

Biodeterioro de cerámica arqueológica de superficie, valle de Antinaco central, La Rioja

 Daiana M. Soto*

Fecha de defensa: 11 de marzo de 2019
Directora: Dra. Adriana B. Callegari
Co-directora: Dra. Patricia S. Guiamet
Jurado: Dras. Norma Ratto y Alicia Tapia

El biodeterioro es un proceso de degradación natural de los materiales culturales ocasionado por la actividad vital de diversidad de agentes biológicos. El desarrollo directo de estos organismos sobre el sustrato, o su incidencia indirecta, provocan alteraciones de las propiedades físico-químicas y hasta estéticas de los bienes culturales. En el caso de los microorganismos, estos forman conspicuos *biofilms* o biopelículas (comunidades microbianas complejas rodeadas por una matriz de sustancias poliméricas extracelulares —SPE—) en prácticamente todas las zonas climáticas del planeta, en la interfase entre un sustrato cultural y/o natural y el medio ambiente (De los Ríos et al., 2009; Gorbushina, 2007; Guiamet et al., 2013; entre otros). El estudio del biodeterioro desde la arqueología es un trabajo interdisciplinar con especialistas de las ciencias biológicas de comienzo a fin y siempre involucra, en menor o mayor escala, la presencia de agentes microbiológicos.

Las cerámicas arqueológicas constituyen materiales de importancia patrimonial cuyo biodeterioro no ha sido estudiado sistemáticamente por las ciencias arqueológicas, existiendo inclusive escasa evidencia de investigaciones sobre este tipo de materiales a nivel internacional (Colonna Preti y Eeckhout, 2014; Seaward, 1988, 2004); a diferencia del material arquitectónico y artístico que ha sido abordado desde múltiples enfoques interdisciplinarios en las últimas décadas. Esta amplia variedad de investigaciones se han enmarcado en la protección del patrimonio cultural y han contribuido a la creación de métodos de limpieza, mantenimiento y conservación; como también han conllevado, en algunos casos, a la gestión de sitios arqueológicos y de colecciones en museos (Soto y Guiamet, 2017). Se entiende que la cerámica como la arquitectura, el arte rupestre y otras materialidades arqueológicas e históricas, son parte del patrimonio cultural y merecen el mismo cuidado, respeto e interés por su salvaguarda en tanto también nos brindan información de los modos de vida pasados y representan la manifestación de la identidad y cosmovisión de sus creadores. Además, su uso como

indicador de cronología relativa siempre ha sido de suma relevancia para la arqueología, consecuentemente, conocer cuáles son los agentes biológicos que la afectan, forma y grado en que lo hacen, como las variables ambientales y/o procesos post-depositacionales que condicionan *in situ* este tipo particular de deterioro o en sus ambientes de guarda, es fundamental para su adecuada preservación, la gestión de colecciones y el desarrollo de investigaciones científicas.

La presente tesis presenta un estudio sistemático de los diferentes agentes biológicos impactando la cerámica arqueológica de superficie del valle de Antinaco, una región árida en el norte de provincia de La Rioja (Argentina). La investigación siguió dos ejes centrales que intercalan en diferente grado, perspectivas más biológicas, arqueológicas y de la conservación. El primero, tiene el fin de ampliar el conocimiento sobre el desarrollo del *biofilm* en el registro cerámico inorgánico, ya que la mayoría de este tipo de investigaciones se ha centrado en materiales orgánicos ricos en nutrientes y no en aquellos en donde escasea o son nulos, y sus repercusiones negativas para la preservación del material como para las investigaciones arqueométricas. El segundo, apunta no sólo a contextualizar el proceso de biodeterioro como uno más de los procesos postdepositacionales que alteran y destruyen el patrimonio arqueológico cerámico en los sitios arqueológicos, sino también generar la información base necesaria para avanzar en las particulares técnicas de preservación y métodos de limpieza y control necesarios para estos casos. El desarrollo de esta investigación permitió a nivel internacional introducirnos en algunos de los efectos del deterioro de objetos muebles como la cerámica, y a nivel local, ayudó a expandir las investigaciones arqueológicas focalizadas hasta reciente en el biodeterioro del arte rupestre (Corbalán, Hladki y Biasuso, 2017; Gallego y Oliva, 2005; Guiamet et al., 2008); siendo las únicas excepciones los trabajos llevados a cabo por Magnin y colaboradores (Magnin, Lynch y García, 2017) y por la autora en el marco de resultados parciales de esta tesis (Guiamet, Soto y Schultz, 2019; Soto, 2015; Soto y Guiamet, 2017; Soto, Guiamet y Callegari, 2017).

Las investigaciones se ejecutaron desde un inicio interdisciplinariamente con geólogos y especialistas de distintas ramas de la biología, liquenólogos y microbiólogos, tanto del país como del exterior. Se encaró una metodología de trabajo enteramente arqueométrica enfocada en el análisis y observación de superficies mediante microscopías y la realización de análisis de laboratorio del biodeterioro para reconocer

* ArqueoLab-UBA, Laboratorio de Arqueometría, Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (UBA). 25 de mayo 217, 3º piso, Oficina 6 (CP C1002ABE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: diana.m.soto@gmail.com

los tipos de daños, mecánicos y químicos, y su grado de incidencia en el material, en tanto se entiende que el mero desarrollo de agentes biológicos sobre el material cultural ya representa un impacto negativo para su preservación. Las observaciones microscópicas y grano grueso se realizaron de mayor escala con lupa binocular y trinocular, y a menor escala y grano más fino con microscopía óptica, microscopio petrográfico y SEM-EDS. Los ensayos de laboratorio se enfocaron en identificaciones y tipificaciones de microorganismos, test de acidificación del sustrato, análisis de bioadherencia y remoción de *biofilm*, métodos de control y remoción de agentes biológicos, análisis sedimentológicos y métodos de control del biodeterioro.

La muestra empleada para estos estudios correspondió a 244 fragmentos obtenidos mediante un muestreo justificado, el cual se realizó en base a un previo muestreo estratificado orientado ($n = 3214$) de distintos grupos arquitectónicos y sitios de la localidad arqueológica que presentaban buen estado de conservación y abundante material en superficie. Los estilos cerámicos empleados para el análisis se corresponden con los más frecuentes y abundantes para el área de estudio (Figura 1), localidad arqueológica La Cuestecilla (Chañarumuyo, departamento de Famatina), y representan ambos tipos de cocción, reductora y oxidante. Por un lado, tenemos cerámica fina lisa y con decoraciones pintadas de pasta compacta con escasas inclusiones, adscripta a las sociedades Aguada Meridionales y, por otro lado, cerámica rústica de pasta semicompacta con abundantes inclusiones gruesas y rastros de hollín, sin decoraciones, que se presenta acompañándola.

Se lograron identificar, a grandes rasgos, tres tipos de agentes biológicos divididos en numerosas especies de cianolíquenes, hongos y bacterias. Ambos tipos cerámicos presentaron amplia colonización por cianolíquenes crustosos, variedad de líquenes adaptados a ambientes hostiles con marcada amplitud térmica y escasa humedad, en los sectores debilitados de las superficies por agentes postdeposicionales, erosión y meteorización, como lo son las oquedades, las grietas y lo cantos. Todas las especies identificadas se asocian a sustratos silíceos y a ambientes áridos cálidos o fríos de distintas partes del mundo, desde el Desierto de Sonora en Estados Unidos, las regiones áridas de Egipto o las planicies frías de Mongolia, en China. Estos agentes ocasionan un desgranado del material y un notable deterioro mecánico, evidenciado en la absorción de minerales por sus hifas e incorporación a sus estructuras reproductoras superiores (observable a 10x) y la producción de sustancias que generan cambios químicos (por ejemplo, se reconocieron mayores porcentajes relativos de calcio en sectores con cianolíquenes, lo que puede relacionarse a la producción de oxalato de calcio tan frecuente en líquenes). En lo referente a los microorganismos, la mayor porosidad

relativa de las pastas de tiestos utilitarios se asoció al mayor conteo de bacterias y a la identificación y tipificación de *Pseudomonas aeruginosa*, uno de los agentes patógenos reconocido mundialmente por presentar mayores riesgos para la salud en tanto es altamente resistente a los antibióticos y se lo asocia con todo tipo de infecciones graves, incluyendo casos de severas hemorragias internas que pueden ocasionar la muerte del paciente. En cambio, la menor porosidad de los fragmentos Aguada se vinculó a mayor presencia de hongos filamentosos como *Aspergillus niger* y *Penicillium sp.*, algunos vinculados a problemas respiratorios; previamente identificados en materiales de archivo y registros documentales. Este tipo de agentes biológicos desarrolla en microfisuras y en los poros de la matriz, generando mayor estrés en la estructura hasta ocasionar su fractura (observable 1500x). Asimismo, un ensayo de laboratorio de bioadherencia de *P. aeruginosa* demostró su capacidad conspicua para desarrollar en las irregularidades de las superficies de cerámica utilitaria, producto de las técnicas de acabado de superficie, la meteorización, erosión o acción de agentes postdeposicionales, como en los *biopits* dejados por los talos de los cianolíquenes al desprenderse. Lo que sugiere una relación de cierto grado de simbiosis entre estos agentes biológicos y una retroalimentación con los factores mencionados.

Mediante SEM-EDS se pudo observar cómo se origina el desgranado de las superficies externas e internas de las cerámicas por los cianolíquenes y como distintos sectores de la matriz presentan, a veces recubriéndola por completo e impidiendo identificar las láminas de la arcilla o las inclusiones minerales que la componen, secreciones de SPE. Estas sustancias funcionan como adhesivo para la misma cerámica pulverizada como para el material suelto y constituyen un tipo de deterioro químico. En ciertos sectores se observó la presencia de *micropits* de escasos micrones recubriendo la superficie sin evidencia de SPE, lo que sugirió la producción de metabolitos ácidos por estos agentes biológicos. Dicha producción fue corroborada por la disminución de dos unidades de pH en un caldo glucosado al 2% con indicador de pH rojo de fenol, transcurridas dos semanas. Las observaciones con microscopías sobre las superficies externas como internas, corroboraron una retroalimentación entre el deterioro físico de la cerámica y el provocado por cianolíquenes y hongos y bacterias.

Debido a que los cianolíquenes son de la variedad crustosa, es decir, fuertemente adheridos al sustrato y a que los microorganismos se encuentran desarrollando al interior de la pasta, los resultados preliminares de los ensayos de limpieza y control del biodeterioro dieron cuenta de la complejidad de la remoción de estos agentes biológicos de la cerámica in dañar el material. Si bien el foco de la tesis no fue profundizar en este tipo de análisis, se presentan



Figura 1. Se observan los cianolíquenes (adherencias negras/amarronadas) en cantos y superficies. A) Fragmentos Aguada; B) fragmentos Ordinario.

y discuten implicancias para la continuación de esta línea de investigación.

Las conclusiones corroboraron que la cerámica arqueológica es altamente bioreceptiva al desarrollo de agentes microbiológicos a pesar de constituir un sustrato inorgánico carente de carbono, nutriente base para el desarrollo de los microorganismos. Ello se debe a la idoneidad de las propiedades físicas de las vasijas, porosidad, resistencia y baja conductividad térmica, frente a la irrelevancia de las variables tecnomorfológicas que puedan estar presentes (decoraciones, compactación de la pasta, tipo de cocción, técnica de amasado, entre otras). A modo de ejemplo, se entiende que la variable acabado de superficie puede contribuir a la reducción de irregularidades a las que puedan adherirse los cianolíquenes o las bacterias, pero aún en fragmentos con evidencia de pulido que estarían presentando superficies más lisas, se evidenció colonización de cianolíquenes. Además, todos los materiales cerámicos en superficie son sometidos a la meteorización junto a la acción de agentes erosivos y postdepositacionales que ocasionan con el correr del tiempo el debilitamiento de su estructura y superficies.

El conjunto de propiedades físicas nombradas no sólo dan cuenta de la bioreceptividad de las cerámicas arqueológicas, independiente de los estilos tecnológicos y tipos cerámicos, sino que da cuenta que ésta constituye un sustrato estable y óptimo para la colonización de agentes biológicos en condiciones de aridez, como lo es el área de estudio. Ello significa que el deterioro biológico también es parte de los procesos activos de formación de sitios arqueológicos en ambientes áridos. La noción de bioturbación que considera sólo a la acción de raíces o animales cavadores de incidencia negativa y significativa en los procesos de formación de sitios arqueológicos, tal cual fue formulada por Schiffer (1983, 1987), ha quedado completamente desactualizada. La relevancia y graves

implicancias producidas por el deterioro por cianolíquenes, hongos y bacterias *in situ* para la preservación del material, como los posibles efectos negativos para investigaciones arqueométricas, ha sido demostrada y debe ser tenida a consideración para el desarrollo de futuras investigaciones arqueológicas.

Referencias citadas

- » Colonna Preti, K. y Eeckhout, P. (2014). The bacteriological contamination of archaeological ceramics: an example from Pachacamac (Peru). En H. Roemich y K. van Lookeren Campaign (Eds.), *Recent advances in glass, stained glass, y ceramics conservation* (pp. 205-213). Londres: SPA Uitgevers.
- » Corbalán, M., Hladki, A. y Biasuso, A. (2017). Evaluación del deterioro antrópico y biológico en el petroglifo de Piedra Pintada, San Pedro de Colalao, provincia de Tucumán. *Cuadernos del Instituto de Antropología y Pensamiento Latinoamericano -Series Especiales-*, 5(2), 1-16.
- » De los Ríos, A., Cámara, B., García del Cura, M. Á., Rico, V. J., Galván, V. y Ascaso, C. (2009). Deteriorating effects of lichen y microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia (Spain). *Science of the Total Environment*, 407(3), 1123-1134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.042>
- » Gallego, M. y Oliva, F. (2005). Evaluación de agentes de deterioro biológico y cultural en los sitios en cuevas y abrigos rocosos del Sistema Serrano de Ventania, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Escuela de Antropología*, 11, 131-146.
- » Gorbushina, A. (2007). Minireview: life on the rocks. *Environmental Microbiology*, 9(7), 1613-1631.
- » Guiamet, P. S., Crespo, M., Lavin, P., Ponce, B., Gaylarde, C. y Gómez de Saravia, S. G. (2013). Biodeterioration of

funeral sculptures in La Recoleta Cemetery, Buenos Aires, Argentina: Pre- y post-intervention studies. *Colloids y Surfaces B: Biointerfaces*, 101, 337-342. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2012.06.025>

- » Guiamet, P.S., Oliva, F., Gallego, M. y Gómez de Saravia S.G. (2008). Biodeterioration : an applied case for rock art in the Ventania Hill System (Buenos Aires, Argentina). *O Público e o privado*, 12, 105-120.
- » Guiamet, P. S., Soto, D. M. y Schultz, M. (2019). Bioreceptivity of archaeological ceramics in an arid region of northern Argentina. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 141, 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.10.003>
- » Magnin, L. A., Lynch, V. y García, R. (2017). Avances en el estudio de biodeterioro asociado a presencia de líquenes en materiales arqueológicos líticos. La Primavera (Santa Cruz, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(3), 409-422.
- » Schiffer, M. B. (1983). Toward the identification of formation processes. *American Antiquity*, 48(4), 675-706.
- » Schiffer, M. B. (1987). *Formation Processes of the Archaeological Record*. Utah: University of Utah Press.
- » Seaward, M. (1988). Lichen damage to ancient monuments: a case study. *Lichenologist*, 20(3), 291-295.
- » Seaward, M. (2004). Lichens as Subversive Agents of Biodeterioration. En M. Seaward y S. Clair (Eds.), *Biodeterioration of stone surfaces: lichens y biofilms as weathering agents of rocks y cultural heritage* (pp. 9-18). España: Springer Netherlands.
- » Soto, D. M. (2015). Deterioro de fragmentos cerámicos por la acción de líquenes. En A. Piffereti y I. Dotzal (Eds.), *Arqueometría argentina. Metodologías científicas aplicadas al estudio de los bienes culturales. Datación, caracterización, prospección y conservación* (pp. 207-220). Buenos Aires: Aspha.
- » Soto, D. M. y Guiamet, P. S. (2017). Aplicabilidad de la conservación preventiva a la cerámica arqueológica impactada por biodeterioro. *Cuadernos del Instituto de Antropología y Pensamiento Latinoamericano -Series Especiales-*, 5(2), 71-90.
- » Soto, D. M., Guiamet, P. S. y Callegari, A. B. (2017). Biodeterioro de cerámica arqueológica de superficie por microorganismos de climas áridos y semi-áridos en el valle central de Antinaco, La Rioja. En A. Rochetti, F. Rivero y D. Reinoso (Eds.), *Investigaciones Arqueométricas: técnicas y procesos* (pp. 121-137). Buenos Aires: Aspha.