

---

## APLICABILIDAD DE LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA A LA CERÁMICA ARQUEOLÓGICA IMPACTADA POR BIODETERIORO

*Daiana M. Soto<sup>1</sup>, Patricia S. Guiamet<sup>2</sup>*

### RESUMEN

El presente trabajo se propone evaluar la aplicabilidad de los conocimientos tradicionales de la conservación preventiva en la cerámica arqueológica afectada por el biodeterioro. El objetivo es alcanzar una mayor comprensión de cómo opera este proceso en la cerámica y generar propuestas vinculadas a la mitigación del problema para su mejor conservación en contextos arqueológicos, museos, colecciones en tránsito de institutos de investigación y reservas técnicas. Para ello se discute y contrasta la literatura disponible sobre el tema y la práctica arqueológica en el campo y el gabinete, con los datos obtenidos del estudio sistemático del biodeterioro por líquenes, hongos y bacterias en la cerámica superficial de la localidad arqueológica La Cuestecilla, valle de Antinaco central, provincia de La Rioja, Argentina.

**PALABRAS CLAVE:** Cerámica, conservación preventiva, bio-deterioro, localidad arqueológica La Cuestecilla.

### ABSTRACT

This paper propose to evaluate traditional knowledge of preventive conservation associated with environment factors regulation, plague control and, its applicability to archaeological ceramic affected by biodeterioration process. The aim is to attain a better understanding of how this process works on ceramics, discover patters and establish relations between biological agents and ceramic styles to generate proposals related to the mitigation of this issue for a better improvement on conservation for archaeological contexts, museums, on transit collections from research institutions and technique reserves. To achieve this, available literature from archaeology and conservation disciplines regarding this issue along with archaeological field and cabinet practices is discussed and contrasted with data obtained from a systematic study of biodeterioration by lichens, fungi and bacteria on surface ceramic from archaeological site La Cuestecilla, Antinaco central valley, La Rioja province, Argentina. Biodeterioration systematic research on archaeological pottery, so far, includes laboratory essays and culture based microbiological methods where species were identified. Surfaces studies to assess the damage provoke by biodeterioration were performed, namely: stereomicroscopy, optical microscopy and scanning electron microscopy. Surface analysis there were also made by energy dispersive X-ray spectroscopy. So far, results corroborate the complexity of this process and the severity of the damage on archaeological pottery enlighheritage exposed to environmental conditions. This enlight the importance of adequate preventions cares for investigators and material conservation. Inquiry that is exposed and discussed here.

**KEYWORDS:** Pottery, preventive conservation, biodeterioration, archaeological site La Cuestecilla.

---

<sup>1</sup> Instituto de Arqueología (IA), 25 de Mayo 217, 3° oficina 6 – Ciudad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina. daiana.m.soto@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas Aplicadas (INIFTA) - CONICET La Plata, Diagonal 113 y calle 64 s/n, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de La Plata, Argentina. pguiamet@inifta.unlp.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

Si bien los efectos perjudiciales del biodeterioro sobre el patrimonio cultural son reconocidos por numerosas investigaciones interdisciplinarias, usualmente focalizadas en las materialidades del arte mueble e inmueble y en la arquitectura, las investigaciones de la cerámica arqueológica desde el área de la conservación y la arqueología han abordado escasamente la temática del biodeterioro (Seaward 1988; Soto 2015; Soto *et al.* 2017).

Desde la arqueología la incidencia de agentes biológicos en la cerámica se limita a la acción de factores extrínsecos, agentes físicos y fisicoquímicos, no propios de su estructura mineralógica, tales como raíces y vertebrados que se entierran o piso-tean el material (Fantuzzi 2010), y es usualmente conocida en la literatura como procesos postdeposicionales de bioturbación (Schiffer 1987; Ward y Larcombe 2013). En cambio, desde la conservación, si bien se reconoce la existencia de microorganismos causantes de biodeterioro (Strang y Kigawa 2009), a la hora de enfocarse en la cerámica, aparecen otros factores desestabilizantes e indirectos de deterioro físico relacionados con el ambiente y los sistemas de guarda: agua, fuego, humedad relativa (HR) contraindicada, robo, vandalismo y pérdida involuntaria, radiaciones, contaminantes, fuerzas físicas, temperatura (T) contraindicada y plagas (Michalski 2006, cuadro 1). Se argumenta que el inadecuado control de estos factores contribuye y/o puede ocasionar sobre las superficies principalmente, la formación de suciedad (*biofouling*), la cual permite el desarrollo de diversos microorganismos (Strang y Kigawa 2009), y la activación de procesos de salinización por sales insolubles y solubles (Cronyn 1990; De La Fuente 2008; De La Fuente y Páez 2007; López y Caramés 2003; entre otros). El sesgo evidente en los únicos agentes biológicos considerados desde la arqueología y la tendencia desde la conservación a sólo considerar algunos factores indirectos de biodeterioro como causales etológicos del problema, sería el factor limitante en la comprensión de como realmente se origina y opera el proceso de biodeterioro en el patrimonio arqueológico cerámico.

En el presente trabajo nos proponemos como objetivo general evaluar la aplicabilidad de los co-

nocimientos actuales de la conservación preventiva para el cuidado y conservación de la cerámica arqueológica. Se trata de problematizar el tema y sugerir métodos alternativos de limpieza de la cerámica. Para ello primero analizaremos qué se entiende por biodeterioro y cómo opera este proceso en diferentes tipos de sustratos pertenecientes al patrimonio cultural. Se consideran las consecuencias negativas para la conservación del patrimonio cultural y los riesgos para la salud del personal e investigadores que manejan tales materiales. El segundo acápite se enfoca en presentar los lineamientos vigentes de la conservación preventiva y los factores de deterioro del patrimonio cultural siguiendo a Michalski (2006) y Waller y Cato (2009). Además, se esbozan algunas de las problemáticas referentes a la conservación del patrimonio haciendo hincapié en el biodeterioro. En tercer lugar se discute la aplicación de las nociones de conservación desde la arqueología. Se puntualiza el caso de la cerámica arqueológica y se delinear brevemente los antecedentes existentes desde las ciencias arqueológicas que han tratado la temática de la conservación de la cerámica y se resalta la escasa implementación del concepto de biodeterioro. Se discute la aplicabilidad de algunas de las nociones de la conservación preventiva presentadas en la sección anterior. En cuarto lugar se presenta el caso de estudio del biodeterioro *in situ* en la localidad arqueológica La Cuestecilla (LC) en el valle de Antinaco central, en el norte de la provincia de La Rioja, de cerámicas de los estilos Ordinarios, de pasta más deleznable y acabado rústico, y Aguada, de pasta compacta y acabado pulido y decorado, colectadas de superficie. Se explica brevemente la relación del biodeterioro con las condiciones ambientales, los procesos postdeposicionales y agentes antrópicos que inciden en el sitio arqueológico contribuyendo a este proceso. En quinto lugar, desde una mirada crítica, se contrasta la información de LC con las estrategias de la conservación preventiva presentadas. Se exponen las falencias presentes en la práctica arqueológica vinculadas a la conservación de la cerámica y se proponen metodologías alternativas desde una perspectiva holística que incluya al proceso de biodeterioro como uno más

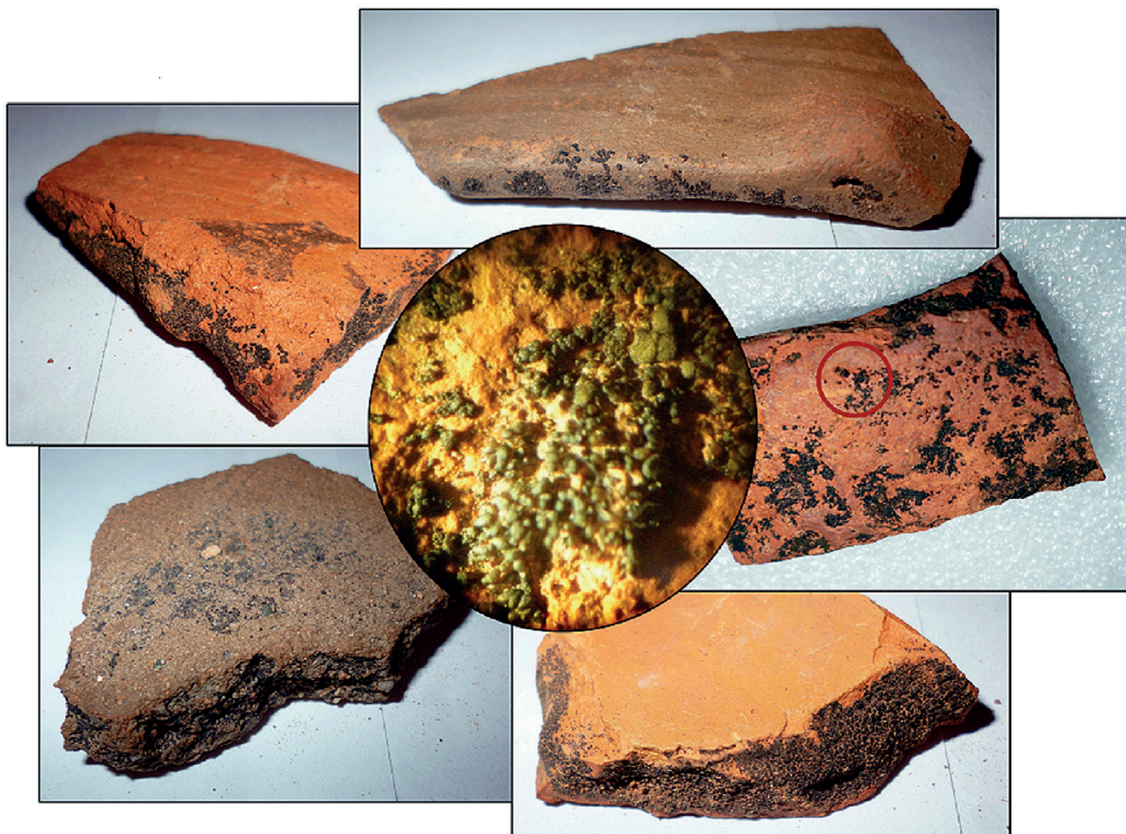


Figura 1. Aguada ante liso y gris liso, Aguada bicolor negro sobre ante, Ordinario inclusiones gruesas con cianolíquenes (cámara lumix 12.1 mega píxeles). Ampliación x10: tiesto Aguada ante liso (LB, IA).

de los agentes de deterioro del patrimonio arqueológico cerámico.

### ¿QUÉ ES EL BIODETERIORO?

El concepto de biodeterioro se ha estado utilizando en los últimos cincuenta años para describir los procesos biológicos que afectan a diversos materiales, productos obtenidos a partir del procesamiento de diferentes materias primas con fines específicos, desde que el ser humano empezó a utilizarlos para construir o crear artefactos. No existe una definición consensuada por la ciencia aún (Allsop *et al.* 2008). No obstante, una de las definiciones que se difundió rápidamente fue la de Hueck (1965), de carácter restringido, que considera al biodeterioro como cualquier cambio indeseable en las propiedades de un material causado por la actividad vital de los microorganismos. En principio, no hay restricciones entre qué tipo de seres vivos pueden contribuir al biodeterioro en tanto es un proceso natural, pero dependiendo de qué agentes biológicos actúen y del tipo de sustrato que afecten (cultural o natural,

inorgánico y/u orgánico), variará el tipo de biodeterioro predominante y las alteraciones fisicoquímicas y mecánicas ocasionadas. En líneas generales existen tres tipos de biodeterioro: químico, mecánico y ensuciamiento de superficies. El químico refiere a cuando los organismos extraen nutrientes del material, degradándolo, o cuando excretan sustancias y otros elementos que alteran su estructura original. El daño mecánico o físico, suele involucrar organismos que al crecer distorsionan o perforan los materiales sin ello implicar que absorban nutrientes de los mismos. La suciedad en superficies involucra la acumulación de organismos muertos o vivos y sus sustancias metabólicas, lo que puede conllevar la conformación de biopelículas o *biofilms* (comunidades microbianas complejas rodeadas por una matriz de sustancias poliméricas extracelulares - SPE) que a su vez ocasionen deterioros mecánicos y químicos (Allsop *et al.* 2008; Mitchell y McNamara 2010).

Estudios recientes interdisciplinarios nos señalan que bajo determinadas condiciones climáticas

y entre la interface entre el medio ambiente y el sustrato, los microorganismos pueden desarrollarse generando conspicuas biopelículas, producir el debilitamiento o pérdida de la estructura del material y el ensuciamiento de las superficies (Ascaso 2002; Gorbushina 2007; Gorbushina y Broughton 2009; Guiamet *et al.* 2013; Videla 2001; entre otros). Asimismo, se constata que el desarrollo de hongos y bacterias hacia el interior de un sustrato no sólo induce estrés mecánico y consiguiente resquebrajamiento del material sino también deterioro químico (Ascaso 2002). Mientras que las algas generan pátinas sobre las superficies alterando las propiedades estéticas (Guiamet *et al.* 2008), los líquenes, por el contrario, causan disgregación de la estructura de los materiales (Ascaso y Wierchóz 1995; Souza Egipsy *et al.* 2002).

#### *¿Cómo afecta al patrimonio cultural?*

Es inherente a la naturaleza de todos los materiales y bienes producidos a partir de ellos que el transcurso del tiempo los deteriore. Algunos de los productos materiales del hombre poseen un valor económico intrínseco, ergo, el daño o la avería del material implica una pérdida económica. Situación particularmente cierta para los bienes industriales, materiales empleados en la construcción o la manufactura de bienes. Sin embargo, los bienes patrimoniales tangibles (en tanto constituidos por materiales físicos) poseen además un inherente valor social y simbólico que connota tradiciones, culturas, significados, relaciones sociales e identidades, que va mucho más allá de su valor monetario (Ballart 1997; Hernández y Tresserras 2008). La pérdida o daño de estos bienes entraña la pérdida de todos los valores, significados, saberes e identidades que representan y, eso, es inestimable. En consecuencia, existe una extensa literatura interdisciplinar abordando el biodeterioro del patrimonio cultural que puede ser consultada en parte en el sumario de publicaciones de Piervittori *et al.* (1994, 1996, 1998, 2004). Uno de los libros que dan cuenta del enfoque del biodeterioro del patrimonio arqueológico es *Biodeterioration of stone surfaces: lichens and biofilms as weathering agents of rocks and cultural heritage* de St. Clair y Seaward (2004), donde se recopilan

investigaciones sobre arte rupestre y arquitectura. Otras materialidades arqueológicas que han sido estudiadas son, por ejemplo, la madera (Blanchette 2000; Konsa *et al.* 2014; Moskal del Hoyo *et al.* 2010), los metales (Sánchez del Junco *et al.* 1992), el vidrio (Kossoswka y Wegrzyn 2009), los cueros (Strzelczyk *et al.* 1997), los textiles (Guiamet *et al.* 2014; Pietrzak *et al.* 2016); el óseo (Jans 2008; Jans *et al.* 2004) y, la cerámica (Seaward 1988; Soto 2015; Soto *et al.* 2017). Se evidencia así, a partir de la amplia literatura, que los agentes biológicos que más frecuentemente impactan el patrimonio cultural son los macro y microorganismos como aves, roedores, plantas vasculares, insectos, líquenes, moluscos, algas, hongos y bacterias (Gaylarde y Gaylarde 2005; Guiamet *et al.* 2008, 2012; Vaillant Callol 2013; entre otros).

No obstante, dependiendo de la naturaleza del sustrato cultural, algunos bienes patrimoniales pueden ser más susceptibles que otros a este proceso. Así, sobre los soportes inorgánicos prevalecerán los organismos autótrofos mientras que sobre los soportes orgánicos los heterótrofos. En el caso de los soportes inorgánicos, sobre todo los que están a la intemperie (monumentos usualmente), los organismos autótrofos pueden ser los primeros en establecerse, pero a continuación y a expensas de los productos metabólicos de estos y de las sustancias orgánicas procedentes de los combustibles fósiles, se establecen los heterótrofos, formándose distintas biocenosis así como cadenas tróficas. Puede decirse que los monumentos se convierten de esta manera en auténticos ecosistemas y de igual forma aunque a menor escala, puede ocurrir con otros bienes culturales (Guiamet *et al.* 2012, 2013). Los bienes compuestos por materiales orgánicos al poseer elevados valores de carbono en su estructura elemental presentan sustratos nutritivos para la actividad microbiológica (Madigan *et al.* 2009) y son más susceptibles al biodeterioro. Mientras que en los sustratos inorgánicos, como las rocas, los metales, la cerámica y el vidrio, se requiere que se den una serie de condiciones ambientales y características estructurales particulares para que se produzca el ataque biológico por microorganismos; puestos que éstos son susceptibles a la disponibilidad de agua, la amplitud

térmica, la humedad y la luz solar y ultravioleta (Allsop *et al.* 2008).

Parámetros estructurales del sustrato tales como porosidad, permeabilidad y resistencia, la morfología de la estructura y su estado de conservación, baja ductilidad, presencia de abrasión de las superficies o micro-fracturas, son determinantes para el entendimiento de las interacciones entre los agentes biológicos, el ambiente y el objeto patrimonial a lo largo del tiempo (Berthelin 1985; Guiamet *et al.* 2012, 2013).

Algunas de las alteraciones visibles del biodeterioro sobre el patrimonio cultural incluyen defectos en las superficies como deformaciones en la estructura, separación de las fibras, perforaciones, manchas microbianas, decoloración, desprendimiento de pintura y abultamiento del yeso. Los cambios cromáticos en sustratos rocosos producidos por pigmentos biogénicos, pueden llegar a alterar la apariencia estética del sustrato y tienen serias implicancias para la interpretación y significación del arte mueble e inmueble (arte rupestre, frisos, murales, pinturas, esculturas, figurillas, entre otros) (Guiamet *et al.* 2008). La alteración de las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia que es fundamental en elementos estructurales, pone en riesgo la durabilidad del material (Dakal y Cameotra 2012).

Entre los macro y microorganismos que afectan más frecuentemente a los bienes patrimoniales, hongos e insectos desempeñan un rol protagónico en tanto también presentan riesgos de infección para el personal humano que manipula las colecciones contaminadas (Vaillant Callol 2013). Los efectos perjudiciales para la salud producidos por hongos en el patrimonio documental han sido intensamente investigados (Borrego *et al.* 2010; Guild y MacDonald 2004; Strang y Kigawa 2009). En pocas palabras, el biodeterioro es un fenómeno complejo que puede tener diferentes causas, orígenes y manifestaciones de acuerdo al tipo de material en que se desarrolle, por lo que hace que cada tipo de sustrato cultural requiera de medidas específicas para su control y erradicación (Vaillant Callol 2013).

## LAS ESTRATEGIAS DE LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA

La conservación preventiva es la perspectiva en apogeo sobre la conservación del patrimonio cultural y se enfoca en la aplicación de todas aquellas medidas y acciones que sin necesidad de intervenir físicamente el objeto contribuyen a su preservación (Michalski 2006; Raphael 2009; Rose 1992). Comprende una mirada global que integra, por un lado, directrices y planes de conservación a largo plazo para las instituciones e incluye la capacitación, formación y educación del personal técnico y auxiliar vinculado al manejo y cuidado de las colecciones. Se trata de concientizar a la población y conseguir la implementación de políticas culturales desde el estado nacional, instituciones, conjuntos de investigadores y/o técnicos a través de protocolos que apunten a este tipo de práctica, sin dejar de contemplar el desarrollo de la investigación. En lo cotidiano, por otro lado, se encarga de controlar los factores indirectos de deterioro y el estado de las estructuras edilicias que funcionan como áreas de guarda de materiales patrimoniales. Hoy en día más que nunca la conservación preventiva es una tarea interdisciplinaria que requiere que profesionales de diversas ciencias y un conjunto de actores y agentes sociales se interrelacionen, se sientan partícipes y responsables, se entiendan a través del uso de un vocabulario común y trabajen juntos en pro de la conservación del patrimonio cultural en tanto tesoro de la humanidad y responsabilidad compartida entre todos (Ballart 1997; Guráieb y Frère 2009; Hernández y Tresserras 2008; Rose 1992; entre otros).

Desde la perspectiva de la conservación preventiva se considera que existen dos principales causas que contribuyen a la pérdida y destrucción física del patrimonio cultural: las condiciones ambientales y/o factores indirectos de deterioro y el factor humano (Becerra Angulo 2009; Buys y Oakley 1993; Michalski 2006; Raphael 2009; entre otros). Las colecciones pueden verse afectadas en su área de guarda de forma indirecta por la acción de diferentes factores a nivel edilicio o ambiental, es decir, sufrir alteraciones menores en sus superficies o severos daños en su estructura. De acuerdo a Michalski (2006: cuadro 1) se pueden enume-

rar nueve factores de incidencia física indirecta: agua, fuego, HR contraindicada, robo, vandalismo y pérdida involuntaria, radiaciones, contaminantes, fuerzas físicas, T contraindicada y plagas. A diferencia de estos nueve factores de incidencia física mencionados, hoy en día existe un décimo factor enunciado por Waller y Cato (2009) que no hace referencia a un daño físico del material sino a un problema común que surge del manejo de las colecciones y cuidado de las áreas de guarda. Se trata de materiales disociados que comprometen la integridad de la colección y de las investigaciones que usualmente se basan en ellas al implicar la pérdida de objetos, información o la capacidad de recuperar o asociar objetos e información (Waller y Cato 2009). Es muy frecuente que por razones catastróficas, accidentes o el desorden cotidiano, las guardas de los materiales se dañen, se extravíen cajas y objetos, se mezclen materiales, se desordenen los registros, se traspapelen planillas y estropeen rótulos, es una situación usual al desarrollo de las tareas de investigación y conservación que debe ser tenida en cuenta y prevista para evitar la disociación de las colecciones.

No obstante se reconoce que el daño principal en las colecciones suele acontecer por las fluctuaciones en HR y T al desencadenar plagas y deterioros químicos provocadores de deterioros mecánicos, el deterioro que sufren cotidianamente con mayor frecuencia es el mecánico y se origina por el no control y prevención de la acción de las fuerzas físicas que inciden sobre los objetos (Marcón 2009). La evidencia arqueológica y objetos históricos son sometidos a las vicisitudes del manejo humano (excavación, manipulación, traslado, transporte, exhibición y almacenamiento) y a las consecuencias directas e indirectas de sus acciones (vibraciones, cargas gravitacionales, impacto acústico). Independientemente, situaciones catastróficas pueden sucederse y exceder las medidas preventivas existentes. Por ejemplo, un sismo puede ocasionar el derrumbe de la techumbre de un depósito y, consecuentemente, la fractura por impacto o choque de los objetos (Marcón 2009). La influencia del factor humano también se evidencia en la falta de personal capacitado en el cuidado de las colecciones como en las técnicas de confec-

ción de los soportes, sean de exhibición, guarda o transporte.

En otras palabras, las condiciones ambientales incorrectas provocan los daños más severos en las colecciones pero los más frecuentes y leves se deben al factor humano.

#### *La relación de los factores indirectos de deterioro con el biodeterioro*

Se arguye que en las áreas de guarda de colecciones en tránsito, reservas técnicas y museos, lo ideal para evitar la suciedad de las superficies de cualquier objeto y el posterior establecimiento de plagas en tanto agentes biológicos causantes del biodeterioro (Strang y Kigawa 2009), como la activación de reacciones químicas al interior de los componentes de los objetos que provoquen daños físicos y químicos irreversibles, es la regulación de las condiciones ambientales. Los valores escogidos variarán dependiendo del tipo y composición de los materiales, su estado de conservación, el estado de conservación edilicio y las condiciones geográficas. Además deben establecerse filtros para reducir el ingreso de polvo y para la luz UV (Michalski 2006) si el lugar de guarda lo requiriera por presencia de ventanales, y efectuarse controles regulares de plagas, ya que la presencia de HR y T incorrecta en retroalimentación con los factores mencionados, contribuye a la formación de moho y hongos que alteran el valor nutritivo de los objetos atrayendo otras plagas como insectos y roedores (Strang y Kigawa 2009). El control de estas variables se plantea como determinante para la prevención del biodeterioro de los bienes culturales orgánicos, mientras que para los bienes inorgánicos trata de evitar otros tipos de deterioros. Por ejemplo, existen ciertos valores consensuados para los casos de materiales cerámicos que son: HR de 45-50% y T de 18°-20°C, ambos con fluctuaciones no mayores a 5°C (Becerra Angulo 2009; Cronyn 1990; Michalski 2006). Hay que destacar, que las colecciones pueden alcanzar un nuevo equilibrio y mantenerse estables al adaptarse a las condiciones ambientales del área de guarda a pesar de que éstas no estén representando los parámetros consensuados. Implementar los parámetros adecuados sin contemplar esta cues-

ción puede desestabilizar los objetos y acelerar su deterioro.

Ciertos investigadores nos alertan que hongos y bacterias son plagas de difícil erradicación para los que existen diferentes metodologías vigentes. Por un lado tenemos métodos que implican una intervención directa de los materiales con riesgos de alterar algunos de sus componentes estructurales o generar pérdida de la información que contienen: físicos, químicos y radiactivos (Borrego *et al.* 2010; Guild y MacDonald 2004; Lavin *et al.* 2014; Strang y Kigawa 2009; Vaillant Callol 2013). Por otro lado, hay métodos de incidencia indirecta que no aplican intervención alguna en el material sino en las condiciones que los rodean: anoxia y físicos. A modo de ejemplo, el uso inadecuado de métodos de limpieza en materiales arqueológicos podría corroer metales, desintegrar textiles, borrar decoraciones pintadas, descascarar frisos o murales, y eliminar residuos grasos en las cerámicas o los rastros de microrestos en líticos. Además, la infestación de las colecciones por hongos y bacterias puede ser perjudicial para la salud como ya fue señalado.

En síntesis, a pesar de la relevancia de los ítems mencionados, ninguno es excluyente de la posible presencia de biodeterioro previa recepción del material. Variable que debe ser tomada en cuenta a la hora de implementar los protocolos de limpieza del material preexistentes y las estrategias frecuentes de regulación de los factores indirectos de deterioro.

#### LA CONSERVACIÓN DESDE LA ARQUEOLOGÍA

La aplicación de las nociones de conservación en tanto prácticas orientadas a evitar el deterioro de los materiales, no inician cuando los objetos llegan a manos de los investigadores, sino durante el mismo proceso de manufactura y uso de los mismos; es lo que desde la arqueología se conoce como el contexto sistémico (Schiffer 1990). Es así que podemos hablar de dos etapas en la vida del objeto en que la conservación está presente en mayor o menor medida. La primera refiere al periodo de uso activo del objeto donde se realizaron actividades de mantenimiento y reparación, algunas de las

cuales implican una intervención directa sobre el objeto y otras responden más a las estrategias de la conservación preventiva. Objetos fabricados a base de materias primas exóticas, cuya confección requirió de demasiada inversión de tiempo por artesanos especializados o aquellos que poseían cierta connotación simbólica, son los que recibieron cuidado especial durante su contexto de uso por las gentes del pasado. Este primer momento incluye también la posibilidad de reapropiación y resignificación diacrónica por diferentes grupos culturales de diferentes bienes que conlleven a un cambio de funcionalidad del objeto y, en consecuencia, del desgaste por el uso del mismo. Al ingresar el objeto al contexto arqueológico, sea por descarte o desuso, entra en una etapa de transición. De acuerdo a las condiciones naturales de enterramiento, agentes postdeposicionales, el bien patrimonial se preservará en mayor o menor medida de acuerdo al equilibrio de la matriz sedimentaria (Crow 2008) o del espacio en que repose en el caso de bienes históricos. La segunda etapa comprende el punto de inflexión y es cuando el objeto es reintegrado al contexto sistémico, si bien con una diferente significación que la otorgada por sus creadores. Se trata de la etapa en que las estrategias de la conservación preventiva tal cual aquí definidas se aplican directamente sobre el bien para reducir el efecto de deterioro inherente al mismo y prolongar su vida útil.

A pesar de que los métodos en que las ciencias arqueológicas registran y colectan los materiales durante las intervenciones arqueológicas son primordiales, se es consciente de que frecuentemente los proyectos de investigación carecen de los recursos adecuados para la guarda, embalaje y transporte apropiado de la evidencia colectada, lo que la pone en riesgo de ser afectada por fuerzas físicas durante su traslado entre los otros factores indirectos de deterioro ya presentados. Al mismo tiempo, una formación inadecuada en cuestiones de conservación y en la etología de los agentes biológicos, no los alertan sobre la problemática del biodeterioro *in situ* y ésta no suele estar contemplada en los proyectos de investigación. En consecuencia, materialidades afectadas por agentes biológicos son indiscriminadas de las que no lo son y tratadas de

idéntica manera. En otras palabras, no hay recaudos especiales para los bienes ni para los investigadores que los manipulan. Esto acaece tanto en el campo como el en gabinete y se debe al desconocimiento en las formas en que el biodeterioro actúa, cómo puede afectar a la salud de investigadores y cómo puede ser prevenido y controlado. Esta mala formación y escasa capacitación de los investigadores se vincula a la inexistencia de un programa integral propulsado por políticas culturales destinado a la protección y conservación del patrimonio cultural y a un desarrollo sustentable de los recursos arqueológicos no renovables (Ballart 1997; Endere 2001; Guráieb y Frére 2009; Matera *et al.* 2015; entre otros).

#### *La conservación de la cerámica arqueológica*

Con esta idea en mente, al abordar el estudio de la cerámica arqueológica, es usual encontrarnos con muchas piezas y tiosos con evidencia de orificios de reparación que evidencian una intervención directa sobre el bien (Balesta y Zaradgony 2002). También en ese contexto, en fin de la función y morfología deseada de las vasijas, diferentes técnicas de manufactura y selección de distintos tipos de inclusiones y arcillas pudieron haberse realizado, condicionando los factores intrínsecos de la cerámica (Rice 2015). La variabilidad de las propiedades físicas de las vasijas (resistencia, porosidad, permeabilidad, dureza y transportabilidad) consecuencia de las decisiones tomadas durante el proceso de manufactura, los usos y los cuidados

recibidos, nos hablan de la existencia de acciones explícitas orientadas a prolongar su vida útil, en otras palabras, a su conservación. Estas variables sumadas a la forma en que las vasijas fueron descartadas y a la acción de los agentes postdepositacionales, a las condiciones de enterramiento, es lo que determina su preservación al ingresar al contexto arqueológico.

En ese sentido, el contexto de hallazgo arqueológico presenta un punto de inflexión en la conservación de la cerámica. Las piezas o más bien fragmentos cerámicos que presentan una estructura frágil y una pasta deleznable, cuya remoción de la matriz sedimentaria que los contiene y preserva pone en riesgo su integridad (Figura 2a), son aquellos que comúnmente reciben un cuidado especial de parte del investigador. Si bien piezas de características únicas reciben atenciones especiales (Figura 2b), la mayor parte del material no recibe aplicación alguna de técnicas o guardas no destructivas de su morfología

Aún para las piezas colectadas con mayores precauciones, los criterios de asepsia y seguridad mencionados anteriormente no son exactamente aplicados, sin embargo cabe destacar que la asepsia es prácticamente imposible de implementar en este tipo de contextos.

Cuando el equilibrio de la matriz sedimentaria se ve alterado por procesos postdepositacionales, la naturaleza buscará un nuevo equilibrio estabilizando los suelos con toda la evidencia arqueológica que contengan (por ejemplo, los suelos colma-

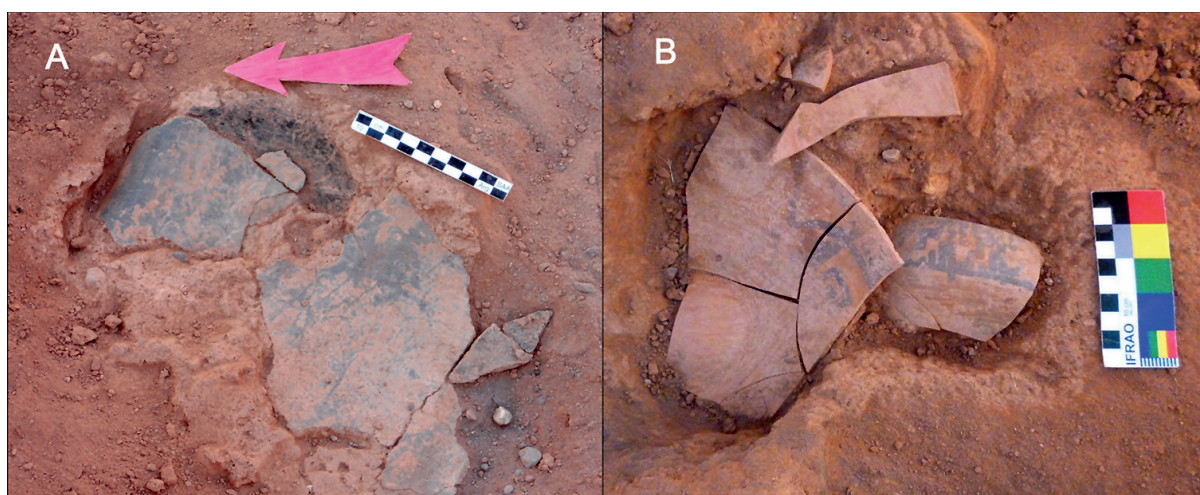


Figura 2. LC Aldea 3 R2 excavación, a) negativo en matriz sedimentaria y fragmentos de una olla Ordinaria; b) fragmentos de un puco Aguada bicolor negro sobre ante.



taran madrigueras abandonadas). Es por eso que cuando el arqueólogo irrumpe ese equilibrio, debe hacerlo con cuidado para poder retirar los materiales sin dañarlos y teniendo las precauciones necesarias para que su exposición al nuevo medio no incida negativamente en el objeto (Fantuzzi 2010; Magaña *et al.* 2001). El estudio del descarte, los efectos de los procesos postdepositacionales y las condiciones ambientales de meteorización en la cerámica, han sido ampliamente estudiados desde la arqueología (Crow 2008; De la Fuente 2008; Rice 2015; Schiffer 1987, 1990; Skibo y Schiffer 1987; Ward y Lacombe 2013; entre otros).

La alteración de la cerámica arqueológica en su contexto de hallazgo ha sido analizada desde la perspectiva de agentes extrínsecos, contexto externo al objeto, e intrínsecos, vinculados al proceso de manufactura y a los elementos constitutivos de la pasta (Fantuzzi 2010). El concepto de biodeterioro no se halla presente en la literatura referente a la cerámica arqueológica pero puede ser asociado al de bioturbación, agente postdeposicional extrínseco. Sin embargo, este concepto refiere concretamente al deterioro mecánico por la acción de animales cavadores, pisoteo de animales y acción perforante de las raíces *in situ* (Figura 3) (Fantuzzi 2010; Shiffer 1986), excluyendo a una larga lista de especies de flora y fauna que también pueden dañar el material tanto química como mecánicamente.

Tal es el caso de la presencia de líquenes registrada por Seaward (1988) en vasijas de terracota romanas dónde se produce la descamación de las superficies y por Soto (2015) en cerámica superficial del norte de La Rioja, dónde los cianolíquenes perforan y disgregan físicamente el sustrato (Figura 1). Una vez que las cerámicas son recuperadas del contexto arqueológico y son insertadas nuevamente al contexto sistémico, arqueólogos y conservadores comparten dos preocupaciones esenciales con respecto a su conservación. La primera preocupación es el uso de edificios inapropiados para alojar colecciones y la existencia de condiciones ambientales inadecuadas que puedan desatar la degradación química de los componentes de la cerámica desestabilizando la matriz o provocando deterioro por salinización (De la Fuente y Páez 2007; López y Caramés 2003). La cristalización y disolución cíclica de sales solubles al interior de los poros de la pasta, debido a las fluctuaciones de la HR, expanden los microcavidades sobrecargando de estrés la estructura de la matriz hasta que finalmente ésta se fractura (De la Fuente 2008; Little 2000; Rice 2015). El uso de contenedores de guarda realizados con materiales incorrectos también contribuye a generar fluctuaciones de T y HR. La segunda preocupación, es la falta de entrenamiento del personal dedicado a manipular las colecciones que contribuyen al deterioro físico durante traslados, incorrecto manejo, almacenamiento o exhibición

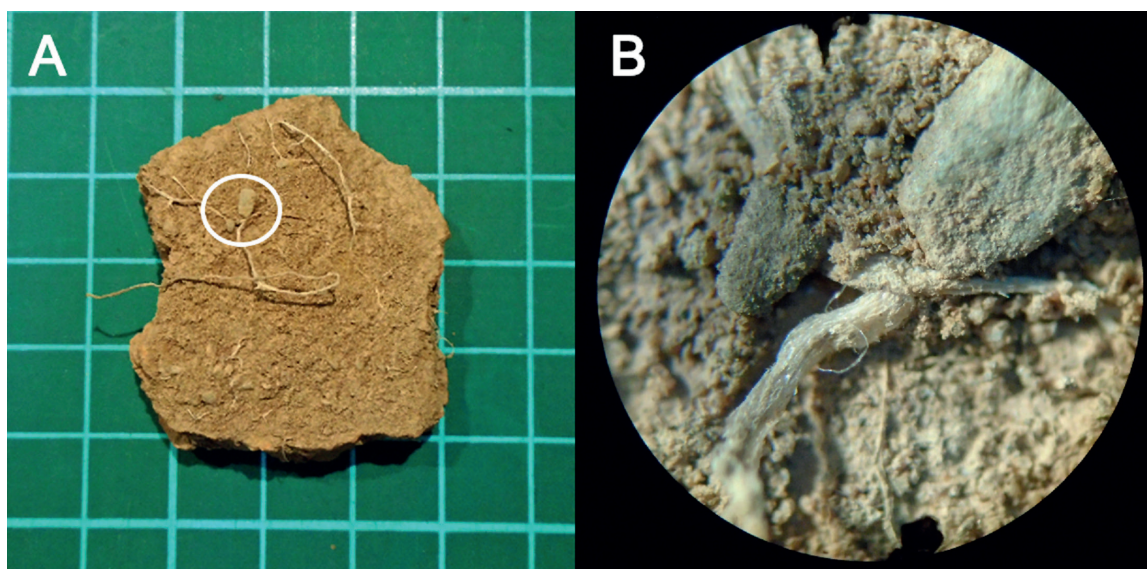


Figura 3. Fotos cortesía N. Pérez Reynoso, Área de Conservación IA, a) cerámica de la Puna Argentina, b) ampliación x10 (LB, IA).

(Becerra Angulo 2009; López y Caramés 2003).

A pesar de que la conservación reconoce la posibilidad de infestación de hongos y bacterias en cerámicas arqueológicas debido a la porosidad de su pasta (Becerra Angulo 2009; Buys y Oakley 1993), hay escasa evidencia de investigaciones publicadas que traten el tema. La composición inorgánica de la matriz cerámica no impide a agentes biológicos colonizar el sustrato cultural y provocar severos deterioros químicos y mecánicos (Seaward 1988; Soto 2015; Soto *et al.* 2017). No obstante, se desconoce si realmente es viable remover el *biofilm* de las piezas, no provocando daños mayores, o que métodos de control y limpieza son efectivos. Esta falta de investigación, de información, impide la confección de protocolos específicos adaptados a cerámicas arqueológicas biodeterioradas.

Nos encontramos así con numerosas investigaciones sobre la conservación de la cerámica arqueológica que afirman que tal o cual es el principal proceso o factor de alteración de una pieza sin que éstas hayan considerado la posibilidad del ataque biológico por macro y microorganismos como agentes de deterioro factibles. Sólo luego de entender el significado y saber identificar cada proceso que genera alteraciones y daños en las propiedades de las cerámicas, habiendo evaluado la incidencia de cada uno de ellos en el material, se puede argüir sobre la relevancia de uno sobre el otro. Sin este entendimiento, la tarea de gestionar colecciones afectadas por el biodeterioro se torna muy trabajosa y pone en riesgo la integridad de la colección. Lo que puede tener negativas connotaciones para las investigaciones arqueológicas pasadas, corrientes y futuras, en base a tales materialidades.

#### BIODETERIORO DE LA CERÁMICA SUPERFICIAL *IN SITU*, EN LA LOCALIDAD ARQUEOLÓGICA LA CUESTECILLA

El área de estudio se localiza en el valle de Antinaco central, departamento de Famatina, norte de la provincia de La Rioja. Según Cabrera (1976) la región corresponde a la provincia fitogeográfica de monte y presenta una marcada tendencia a la aridez, coincidente con su clima actual semi-árido cálido con una TR de 18°C anuales, HR del 42%

y amplitud térmica de 23 C° diarios aproximados. Su ubicación geográfica y altura de 1600 msnm, la convierten en una región de escasas precipitaciones, 80 a 185 mm anuales, concentrados en época estival. Los sitios arqueológicos de esta localidad, entre ellos La Cuestecilla, han sido adscriptos a la Cultura Aguada (circa 550 al 1200 DC) y se destacan por su escala, complejidad interna y abundante material cerámico tanto en superficie como en estratigrafía (Callegari y Gonaldi 2006; Callegari *et al.* 2015).

Como en primera instancia se detectó biodeterioro por líquenes en el material superficial (Soto 2015), se decidió estudiar sistemáticamente la acción deteriorante de dichos organismos y evaluar la posible presencia de otros en el interior de la pasta cerámica. En tanto la principal ocupación de la localidad corresponde a la cultura Aguada, el grueso de los estilos cerámicos presentes corresponden a dicho estilo y al de manufactura más rústica conocido como Ordinario, si bien se registra presencia de estilos Ciénaga, Allpatauca y Sanagasta (Gonaldi *et al.* 2008).

La muestra empleada para los análisis específicos y de identificación de organismos corresponde a tiestos de cocción oxidante y reductora de los estilos Ordinarios y Aguada (Soto *et al.* 2017: tabla 3). Los fragmentos Ordinario y Aguada empleados fueron seleccionados en base a la vasta colonización de su superficie por líquenes puesto que ello facilitaba los análisis taxonómicos. Los estilos Ordinario exhiben pastas compactas y semicomcompactas con inclusiones gruesas (principalmente cuarzo y vegetales) o inclusiones finas (mica), son de acabado rústico y algunos de ellos poseen trazas de hollín en su exterior, lo que evidencia su uso como recipientes para el procesamiento de alimentos. Suelen comprender piezas reductoras u oxidantes que fueron cocidas a bajas temperaturas, *ca.* 500-900° C<sup>1</sup> (Cronyn 1990: tabla 4.4). Los estilos Aguada, contrariamente, poseen piezas de pastas compactas y finas con acabado pulido (si bien hay evidencia de piezas bruñidas para Aguada, no se hallan registradas para la localidad LC) tanto reductoras como oxidantes, cocidas a elevadas temperaturas, *ca.* 900-1200° C<sup>1</sup> (Rice 2015: tabla 1.2), que dan cuenta de la remarcable espe-

cialización artesanal y refinamiento tecnológico de sus creadores. Sus usos se encuentran asociados a contextos cotidianos (vajilla para servir alimentos) y a contextos simbólico, especialmente para las piezas decoradas. De acuerdo al tipo de cocción de las vasijas varían sus decoraciones, piezas de cocción oxidante recibieron decoraciones pintadas bicolor, tricolor y hasta engobes blancos, mientras que piezas de cocción reductora recibieron decoración por grabado.

Una vez concluida la taxonomía, se procedió a evaluar la interacción de los agentes biológicos con el sustrato cerámico mediante la realización de observaciones submacroscópicas de carácter no invasivo con lupa binocular (LB) y microscópicas invasivas con microscopio óptico (MO) y microscopio de barrido electrónico (MEB). Se aplicaron también análisis de dispersión de energía por rayos X (EDX) para detectar la presencia de elementos vinculables a la actividad microbiana. Técnicas que han sido reconocidas por su efectividad para el estudio del biodeterioro en el patrimonio cultural (Herrera y Videla 2009). Para corroborar la incidencia de las variables morfológicas en la colonización por líquenes (estilos y sub-estilos cerámicos, decoración, tratamiento de superficie, granulometría de la pasta), se realizaron tablas de contingencia y se procedió a efectuar los test de Ji al cuadrado y Cramer para cada una de ellas (para mayor información consultar Soto *et al.* 2017).

Los resultados de las identificaciones taxonómicas mostraron una amplia variedad de especies de cianolíquenes en las superficies y de hongos y bacterias en el interior de la cerámica<sup>2</sup>. Los cianolíquenes crecen en áreas debilitadas de los fragmentos por la meteorización y por los agentes postdeposicionales, como lo son las fisuras y fracturas frescas de los cantos (Soto 2015: figura 1). A medida que éstos se reproducen deterioran el sustrato mecánicamente, desgranán la cerámica y la absorben dentro de su estructura biológica (Soto 2015: figura 3; Soto *et al.* 2017: figura 5). Los microorganismos se desarrollan en microcavidades de la pasta e irregularidades de las superficies. Observaciones por MEB nos permitieron constatar cómo las hifas de los hongos producen deterioro mecánico al adentrarse en microfisuras

y separar el material, mientras que el interior de la pasta y amplios sectores de las superficies (Soto *et al.* 2017: figura 4), se encuentran recubiertos de SPE que deteriora químicamente el sustrato e impide identificar microscópicamente los elementos plásticos y antiplásticos estructurales propios del material.

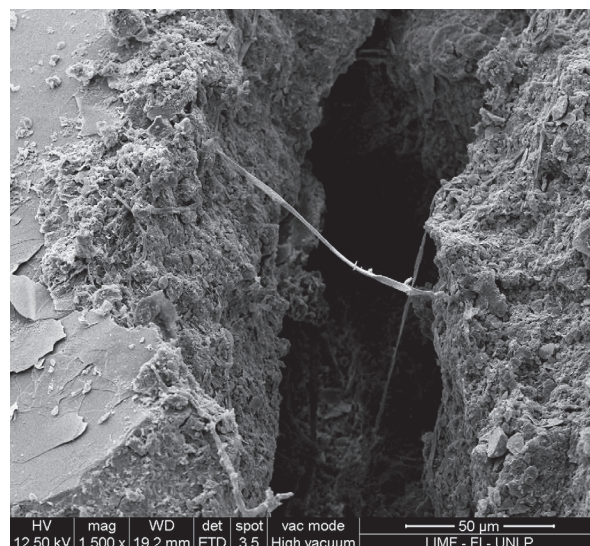


Figura 4. x1500 tiesto Ordinario cocción reductora (MEB, UNLP).

Al desarrollarse los análisis en dos estilos cerámicos de manufacturas disímiles, uno rústico y otro fino, se corroboró que las variables morfológicas analizadas no influyen significativamente en la colonización biológica (Soto *et al.* 2017). Si existe una fuerte relación con las propiedades físicas de las pastas, variables tecnológicas como la porosidad y una posible vinculación con la atmósfera de cocción, pero estos análisis todavía están en curso. No obstante, considerando la aridez del área de estudio y el fuerte impacto por procesos postdeposicionales, las cerámicas arqueológicas han demostrado constituir un sustrato estable para la sustentabilidad de macro y microorganismos. Los agentes biológicos nativos del valle de Antinaco Central se encuentran adaptados a fluctuaciones marcadas de temperatura, humedad y radiación solar como también, a extensos meses o años de sequías. Es evidente que la mera regulación de las variables ambientales en el área de guarda de colecciones en tránsito del Instituto de Arqueología de la Universidad de Buenos Aires, sede física del presente equipo de investigación, no es suficiente

para controlar el biodeterioro ya activo en las cerámicas colectadas de superficie. Hipótesis enfatizada porque las muestras cerámicas empleadas en estos estudios fueron recolectadas entre los años 2010 y 2013 y permitieron concretar las identificaciones de una amplia variedad de especies de cianolíquenes, hongos y bacterias, taxonomía que no habrían sido posibles si los organismos hubieran expirado por las condiciones ambientales adversas. Estudios más específicos sobre la viabilidad de estos organismos fuera de su ambiente natural, su potencial perjudicial para la salud como la aplicabilidad de estrategias de control y métodos de remoción para salvaguardar la integridad del material cultural, están actualmente en proceso. También se encuentra bajo estudio la petrografía de los dos estilos estudiados para avanzar sobre las variables tecnológicas que no han sido abordadas en los previos estudios: porosidad de la pasta, tipo de inclusiones y atmósfera de cocción y su incidencia más significativa en el biodeterioro.

No se ha profundizado todavía en el análisis del material de excavación. Las primeras observaciones mediante microscopías no evidencian la presencia de cianolíquenes, consistente con su necesidad de luz solar para realizar la fotosíntesis, ni se visualiza SPE producido por microorganismos. Identificación de microorganismos mediante técnicas de laboratorio todavía no han sido realizadas.

## DISCUSIÓN

Los resultados del estudio de biodeterioro en los estilos Ordinarios y Aguada de LC, de diferente técnicas de manufactura, morfologías y usos, nos demuestran que en general la cerámica arqueológica expuesta a las condiciones ambientales constituye un sustrato ideal para el biodeterioro por líquenes, hongos y bacterias por tres diferentes razones. La primera razón que ha sido reconocida por conservadores desde hace al menos dos décadas, y la más sobresaliente respecto a su contraparte moderna e industrial, es que las cerámicas arqueológicas presentan una matriz porosa (Becerra Angulo 2009; Buys y Oakley 1993; Orton *et al.* 2013; Rice 2015). Por un lado, fueron manufacturadas de acuerdo a una específica funcionalidad deseada, creando un amplio repertorio de variabi-

lidad en la selección de arcillas e inclusiones, técnicas de amasado y modelado, morfología de las piezas, métodos de acabado y tipo de decoración, por tanto, en las propiedades físicas y químicas de las piezas acabadas (Orton *et al.* 2013; Rice 2015). En el caso de LC y muy probablemente de todo el noroeste argentino, los procesos de cocción en hornos pozo y a cielo abierto fabricados con arcilla batida, frecuentemente no alcanzan temperaturas mayores a 1200° C.<sup>3</sup> Los picos de temperatura máxima en estos casos no suelen ser prolongados y no permiten que la pasta se vitrifique por completo (el cuarzo, el feldespato y la arcilla entre otros minerales, no se funden y consolidan entre sí), consecuentemente, los poros internos no se rellenan y quedan conectados entre sí y con la superficie (Harry y Johnson 2004; Rice 2015). La segunda razón, se debe a que son retenedoras de la humedad. La materia prima base es la arcilla, un mineral plástico que se expande y contrae de acuerdo a la cantidad de humedad que absorba del medio ambiente (Orton *et al.* 2013; Rice 2015). Si bien luego del proceso de cocción las arcillas sufren un cambio fisicoquímico y pierden esa plasticidad inicial, las cerámicas arqueológicas al todavía poseer poros en su interior siguen siendo retenedoras de la humedad ambiental. La tercera razón, vinculada también con las características intrínsecas de la arcilla que la compone, es que son térmicas. El uso de adobe o tapia para la construcción de viviendas

---

<sup>3</sup> Los rangos de temperatura de cocción para los estilos Aguada y Ordinario fueron respaldados por bibliografía que se aproxima a las estimaciones que están siendo obtenidas en estudios de arqueología experimental en proceso basados en réplicas de hornos pozo y/o a cielo abiertos hallados en LC. Rice (2015: tabla 1.2) denomina a los estilos Ordinarios de baja temperatura de cocción como *Terracota* sin especificar rango de valores, mientras que aquellos de cocción más elevada dentro de un rango específico son llamados *Earthware* y corresponderían a lo que se considera estilo Aguada. La autora presenta un exhaustivo trabajo de síntesis y revisión bibliográfica sobre la cerámica arqueológica. En cambio, los valores de temperaturas de cocción brindados por Becerra Angulo (2009) se encuentran asociados al tipo de porosidad de la pasta y su subsecuente permeabilidad. El rango de temperaturas brindado para las cerámicas de baja temperatura se aproxima a los resultados que están siendo obtenidos para los estilos Ordinarios de LC.

responde en parte a esta propiedad térmica de las arcillas (retener el calor y/o frío ambiental). Las cerámicas no son la excepción, al ser calentadas retienen el calor y por eso fueron y siguen siendo usadas para fabricar recipientes para el procesamiento de alimentos y su consumo, como también han sido empleadas en la industria, entre otros tantos ejemplos (Galán y Aparicio 2006; Rice 2015). La conjunción de estas tres propiedades manifiesta que las cerámicas arqueológicas, sean de baja cocción y alta porosidad, rústicas como el estilo Ordinario, o de alta cocción y baja porosidad, compactas como las Aguada, presentan un sustrato estable para el desarrollo de macro organismos como los cianolíquenes (Soto 2015) y microorganismos como las bacterias y los hongos (Soto *et al.* 2017). Además, el caso de estudio pone en evidencia que en ambientes hostiles con marcada tendencia a la aridez, con amplitud térmica diaria y estacional, con escasas precipitaciones concentradas en época estival, con fuerte incidencia de agentes postdeposicionales, los fragmentos cerámicos arqueológicos funcionan como microecosistemas óptimos. Las erosiones por escorrentías estacionales del valle de Antinaco central como los movimientos de suelos ocasionados por la agricultura u obras de infraestructura de gran envergadura desarrolladas, constantemente exponen material cerámico a la meteorización y a los agentes postdeposicionales. Si el biodeterioro es un proceso postdeposicional más, como todo parece indicar, será endémico a ciertos ambientes y a los materiales cerámicos (u de otro tipo) arqueológicos que en ellos se registren.

Cerámicas arqueológicas impactadas por los agentes biológicos mencionados en este tipo de ambientes hostiles, son resistentes al control de los factores indirectos de biodeterioro en las áreas y sistemas de guarda de las colecciones porque se trata de especies resistentes a fluctuaciones ambientales por sus propias características ecológicas y etológicas. Que las cerámicas constituyan un sustrato inorgánico sin carbono como elemento principal de compuestos orgánicos que puedan funcionar como nutrientes para macro y microorganismos (por ejemplo el caso de textiles, cestería, cueros), no es impedimento para que sean afecta-

das por el biodeterioro. El carbono no como elemento químico, sino como parte de la estructura de los carbonatos (por ejemplo la calcita), es frecuente en las cerámicas y conduce al señalado proceso de deterioro por cristalización de sales pero no funciona como elemento nutritivo de los agentes biológicos registrados en el caso de estudio.

Si el biodeterioro es no sólo viable sino que constituye uno de los principales problemas de conservación de la arquitectura en piedra, como por ejemplo de las inmensas pirámides mayas (Gaylarde *et al.* 2001), de las lápidas y tumbas de los cementerios (Guiamet *et al.* 2012; 2013) y de los soporres rocosos del arte rupestre (St. Clair y Seaward 2004), es lógico y esperable que este proceso también sea incidente en materiales líticos muebles como desechos de talla, lascas e instrumentos. Este proceso ha sido registrado en metales y en vidrios (Kossowka y Wegrzyn 2009; Sánchez del Junco *et al.* 1992) y el trabajo de las autoras demuestran su impacto en material cerámico (Soto 2015; Soto *et al.* 2016). Es evidente que la composición inorgánica del sustrato arqueológico no lo hace excluyente de ser colonizado y deteriorado por agentes biológicos y ser dañado severamente. Todos los materiales arqueológicos, sean orgánicos o inorgánicos, se encuentran en riesgo de ser afectados por agentes biológicos y deben recibir la misma atención y preocupación de parte de investigadores para su conservación desde el momento en que son extraídos del sitio arqueológico hasta su depósito en colecciones de referencia para futuras investigaciones.

El problema que se nos presenta entonces, es que existe exigua información sobre las especies de macro y microorganismos identificadas para la cerámica y, por consiguiente, no se pueden establecer patrones y cruzar información de bases de datos inexistentes. Exactamente eso ocurre con el caso de estudio aquí expuesto. Varias de las especies de cianolíquenes identificadas constituyen primeras citas para América del Sur y el país, incluso nuevas especies o primeras citas sobre sustrato cerámico arqueológico que da cuenta de la gran capacidad adaptativa de los organismos (Soto 2015; Soto *et al.* 2017). El desarrollo de mayores investigaciones e experimentación son imprescin-

dibles para entender con profundidad este proceso y cómo se comportan estos organismos en su ambiente natural, el contexto arqueológico de hallazgo y cómo en un ambiente artificial como lo son las áreas de guarda de institutos de investigación, reservas técnicas y/o museos.

Al abordar este tipo de investigación se presentan una serie de complicaciones que pueden ser también comunes a otras materialidades arqueológicas.

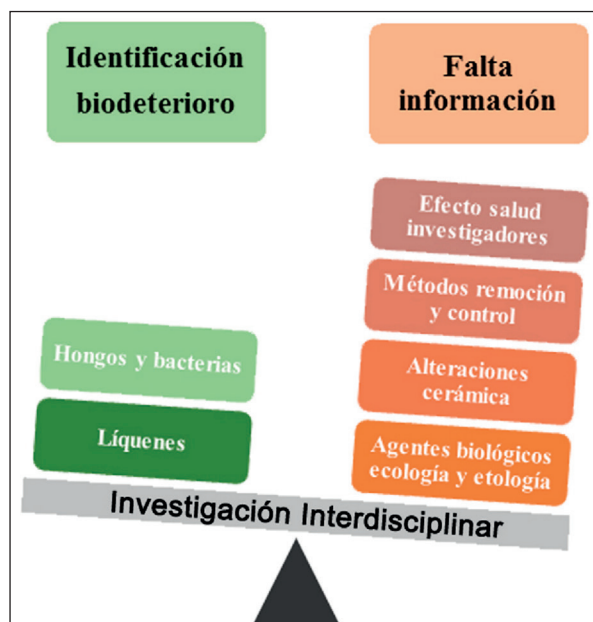


Figura 5. Síntesis de las dificultades en el estudio del biodeterioro desde la arqueología.

La primera, que se desprende de lo expresado y discutido en los acápites anteriores, es la difícil identificación de los agentes biológicos. Si no se hallan macroorganismos visibles y se los reconoce como tales (por ejemplo, no confundiendo los cianolíquenes con inclusiones de minerales o trazas de hollín), o manchas de hongos en las superficies que alerten sobre el biodeterioro actuante, lo que ocurre al interior de la matriz cerámica puede pasar desapercibido. Se requiere de la realización de cultivos microbiológicos para corroborar la efectiva presencia de microorganismos y eso implica interacción con especialistas de la biología. Como fue señalado en la literatura discutida, eso todavía no ocurre con la frecuencia necesaria en todos los equipos de investigación. En el caso de la Argentina, los estudios sobre conservación de la cerámica arqueológica y los métodos aplicados se limitan a

tratar las alteraciones visibles, principalmente los daños mecánicos provocados por las sales.

El segundo problema, es la falta de información sobre los agentes biológicos identificados. Las actividades del conservador, del arqueólogo, como de cualquier personal encargado de manejar las colecciones, se encuentran entorpecidas al carecer de protocolos adecuados de remoción o de métodos efectivos de control de los organismos, ya que la mera regulación de los factores indirectos de deterioro no es suficiente. Después de todo, existen casos registrados de hongos que permanecen latentes durante años hasta volver a reactivarse (Madigan *et al.* 2009) y ensayos recientes en el laboratorio sobre el material de estudio ha corroborado la reactivación de hongos filamentosos sobre la cerámica. Los métodos usuales de remoción mecánica mediante raspado por bisturí u otro elemento rígido de los líquenes, no son efectivos ni recomendados debido a la dificultad de desprender las hifas firmemente adheridas al sustrato sin desgranar la cerámica y, no siempre posible cuando éstos se hallan creciendo en grietas de las superficies o en decoraciones por incisión o grabado. Además, no hay garantía de que el líquen no pueda volver a crecer dadas las condiciones adecuadas. El congelado de las piezas afectadas puede generar estrés mecánico y provocar el resquebrajamiento de la estructura ya deteriorada por la contracción y expansión de la cerámica con el cambio de HR y T (Little 2000; Newton y Logan 2007), por lo que su uso puede no ser recomendado para todo tipo de piezas. El uso de biocidas en general no es sugerido porque puede alterar, eliminar o dañar la presencia de residuos grasos, además de que algunos de ellos pueden ser tóxicos. La aplicación de métodos radioactivos como concentración de luz ultravioleta o solar, puede dañar las decoraciones pintadas si presentes y no ser del todo efectiva en el caso de los cianolíquenes, en tanto su talo posee un filtro contra la radiación solar (razón de sus tonalidades negruzcas o marrón oscuro). Otros métodos radioactivos pueden ser perjudiciales o imposibilitar el posterior manejo de las colecciones para investigación o exhibición. En otras palabras, se requiere de la realización de mucha experimentación en este ámbito para evaluar técnicas de control de or-

ganismos conformes a los usos de investigación y el valor patrimonial de las cerámicas. Una opción novedosa que ha mostrado resultados interesantes en textiles arqueológicos es la aplicación de nanopartículas de plata (Piertzak *et al.* 2016) o el uso de sustancias naturales que funcionan como biosidas en el registro documental (Lavin *et al.* 2016).

En tercer lugar, el desconocimiento sobre la posible nocividad de los organismos puede ser remediada, en parte, por la aplicación de los lineamientos generales del cuidado del personal de la conservación preventiva, específicamente el uso de guantes de látex o nitrilo (para los alérgicos) y de delantales o batas de laboratorio (Guild y Mac Donald 2004; Strang y Kigawa 2009). Aunque no se trate del caso de estudio, es destacable que algunos *biofilms* poseen la capacidad de absorber contaminantes ambientales o residuos industriales y emplearlos como nutrientes (Warscheid y Braams 2000). La manipulación de materiales contaminados no sólo por agentes biológicos sino por compuestos de hidrocarburos, hidrógeno u otros, puede influir negativamente en la salud de las personas. Desde la arqueología, estos lineamientos no siempre son incorporados a pesar de que brindan una mínima protección y cuidado del investigador al mismo tiempo que se evita contaminar el material con la grasitud de las manos, lo que pone en riesgo la integridad de futuros análisis.

En último lugar, pero no por ello menos importante, se hallan los daños constatables provocados por el biodeterioro y los riesgos implícitos para la conservación física del material cerámico como para el desarrollo de futuras investigaciones arqueológicas. La formación de *biofilm* al interior del sustrato cerámico altera su composición interna y puede dificultar, o directamente impedir, los análisis arqueométricos que tan enriquecedores resultados nos brindan. Tal es el caso de estudio, donde las observaciones por MEB corroboran que las láminas de la arcilla o las inclusiones de la matriz cerámica son apenas visibles por la presencia de SPE. El deterioro mecánico por hifas de hongos (Soto *et al.* 2017)<sup>4</sup> o líquenes constatado

por Soto (2015) podría alterar la orientación de las inclusiones y presentar un impedimento a la hora de analizar técnicas de manufactura por análisis petrográficos o rayos X. El deterioro químico generado por la actividad metabólica de los microorganismos y por la presencia de SPE, podría imposibilitar la realización de análisis de residuos grasos en los tiestos o vasijas. Conocimientos de los usos de las vasijas y de las técnicas culinarias por medio de análisis de lípidos es una de las líneas de investigación que se ha desarrollado con resultados muy fructuosos en los últimos tiempos (Barnard y Eerkens 2007; Rice 2015; entre otros). De hecho, se han registrado casos de hongos que son propensos a crecer en medios grasos (Madigan *et al.* 2009) que podrían llegar a impactar especialmente las cerámicas con residuos lípidos a su interior, siendo los poros de la pasta contenedores de lípidos al mismo tiempo una fuente de nutrientes y un microecosistema ideal para su desarrollo. Situación que afectaría al material de estratigrafía y presentaría un contexto diferente al caso de estudio presentado, que da cuenta del biodeterioro del material de superficie.

Las irregularidades de las superficies cerámicas, sean de piezas íntegras o de tan sólo fragmentos, fácilmente pueden ser colonizadas por esporas de líquenes u hongos que irán generando estrés mecánico en la estructura al desarrollarse, expandiendo fisuras y microcavidades de la pasta hasta ocasionar un eventual quiebre o descamado de la superficie, tal como fue señalado por Seaward en las vasijas romanas de terracota (1988) y como muchos trabajos sobre sustratos rocosos indican (Ascaso 2002; Ascaso y Wiertchóz 1995; Gaylarde *et al.* 2001; entre otros). La experimentación y evaluación de pátinas inhibitoras del biodeterioro que no alteren las propiedades intrínsecas de la cerámica y que puedan ser removidas sin afectar al material, podría constituir una solución contra el ingreso de esporas de estos organismos.

---

<sup>4</sup> Una ampliación de los resultados presentados en Soto *et al.* (2017) con énfasis en la acción deteriorante de

---

microorganismos y la presentación de nuevas especies de cianolíquenes reconocidas en los fragmentos, será publicada a la brevedad.

## CONCLUSIONES

El eje de la conservación preventiva es, en palabras sencillas, prever el deterioro del patrimonio cultural. Proponemos ampliar esa noción no sólo para que incluya prever el deterioro del patrimonio cultural, sino también para que incluya también la prevención del deterioro de la salud de los investigadores, conservadores y de todo el personal vinculado a su conservación.

La cerámica arqueológica es una de las materialidades de mejor preservación y de mayor abundancia, en consecuencia, es importante que como arqueólogos seamos conscientes que aunque se trata de un material inorgánico, como cualquier otro sustrato natural y cultural, puede verse impactado por el biodeterioro de macro y microorganismos. No podemos obviar esta posibilidad y es imprescindible que tomemos las precauciones necesarias para evaluar la efectiva presencia del proceso, estudiarlo, regularlo y erradicarlo si es necesario; así salvaguardaremos el patrimonio cultural cerámico y todos los valores, significados, saberes e identidades culturales de los pobladores del pasado que contiene. La mejor forma de hacerlo es trabajar interdisciplinariamente no sólo entre arqueólogos y conservadores, sino también con biólogos, microbiólogos, químicos, geólogos y otros profesionales para así poder construir bases de datos, establecer patrones, generar conocimiento sistemático sobre estos organismos y sus efectos nocivos para la salud como sobre el material, como las estrategias adecuadas para su erradicación, tanto en la cerámica como en cualquier otro bien arqueológico en el que se presenten.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Adriana Callegari por su enorme dedicación y dirección en mi formación. A la conservadora Norma Pérez de Reynoso por sus orientaciones en la temática de la conservación.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLSOP, D., K. SEAL y C. GAYLARDE  
2008. Introduction to biodeterioration. Cambridge University Press, Cambridge. Inglaterra.

ASCASO, C.

2002. Ecología microbiana de sustratos líticos. En *Ciencia y Medio Ambiente*, pp. 90-103. CCMA-CSIC. España.

ASCASO, C. y J. WIERTCHOZ

1995. Study of the biodeterioration zone between the lichen thallus and the substrate. *Cryptogamic Botany* 5: 270-281. Osmania University. India.

BALESTA, B. y N. ZAGORODNY

2002. La restauración alfarera en la funebría arqueológica. Observación y estudios experimentales sobre la colección Muñiz Barreto. *Bulletin de Institut Français d'études Andines* 31 (2): 373-395. Institut des Sciences Humaines et Sociales del CNRS.

BALLART, J.

1997. *El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso*. Ariel, Barcelona.

BARNARD, H. y J. W. EERKENS

2007. *Theory and Practice of Archaeological Residue Analysis*. Archaeopress, Michigan. USA.

BECERRA ANGULO, J. A.

2009. *Conservación y preservación de objetos culturales cerámicos*. UDG Virtual y Casa Keramos, México.

BERTHELIN, J.

1985. Microbial weathering processes in natural environments. En *Physical and chemical weathering in geochemical cycles*, editado por A. Lerman y M. Meybeck, pp. 33-59. Kluwer Academic Publishers y NATO Scientific Affairs Division, Francia.

BLANCHETTE, R. A.

2000. A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments. *International Biodeterioration & Biodegradation* 46: 189-204. Países Bajos.

BORREGO, S., P. S. GUIAMET, S. GÓMEZ DE SARAVIA, P. BATTISTONI, M. GARCÍA, P.



- LAVIN y I. PERDOMOA  
2010. The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *International Biodeterioration and Biodegradation* 64: 139-145. Países Bajos.
- BUYS, S. y V. OAKLEY  
1993. *The Conservation and Restoration of Ceramics*. Butterworth-Heinemann, Oxford. Inglaterra.
- CABRERA, A. L.  
1971. Fitogeografía de la República Argentina-*Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42. Buenos Aires.
- CALLEGARI, A. B. y M. E. GONALDI  
2006. Análisis comparativo de procesos históricos durante el periodo de integración regional en valles de la provincia de La Rioja (Argentina). *Chungara* 38 (2): 197-210. Chile.
- CALLEGARI, A. B., G. SPENGLER y M. G. RODRÍGUEZ  
2015. La complejidad social en Aguada. El caso del Valle de Antinaco, departamento de Famatina, Norte de la provincia de La Rioja (Argentina). *Arqueología 21 Dossier*: 111-137. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- CRONYN, J. B.  
1990. *The elements of archaeological conservation*. Routledge by Taylor y Francis Group, London-New York.
- CROW, P.  
2008. Mineral weathering in forest soils and its relevance to the preservation of the buried archaeological resource. *Journal of Archaeological Science* 35: 2262-2273. Elsevier. Reino Unido.
- DAKAL, T. C. y S. S. CAMEOTRA  
2012. Microbially induced deterioration of architectural heritages: routes and mechanisms involved. *Environmental Sciences Europe* 24: 36-48. Springer Science + Business Media. Alemania.
- DE LA FUENTE, G. A.  
2008. Post-Depositional Chemical Alterations in Archaeological Ceramics: a critical review and implications for their conservation. *Boletín del Laboratorio de Petrología y Conservación Cerámica* 1 (2): 21-37. Escuela de Arqueología. Universidad Nacional de Catamarca.
- DE LA FUENTE, G. A. y M. C. PÁEZ  
2007. Ceramic conservation in archaeological museums: the current situation in Borthwest Argentina (province of Catamarca). En Glass and ceramic conservation, editado por L. Pilosi, pp. 180-188. Goriski muzej Kromberk, Nova Gorica, Eslovenia.
- ENDERE, M. L.  
2001. Patrimonio arqueológico en argentina. Panorama actual y perspectivas futuras. *Revista de Arqueología Americana* 20: 143-158. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. OEA.
- FANTUZZI, L.  
2010. La alteración posdeposicional del material cerámico. Agentes, procesos y consecuencias para su preservación e interpretación arqueológica. *Comechingonia Virtual* 4 (1): 27-59. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- GALÁN, E. y P. APARICIO  
2006. *Materias primas para la industria cerámica*. Ms.
- GAYLARDE, P. M., C. C. GAYLARDE, P. S. GUIAMET, S. G. GOMEZ DE SARAVIA y H. A. VIDELA  
2001. Biodeterioration of mayan buildings at Uxmal and Tulum, Mexico. *Biofouling* 17 (1): 41-45. Taylor and Francis on line. USA.
- GONALDI, M. E., A. B. CALLEGARI, G. SPENGLER, S. AUMUNT, M. G. RODRÍGUEZ y M. L. WISNIESKI  
2008. *El patrimonio arqueológico del norte del Dto. de Famatina y otros temas generales de la arqueología*. Asociación de Amigos del Instituto Nacional de Antropología, Buenos Aires.
- GORBUSHINA, A.  
2007. Minireview: life on the rocks. *Environmental Microbiology* 9 (7): 1613-1631. Society for Applied Microbiology and John Wiley & Sons Ltd. USA.

- GORBUSHINA, A. y W. BROUGHTON  
2009. Microbiology of the atmosphere-rock interface: how biological Interactions and physical stresses modulate a sophisticated microbial ecosystem. *Annual Review of Microbiology* 63: 431-450. Palo Alto. USA.
- GUIAMET, P. S., P. BATTISTONI y S. G. GOMEZ DE SARAVIA  
2008. Biodeterioro, ¿donde estas? *Desde la Patagonia, difundiendo saberes* 5 (7): 34-38. Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue. Argentina.
- GUIAMET, P. S., V. ROSATO, S. GÓMEZ DE SARAVIA, A. M. GARCÍA y D. MORENO  
2012. Biofouling of crypts of historical and architectural interest at La Plata Cemetery (Argentina). *Journal of Cultural Heritage* 13: 339-344. Elsevier. Reino Unido.
- GUIAMET, P. S., M. CRESPO, P. LAVIN, B. PONCE, C. GAYLARDE y S. GÓMEZ DE SARAVIA  
2013. Biodeterioration of funeral sculptures in La Recoleta Cemetery, Buenos Aires, Argentina: Pre- and post-intervention studies. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 101: 337-342. Elsevier. Reino Unido.
- GUIAMET, P. S., A. IGARETA, P. BATTISTONI y S. GÓMEZ DE SARAVIA  
2014. Fungi and bacteria in the biodeterioration of archeological fibers. Analysis using different microscopic techniques. *Revista Argentina de Microbiología* 46 (4):376-377. Asociación Argentina de Microbiología. Argentina.
- GUILD, S. y M. MAC DONALD  
2004. Mould prevention and collection recovery: guidelines for heritage collections. *Canadian Conservation Institution Technical Boletín* 24. Canadá.
- GURÁIEB, A. G. y M. M. FRÈRE  
2009. *Caminos y encrucijadas en el gestión del patrimonio arqueológico argentino*, A. M. Aguerre edición. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- HARRY, K. G. y A. JOHNSON  
2004. A non-destructive technique for measuring ceramic porosity using liquid nitrogen. *Journal of Archaeological Science* 31: 1567-1575. Elsevier. Reino Unido.
- HERNÁNDEZ, J. y J. J. TRESSERRAS  
2008. *Gestión del patrimonio cultural*. Ariel, Barcelona.
- HERRERA, L. A. y H. A. VIDELA  
2009. Surface analysis and materials characterization for the study of biodeterioration and weathering effects on cultural property. *International Biodeterioration & Biodegradation* 63: 813-822. Países Bajos.
- HUECK, H. J.  
1965. The biodeterioration of the materials as part of hylobiology. *Material und Organismen* 1 (1): 5-34. Duncker & Humblot. Alemania.
- JANS, M. M. E.  
2008. Microbial bioerosion of bone - A review. En M. Wisshak y L. Tapanila (editors), *Current Developments in Bioerosion*, pp. 397-413. Springer Berlin Heidelberg, Berlin.
- JANS, M. M. E., C. M. NIELSEN-MARSH, C. I. SMITH, M. J. COLLINS y H. KARS  
2004. Characterisation of microbial attack on archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 31: 87-95. Elsevier. Reino Unido.
- KONSA, K., I. TIRRUL y A. HERMANN  
2014. Wooden objects in museums: Managing biodeterioration situation. *International Biodeterioration & Biodegradation* 86: 165-170. Países Bajos.
- KOSSOSWKA, M. y M. WEGRZYN  
2009. Lichens recorded on iron and glass in NE Poland. *Polish Botanical Journal* 54 (1): 123-124. W. Szafer Institute of Botany - Polish Academy of Sciences. Polonia.
- LAVIN, P., S. GÓMEZ DE SARAVIA y P. S. GUIAMET  
2016. *Scopulariopsis* sp. and *Fusarium* sp. in the documentary heritage. Evaluation of their

- biodeterioration ability and antifungal effect of two essential oils. *Microbial Ecology* 71(3): 628-633. Alemania.
- LITTLE, M.  
2000. Ceramics and Glass. En *The Winterthur Guide to Caring for Your Collection*, pp. 57-66. University Press of New England, Londres. Inglaterra.
- MADIGAN, M., J. MARTINKO, P. DUNLAP y D. CLARK  
2009. *Brock biology of microorganisms*, 12ava. Edición. Benjamin Cummings.
- MAGAÑA, H. O., D. M. GRIMALDI y V. M. MEURS  
2001. La conservación de los materiales arqueológicos durante los procesos de registro, excavación y extracción. En *Conservación in situ de materiales arqueológicos. Un manual*, compilado por R. Schneider Glantz, pp. 9-18. INAH, México.
- MARCÓN, P.  
2009. Fuerzas físicas. *Canadian Conservation Institute Notes*. Acceso online (julio 2016): <http://canada.pch.gc.ca/eng/1444924113472>
- MATERA, S., A. B. CALLEGARI y G. SPENGLER  
2015. Hablemos Sobre Patrimonio: Un Proyecto de Educación No Formal en Villa Castelli. En *Estudios de Impacto Ambiental*, editado por S. Matera, G. Spengler y M. Kergaravat, pp. 145-172. Imprenta Digital, Buenos Aires.
- MICHALSKI, S.  
2006. Preservación de las colecciones. En *Cómo administrar un museo. Manual práctico*, pp. 51-90. ICOM, Paris. Francia.
- MITCHELL, R. y C. J. MCNAMARA (editores)  
2010. *Cultural Heritage Microbiology Fundamental studies in Conservation Science*. American Society of Microbiology, Estados Unidos.
- MOSKAL DEL HOYO, M., M. WACHOWIAK y R. A. BLANCHETTE  
2010. Preservation of fungi in archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science* 37: 2106-2116. Elsevier. Reino Unido.
- NEWTON, C. y J. LOGAN  
2007. Care of Ceramics and Glass. *Canadian Conservation Institute Notes* 5 (1). Canadá.
- LÓPEZ, M. A. y L. V. CARAMÉS  
2003. La conservación de la cerámica en los proyectos de investigación arqueológica. *Revista Naya, Ciudad Virtual de Antropología y Arqueología*.
- ORTON, C., P. TYERS y A. G. VINCE  
2013. *Pottery in archaeology*, 2da. Edición. Cambridge University Press, Cambridge. Inglaterra.
- PIERVITTORI, R., O. SALVADORI y A. LACCISAGLIA  
1994. Literature on lichens and biodeterioration on stonework I. *The Lichenologist* 26 (2): 171-192. Cambridge University Press.  
1996. Literature on lichens and biodeterioration on stonework II. *The Lichenologist* 28 (5): 471-483. Cambridge University Press  
1998. Literature on lichens and biodeterioration on stonework III. *The Lichenologist* 30 (3): 263-277. Cambridge University Press
- PIERVITTORI, R., O. SALVADORI y D. ISOCRONO  
2004. Literature on lichens and biodeterioration on stonework IV. *The Lichenologist* 36 (2): 145-157. Cambridge University Press.
- RAPHAEL, T. J.  
2009. *Guía de Preservación de Colecciones. Una introducción al Cuidado de Colecciones para Museos Comunitarios*. Fundación Interamericana de Cultura y Desarrollo, ICCROM, Canadá.
- RICE, P. M.  
2015. *Pottery Analysis: A Sourcebook*, 2da. Edición. The University of Chicago Press, Chicago y Londres.
- ROSE, C.  
1992. Conservación preventiva. *Asociación para la conservación del patrimonio cultural de las Américas Boletín* (3): 2. Washington DC. USA

- SANCHÉZ DEL JUNCO, A., D. A. MORENO, C. RANNINGER, J. J. ORTEGA-CALVO y C. SÁIZ-JIMÉNEZ  
1992. Microbial Induced Corrosion of Metallic Antiquities and Works of Art: a Critical Review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 29: 367-375. Países Bajos.
- SCHIFFER, M. B.  
1987. *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.  
1990. Contexto arqueológico y contexto sistémico. *Boletín de Antropología Americana* 22: 81-93. UNAM.
- SEAWARD, M.  
1988. Lichen damage to ancient monuments: a case of study. *Lichenologist* 20 (3): 291-295. Cambridge University Press.
- SKIBO, J. M. y M. B. SCHIFFER  
1987. The Effects of Water on Processes of Ceramic Abrasion. *Journal of Archaeological Science* 14: 83-96. Elsevier. Reino Unido.
- SOTO, D. M.  
2015. Deterioro de fragmentos cerámicos por la acción de líquenes en el Valle de Antinaco Central, provincia de La Rioja. En *Arqueometría Argentina. Metodologías científicas aplicadas al estudio de los bienes culturales. Datación, caracterización, prospección y conservación. Actas del V Congreso Nacional de Arqueometría*, pp. 207-219. Aspha, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- SOTO, D. M., P. S. GUIAMET y A. B. CALLEGARI  
2017. Biodeterioro de cerámica arqueológica de superficie por microorganismos de climas áridos y semi-áridos en el valle de Antinaco central, La Rioja. En *Actas del VI Congreso de Arqueometría Argentina*. En prensa.
- SOUZA-EGIPSY, V., J. WIERZCHOS, V. GARCÍA RAMOS y C. ASCASO  
2002. Chemical and ultrastructural features of the lichen-volcanic/sedimentary rock interface in a semiarid region (Almeria, Spain). *The Lichenologist* 34: 155-167. Cambridge University Press.
- ST. CLAIR, L. y M. SEAWARD  
2004. *Biodeterioration of stone surfaces: lichens and biofilms as weathering agents of rocks and cultural heritage*. Springer Netherlands, España.
- STRANG, T. y R. KIGAWA  
2009. Combating pest of cultural property. *Canadian Conservation Institution Technical Bulletin* 29. Canadá.
- STRZELCZYK, A., L. BANNACH y A. KUROWSKA  
1997. Biodeterioration of archaeological leather. *International Biodeterioration & Biodegradation* 39 (4): 301-309. Países Bajos.
- VIDELA, H. A.  
2001. Deterioro atmosférico y deterioro microbiológico del patrimonio cultural iberoamericano. En *Prevención y protección del patrimonio cultural iberoamericano de los efectos del biodeterioro ambiental. Memorias*, pp. 31-47. CYTED, La Plata. Buenos Aires.
- WALLER, R. R. y P. S. CATO  
2009. Dissociation. *Canadian Conservation Institute Notes*. Acceso online (marzo 2016): <http://canada.pch.gc.ca/eng/1444924574622>
- WARD I. y P. LACOMBE  
2013. A process-orientated approach to archaeological site formation: application to semi-arid Northern Australia. *Journal of Archaeological Science* 30: 1223-1236. Elsevier. Reino Unido.
- WARSCHEID, T. y J. BRAAMS  
2000. Biodeterioration of stone: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 46: 343-368. Países Bajos.