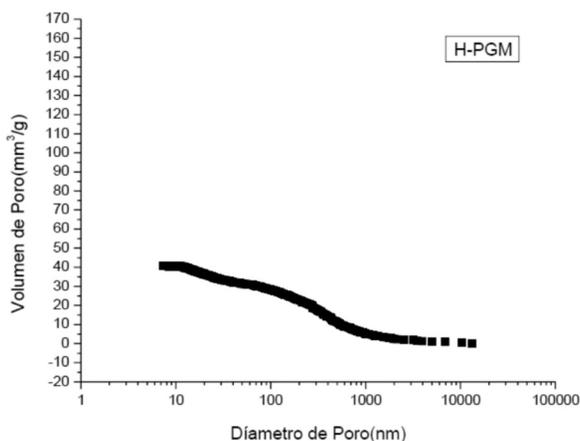
Figura 3.

## EDE

### Porosimetría por absorción de mercurio

Los resultados se presentan en la Tabla 2, y el gráfico, que muestran la distribución de poros.

Se observa baja porosidad en general, y la mayoría de los poros tiene diámetros entre 10 y 1000 nanómetros. Son muy escasos los poros mayores a 10000 nanómetros (equivalente a 1  $\mu\text{m}$ ), de tamaño adecuado para poder ser ocupados por microorganismos.



## Biofilmes

La muestra de hormigón presentaba superficialmente una película de color negro brillante de apariencia quebradiza, pero que al ser mojada absorbía el agua y que constituía una capa delgada continua de menos de un milímetro de color negro.

Se observó que estaban constituidos en otros casos por Bryophytas del orden Bryales (Figura 1) y una masa mucilaginosa de color marrón verdosa (Figura 2).

De la masa mucilaginosa se extrajeron muestras para ser observadas bajo microscopio estereoscópico encontrándose que la misma estaba constituida por:

-Cyanobacteria (algas verde azuladas) de los géneros: *Chroococcus* sp., *Merismopedia* sp., *Microcoleus* sp., *Scytonema* sp. y *Gloeocapsa* sp. (Figuras 3 y 4).

-Filamentos hialinos posiblemente pertenecientes a hongos (Figura 3).

-Diatomeas del Orden Pennales (Figura 4), provistas de rafe, una hendidura en el frústulo o cubierta silíceo.

-Chlorofitas (algas verdes) se observó la especie *Cosmarium* sp., perteneciente a la familia Desmidiaceae, que habitan generalmente en agua dulce y se distinguen por sus células formadas por mitades o hemicélulas de variadas formas geométricas.

Las especies encontradas (principalmente las Diatomeas) denotan que el ambiente presenta una humedad continua y está poco contaminado. El biofilm no presenta un peligro estructural inmediato para el hormigón subyacente, aunque al desprenderse el mismo se arrastran partículas superficiales del hormigón. Otro aspecto a considerar es que el biofilm, gracias a los mucílagos que lo conforman (secretados por las Cyanobacteria) tiene la capacidad de retener agua durante periodos de sequía por lo que no permiten

la superficie del hormigos se seque en ningún momento. Además, la descomposición de los componentes del biofilm forma ácidos orgánicos que podrían atacar la superficie del hormigón con el paso del tiempo.

Con respecto a otros trabajos previos, en la Catedral de La Plata y en la Iglesia y convento de San Francisco se hallaron algas verdes (*Chlorophyta*) del orden Chlorococcales y también de los géneros *Ulothrix* y *Chaetophora*. Se hallaron además diatomeas del orden Pennales y *Cyanobacteria* de los géneros *Oscillatoria* y *Aphanocapsa* (García y Rosato, 2011). En otro estudio de la Catedral (Gómez de Saravia, Fontana y Guiamet) se

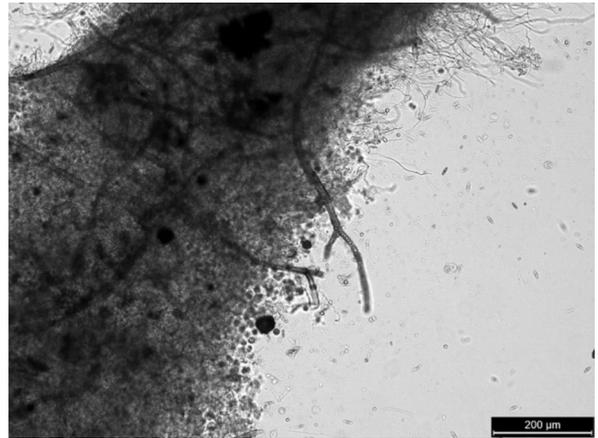


Figura 6. *Scytonema sp.* y filamentos hialinos.

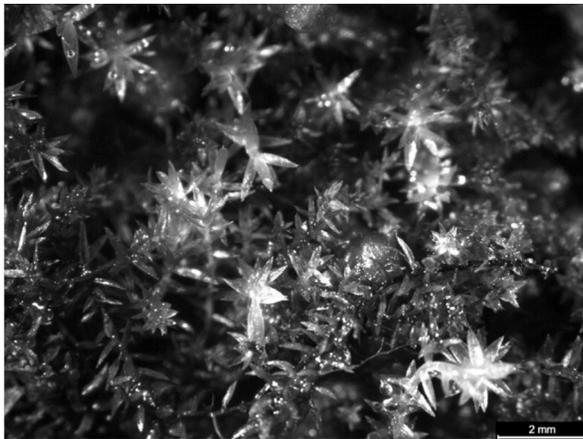


Figura 4. Bryophyta

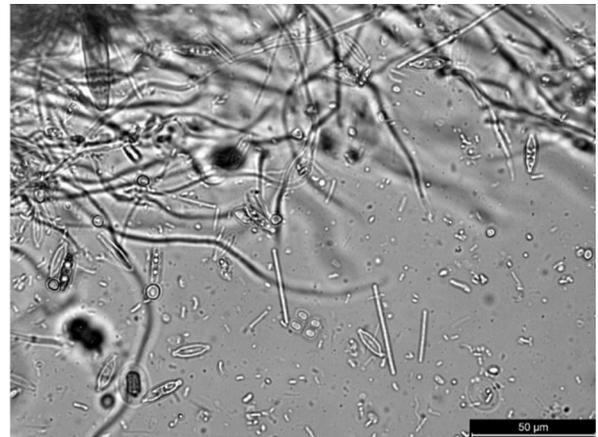


Figura 7. Diatomeas, *Merismopedia sp.* y filamentos hialinos.

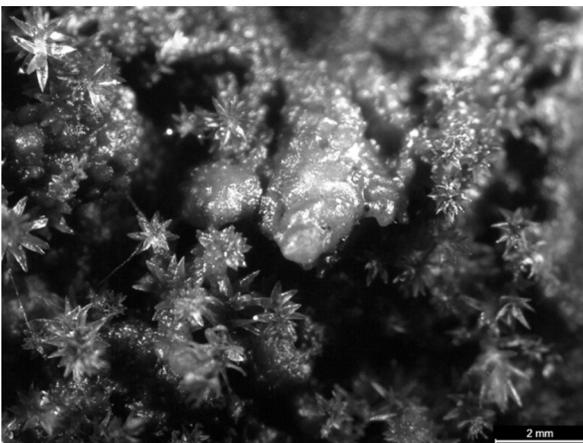


Figura 5. Vista externa del biofilm

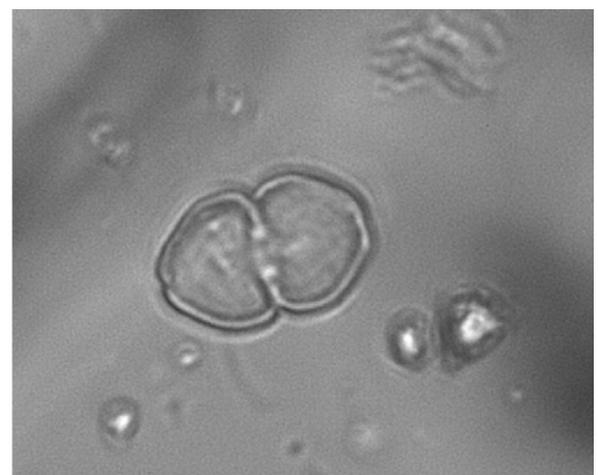


Figura 8. *Cosmarium*

reconocieron tres tipos de biofilmes: i) de color verde que tiene la particularidad de presentar una capa externa de musgos del género *Hennediella* (Fam. Potiaceae) y además alberga una gran variedad de Chlorophyta cocales (*Chlorella sp.* y *Chlorococcum sp.*) junto con cianobacterias unicelulares (*Synechococcus sp.* y *Synechocystis sp.*); ii) de color negro en el cual predominaron formas filamentosas como *Klebsormidium sp.* y la cianobacteria *Oscillatoria sp.* junto con Chlorococales unicelulares y iii) de color negro asociado a una gran cantidad de material fangoso proveniente de una canaleta. Aquí las formas predominantes fueron Chlorophytas del orden Trentepohliales tales como *Trentepohlia sp.* y *Printzina sp.*

En cuanto a otro monumento analizado, el Mausoleo de Yalour en el Cementerio de La Plata (Rosato, Gómez de Saravia, Rastelli 2017), se hallaron las *Cyanobacteria: Aphanocapsa sp., Lyngbya sp.* y *Leptolyngbya sp.*, además de algas verdes: *Klebsormidium sp.* También se observaron conidios (esporas) del *Alternaria sp.* En trozos de mármol descartados de otro monumento del cementerio, se identificó al alga verde *Trebouxia* y la *Cyanobacteria* endolítica *Chroococcidiopsis*

(Rosato y García, 2012).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados, se comprueba que el hormigón tiene buena densidad, es poco poroso y compacto, caracterizado como un material de buena calidad. En cuanto a los biofilmes se identificó que pertenecen a géneros conocidos y que ya se observaron en otros lugares en la región de La Plata, excepto por *Cosmarium*. De todos modos, aunque se han mencionado anteriormente a algunos musgos y Diatomeas en sitios de alta humedad, en este caso la cantidad de agua y la humedad del medio es mucho mayor que en los demás sitios estudiados y por eso las condiciones son adecuadas para la existencia de *Cosmarium*. Además se infiere de la presencia de estos organismos que el vapor condensado en la torre tiene muy bajo nivel de contaminación, ya que las Desmidiaceae y las Diatomeas requieren aguas limpias.

También se verifica cómo, al margen de las cualidades de los materiales, las condiciones ambientales tienen una gran influencia en la bioreceptividad de los mismos.

## REFERENCIAS

- 1.- García, R., Rosato, V.G. 2011 – “Organismos hallados en muros de mampostería de ladrillos.” 2do Congreso Iberoamericano y X Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”, La Plata, 13 al 15 de setiembre de 2011. ISBN 978-987-26159-1-8
- 2.- Rosato, V.G., García, R. A., 2012 - Characterization and biological colonization of the material of a weathered tombstone. 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone, Nueva York, EE.UU, 22 al 26 de octubre de 2012.
- 3.- Vilma G. Rosato, Sandra G. Gómez de Saravia, Silvia E. Rastelli(2017). Estudio de la Pátina Biológica y Ensayos de Limpieza en el Mausoleo Yalour, Cementerio de La Plata. 5º COIBRECOA (Congreso Iberoamericano de Restauración y Conservación del Patrimonio) , LEMIT, La Plata, 6 a 8 de septiembre de 2017.
- 4.- Gómez de Saravia S.G., Fontana J.M. y Guiamet P. (2009), “Caracterización de Biofilms algales provenientes de la catedral de La Plata”. Reunión interdisciplinaria de la Provincia de Buenos Aires sobre Biofilms. La Plata, 2009.