

ESTUDIO DEL BIODETERIORO EN LA CERÁMICA ARQUEOLÓGICA DEL VALLE DE ANTINACO CENTRAL, LA RIOJA, ARGENTINA

Daiana M. Soto^{1,2}, Patricia B. Battistoni¹, Patricia S. Guimet^{1,3}

¹Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA, CCT La Plata-CONICET), Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Química, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), calle 64 y Diag. 113 s/n, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina

²Instituto de Arqueología (IDA), Facultad de Filosofía y Letras, UBA, 25 de Mayo 217 3° - oficina 6, 2000, CABA, Buenos Aires, Argentina.

³Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

daiana.m.soto@gmail.com

RESUMEN: La investigación del biodeterioro en material cerámico arqueológico ha sido escasamente abordada en contraste con otros sustratos arqueológicos. En el presente estudio se caracteriza la acción biodeteriorante, en el sustrato cerámico, a partir de la identificación de las especies de cianolíquenes presentes en las superficies y cantos de los fragmentos y microorganismos que desarrollan en el interior de la matriz en comunidades complejas. Las observaciones y análisis de superficies fueron realizadas por diferentes técnicas microscópicas (microscopio óptico, microscopio electrónico de barrido y espectroscopia por energía de dispersión de rayos X). Nuevas estrategias de control y prevención serán aplicadas para mitigar el biodeterioro.

PALABRAS CLAVE: Biodeterioro, cerámica arqueológica, microscopías

El biodeterioro que puede ser ocasionado en éstas cerámicas nos abre preguntas: ¿Qué condiciones se requieren para que exista vida? ¿Y cuáles para que se origine un micro-ecosistema en un sustrato de origen cultural como lo es la cerámica arqueológica? En los ambientes extremos, como las zonas áridas, la vida constituye un auténtico desafío: escasez de agua, intensa radiación solar, marcada amplitud térmica –oscilaciones drásticas de temperaturas-, carencia de nutrientes y, con frecuencia, una elevada salinidad. Por eso, para encontrar vida en las zonas hiperáridas [1] hay que recurrir a los microambientes endolíticos -hábitats localizados en los poros y fisuras del interior de las rocas-. Es en estos microambientes donde, ocasionalmente, se puede condensar agua gracias a que las humedades relativas nocturnas suelen ser más altas.

Los estudios sobre biodeterioro en arqueología se han centrado en la arquitectura y en el arte mueble e inmueble en las últimas décadas [2, 3, 4].

Las cerámicas ubicadas en la localidad arqueológica La Cuestecilla son propensas al biodeterioro provocado por cianolíquenes y microorganismos. Investigaciones recientes permiten observar que los cianolíquenes hallados [5] corresponden a ambientes semiáridos. El deterioro puede verse acelerado por la colonización y desarrollo de biofilms, constituidos especialmente por hongos y bacterias, quienes modifican drásticamente las características de la cerámica [6]. Los cerámicos arqueológicos estudiados datan de 550-1200 DC y fueron colectados en superficie (Figura 1) en la localidad de La Cuestecilla, valle de Antinaco, La Rioja [7, 8].

Los objetivos de este trabajo fueron: i) tipificar por pruebas bioquímicas e identificar por métodos moleculares los microorganismos; ii) estudiar la adherencia, la formación de biofilms, la producción de sustancia polimérica extracelulares (SPE) y el biodeterioro ocasionado por los géneros de cianolíquenes y por *Pseudomonas sp.* a través de microscopías Óptica y Electrónica de Barrido; iii) investigar la composición elemental porcentual de los cerámicos por espectroscopia por energía de dispersión de rayos X (EDX).



Figura 1. Cerámica recolectada en superficie. Localidad arqueológica La Cuestecilla, Norte de La Rioja.

Los materiales fueron analizados por microscopía óptica (Olimpus BX51) y electrónica de Barrido (FEI Quanta200) con espectroscopia por energía de dispersión de Rayos X [9].

Los cianolíquenes fueron identificados como: *Peltura aff. obscurans* (Nyl.) Gyeln, *Pecannia cfr. tiruncula* A. Massal, y los géneros *Lichinella sp.*, *Psorotichia sp.* y *Phleopecannia sp.* Los cultivos microbiológicos han revelado bacilos Gram negativos y bacterias esporuladas sulfito reductoras; se aislaron y tipificaron hongos entre los que podemos mencionar los dematiáceos de los géneros *Cladosporium*, *Curvularia*, otros como los hialinos *Apergillus niger*, *Penicillium sp.* y bacterias con capacidad de formar biopelículas como *Pseudomonas aeruginosa*. Se utilizaron técnicas de biología molecular [10] para las identificaciones realizadas hasta el momento, que permitieron determinar las siguientes especies: *Bacillus actrophaeus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus drentensis*, *Achromobacter agilis*.

Se observaron cianolíquenes en los cantos y superficies de los cerámicos, mientras que el desarrollo de hongos y bacterias ocurre en el interior de la pasta, principalmente en grietas y fisuras, provocando un notable deterioro (Figura 2). Los resultados de EDX en los sectores con actividad biológica dieron picos de oxígeno (21%) y carbono (14,49%), así como

elementos parte de la cerámica o sintetizados por los microorganismos: magnesio, potasio, aluminio, hierro, sílice, sodio y calcio (Figura 3).

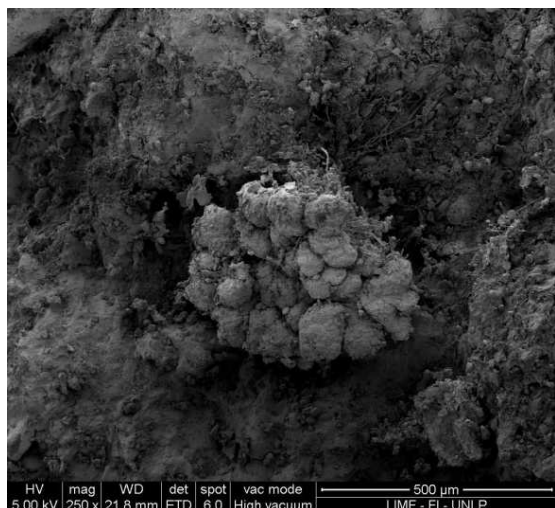


Figura 2: Imagen de MEB (x250) mostrando como talos de los cianolíquenes penetran en el sustrato y lo deterioran.

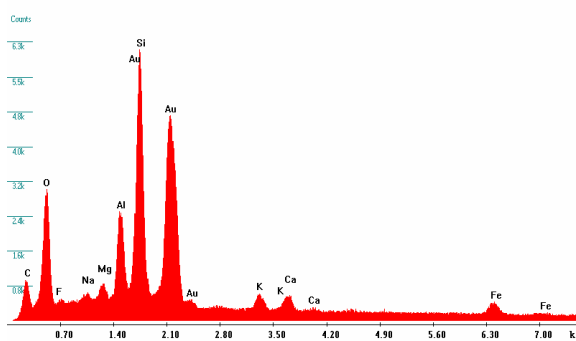


Figura 3: EDX de sector con cianolíquenes. Se observa el pico de C y O en concordancia con la actividad biológica.

En la Figura 4 se observa el desarrollo de un biofilm de *Pseudomonas aeruginosa*, adherida al cerámico por producción de SPE, siendo muy ubicuista y colonizando oquedades de la matriz.

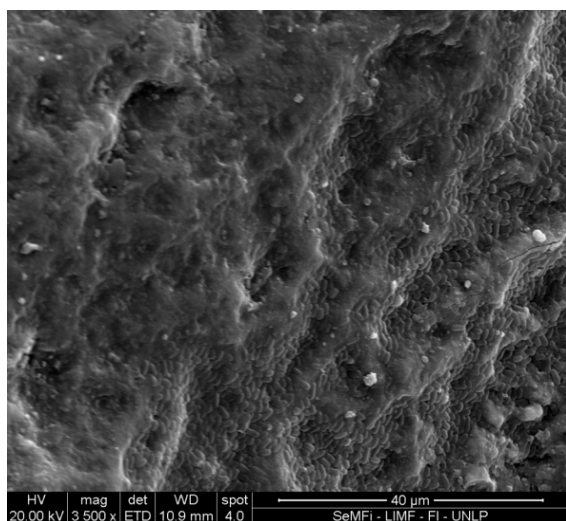


Figura 4: Imagen de MEB (x3500) de biofilm de *Pseudomonas aeruginosa*.

Los ensayos preliminares con las aplicaciones de soluciones de nanopartículas de plata [11] permitieron determinar la sensibilidad de algunos de los microorganismos identificados por técnicas moleculares.

Las especies *Peltura aff. obscurans* y *Pecannia cf. tiruncula*, suelen crecer en simbiosis mutua; se las ha registrado conjuntamente en el área desértica de Namibia, suroeste de África. Los géneros *Lichinella*, *Psorotichia* y *Peltura* sólo han sido registrados en ambientes áridos. El género *Phleopecannia*, sería nuevo en América del Sur y posee asociaciones a especies identificadas en áreas desérticas, por ejemplo, *Phleopecannia pulvinulina* ha sido hallada en el Desierto de Sonora, EE.UU.

La serie de estudios realizados nos permiten concluir que el factor determinante en la colonización de los cianolíquenes en sustrato cerámico es la acción de agentes post-depositacionales y la meteorización ambiental.

Por otro lado, los estudios microbiológicos y las observaciones con MEB corroboran la presencia en el interior de la cerámica de una comunidad compleja de microorganismos, entre los que se destacan las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* formadoras de biopelículas. La sustancia polimérica extracelular sintetizada por los microorganismos funciona como un adhesivo para el material desgranado de la misma cerámica o proveniente del exterior, material que a su vez es empleado por los microorganismos como nutrientes [12]. Esta comunidad biológica, constituida por hongos y bacterias que se desarrolla al interior de la cerámica, no sólo la deteriora químicamente, al producir ácidos que desintegran y alteran su estructura, sino que lo hace mecánicamente al desarrollarse las hifas de los hongos y despedazar el material.

Los estudios presentan una considerable evidencia del biodeterioro en los cerámicos arqueológicos, lo que constituye un riesgo en la conservación de este material de importancia patrimonial. Se esperan obtener resultados promisorios en la conservación preventiva de éstos cerámicos utilizando, entre otros, soluciones de nanopartículas de plata.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Incentivos 11N 713 – UNLP. A A. Otlewska por las identificaciones moleculares y a K. Pietrzak por los ensayos con nanopartículas de plata, Universidad de Lodz, Polonia. A M. Schultz, Universidad de Hamburgo, Alemania.

REFERENCIAS

- [1] J. Wierzchos, A. De los Ríos, C. Ascaso, "Microorganismos en rocas: camellos de desiertos hiperáridos". En: *Microbios en Acción. Biodiversidad invisible con efectos visibles*, E.O. Casamayor y J.M. Gasol Eds. CSIC: España, **2012**, 85-95.
- [2] R. Piervitori, O. Salvadori, D. Isocrono, "Literature on lichens and biodeterioration of stonework I", *Lichenologist* **26**, **1994**, 171-192.
- [3] R. Piervitori, O. Salvadori, D. Isocrono, "Literature on lichens and biodeterioration of stonework IV", *Lichenologist* **36**, **2004**, 145-157.
- [4] L. St. Clair, M. Seaward, *Biodeterioration of stone surfaces: lichens and biofilms as weathering agents of rocks and cultural heritage*, Springer Netherlands. España: **2004**.
- [5] D.M. Soto, "Deterioro de fragmentos cerámicos por la acción de cianolíquenes en el valle central de Antinaco, provincia de La Rioja. Primeros resultados". En: *Actas del V Congreso Nacional de Arqueometría y I Encuentro Internacional de Tecnologías Históricas*, A. Pifferetti y I. Dosztal Eds. Aspha: Ciudad Autónoma de Buenos Aires, **2015**, 207-219.

[6] P.S. Guiamet, M. Crespo, P. Lavin, B. Ponce, C. Gaylarde, S. Gómez de Saravia, "Biodeterioration of funeral sculptures in La Recoleta Cemetery, Buenos Aires, Argentina: Pre- and post-intervention studies", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 101, **2013**, 337- 342. [7] A.B Callegari, M.E. Gonaldi, G. Spengler, E. Aciar, "Construcción del paisaje en el Valle de Antinaco, departamento de Famatina, provincia de La Rioja (ca. 0-1300 AD)". En: *Tradición e identidad. Arqueología y espacialidad. Enfoques, métodos y aplicación*, A. Nielsen, I. Gordillo y J.M. Vaquer Eds. Abya Yala: Ecuador, **2013**, 303-334.

[8] A.B. Callegari, M.E. Gonaldi, M.L. Wisnieski, M.G. Rodriguez, "Paisajes Ritualizados. Traza Arquitectónica del Sitio Aguada La Cuestecilla y su área de Influencia (Dto. Famatina, La Rioja)". En: *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina* T. II, Universidad Nacional de Cuyo: Argentina, **2010**, 443-448.[9] P.S. Guiamet, D.M. Soto; T. Teileche, P.

Battistoni, "Microscopias en investigaciones de cerámicas y textiles arqueológicos", *Acta Microscópica 25, Suplemento A*, **2016**, 155-156.

[10] K. Pietrzak, M. Puchalski, A. Otlewska, H. Wrzosek, P. Guiamet, M. Piotrowska, B. Gutarowska, "Microbial diversity of pre-Columbian archaeological textiles and the effect of silver nanoparticles misting disinfection", *Journal of Cultural Heritage*, **2016**, en prensa.

[11] K. Pietrzak, A. Otlewska, M. Puchalski, B. Gutarowska, P. Guiamet, "Antimicrobial properties of silver nanoparticles against biofilm formation by *Pseudomonas aeruginosa* on archaeological textiles", *Applied Environmental Biotechnology*, **2016**, en prensa.

[12] C. Ascaso, "Ecología microbiana de sustratos líticos". En: *Ciencia y Medio Ambiente*, Eds. CSIC. CCMA: España, **2002**, 90-103.