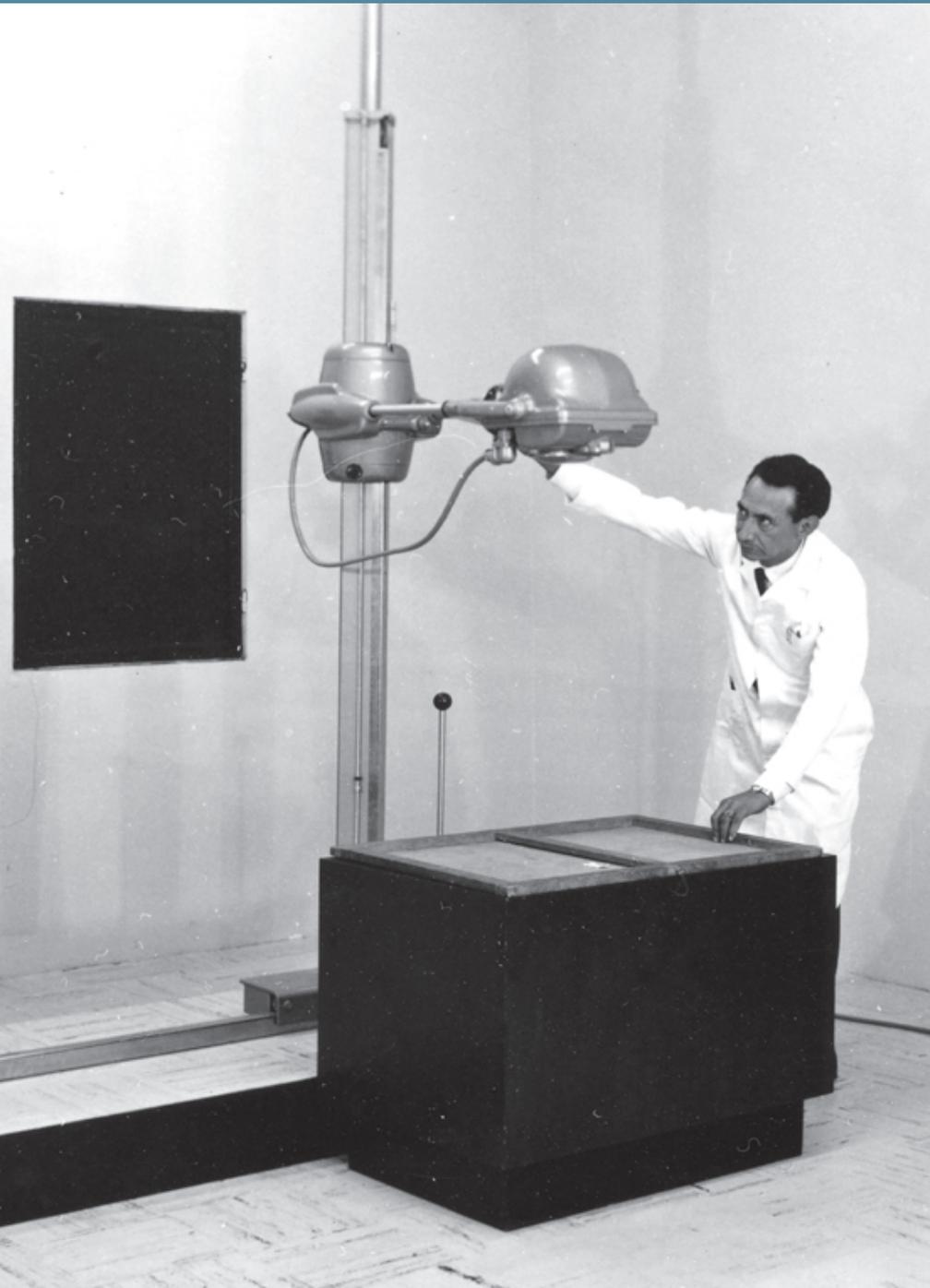


N 20

Enero - Abril 2020



CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN



CER

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

ISSN-2395-9754

SECRETARÍA DE CULTURA

Alejandra Fraustro Guerrero
Secretaría

INSTITUTO NACIONAL DE ANTHROPOLOGÍA E HISTORIA

Diego Prieto Hernández
Director General

Aída Castilleja González
Secretaría Técnica

COORDINACIÓN NACIONAL DE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

María del Carmen Castro Barrera
Coordinadora Nacional

Thalía Edith Velasco Castelán
Directora de Educación para la Conservación

Salvador Guillén Jiménez
Director de Conservación e Investigación

Gabriela Mora Navarro
Responsable del Área de Investigación Aplicada

María Eugenia Rivera Pérez
Responsable del Área de Enlace y Comunicación

Editora

Magdalena Rojas Vences

Comité editorial

Olga Daniela Acevedo Carrión - CNCPC

Alejandra Alonso Olvera - CNCPC

Manuel Gándara Vázquez - ENCRyM

Manuel Alejandro González Gutiérrez - Centro INAH Oaxaca

Emmanuel Lara Barrera - CNCPC

Marcela Mendoza Sánchez - CNCPC

Débora Yatzojara Ontiveros Ramírez - CNCPC

María Bertha Peña Tenorio - CNCPC

María Eugenia Rivera Pérez - CNCPC

Valerie Magar Meurs - ICCROM

Gabriela Ugalde García - UNAM

Thalía Edith Velasco Castelán - CNCPC

José Álvaro Zárate Ramírez - ECRO

Diseño editorial

Marcela Mendoza Sánchez

Corrección de estilo

Magdalena Rojas Vences

Coordinación de este número

Gabriela Mora Navarro

Ex Convento de Churubusco, Xicoténcatl y General Anaya s/n, colonia San Diego Churubusco, alcaldía Coyoacán, Ciudad de México

D.R. ©INAH. Córdoba 45, colonia Roma, C.P. 06700, Ciudad de México, México, 2013

Ingeniero Enrique Ibarra Hernández sacando una radiografía de una pintura de caballete. Laboratorio de Rayos X, Churubusco. Imagen: @Fototeca CNCPC-INAH, 1967.

CR Conservación y Restauración, año 7, núm. 20, enero-abril 2020, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, Secretaría de Cultura, Córdoba 45, colonia Roma, C.P. 06700, alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México, www.inah.gob.mx, revistacr@inah.gob.mx. Editor responsable: Magdalena Rojas Vences. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No.: 04-2015-082514233600-203, ISSN: 2395-9754, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Marcela Mendoza Sánchez, Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, Ex Convento de Churubusco, Xicoténcatl y General Anaya s/n, colonia San Diego Churubusco, alcaldía Coyoacán, C.P. 04120, Ciudad de México, fecha de última modificación, 13 de octubre de 2020.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación ni de la CNCPC.

La reproducción, uso y aprovechamiento por cualquier medio, de las imágenes pertenecientes al patrimonio cultural de la nación mexicana, contenidas en esta obra, está limitada conforme a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, y a la Ley Federal del Derecho de Autor. Su reproducción debe ser autorizada previamente por el INAH y por el titular del derecho de autor.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia.



EDITORIAL	5
Gabriela Mora Navarro	

PROYECTOS Y ACTIVIDADES

Deterioro del friso del edificio E2 en Dzibanché. Perspectivas macro y micromorfológicas	9
Luisa Straulino Mainou, Sandra Balanzario Granados, Gabriela Mazón Figueroa, Miriam Elizabeth Castro Rodríguez y Sergey Sedov	

El uso de látex para limpieza de hollín sobre roca caliza	32
Gaspar Ortega Contreras, Nora Ariadna Pérez Castellanos y Armando Arciniega Corona	

Materiales fabriles como recurso plástico: estudio sobre recubrimientos industriales para la conservación de paneles de fibrocemento empleados en pintura mural	43
María Isabel López Arvizu, Nora Ariadna Pérez Castellanos, Sandra Joyce Ramírez Muñoz, Daniel Meléndez García, Alejandro Mitrani Viggiano, Lauro Bucio Galindo y Aline Moreno Núñez	

Recubrimientos metálicos que no lo son: cuando la naturaleza imita al hombre	54
Ángel García Abajo	

La exposición microbiológica, un riesgo laboral latente para el restaurador	71
José Julio Sierra García de Quevedo, José Alejandro Rueda Cruz, y Alma Montserrat Gómez Sepúlveda	

Los hongos mitospóricos como agentes de biodeterioro en tres acervos documentales del INAH	86
Alejandro Medina-Ávila	

La importancia de la etnobotánica en la restauración y conservación del <i>Conjunto escultórico monumental de Santiago Apóstol y caballo</i>, siniestrado por el sismo del 19 de septiembre de 2017 en Izúcar Matamoros, Puebla	96
Pablo Torres Soria	

Programa de Búsqueda de Recursos de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural	110
Ricardo Herrera García	



MEMORIA

- Laboratorio de Rayos X: prácticas institucionales aplicadas a
pintura de caballete novohispana 124
Luis Ricardo Nathael Cano Baca

CONSERVACIÓN en la vida cotidiana...

- A todo color 137
Gabriela Mora Navarro

CONOCE EL INAH

- La investigación en la práctica de los conservadores/
restauradores del INAH: experiencias desde Yucatán 149
Claudia A. García Solís, Natalia Hernández Tangarife y Claudia
Ocampo Flores

NOTICIAS

- Avanza INAH en la recuperación de los bienes afectados por
los sismos de 2017 162
Texto: Oscar Adrián Gutiérrez Vargas
Información: Lucía de la Parra de la Lama, Adriana Orozco Rodríguez,
Mariana Méndez Valdés
- Celebran México y la Unión Europea el 2º Simposio
Internacional. Intercambio de experiencias entre especialistas
"Estrategias de intervención para el patrimonio cultural
afectado por los sismos de 2017" 165
Texto: Oscar Adrián Gutiérrez Vargas
- CR. Conservación y restauración* 170
Política editorial y normas de entrega de colaboraciones



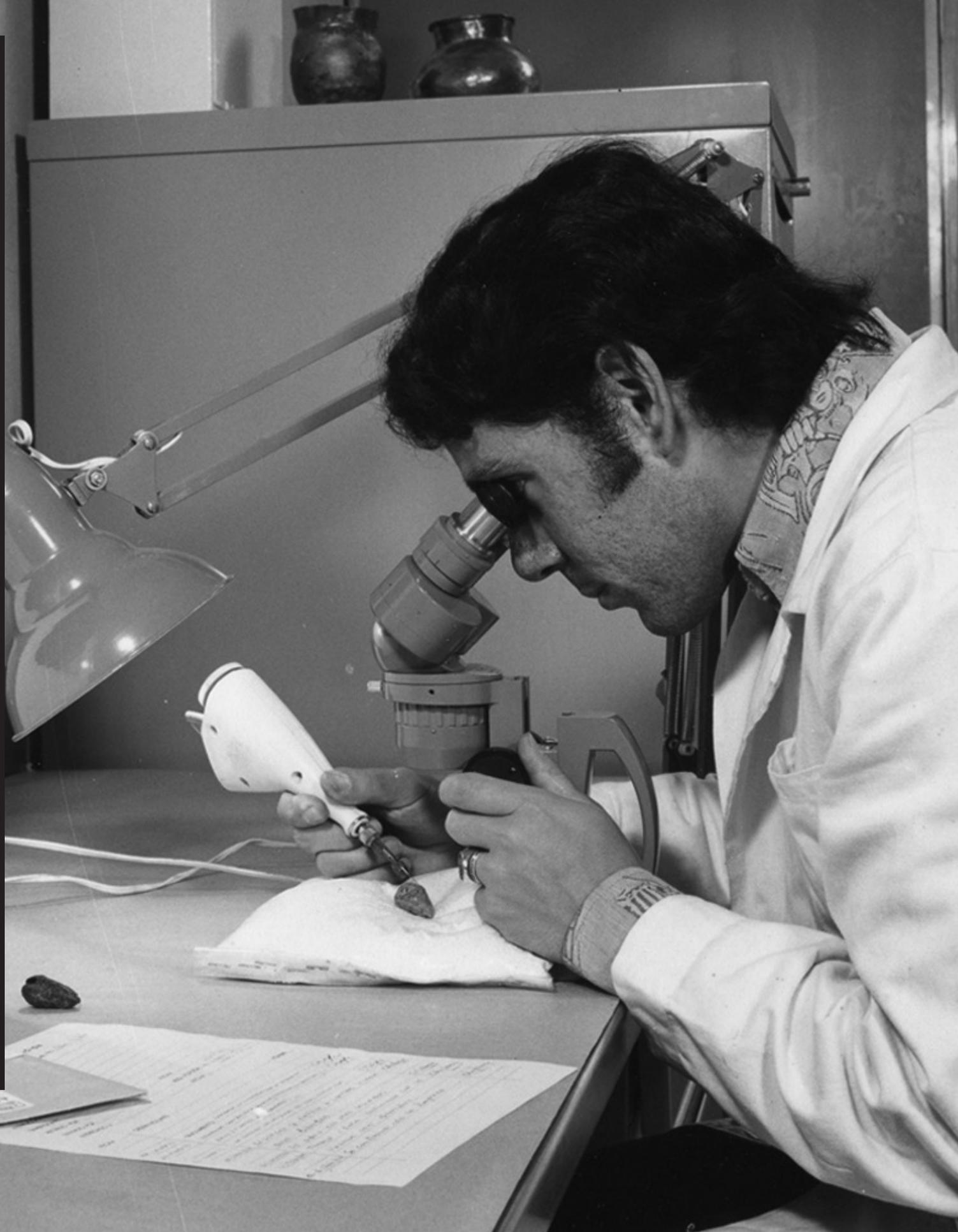


Toma de muestras de madera. Sillería de coro de la Colegiata de Guadalupe.

Imagen: ©Magdalena Rojas Vences, 2010.

Observación de cascabeles con microscopio óptico, Churubusco.

Imagen: ©Fototeca CNCPC-INAH.



En la conservación del patrimonio resulta fundamental el conocimiento de los materiales culturales, asimismo la capacidad de comprender y documentar fenómenos derivados de su interacción con el entorno. Las contribuciones que integran el presente número ilustran esos procesos de generación de conocimiento ofreciendo al lector un recorrido por transformaciones minerales, fenómenos microbiológicos, así como el análisis de entornos ambientales y sociales de los bienes culturales que hacen evidente la importancia de su estudio, desde perspectivas multidisciplinarias y a diferentes escalas, para abordar su preservación.

Las contribuciones también hacen eco del espectro cada vez más amplio de técnicas analíticas aplicadas al estudio de bienes patrimoniales que facilitan la conducción de análisis in situ, favorecen el desarrollo de aproximaciones diagnósticas no invasivas y permiten nuevos alcances en la comprensión de la materia que revelan aspectos de gran interés cultural.

Estos estudios, que resultan fundamentales en el diagnóstico y tratamiento de los bienes culturales, hacen también evidente la importancia de robustecer la infraestructura científica en las instituciones dedicadas a la conservación del patrimonio, ante los grandes retos que enfrentan en la actualidad.

Los textos aquí reunidos además recuerdan la riqueza de la información procedente del estudio de materiales culturales, así como la importancia de conservar los acervos que la resguardan y garantizar el acceso a los mismos. Se manifiesta también la necesidad de explorar alternativas de gestión de recursos para el desarrollo de proyectos y se comparten las reflexiones de especialistas sobre la aproximación al estudio y conservación de bienes en contextos de riesgo.

En suma, este número da cuenta de los esfuerzos por ajustar la lente para adentrarse a mundos microscópicos y observar a la distancia los entornos culturales, denota la necesidad de compartir experiencias e infraestructura científica e invita a analizar desde múltiples perspectivas los retos que presenta la conservación del patrimonio.

Gabriela Mora Navarro







PROYECTOS Y ACTIVIDADES

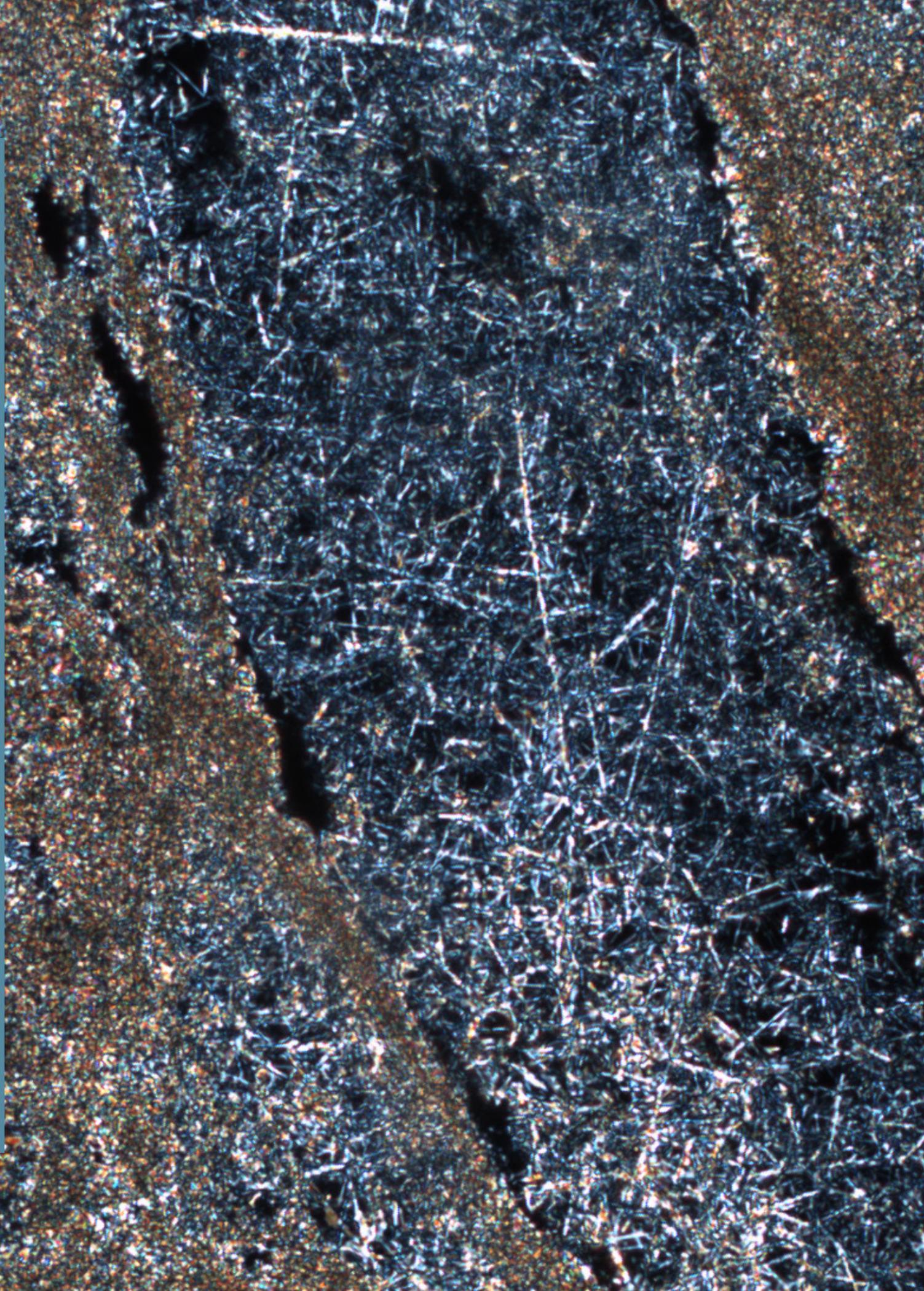


Los artículos que integran esta sección dan cuenta del desarrollo de estudios sobre procesos de alteración de los materiales constitutivos del patrimonio que afectan su estabilidad y modifican su percepción. En las contribuciones también se evalúan alternativas de conservación de materiales pétreos y conglomerados modernos, se identifican agentes de riesgo biológico en la conservación de materiales orgánicos y se presentan iniciativas de gestión para el desarrollo de proyectos.

Imagen: Análisis de radiografías de la pintura Dama con rebozo del Museo Nacional de Antropología. CNCPC-INAH.

Lublimita (calcita acicular) entornada en poros de los morteros de Dzibanché.

Imagen: ©Luisa Straulino Mainou.



Deterioro del friso del edificio E2 en Dzibanché. Perspectivas macro y micromorfológicas

Luisa Straulino Mainou,* Sandra Balanzario Granados,** Gabriela Mazón Figueroa,* Miriam Elizabeth Castro Rodríguez* y Sergey Sedov***

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

**Centro INAH Quintana Roo

Instituto Nacional de Antropología e Historia

*** Instituto de Geología

Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

El artículo aborda de manera sencilla el deterioro registrado por diversos medios, tanto macroscópicos como microscópicos del relieve del edificio E2 de Dzibanché. Las observaciones macroscópicas y el registro detallado de los efectos de deterioro se contrastan con información micromorfológica obtenida tanto con láminas petrográficas como MEB-EDS. Después de contrastar la información se proponen los mecanismos de deterioro que han afectado al relieve. En general el friso tiene problemas de escamación y pérdida de capa pictórica, así como presencia de eflorescencias y subeflorescencias. También hay aportes de humedad y crecimiento de *biofilms* en la superficie. De manera microscópica se observa que en las secciones donde hay pérdida de volumen existe disolución del material intergranular o matriz por lo que los agregados no tienen cementación provocando pulverulencia, también se observa la transformación de la calcita en lublinita. Las sales fueron identificadas como sulfatos cuya fuente es el cemento de las restauraciones arquitectónicas. La pulverulencia extrema de la superficie se debe tanto a la formación de sulfatos como a la disolución selectiva de carbonatos en la superficie. La pérdida de capa pictórica se debe a que hay subeflorescencias que cristalizaron entre el límite del repellado y el enlucido o capa pictórica que son menos porosos. Las secciones bien conservadas cerca de las fisuras se deben a neoformaciones de cristales de carbonatos de calcio esparíticos. La transformación de la calcita en lublinita se debe a procesos biológicos causados por microorganismos como cianobacterias.

Palabras clave

Dzibanché; estuco; edificio E2; deterioro; láminas delgadas; MEB-EDS.

Abstract

This paper addresses the alteration of the relief of the building E2 in Dzibanché studying it in macro and microscopically way. The macroscopic observations and the detailed record of the deterioration effects are contrasted with the micromorphological information obtained with thin sections and SEM-EDS. After contrasting the information, causes and mechanism of alteration were proposed. In general, the frieze has scaling and loses of pictorial layer; also, it has efflorescences and subefflorescences of salts. Water contributions and biofilms are also seen. Microscopically sections of volume loses and material of the intergranular crystals dissolution causing pulverulence were observed. We distinguished the transformation of calcite to lublinita. Causes and mechanisms of alteration are related to the presence of water and cement as extrinsic causes and composition and porosity differences of the different strata as intrinsic causes. Salts where identified as sulphates, which comes from the Portland cement used in the architectural restoration. The extreme pulverulence of the surface is due to the sulphates and selective dissolution of carbonates. The loss of pictorial layer is directly related to subefflorescences that crystalized between pictorial layer, thin plasters and rough plasters, the first two have less porosity. The well-conserved sections near cracks are in this state because neoformation of sparitic calcite- The transformation of calcite in lublinita is caused by bioalteration.

Keywords

Dzibanché; stucco; building E2; damage; thin sections; MED-EDS.



Contexto arqueológico

Este trabajo trata sobre el deterioro del friso del edificio E2 de Dzibanché, conformado por un bajo relieve manufacturado con morteros de cal, y la relación entre los efectos macroscópicos de deterioro y observaciones microscópicas, ésta fue determinante para establecer las causas de deterioro predominantes.

Dzibanché se encuentra al sur del estado de Quintana Roo (18°38'18.84"N 88°45'38.67"O) cerca de la frontera con Campeche. El acceso al sitio es por la carretera Federal 186 que conecta Villahermosa, Escárcega y Chetumal; de allí se toma la desviación al pueblo de Morocoy. Pasando la población de Morocoy, se toma la desviación que lleva al sitio arqueológico (Nalda, 2000b; Balanzario, 2019).

El sitio fue descubierto en 1927 por Thomas Gann, quien registró en el templo del edificio E6, el dintel de madera que da nombre al sitio. En 1931, Gann regresó a Dzibanché, en donde encontró una pequeña pieza de jade con la fecha 909 d.C., que junto con el monumento (estela) del sitio de Toniná, conforman las fechas de cuenta larga¹ más tardías, que existen en el área maya. No obstante, después de algunos trabajos, llevados a cabo por la Expedición Científica Mexicana en 1937 (Lizardi, 1939), la región fue olvidada e incluso se perdió la ubicación de los sitios monumentales como Dzibanché.

Fue hasta 1972 en los recorridos efectuados por Peter Harrison en el sur de Quintana Roo, cuando se registró una vez más el dintel de madera del edificio E6 y se elaboró un plano de distribución, junto con la excavación de pozos de sondeo. Posteriormente en 1987 el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) inició exploraciones arqueológicas en el asentamiento, bajo la titularidad de Enrique Nalda, investigaciones que fueron ampliadas en 1993-1994 con el Proyecto Sur de Quintana Roo, en donde se consideró la prospección e investigación de los conjuntos monumentales que integran los asentamientos de Kohunlich y Dzibanché (Kinichná). Las investigaciones en Dzibanché continuaron durante casi dos décadas, las que documentaron el plano general del asentamiento prehispánico, la restauración arquitectónica de los edificios monumentales del Grupo Principal y de la Acrópolis de Kinichná, junto con la exploración de los conjuntos periféricos (Nalda, 2004; Velázquez, 2000). Desde 2011 y hasta la fecha actual, el INAH ha continuado con las exploraciones y el mantenimiento del sitio con el Proyecto Arqueológico de Dzibanché que es dirigido por la arqueóloga Sandra Balanzario. Por otro lado, este trabajo se centra en las minuciosas observaciones hechas en campo, durante 2016, por las restauradoras Miriam Rodríguez, Gabriela Mazón² y Luisa Straulino,³ tomando en cuenta las registradas en años anteriores, así como los estudios científicos que se practicaron para comprender los mecanismos principales de deterioro, efectuados por Luisa Straulino y Sergey Sedov.⁴

¹ La cuenta larga es un cómputo lineal y continuo de días que han pasado a partir de una fecha era. Durante el siglo III d.C. los mayas adoptaron el sistema calendárico olmeca e integraron nuevos periodos rituales y astronómicos tales como la serie lunar y diversos ciclos. El sistema les permitió calcular fechas hacia tiempos pasados, incluso míticos y hacia el futuro. El punto de inicio de tal calendario era un día cero computado como 13.0.0.0.0, 4 ahaw, 8 kumk'u. que en el calendario juliano equivale al 8 de septiembre de 3114 a.C. (Bernal, 2012).

² Restauradoras contratadas en el Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché-Kohunlich. Temporada de campo 2016.

³ Restauradora perito de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, INAH.

⁴ Investigador titular C del Departamento de Ciencias Ambientales y Suelo del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



El asentamiento prehispánico de Dzibanché se compone de conjuntos cívicos-ceremoniales, conjuntos residenciales y áreas dedicadas a la producción agrícola, distribuidos en cuatro grupos de arquitectura monumental: Grupo Principal, Kinichná, Tutil, y Lamay, los que se comunican por una extensa red de caminos o *sacbeob*. Estos grupos constituyen una entidad integrada, existe entre ellos un continuo de unidades habitacionales dispersas, interrumpido sólo por aguadas y terrenos bajos inundables (Nalda, 2004b).

El Grupo Principal de Dzibanché se conforma por edificios monumentales, juegos de pelota y unidades habitacionales de élite. Entre los que destaca el edificio E2 “Templo de los Cormoranes”, es el inmueble más alto de la zona ya que, junto con los restos de su crestería, alcanza una altura de 34 metros. En su basamento fueron construidas seis cámaras funerarias (450-700 d.C.) en las que se depositaron los restos de individuos con ofrendas compuestas de vasijas policromas, máscaras, ornamentos de jade (collares, brazaletes, orejeras) y concha *Spondylus sp.* El sistema de enterramiento contenido en sus cámaras funerarias y el estilo arquitectónico de “pilastras pareadas” ha postulado la existencia de un grupo de élite homogéneo, consistente con la idea de que en las fases tardías del Clásico temprano la dinastía Kaanu’l, estuvo asentada en Dzibanché (Martín y Grube, 2008; Nalda y Balanzario, 2007, 2008a).

Además, los individuos enterrados en el edificio E2 comparten un estatus similar; se trata de sujetos que fueron gobernantes o personajes muy cercanos al poder, elegibles al título de *Ajaw* o *k’uhul Ajaw*. Un punzón sangrador, asociado a una de las osamentas depositadas en una de las cámaras inferiores, hace mención en sus inscripciones glíficas que era posesión de “Testigo del Cielo”, gobernante de la dinastía Kaanu’l, que se señala en varias inscripciones del área maya. Ese gobernante, junto con la ciudad de Caracol, conquistó Tikal en el 562 d.C., (Martín y Grube 2008; Velásquez 2008; Nalda y Balanzario, 2014,). El edificio E2 sería entonces, según las interpretaciones arqueológicas, el lugar de entierro y culto para los miembros de la dinastía Kaanu’l durante el tiempo de su asentamiento en Dzibanché. Elementos constructivos de madera que formaban parte del templo registran dataciones de radiocarbono de 530-660 (92.3%) y 600-685 (95.4%) (Nalda, 2004a; Velásquez, 2004, 2008; Nalda y Balanzario, 2008a y 2008b).

El bajo relieve

La fachada norte del edificio E2 ostenta un relieve modelado con morteros de cal y policromado que data del periodo Clásico, más específicamente 274-316 d.C. según el análisis de arqueomagnetismo (Straulino *et al.*, 2016: 18-24). Se encuentra en los cuerpos segundo y tercero del basamento del edificio, junto con algunos restos escasos en el primero cuerpo.

El relieve mide 10 metros de largo y exhibe dos conjuntos de elementos iconográficos que incluyen dos símbolos de montañas con flores en tonos verdes y azules sobre un fondo rojo; el grueso de la figura está formado por el modelado de morteros de cal mientras que los detalles están incisos. Las molduras del tablero que los delimita fueron decoradas por una banda de discos modelados de color azul/verde que consta de círculos grandes con uno más pequeño colocado en el interior de cada uno, que no están modeladas en bajo relieve, sino que están esgrafiadas directamente en el estuco. El relieve que representa a la montaña florida, es “una proyección de los mandatarios de Dzibanché homologando su camino de descenso al inframundo” en alusión a la montaña florida de los ancestros (Velásquez, en prensa). Esta fase constructiva fue cubierta por una nueva etapa datada hacia finales del Clásico o fases tempranas de Posclásico (<1000 d.C.) (Nalda y Balanzario, 2008a; Straulino *et al.*, 2013).



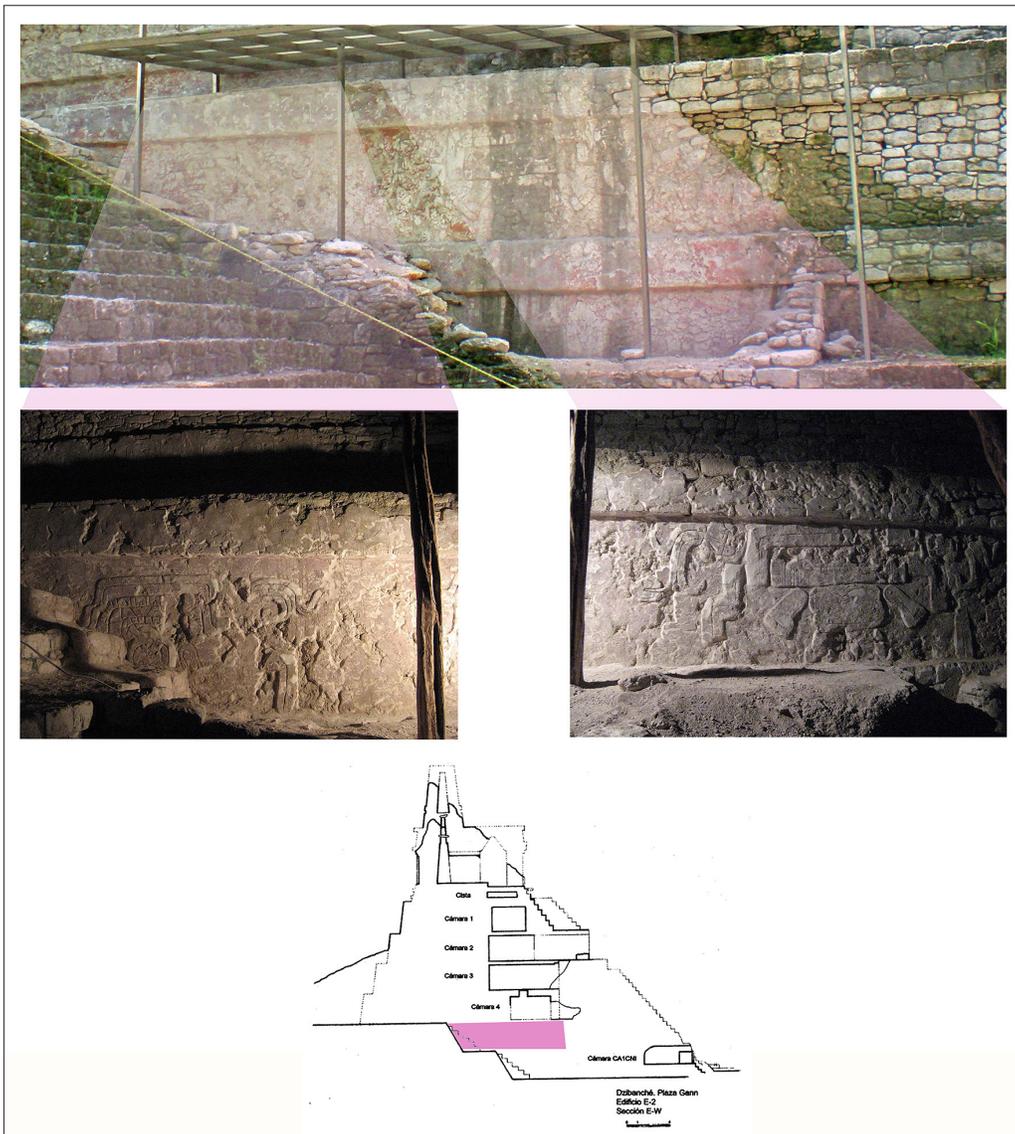


Figura 1. Friso 2 de Dzibanché, donde se muestran fotografías con luz rasante de la montaña florida y su ubicación en el Edificio 2; el contorno de los bajo relieves se indica con una línea negra en las fotografías. Imagen: Proyecto de Mantenimiento Emergente en la zona arqueológica de Dzibanché, ©INAH.

Mediante observaciones macroscópicas se ha notado que la montaña y las flores tienen tonos verdes y azules sobre un fondo rojo; cabe destacar que bajo cualquier color parece haber una base de tonalidad anaranjada-rojiza, mientras que las cuentas representan ser de piedra verde sobre un fondo rojo. El friso está formado por tres capas de enlucidos que se describirán, a continuación, macroscópicamente a partir del soporte.

Con los segmentos de soporte original que se conservan se puede definir que su construcción consta de paramentos hechos con roca caliza y un mortero grueso con cal. En diversas áreas fue sustituido por un mortero de cemento que también fue utilizado para la consolidación y reposición de hiladas de piedra.

Sobre las rocas se colocó un repellado que a simple vista se observa gris, con cargas de tamaño heterogéneo, algunas de ellas llegan a 1 cm de diámetro. A simple vista se identificaron fragmentos de roca caliza, de cerámica y de estuco reutilizado, entre otros. La función del estrato es la de emparejar la superficie de los muros y prepararla para recibir la segunda capa que conforma el bajo relieve; el repellado muestra espesores heterogéneos con varios centímetros de diferencia.

La segunda capa es ligeramente amarillenta y consiste en un mortero de cal y cargas de tamaño heterogéneo, aproximadamente de 0.5 cm de diámetro, de color verde y amarillo, carbón y fragmentos de caliza. El mortero fue aplicado con un grosor heterogéneo según lo requirió el volumen de las formas.

La última capa consiste en un estuco muy fino o enlucido que fue aplicado en estratos muy delgados con espesores heterogéneos. Es de color blanco y las cargas no se distinguen con facilidad a simple vista. Esta capa es el soporte de las capas pictóricas.

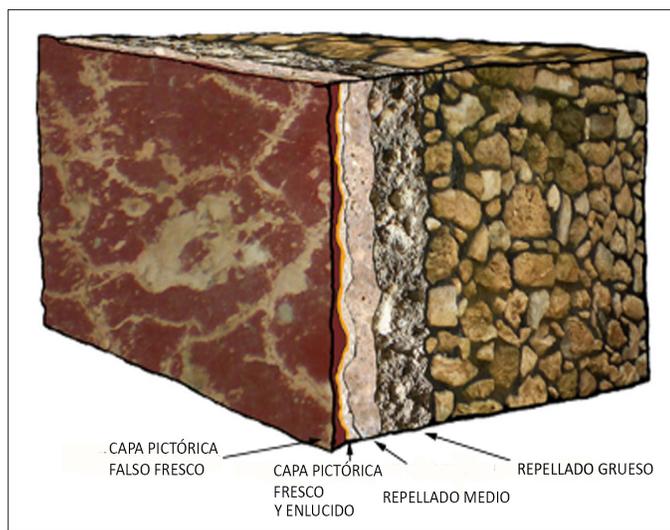


Figura 2. Estratigrafía del relieve en el friso 2. Está conformada por un repellado grueso, un repellado medio, un enlucido con capa pictórica al fresco y las subsecuentes capas pictóricas al falso fresco. *Imagen: Tomada de Straulino, 2015.*

Selección de materiales y métodos de análisis

Se realizó el registro minucioso del estado de conservación del relieve por medio de observación macroscópica que sirvió para determinar las áreas de muestreo para los siguientes análisis. Después, se tomaron siete muestras en áreas con estados de conservación distintos: cinco de ellas ya eran fragmentos desprendidos del soporte y dos de ellas (que tenían todos los estratos del relieve desde el repellado grueso hasta capa pictórica) fueron tomadas in situ en áreas de interés particular: del lado derecho, por ser muy húmedo y en un área con eflorescencias. Las siete muestras se analizaron mediante petrografía de láminas delgadas y dos fueron estudiadas mediante microscopio electrónico de barrido (MEB) y espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDS). Las proporciones entre cementante, inclusiones y porosidad se efectuaron con base en tablas geológicas para conteo de granos en rocas que dan entre un 5 y 10% de error. El método completo puede consultarse en Straulino, 2015.



Petrografía

Las láminas petrográficas se utilizaron para identificar los componentes y respectivas proporciones de los componentes de los estucos; asimismo, pueden dar información como el tamaño de grano, impurezas minerales presentes en los agregados o la cal, las características de las texturas en los minerales y el grado en que fueron separados y escogidos.

La microscopía petrográfica es, generalmente, el método más fácil y menos costoso de distinguir entre yeso, cal y arcillas en los morteros, ya que estos tres varían muchísimo en sus colores de birrefringencia, índices de refracción y morfología. Aunque otros métodos de análisis de materiales inorgánicos pueden usarse en conjunto con esta técnica, las láminas petrográficas proveen información básica en cuanto a composición y distribución espacial que no se puede obtener por otros métodos de análisis (Reedy, 1994; 2006; Coutelas, 2003; Karkanis, 2007).

Microscopía electrónica de barrido con EDS

Mediante el estudio de las superficies con MEB se recuperó información sobre la micromorfología de las muestras tanto de la capa pictórica como de los morteros. Aunque la petrografía también muestra micromorfología, las imágenes exhiben un patrón bidimensional, mientras que las obtenidas con MEB dan la idea de las formas en tercera dimensión ya que tienen no sólo largo y ancho, sino también proporcionan la idea de profundidad ya que permiten observar los ejes x, y, z de los componentes de la muestra.

Con los mapeos y espectros adquiridos con el microanálisis EDS se obtuvo una idea de los elementos químicos componentes de las muestras y su correspondencia espacial en los cortes transversales, relacionándolos con la identificación de minerales elaborada con la petrografía. Esto permitió inferir la composición de las diferentes fases observadas en la imagen obtenida y cómo estas últimas se distribuyeron en la muestra. Los mapeos son particularmente útiles para el estudio de capas pictóricas, ya que, aunque la petrografía ayuda, no es tan informativa como este análisis debido a que en las láminas delgadas la luz transmitida que pasa por las capas pictóricas es refractada y, por lo tanto, toda la capa pictórica se observa del color del pigmento, lo que muchas veces impide la identificación de las partículas minerales. Ese problema no existe en el MEB, porque muchas partículas de la capa pictórica se pueden observar con claridad, lo que facilita realizar análisis de composición elemental puntuales y mapeos generales.

Resultados

Técnica de manufactura

A partir de los análisis de las láminas delgadas se pudieron hacer las siguientes observaciones (tomadas de Straulino, 2015) sobre los componentes de cada estrato, las cuales se describen aquí, desde la superficie hacia el interior:

1. Capa pictórica con espesores de 4-77.22 μm , que ahora se observa discontinua. Su cementante es cal en proporciones que no se pudieron evaluar.⁵ Estos estratos pueden ser: pigmentos azul maya para el azul y el verde (se observaron conglomerados de pigmento de 44- 48 μm) o rojo

⁵ Esta técnica de aplicación de color, donde el pigmento es mezclado con agua o lechadas de cal para poner en el muro ya seco se llama falso fresco.



hematita ($<2\mu\text{m}$) dispersos en cal.⁶ Son muy compactas ya que no contienen poros visibles con el microscopio. Sobre estas capas pictóricas puede haber colocados otros enlucidos y otras capas pictóricas que en general no presentan inclusiones.

2. Enlucidos de color blanco brillante con espesores que varían de 427.17-254.02 a 82-64.22 μm . En general parece que son discontinuos, ya que el límite entre el enlucido y el repellado que normalmente es perceptible y nítido, a veces se pierde por completo. La matriz de cal ocupa un área de 70-90% cuando no hay deterioro. Las inclusiones⁷ abarcan un área de 10-15%. La mayoría de las muestras contienen como inclusiones lo siguiente: partículas micríticas⁸ (de 644.15-20.07 μm , más abundantes de 72.61-147.96 μm), partículas de grano grueso (de 264.12-10 μm , más abundantes de 23.43 a 34.11 μm), arcillas (de 262.35-69.04 μm) y carbón (de 131.33 a 9.05 μm). Asimismo, todas las inclusiones minerales tienen una forma que va de subredondeada a redondeada, excepto las de grano grueso, que pueden ser angulares; el carbón siempre es angular. Las partículas micríticas y las de grano grueso se encuentran con una frecuencia de común a escasa, mientras que los bloques de arcillas, el carbón y las partículas heterogéneas se encuentran de manera escasa a muy escasa.

Estos enlucidos tienen una porosidad del 1-5%. Los poros más grandes van de 216.93-30 μm ; exceptuando el caso de la muestra 2, donde miden hasta 1.35 μm . En general son vesículas, aunque las muestras 2 y 4 presentan cavidades.

En la parte superior de tales enlucidos hay un estrato secundario anaranjado y discontinuo, cuyo límite es prominente y difuso, compuesto de arcillas con goethita dispersas en la estructura de los mismos. Estos estratos secundarios miden de 3.48-150.51 μm ; en general no se puede medir el tamaño de las partículas de pigmento ya que son $<2\mu\text{m}$, pero en la muestra 10 hay partículas que llegan hasta las 78.09 μm . Esta capa corresponde a un estrato generalizado utilizado como base de preparación colocado al fresco.

3. Repellado de color blanco que varía de 22.67-1.2 mm, aunque hay que tomar en cuenta que muchos son fragmentos desprendidos, por lo que no representan el espesor total. La matriz de cal varía de 50-65%. Las inclusiones varían entre 30 y 40%. Las inclusiones son principalmente partículas micríticas (10.18 mm-13.78 μm , abundantes 100-638.38 μm), partículas heterogéneas (4.11 mm-61 μm , abundantes 253.83-170 μm y 1.28 mm-613.23 μm) y partículas de grano grueso (1.33 mm-13.13 μm , abundantes 509.25-150 μm). Las partículas micríticas y heterogéneas son de abundantes a comunes, mientras que las de grano grueso van de comunes a escasas. Las arcillas (616.15-55.21 μm , abundantes de 544.04-212.62 μm) y el carbón (285.344.5 μm , abundantes 19.19-10.47 μm) varían de escasos a muy escasos y las partículas edáficas (347.64-96-71 μm , abundantes 96.71-136.89 μm) también. Además, se encontraron conchas (181.49 μm), tejidos vegetales (2.39 mm-451.74 μm) y pedernal (571.97-73.18 μm), todo con una frecuencia muy escasa.

⁶ El área ocupada por la cal y los pigmentos no se pudo evaluar ya que los pigmentos finamente molidos ($<2\mu\text{m}$) refractan la luz con el correspondiente color en la matriz de cal, por lo que ya no se observa el límite entre pigmentos y cementante, observándose todo como un conjunto uniforme. Cuando los pigmentos tienen fracciones no tan pequeñas, éstas sí tienen un límite definido y por lo tanto pueden medirse en el microscopio petrográfico.

⁷ Se dice en este trabajo de inclusiones y no agregados puesto que hay partículas dentro de la matriz de cal que no corresponden a agregados colocados intencionalmente, como carbón, restos vegetales y subproductos de la quema de la piedra caliza.

⁸ Micrita. Cristales de cal que miden menos de 5 micras. Entonces las partículas micríticas son fragmentos de material carbonatado formado por cristales de menos de 5 micras.



La porosidad varía de 5-15%, los poros estructurales (más grande 2.89 mm) se encuentran abundantemente; mientras que las cavidades (más grandes 1.01mm) son escasas. Podemos ver que las inclusiones varían desde gravillas finas a limos, aunque lo que predomina son arenas finas y medias. Cabe mencionar que muchas de las inclusiones heterogéneas son estucos reutilizados que pueden distinguirse por tener dos capas pictóricas: una anaranjada sobre la que se colocó una roja intensa.

4. Repellado grueso de color gris, mide de 26.57-3.3 mm, aunque no se pudieron tomar muestras con el grosor completo del repellado ya que es muy friable. La matriz calcárea está entre un 30-50%, excepto en el caso de la muestra 9 que está muy pulverulenta y deteriorada, cuenta con un 30-10%.

Las inclusiones van de 30-50% exceptuando a la muestra 9, que tiene de 20-30%. Las inclusiones de partícula micrítica (11 mm-21.85 μm , abundantes 364.11 μm -1.45 mm) se encuentran en abundancia; las heterogéneas (3.06 mm-50 μm , abundantes de 300 μm -1.19 mm) y de grano grueso (7.5 mm-14 μm , abundantes 382.59 μm -1.03 mm) varían de abundantes a comunes. El carbón (920-9 μm , abundantes 11-111.86 μm) es común, las arcillas (4.83 mm-60 μm , abundantes 150-864 μm) varían de comunes a escasas y las partículas edáficas (659.02-30 μm , abundantes 55-334 μm) y el pedernal (898.95-94.81 μm , abundantes 94.81-414.28 μm) tienen una frecuencia escasa a muy escasa. Las conchas (453.20 μm) y el material vegetal (247.66 μm) son muy escasos. Es de resaltar que varias de las partículas heterogéneas son estucos reutilizados.

La porosidad varía entre un 10-30%. Los poros estructurales son comunes (la vesícula más grande mide 3.2 mm, y el plano o grieta más grande mide 12.27 mm). Los poros secundarios⁹ son muy escasos (la cavidad más grande mide 3.8 mm) excepto en la muestra 9, donde son dominantes.

A partir de estas mediciones se llegó a las siguientes conclusiones en cuanto a porcentajes, inclusiones y porosidad, para tener una relación entre los mismos. El promedio es el siguiente:

Enlucido: Cementante 1, Inclusiones 0.20, Poros 0.02, es decir, tienen una relación de 1:0.20:0.02

Repellado medio: Cementante 1, Inclusiones 0.64, Poros 0.31, es decir, tiene una relación de 1:0.64:0.31

Repellado gris: Cementante 1, Inclusiones 0.94, Poros 0.37, es decir, tienen una relación de 1:0.94:0.37

Así se puede observar que la porosidad aumenta del enlucido al repellado grueso, así como la cantidad de inclusiones y el tamaño de éstas (lo que es visible en las descripciones anteriores).

Observaciones macroscópicas

El relieve tiene un deterioro severo por la alteración de componentes que han devenido en pérdida de material tanto pictórico como de volumen de morteros, que responde tanto a causas intrínsecas como extrínsecas.

⁹ Los poros secundarios se forman por la alteración de los morteros, generalmente por disolución de material o por formación de grietas y fisuras. También hay seres vivos, como insectos, algas, bacterias y hongos que pueden aumentar la porosidad del material. Los poros estructurales son resultado únicamente de la manufactura de los morteros.



Fue descubierto entre 2008 y 2009, al finalizar la temporada en diciembre del 2009 el relieve quedó expuesto por completo pero cubierto con plásticos; en enero del 2010 se colocaron dos cubiertas de policarbonato sobre las molduras del tercer y segundo cuerpo. La cubierta del segundo cuerpo tenía una separación del paramento de cerca de unos 10 con la intención de no colocarlo sobre el estuco que se conservaba en esta área. Debido a esta separación de la cubierta y al agrietamiento de las láminas de policarbonato, se registraron escurrimientos de agua de importancia. El camino que recorría el agua iba desde el cuarto cuerpo del basamento hasta el suelo, lo que afectó a la mitad derecha del relieve y en especial al segundo cuerpo del basamento, área que conserva una mayor cantidad de relieves.

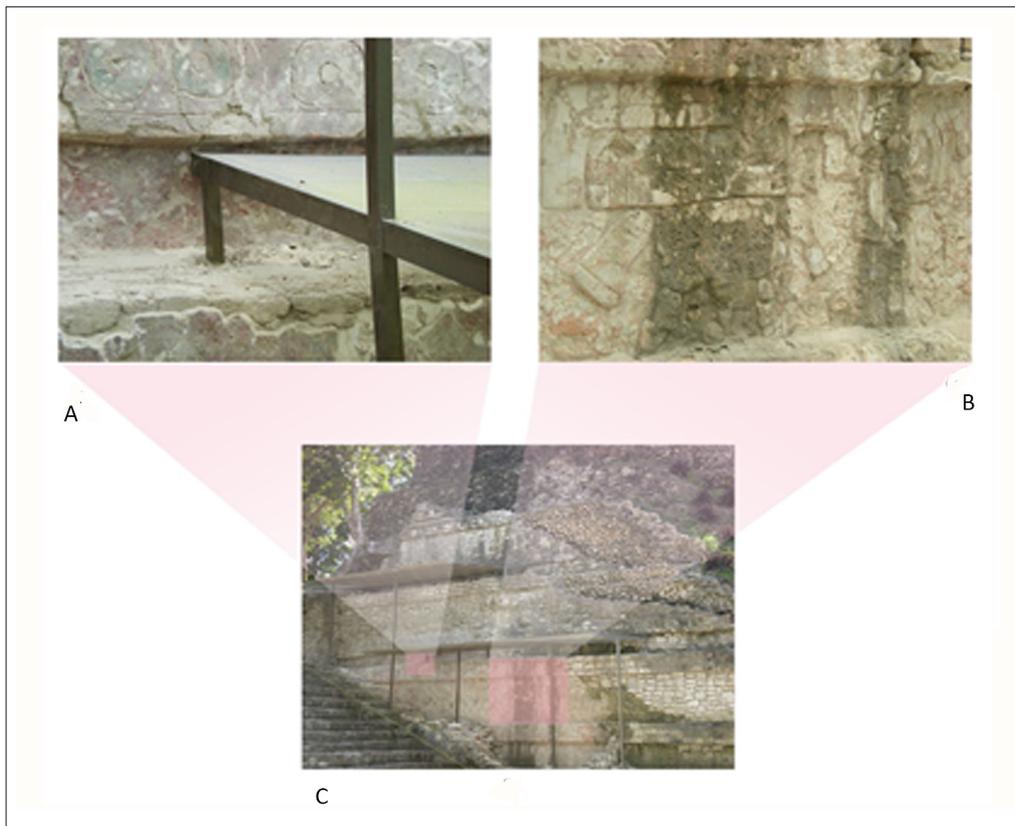


Figura 3. A) friso con techo de policarbonato; B) separación del techo de policarbonato, C) escurrimiento con crecimiento de microorganismos. *Imagen: @Luisa Straulino Mainou.*

El proyecto fue suspendido después del 2010 por el fallecimiento del entonces titular de proyecto, Dr. Enrique Nalda, por lo que las actividades de restauración y mantenimiento en el sitio fueron abandonadas. En 2011 hubo una pequeña temporada de campo emprendida por el área de conservación del Centro INAH Quintana Roo donde además de atención directa al relieve, se llevaron a cabo labores de desvío de agua en el cuerpo superior al friso para tratar de evitar el escurrimiento extremo de agua en el relieve, acción con moderados resultados. El proyecto de mantenimiento y exploración como tal, se renovó hasta 2012 (Balanzario, 2013).



Los problemas de filtraciones se resolvieron parcialmente hasta la colocación de tres cubiertas de palma individuales, aunque continuaron teniendo problemas de escurrimientos, filtraciones, y salpicaduras ya que cada módulo de la cubierta estaba colocado a diferentes alturas. Fue en el 2013 cuando estos techos parciales fueron sustituidos por uno que cubría todo el relieve; no obstante, las ampliaciones se hicieron con zacate, que tiene un tiempo de vida mucho mayor. Se dio mantenimiento a la cubierta cada año y en 2016 se sustituyó toda la palma por zacate ya que probó tener una mayor durabilidad que la palma. Además, hasta el 2016 era perceptible que el núcleo del basamento piramidal, extremadamente voluminoso, continuaba evaporando humedad por esa fachada. Por otro lado, desde el 2011 se ejecutaron labores de conservación y restauración en el relieve;¹⁰ sin embargo, todas las intervenciones fueron efectuadas por equipos de restauración diferentes, que fueron contratados por el Proyecto de Mantenimiento Emergente de Dzibanché, INAH (Balanzario 2013; Balanzario y Serrato, 2014; Balanzario y Coronado, 2015; Balanzario *et al.*, 2016; Balanzario *et al.*, 2017).

Por otro lado, cabe mencionar que toda la consolidación y restauración arquitectónica del templo está hecha con cemento, éstas se han cambiado parcialmente por morteros de cal durante las temporadas ejecutadas entre 2011-2019.

Los efectos de deterioro más importantes que se detectaron a lo largo de las temporadas, y sobre todo en la temporada 2016, son: *a)* exfoliación de enlucido y capa pictórica sobre todo en la mitad izquierda del friso; *b)* pérdida de volumen por disgregación de repellido medio, empero, generalmente permanece la estratigrafía completa del bajorelieve en secciones aledañas a fisuras y craqueladuras en un patrón con forma de red; *c)* *biofilms* en el lado derecho del friso y oquedades, sobre todo en la moldura superior así como eflorescencias (Balanzario, 2017; Straulino, 2017¹¹).

Los efectos de deterioro se distribuyen como se ilustra en la figura 5, en la que se nota que hay una la relación entre la presencia de capa pictórica, la existencia de eflorescencias, la exfoliación y disgregación de los sustratos. Además, se observa que donde hay microorganismos no hay tanta disgregación y que donde no existe capa pictórica únicamente hay disgregación y eflorescencias, además de la poca capa pictórica en forma de patrón de red junto a las fisuras.

Observaciones microscópicas

Mediante la observación de las secciones delgadas en microscopio petrográfico y los análisis con MEB se obtuvieron varias imágenes que al examinarlas proporcionaron diversas respuestas a los problemas de conservación del bajorelieve.

En las láminas delgadas y micrografías de MEB se identificaron cristales de lublinita (carbonato de calcio con un patrón de cristalización acicular) rellenando poros secundarios cercanos a la superficie y en una capa superficial.

¹⁰ El proyecto de Mantenimiento Emergente ha contado con las sugerencias de diferentes restauradoras a lo largo del tiempo y ha contratado para su ejecución a restauradores que ejecutan las acciones directas. En 2012 participó Luisa Straulino como personal del CINAH Quintana Roo; en 2012 y 2013 participaron Alejandra Alonso y Patricia Meehan por solicitud del Proyecto a la CNCPC. En 2015 se utilizaron lineamientos de conservación planteados por Xacinta Castillo y Alejandra Alonso Olvera; en 2016 participó Luisa Straulino a solicitud del proyecto a la CNCPC; en 2017 no hubo presupuesto para el proyecto, por último en 2018 y 2019 participó Patricia Meehan.

¹¹ Informe del peritaje solicitado a la CNCPC-INAH por parte del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché-Kohunlich. Temporada de Campo 2016.



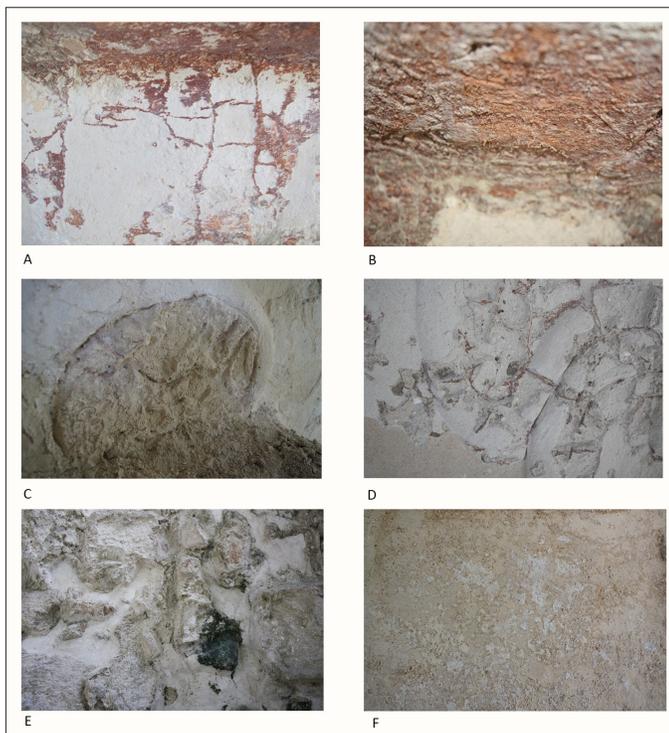


Figura 4. A) Delaminación y exfoliación de capa pictórica. B) Detalle de exfoliación de capa pictórica. C) Disgregación y pérdida de volumen. D) Patrón en forma de red donde se conserva la capa pictórica en la periferia de fisuras. E) Biofilm. F) Eflorescencias. Imagen: Miriam Castro y Gabriela Mazón, ©Proyecto de Mantenimiento Emergente, Temporada de Campo, 2016.

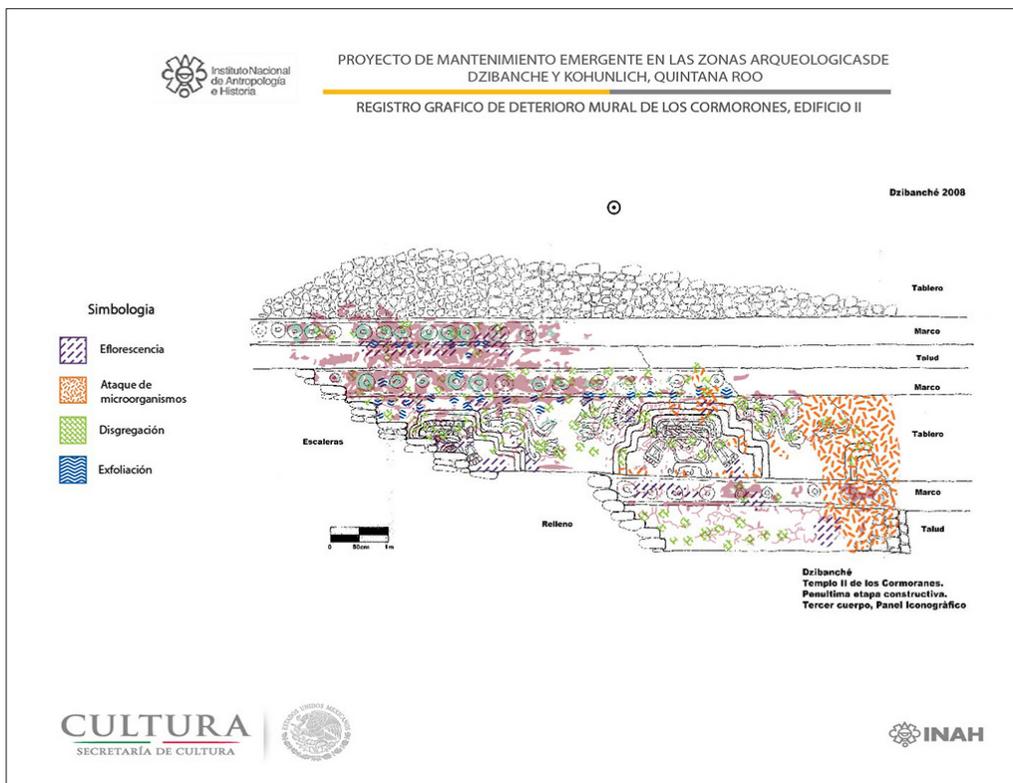


Figura 5. Esquema de efectos de deterioro. Imagen: Miriam Castro, ©Proyecto de Mantenimiento Emergente, 2016.



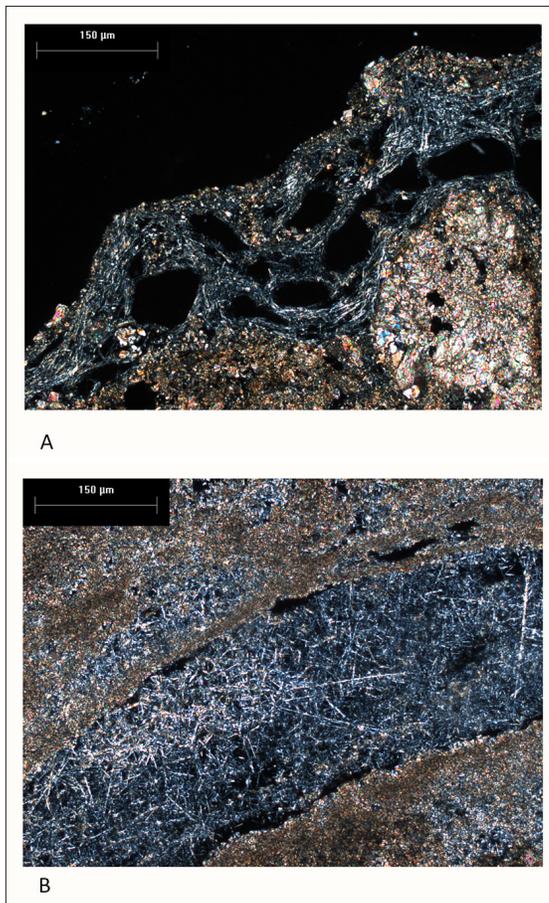


Figura 6. A) Lublinita en superficie, B) Lublinita rellenando poros. Fotografías de láminas delgadas con nicoles cruzados.

Imagen: ©Luisa Straulino Mainou.

Además, es evidente el proceso de pulverización de los repellados causado por la disolución del carbonato de calcio. En las áreas en que se han perdido la capa pictórica y el enlucido se observa un efecto de deterioro muy peculiar donde el estuco se observa con tres fases distintas: al observarse con luz transmitida, hay una capa inferior compacta y oscura, sobre ella una capa mucho más traslúcida que corresponde a un mortero con pérdida de cementante (micrita) y otra sumamente pulverulenta en la superficie. Con nicoles cruzados,¹² la capa superior de mortero se observa con colores de interferencia¹³ mucho más elevados (grises casi blancos en comparación de pardos),¹⁴ debidos a cristales de calcita más grandes a comparación de las capas inferiores, con más micrita. La capa pulverulenta está conformada por granos de calcita con colores de interferencia altos y sin cementación entre ellos (Figura 7).

¹² Nicoles cruzados se refiere al uso de dos polarizadores durante las observaciones microscópicas. Su uso genera colores distintivos en cada mineral haciendo evidente la composición de las muestras y la distribución de los minerales en ella.

¹³ Los colores de interferencia son falsos colores que presentan los cristales anisótropos cuando se observan en el microscopio petrográfico utilizando nicoles cruzados.

¹⁴ Los colores falsos tienen un orden de magnitud: dentro del primer orden se agrupa al negro-gris junto al amarillo, naranja y rojo. En el segundo orden están comprendidos los seis colores fundamentales: violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Los siguientes órdenes están también constituidos por estos seis colores, pero lógicamente representan retardos de múltiplos de longitudes de onda cada vez más altos.

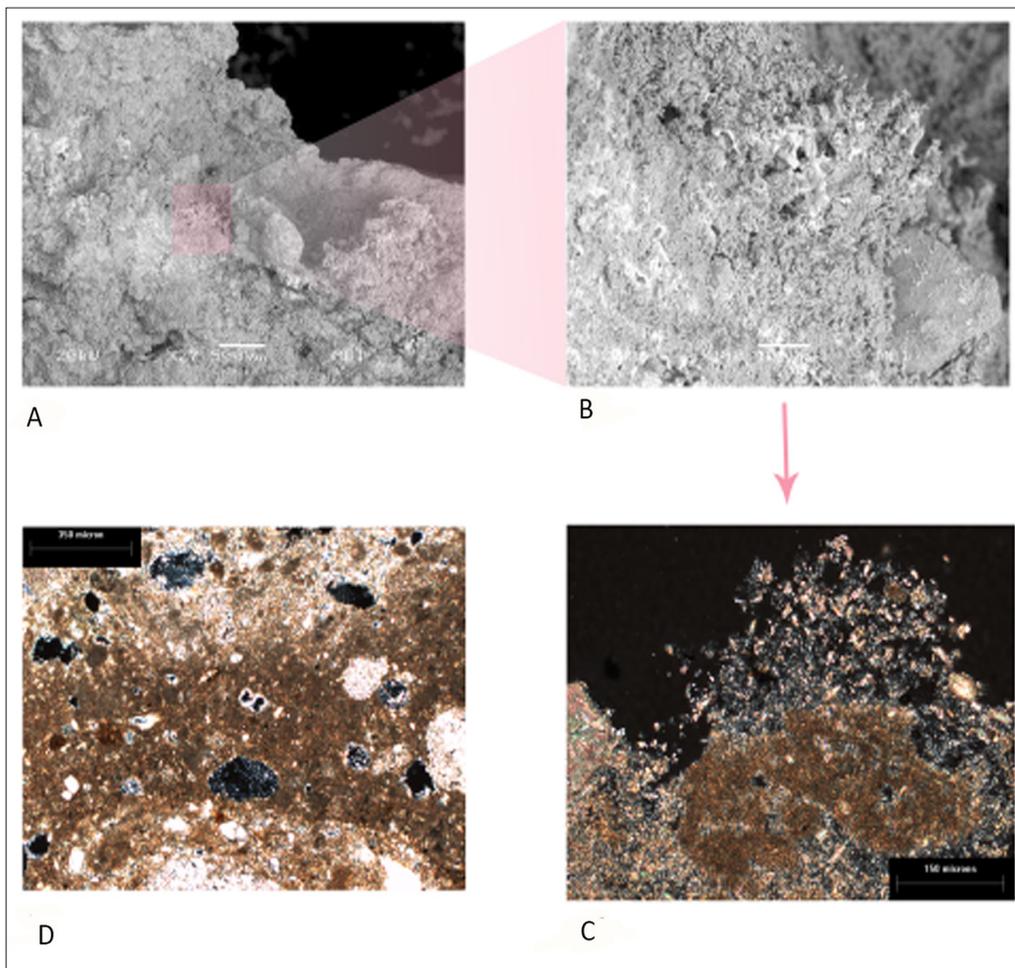


Figura 7. A) Superficie con pérdida de volumen, Imagen con MEB; B) Acercamiento a la superficie, se nota que los cristales de calcita no tienen cohesión y por lo tanto están pulverulentos, Imagen de MEB; C) La capa superior de estuco no tiene cohesión entre sí y está formada por cristales casi individuales de calcita, fotografía de lámina petrográfica con nicols cruzados; , Se observan tres capas de abajo hacia arriba: estuco gris que tiene menos micrita por la formulación del mismo, estuco medio con una gran cantidad de micrita por lo que se observa de color más oscuro, estuco medio degradado, se ha disuelto parte de la calcita cementante por lo que se ve más claro (es menos denso), fotografía de lámina delgada con nicols cruzados. Imagen: ©Luisa Straulino Mainou.

Además, se observó cristalización de sales como eflorescencias y subeflorescencias. Estas sales tienen baja birrefringencia (bajos colores de interferencia: gris claro) y han cristalizado en los poros del enlucido así como en la superficie. Estas últimas tienen la particularidad de estar conformadas por dos fases, la que está directamente sobre la capa pictórica es muy compacta, formada por cristales en forma de aguja con un patrón de crecimiento hacia arriba. La segunda capa se encuentra sobre ésta y está disgregada y no se observa con claridad el patrón acicular. En mapeos de elementos con MEB-EDS se distingue que estas capas están conformadas por azufre y calcio. Su composición elemental y propiedades observadas en petrografía permiten identificarlas como sulfatos de calcio (yeso) (Figura 8). También hay una capa delgada de carbonatos de calcio sobre la superficie de las capas pictóricas.



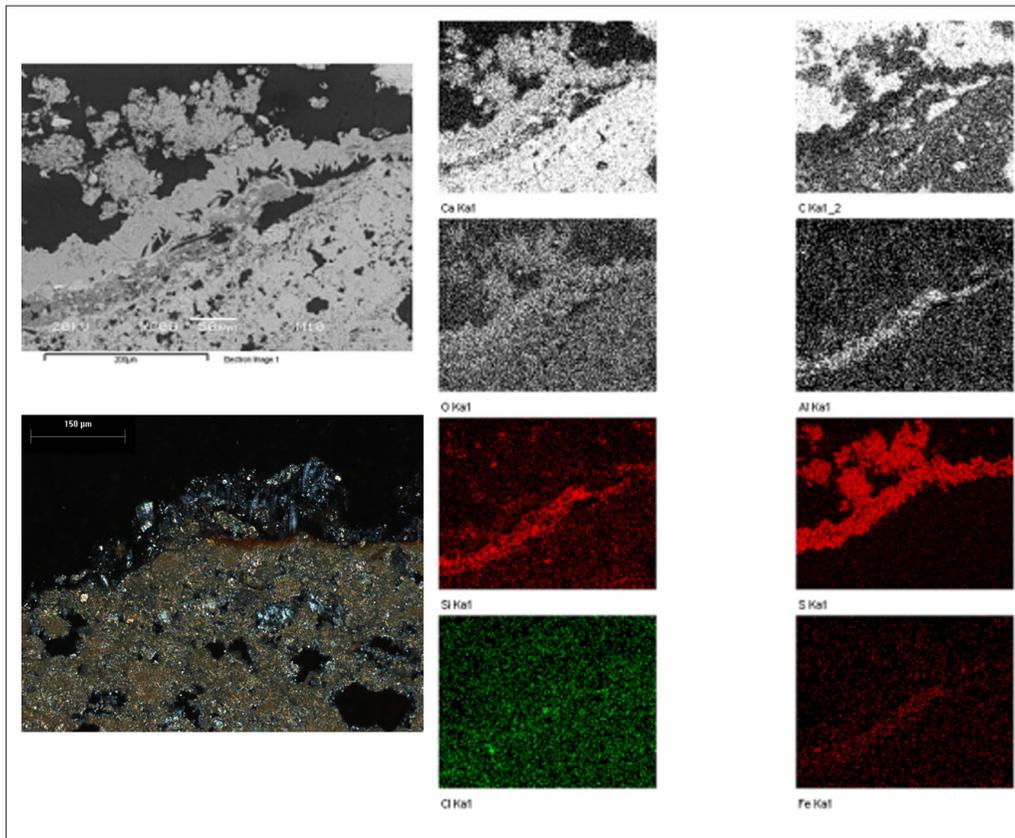


Figura 8. La imagen superior es una micrografía de MEB donde se observa en la parte superior una capa de cristales en forma de aguja. A los costados se muestran mapeos de elementos químicos de esa imagen donde se puede constatar que los cristales están formados por azufre (S), calcio (Ca) y oxígeno (O). La imagen inferior es una fotografía de lámina petrográfica con nicóles cruzados donde se observan cristales aciculares en la superficie y en los poros más externos con colores de interferencia gris claro, blanquecino; por su composición y características ópticas se infiere que los cristales son sulfato de calcio. *Imagen: ©Luisa Straulino Mainou.*

Discusión

Lo que se expone a continuación representa la dinámica de deterioro principal del relieve, que ha sido causa de una pérdida enorme e irremediable de información, color y volumen, obtenida mediante observaciones en campo en varias temporadas hasta el 2016 contrastadas con resultados de análisis científicos que facilitan inferir de una manera comprobable lo que a continuación se expresa. No obstante, el intemperismo del bajo relieve tiene, sin duda, algunas otras causas que no se reportan aquí.

El problema principal y que persistía hasta la temporada 2016, como se mencionó en párrafos anteriores, es la presencia de sales y de agua por medio de escurrimientos y humedad ambiental, así como la del núcleo del basamento.

Toda la consolidación arquitectónica del templo está hecha con cemento, por lo que las sales que están presentes en el mural son sulfatos de calcio (comprobado mediante MEB-EDS y petrografía) y provienen de ese material. La presencia de sulfatos provoca mecanismos de deterioro que se detallan a continuación.

Hubo escurrimientos continuos de agua en proporciones importantes del lado oeste del relieve, hasta que se colocó la cubierta completa lo que, aunado a la humedad del núcleo del basamento y la altísima humedad relativa del ambiente (generalmente no baja del 80%) y las altas temperaturas típicas del trópico, se probaron ciclos de disolución de sulfatos de la composición de cemento gris, movilización hacia la superficie y recristalización en época de secas como subeflorescencias y como eflorescencias. Esto provocó que durante estos años hubiera una importantísima pérdida de material.

Por otro lado, las capas pictóricas no tienen porosidad visible en el microscopio, los enlucidos tienen un porcentaje de poros de entre 1 y 5% mientras que los repellados de textura media tienen una porosidad de entre 5 y 15%. Así, las sales disueltas en los poros del material interno, al evaporarse el agua, se encuentran con un material "tapado", es decir, con uno mucho menos poroso. Las sales, al no poder emerger completamente, cristalizan en el límite de estas dos capas exfoliando tanto las capas pictóricas al falso fresco como el enlucido fino. Cabe mencionar que las sales cristalizan no sólo por la evaporación del agua, sino por la sobresaturación de una sustancia salina en los poros de los materiales, proceso que podría suceder dadas las condiciones de porosidad mínima en superficie (Rossi-Manresi y Tucci, 1991; Scherer, 2004; Ruiz-Agudo *et al.*, 2007; Angeli *et al.*, 2007; Stefanidou, 2007; Charola, 2008; Torraca, 2009). Debido a estos procesos, hay grandes áreas de pérdida de material, sobre todo en las secciones inferiores del estuco, así como en la moldura y friso del segundo cuerpo; por otro lado, se ha perdido la policromía casi por completo, quedando cerca de un 10-15% de la pintura que tenía en 2011.

Por otro lado, la presencia de humedad y carbonatos de calcio propios del relieve provocan otro tipo de alteraciones.

Los velos de carbonatos de calcio provienen de la disolución tanto de los morteros como de las rocas calizas del basamento piramidal ya que el agua nunca tiene un pH básico, menos en zonas de selvas donde hay una gran cantidad de dióxido de carbono (CO_2) ambiental, por lo que se acidifica más o menos a un pH de 6.5. Se ha establecido que la alta solubilidad de los minerales carbonatados ocurre durante la hidratación del CO_2 atmosférico, el gas más soluble de todos los gases estándares de la atmósfera, que produce ácido carbónico. Éste se disocia para formar H^+ siguiendo la reacción $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ (ácido carbónico); otros ácidos pueden aumentar la cantidad de ese ion al igual que los efectos acomplejantes pueden incrementar la solubilidad de estos minerales. El ácido carbónico puede disociarse para formar H^+ y un ion bicarbonato (HCO_3^-) el cual, puede a su vez volverse a disociar para formar un protón y un ion carbonato (CO_3^{2-}) (Ford y Williams, 2007; Bravo *et al.*, 2003).

Toda el agua expuesta a la atmósfera ordinaria contendrá estas diferentes especies de carbono inorgánico disuelto, sea que haya o no rocas carbonatadas en el manto acuífero. El pH del agua en calizas cae en el rango de 6.5 y 8.9. En tal intervalo, el bicarbonato (HCO_3^-) es la especie predominante, mientras que el $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ es poco relevante debajo del pH de 8.3. El carbonato de calcio, a su vez, se disocia en el agua formando iones de calcio (Ca^{2+}) e iones carbonato (CO_3^{2-}). Cuando el carbonato reacciona en algún medio ácido se verifica la siguiente reacción: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$. La reacción de disolución del carbonato de calcio en agua acidificada por anhídrido carbónico se resume de la siguiente manera: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$. Después el bicarbonato al evaporarse el agua vuelve a cristalizar en forma de carbonato de calcio (Ford y Williams, 2007; Bravo *et al.*, 2003).



Las excepciones a la pérdida de material se dan en las fisuras del mortero. Éstas se generaron probablemente al fraguar, ya que tienen un patrón “de red”, geométrico, bien definido en las partes planas, y en las secciones con relieve; las fisuras han aparecido de manera perpendicular a los bordes de las figuras del relieve, puesto que posiblemente fueron modeladas en secciones y cuando cada una de éstas se secó, el mortero se contrajo por las uniones dejando un espacio alargado.

Las fisuras en el mortero dejan paso libre al agua en esas secciones y allí el carbonato de calcio de los morteros se disuelve formando bicarbonato de calcio; no obstante, la solución no se transporta quedándose en el mismo sitio y recristalizando con cristales más grandes (esparita),¹⁵ endureciéndose, por lo que tales secciones permanecen estables y no se disgregan formado el patrón de red. El proceso de disolución y recristalización es el que se mostró con anterioridad. Cabe mencionar que en las secciones nunca se localizaron sulfatos.

Además, el agua provoca la disolución continua de los carbonatos de calcio en superficie donde la solución sí es transportada a otro sitio, comenzando por la micrita, que al tener menos tamaño de cristal tiene más superficie de reacción. Así el cementante, carbonato de calcio (esencialmente micrítico),¹⁶ se comienza a disolver de la superficie hacia adentro, heredando en la parte externa una capa pulverulenta de cristales de calcita más grandes que generalmente pertenecen a las inclusiones.

Esto conlleva a la formación de una capa que ha disminuido sus características físicas de dureza, resistencia y cementación por la pérdida de calcita, observándose como una capa más clara que el estuco sin intemperismo, como se señaló más arriba. Todo ello provoca pérdida de volumen, microkarstificación, disgregación, pulverulencia y acumulación de material disgregado.

Por otro lado, el área de escurrimiento en el relieve de la Estructura 2 presentaba crecimiento de microorganismos, posiblemente cianobacterias. Es común que en el lado norte de las estructuras presente mayores problemas de desarrollo de microorganismos como algas, bacterias, hongos, etcétera. Esto se debe a que no está expuesta a la insolación directa, lo que impulsa que se creen microambientes donde los sustratos, generalmente paramentos con o sin recubrimientos arquitectónicos, se mantengan húmedos y a una temperatura más o menos constante. En el área de relieve, además, se favoreció un microclima debido al incremento del calor bajo el techo de policarbonato y la interrupción de las corrientes de aire por las cubiertas.

Los microorganismos, como cianobacterias, además de hacer biofilms, se relacionan con la formación de calcita acicular (lublinita). En el campo de la conservación y en el estudio de la técnica de manufactura de los estucos en el área maya, la presencia de cristales aciculares ha sido objeto de interpretaciones que difieren. Magaloni (2001: 167, fig. 1) interpreta la presencia de éstos como “típicos cristales de dolomita, que forman una red compacta proveyendo durabilidad y

¹⁵ Esparita es el término usado para el cemento de carbonato de calcio cuyos cristales son distinguibles individualmente, por lo general son mayores a 5 micras.

¹⁶ La micrita se puede definir esencialmente como cristales de carbonato de calcio menores a 5 micras.



resistencia a la humedad”, y Villaseñor (2010, ver por ejemplo fig. 7.12) asume que la presencia de cristales aciculares se debe a reacciones hidráulicas (ver también Villaseñor y Graham, 2010). No obstante, en las muestras estudiadas en el presente trabajo, estos cristales en forma de aguja son claramente cristales neoformados por el intemperismo y son similares a los cristales de calcita acicular repostados en suelos modernos y paleosuelos que se forman directa o indirectamente por procesos de origen biológico seguido de cambios morfológicos controlados por procesos físico-químicos; también es importante decir que los cristales aciculares no tienen cementación entre sí, por lo que sus propiedades físicas y mecánicas difieren de la calcita circundante (Verrecchia y Verrecchia, 1994; Becze-Deák *et al.*, 1997; Khokhlova *et al.*, 2001; Caillaeu, 2005; Bajnóczi y Kovács-Kis, 2006; Durand *et al.*, 2010).

Conclusiones

El relieve presenta diferentes grados y tipos de deterioro de acuerdo con su posición y los procesos de alteración e intemperismo que incidieron en cada área. En el Edificio 2 los estucos se encuentran en la fachada norte y presentan dos estados de conservación distintos. El primero, en las áreas cercanas a las fisuras, hay estucos bien preservados incluyendo a la capa pictórica. El segundo, en la zona donde hubo escurrimientos y en áreas circundantes, el estuco estaba muy dañado, con pérdidas casi completas de la capa pictórica y gran parte del repellido fino.

En esa sección se identificó la presencia de yeso con todas las técnicas. El yeso se encontraba formando eflorescencias en la superficie donde además se encontraron fragmentos desprendidos de capa pictórica, o como subeflorescencias en los poros del enlucido. Los sulfatos, al cristalizar, aumentan su volumen generando presión de cristalización adentro de la estructura de los morteros rompiéndolos y pulverizándolos.

Los morteros de cal mejor conservados y que no están pulverulentos no tienen sulfato de calcio en su composición, por lo que los sulfatos deben existir por una fuente externa. El cemento utilizado para la conservación arquitectónica es el material de proveniencia más probable; los sulfatos se disolverían con el agua de lluvia y migrarían por capilaridad hacia donde el agua se pudiera evaporar con mayor facilidad, en ese caso, el material más poroso corresponde a los estucos, por lo que el agua toma ese camino. No obstante, la porosidad disminuye drásticamente entre el repellido y el enlucido y entre el enlucido y las capas pictóricas. Así, en las secciones menos porosas donde el agua no puede pasar con igual facilidad se generan soluciones supersaturadas, favoreciendo la cristalización al interior de los morteros. Esto provoca grandes presiones que rompen primero las capas pictóricas y luego el enlucido, dejando al repellido susceptible al deterioro por disolución de la matriz de carbonato de calcio.

El agua tiene un rol principal en la alteración de los materiales carbonatados ya que puede disolver el dióxido de carbono de la atmósfera. Por ello, el agua acidificada disuelve los carbonatos transformándolos en bicarbonato de calcio altamente soluble, que puede migrar de posición y después convertirse de nuevo en carbonato de calcio cuando el anhídrido carbónico o el agua son escasos.



La pulverulencia también se debe a la disolución de la matriz calcárea. Se observó una clara selectividad en la disolución de los componentes primarios carbonatados en los estucos estudiados. La micrita se disuelve más fácil que los granos de microesparita o esparita. Cuando las superficies están muy afectadas por el agua, la micrita más fina está ausente de la superficie, dejando cristales más gruesos sin cohesión entre ellos.

Por otro lado, los microorganismos, como las cianobacterias, cambian la micromorfología de los carbonatos generando cristales aciculares que modifican las propiedades mecánicas de los estucos.

Por último, es muy importante apuntar la relación que debe haber entre las observaciones macroscópicas de deterioro y realizar análisis para la confirmación de las hipótesis sobre mecanismos de deterioro para lograr mejores diagnósticos y proponer mejores soluciones a los problemas de conservación.

Propuestas para la conservación del relieve

Un punto importante a considerar es que la contratación de equipos diferentes de restauración ha ocasionado una diversidad de enfoques en la conservación, propiciando cambios en las decisiones sobre tratamientos directos e indirectos, lo que dificulta la evaluación de los mismos a largo plazo. Sería importante que a futuro se considere que la persona que tome las decisiones sobre conservación y tratamientos sea la misma, para poder dar continuidad al trabajo y por ende tomar mejores decisiones a favor de la conservación del relieve. Además, la información sobre técnica de manufactura, tanto de los repellados como enlucidos, puede ayudar a formular morteros de conservación con propiedades acordes a lo que requiere el relieve.

El problema principal de conservación de estos estucos es por un lado la presencia de humedad y, por otro, la presencia de sulfatos de calcio (yeso). Es mucho más difícil controlar el acceso de humedad ya que el agua, en la muy extensa temporada de lluvias, es absorbida por pisos y muros, y se distribuye por capilaridad.

Así, es indispensable remover la fuente de sulfatos, es decir, es prioritario continuar con la remoción del cemento (aunque sea de los morteros terciados) de los muros donde hay repellados, enlucidos, morteros o pisos de cal ya que éste es la fuente principal de los sulfatos que están deteriorando de manera acelerada a los estucos; si se quiere evitar el deterioro de la roca, que de por sí no es de la mejor calidad, también debería de evitarse la utilización de cemento.

Por otro lado, aunque es muy difícil controlar el acceso del agua, hay varias acciones para mitigar su efecto negativo:

La correcta colocación de techos, su consecuente mantenimiento anual y su revisión periódica, dada la temporada de huracanes, es indispensable para evitar escurrimientos sobre los estucos que puedan disolver la micrita que los cementa o que puedan proveer el soluto (agua) necesario para el movimiento de los sulfatos del cemento hacia los estucos.



Evitar a toda costa el uso excesivo de agua en los procesos de conservación; es decir, las aspersiones tan continuas de agua de cal son, además de innecesarias, nocivas para los estucos. Es suficiente la aplicación moderada de agua de cal y luego lechadas de cal de manera puntual en las áreas más disgregadas; claro que esto siempre debe quedar a consideración del restaurador encargado de las intervenciones.

Limpiar con agua-alcohol los microorganismos, además de que aporta mucha agua al sustrato, es bien ineficiente cuando las condiciones microclimáticas permanecen. Para que los microorganismos como las cianobacterias no proliferen es necesario que haya luz de sol directa y un muro seco, lo cual se vuelve una paradoja porque para que hubiera luz de sol directa no tendría que haber techos, y para que el muro esté seco, es necesaria su presencia. Es entonces ineludible idear otro modo de eliminar estos microorganismos siempre y cuando sea absolutamente necesario.

Es importante puntualizar que detener la proliferación de microorganismos es casi imposible; el control de las condiciones de humedad es mucho más manejable. Así los techos a la larga evitarán los escurrimientos de agua sobre ellos y las colonias estarán más controladas; por otro lado, la humedad ambiental no lo es y, por ello, no se puede frenar del todo su desarrollo.

El uso de fumigantes agro-químicos para el control de hierbas o microorganismos no es recomendable por dos razones: una, generalmente tienen compuestos que pueden generar reacciones químicas desconocidas o adversas con el patrimonio cultural; dos, estos compuestos no se limitan a matar a los organismos que se encuentran directamente sobre el patrimonio, sino todo lo que está a su alrededor, además contaminan el suelo, por lo que afectan el ecosistema.

Todas estas intervenciones encaminadas a proteger los vestigios arqueológicos requieren mantenimiento anual, si no, su deterioro puede provocar más problemas. En caso de saber o intuir que el presupuesto asignado a la zona arqueológica no va a ser anual ni a largo plazo, lo más adecuado para la conservación de los vestigios es: registrar, tomar acciones de conservación preventiva, y re-enterrar de manera adecuada para asegurar su permanencia. El re-enterramiento se puede subsanar de varias maneras, sobre todo si se trata de una zona abierta al público como Dzibanché: réplicas, realizar cédulas explicatorias, etcétera, aunque la mejor opción hay que discutirla de manera interdisciplinaria tomando en cuenta la mayor cantidad de ángulos posibles.

*



Referencias

- Angeli, Matthieu, Bigas, Jean-Philippe, Benavente, David, Merendez, Beatriz, Hérbert, Ronan, y David, Christian (2007) "Salt crystallization in pores: quantification and estimation of damage", *International Journal of Geoscience Environmental Geology Salt Decay*, 52 (2): 205-213.
- Balanzario, Sandra (2013) Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché-Kohunlich. Temporada de Campo 2012. Informe al Consejo de Arqueología [documento inédito], México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Balanzario, Sandra (2017) Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché-Kohunlich. Temporada de Campo 2016. Informe al Consejo de Arqueología [documento inédito], México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Balanzario, Sandra (2019) *Miniguía actualizada de la zona arqueológica de Dzibanché, Quintana Roo*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Balanzario, Sandra, y Serratos, Marco V. (2014) Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Informe al Consejo de Arqueología. Temporada de Campo 2013. Volumen I [documento inédito], México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Balanzario, Sandra, y Coronado Guajardo, Nancy R. (2015) Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Informe al Consejo de Arqueología. Temporada de Campo 2014. Volumen I [documento inédito], México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Balanzario, Sandra, González, Karina, Correa, Sara Guadalupe y Reyna, Nelly Mariela (2016) Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Informe al Consejo de Arqueología. Temporada de Campo 2015. Volumen I [documento inédito], México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Balanzario, Sandra, Straulino, Luisa, Mazón, Gabriela, Castro, Miriam E., Rodríguez, Irlanda y Martínez, Fabiola (2017) Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Temporada de Campo 2016 [documento inédito], México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Bernal, Guillermo (2012) "La cuenta larga y la máquina del tiempo", *Arqueología Mexicana*, 19 (118): 30-42.
- Bajnóczy, Bernardette, y Kovács-Kis, Victoria (2006) "Origin of pedogenic needle-fiber calcite revealed by micromorphology and stable isotope composition-a case study of a Quaternary paleosol from Hungary", *Chemie der Erde*, 66: 203-212.
- Becz-Deák, Judit, Langohr, Roger, y Verrecchia, Eric (1997) "Small scale secondary CaCO₃ accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction", *Geoderma*, 76: 221-252.
- Bravo-Álvarez, Humberto, Soto-Ayala, Rogelio, Sosa-Echeverría, Rodolfo, y Sánchez-Álvarez, Pablo (2003) "Efecto de la lluvia ácida en el material constituyente de los monumentos mayas mexicanos", *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, 4: 195-205.
- Cailleau, Guillaume (2005) *Cycle du carbone et biominéralisation carbonatée en milieu continental: la diagenèse des phases oxalate-carbonate*, tesis de doctorado en Ciencias, Suiza, Université de Neuchâtel.
- Charola, A. Elena (2008) "Salts in the deterioration of porous materials: An overview", *Journal of the American Institute for Conservation*, 39 (3): 327-343.
- Coutelas, Arnaud (2003) *Pétraoarchéologie du mortier Gallo-Romain. Essai de reconstitution et d'interprétation des chaînes opératoires: du matériau au métier antique*, tesis de doctorado en Arqueología, Paris, Université Paris I.
- Durand, Nicolas, Curtis, Monger, y Canti, Matthew (2010) "Calcium carbonate features", en Gerooge Stoops, Vera Marcelino, Florias Mees (eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, Amsterdam, Elsevier, pp. 149-194.
- Ford, Drake, y Williams, Paul (2007) *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, Chichester, Sussex del Oeste, John Wiley & Sons Ltd.
- Khokhlova, Olga. S., Sedov, Sergey, Golyeva, Alexadna, y Khokhlov, Alexander (2001) "Evolution of Chernozems in the Northern Caucasus, Russia during the second half of the Holocene: carbonate status of paleosols as a tool for paleoenvironmental reconstruction", *Geoderma*, 104: 115-133.
- Lizardi Ramos, César (1939) "Exploraciones arqueológicas en Quintana Roo", *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos*, III (2): 46-53.



- Magaloni, Diana (2001) "Materiales y técnicas de la pintura mural maya", en Beatriz de la Fuente (coord.), *La pintura mural prehispánica en México. Área maya*, vol. II, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 155-198.
- Martin, Simon, y Grube, Nicolai (2008) *Chronicle of the Maya Kings and Queens: Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*, Nueva York, Thames & Hudson.
- Nalda, Enrique (2000a) "Algunas consideraciones sobre el desarrollo prehispánico de la bahía de Chetumal", *Arqueología*, 23: 51-60.
- Nalda, Enrique (2000b) "Dzibanché: un primer acercamiento a su complejidad", en Adriana Velázquez Morlet (coord.), *Guardianes del tiempo*, México, Universidad de Quintana Roo/Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 5-14.
- Nalda, Enrique (2004b) "Prácticas funerarias en Dzibanché: los entierros en el Edificio de Los Cormoranes", *Arqueología*, 31: 25-35.
- Nalda, Enrique, y Balanzario, Sandra (2007) "Dzibanché y Teotihuacán: presencias y ausencias", en Patricia Fournier, Walburga Wiesheu y Thomas H. Charlton (coords.), *Arqueología y complejidad social*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 107-128.
- Nalda, Enrique, y Balanzario, Sandra (2008a) El Edificio E-2, la dinastía Kaan y el kalomte del edificio E-6, conferencia en VI Mesa Redonda de Palenque: Arqueología, imagen y texto, Palenque, Chiapas, 16 al 21 de noviembre.
- Nalda, Enrique y Balanzario, Sandra (2008b) "Un estilo arquitectónico peculiar en Dzibanché y su posible correlato territorial", en Rodrigo Liendo, *El territorio maya*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 303-321.
- Nalda, Enrique, y López Camacho, Javier (1995) "Investigaciones arqueológicas en el sur de Quintana Roo", *Arqueología Mexicana*, III (14): 12-25.
- Reedy, Chandra L. (1994) "Thin-Section Petrography in Studies of Cultural Materials", *Journal of the American Institute for Conservation*, 33 (2): 115-129.
- Reedy, Chandra L. (2006) "Review of Digital Image Analysis of Petrographic Thin Sections in Conservation", *Journal of the American Institute for Conservation*, 5 (2): 127-146.
- Rossi-Manaresi, Rafaela, y Tucci, Antonella (1991) "Pore structure and the disruptive or cementing effect of salt crystallization in various types of stone", *Studies in Conservation*, 36 (1): 56-58.
- Ruiz-Agudo, Encarnación, Mees, Florias, Jacobs, Patricia, y Rodríguez Navarro, Carlos (2007) "The role of saline solution properties on porous limestone salt weathering by magnesium and sodium sulfates", *Environ Geology*, 52 (2): 269-281.
- Sherer, George W. (2004) Stress from crystallization into the structure of traditional repair, mortars through capillarity, conferencia en 11th Euro Seminar on Microscopy Applied to Building Materials, Porto, Portugal, 5 al 9 de junio.
- Stefanidou, Maria y Papayianni, Ioanna (2009) "Salt accumulation in historic and repair mortars", en Rafael Fort, Mónica Álvarez de Buergo, Miguel Gómez-Heras y Carmen Vazquez-Calco (eds.), *Heritage, Weathering and Conservation*, Abingdon, Taylor & Francis, pp. 269-272.
- Straulino, Luisa (2017) Trabajos de restauración del Proyecto Mantenimiento Emergente de Kohunlich y Dzibanché [documento inédito], México, Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Straulino, Luisa, Sedov, Sergey, Michelet, Dominique, y Balanzario, Sandra (2013) "Weathering of carbonate materials in ancient Maya constructions (Río Bec and Dzibanché): Limestone and stucco deterioration patterns", *Quaternary International*, 315: 87-100.
- Straulino, Luisa, Sedov, Sergey, Soler-Arechalde, Ane, Pi Puig, Teresa, Villa, Gerardo, Granados, Sandra, Doménech-Carbó, María Teresa, Osete-Cortina, Laura, y Leonard, Daniel (2016) "Maya Lime Mortars—Relationship between Archaeomagnetic Dating, Manufacturing Technique, and Architectural Function—The Dzibanché Case", *Geosciences*, 6 (4): 49-1,49-27.
- Torraca, Giorgio (2009) *Lectures or Material Science for Architectural Conservation*, Los Ángeles, The Getty Conservation Institute.
- Velásquez, Erik (2004) "Los escalones jeroglíficos de Dzibanché" en Enrique Nalda (ed.), *Los cautivos de Dzibanché*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Velásquez, Erik (2008) En busca de Testigo Cielo (ca. 561-572 d.C.): el punzón de hueso del Edificio de los Cormoranes de Dzibanché, conferencia en VI Mesa Redonda de Palenque: Arqueología, imagen y texto, Palenque, Chiapas, 16 al 21 de noviembre.



Velásquez, Erik (en prensa) *Morada de dioses. Los componentes anímicos de los mayas clásicos*, México, Fondo de Cultura Económica.

Velázquez Morlet, Adriana (2000) "Historias de olvido y de recuerdo. Una introducción a la arqueología del sur de Quintana Roo", en Adriana Velázquez (coord.), *Guardianes del tiempo*, México, Universidad de Quintana Roo/ Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 5-14.

Verrecchia, Erik, y Verrecchia, Karine (1994) "Needle-fiber calcite: a critical review and a proposed classification", *Journal of Sedimentary Research*, 64: 650-664.

Villaseñor, Isabel (2010) *Building materials of the Ancient Maya. A Study of Archaeological Plasters*, Saarbrücken, Lambert.

Villaseñor, Isabel y Graham, Elizabeth (2010) "The use of volcanic materials for the manufacture of pozzolanic plasters: A preliminary report", *Journal of Archaeological Science*, 37: 1339-1347.





Prueba de limpieza con látex.

Imagen: ©Gaspar Ortega Contreras, 2020.

El uso de látex para limpieza de hollín sobre roca caliza

Gaspar Ortega Contreras,* Nora Ariadna Pérez Castellanos** y Armando Arciniega Corona***

*Restaurador independiente

**Instituto de Investigaciones Estéticas
Universidad Nacional Autónoma de México

***Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Resumen

El hollín es una mezcla de subproductos de combustión de tamaño micrométrico, el cual es depositado sobre el patrimonio pétreo y si entra en contacto con el agua se producen deterioros físico-químicos irreversibles, afectando la estabilidad de la roca. El uso de látex como material de limpieza es una propuesta viable ya que evita el uso de agua. En esta investigación se evaluaron mediante colorimetría, microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido los resultados obtenidos en la limpieza de probetas de piedra caliza con hollín. A partir de los resultados se determinó que el látex es un material viable para la remoción de hollín sobre calizas, cuya eficiencia depende de las características texturales de la piedra y su estado de conservación. La limpieza con látex genera un resultado a simple vista, sin formar residuos o riesgos físicos durante el proceso.

Palabras clave

Limpieza; evaluación; hollín; látex; roca caliza.

Abstract

Soot is a mixture of micrometric sub-products of combustion, which is placed on historic stone, also besides water, both create an irreversible chain of various physical and chemical deteriorations, which affects the stability of the rock. Latex as a cleaning material, it is a viable option; cause avoids the use of water. In this investigation, the cleaning process was assessed by colorimetry, optic microscopy, and scanning electron microscopy. The results determined that latex poultice is an optional material for the removal of soot on limestone, whose efficiency depends on the textural surface, characteristics of the stone and its conservation. Latex poultice cleaning process produces a remarkable result appreciable with naked eye, without residues or physical hazards during the process.

Keywords

Cleaning assessment; soot; latex; limestone.



El látex es el citoplasma de las células laticíferas de distintos árboles y arbustos (De Paz, 2010), es un polímero natural de cadena larga conocida como isopreno, el cual se encuentra entrelazado con más de 200 tipos de proteínas, lípidos, sales, carbohidratos, alcaloides, mucílagos, gomas y encimas. Se obtiene como un líquido de color blanco o amarillento y semiespeso, que al coagular es semitransparente y elástico. Además, Castro (2008) destaca que el látex obtenido del árbol es casi neutro, pero la acción de enzimas y bacterias lo hacen ácido. Pérez *et al.* (2012) caracterizaron látex usado en la industria en México y determinaron que presenta elementos inorgánicos como Azufre (S), Zinc (Zn) y Potasio (K).

Cabe mencionar que desde el 1500 a.C. los Olmecas ya dominaban al látex (Ortiz *et al.*, 1997: 136) y en el siglo XIX personajes famosos como Mackintosh y Goodyear exploraron su uso a nivel industrial (Castro, 2008: 24; De Paz, 2010: 55; Sarabia, 2014: 7). Un ejemplo de ello son las herramientas utilizadas en el medio hospitalario, en la fabricación de ropa, en material deportivo y de oficina, colchones, chupones, impermeables, también se usa como adhesivo en anteojos, en la industria automotriz con los neumáticos y se utiliza en cementos, por mencionar algunas aplicaciones.

Actualmente el látex que se emplea proviene de diversos árboles y arbustos, sin embargo, Asia exporta látex del árbol *Hevea brasiliensis* a más del 80% de países con dicha demanda. Cabe mencionar que es obtenido por medio de un corte transversal en la corteza, el líquido segregado se recoge en recipientes que cuelgan del árbol, situados al final de las incisiones realizadas. Al día siguiente, dichos cortes son cubiertos nuevamente con la corteza desprendida, protegiendo así nuevamente al árbol (Sarabia, 2014) (Figura 1). Para su transporte y almacenamiento se estabiliza con amoníaco en bajas concentraciones (1.5-2.5 %). Tal proceso permite que se mantenga líquido y sea posible el traslado para su industrialización (Olvera, 2008; Castro, 2008; Castro *et al.*, 2011).

Entre los deterioros que tiene el patrimonio pétreo se encuentra la suciedad por hollín, el cual se puede generar por la combustión de veladoras, incendios, y contaminación, se deposita de forma micrométrica (entre 1 μm - 20 μm) debido a diversos factores como la termoforesis,¹ cargas estáticas, viento, entre otros (Moffett, 2008; Bolstad-Johnson, 2010). El hollín en adición con el agua dan como resultado una cadena de diversos deterioros físico-químicos irreversibles que dañan el patrimonio pétreo (Bolstad-Johnson, 2010).

Debido a ese mecanismo de deterioro, en el proceso de limpieza del hollín se debe de reducir al máximo la cantidad de agua, así es que el látex es una medida recurrente y viable desde principios del siglo XXI, el cual ha sido utilizado de forma extensa en la catedral de Londres (San Pablo) y la iglesia de San Juan Divino en Nueva York, el proceso evita el uso de agua en grandes cantidades (Kavenagh, 2012) y omite el polvo. El látex se usa en estado líquido aplicado mediante aspersión, brocha, espátula y en ocasiones por inmersión. Previo a ello, es necesario una limpieza mecánica con aspiradora y brochas de pelo suave.

¹ Proceso por el cual las partículas migran bajo la influencia de un gradiente de temperatura.





Figura 1. Detalle de corte transversal en la corteza. Imagen: ©Gaspar Ortega Contreras, 2020.

En la disciplina de la conservación-restauración existen teorías básicas que tienen como principios la mínima intervención y la reversibilidad, pero adicionalmente en las teorías contemporáneas se busca también el principio de sostenibilidad, el cual es definido como: satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer los recursos de las generaciones futuras (Pereira, 2007). El empleo del látex contribuye a este nuevo principio, debido a que la extracción se hace con agricultura sostenible, puesto que durante la obtención del polímero es posible prolongar la vida del árbol hasta los 25 años, además de que dicho sistema también facilita reforestar sistemáticamente las hectáreas de plantaciones (Sarabia, 2014: 9).

El látex a pesar de ser un material ampliamente usado en Europa y Estados Unidos, en México ha sido poco abordado en el contexto de la conservación-restauración para la limpieza de materiales líticos, por lo que ésta investigación se enfocó en el comportamiento del látex, el grado de limpieza y residuos.

Metodología

En la investigación se utilizaron tres probetas de piedra caliza cuadrada de 30 cm de lado y 2 cm de espesor (provenientes de Galarza-Puebla), las cuales fueron expuestas en una cámara para deposición de hollín (Figura 2). Las probetas se expusieron durante 15 minutos a los gases generado por la combustión de los siguientes materiales: 200gr de parafinas (veladoras), 1200gr maderas resinosas (ocote y pino), 1500gr de carbón y 200gr telas de algodón, con el objetivo de evaluar los pasos del proceso de limpieza.

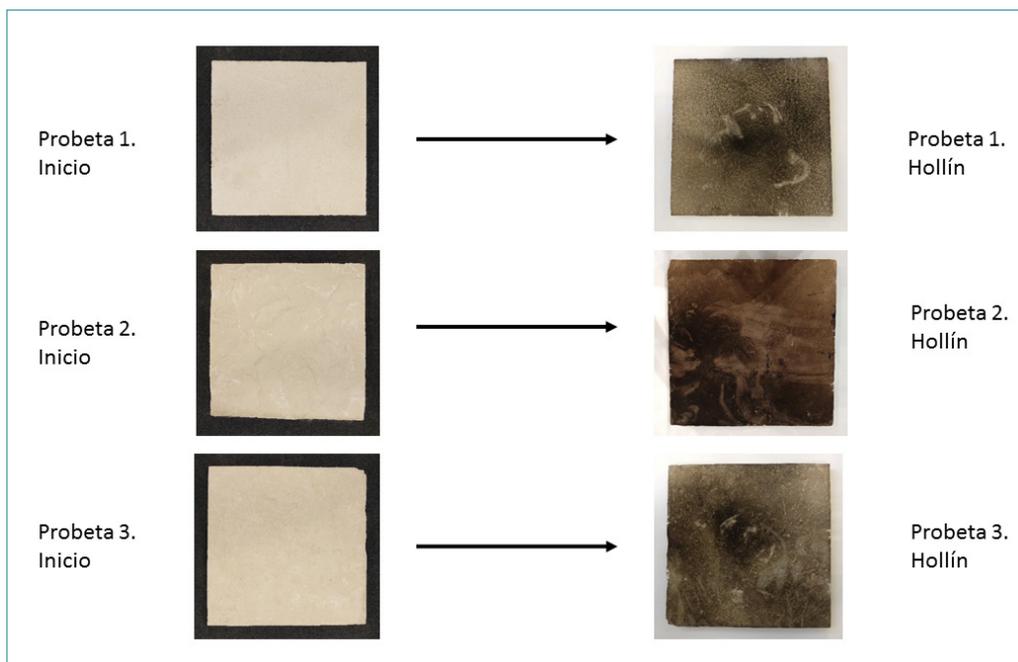


Figura 2. Piedras inicio y con hollín. Imagen: ©Gaspar Ortega Contreras, 2019.



Los pasos del proceso de limpieza iniciaron con remover el excedente de hollín con brocha de pelo suave para preparar la superficie, el siguiente paso consistió en aplicar con brocha el látex hasta conseguir 4mm aproximados de espesor, más tarde el polímero coagulado fue retirado de forma manual y, por último, se enjuagó la superficie con esponja húmeda.



Figura 3. Proceso de Limpieza. Imagen: ©Gaspar Ortega Contreras, 2019.

Debido a que el proceso de limpieza evaluado se limita a la superficie y no depende de la composición de la roca sino de sus características texturales, se utilizaron las siguientes técnicas analíticas: colorimetría, microscopía óptica de alta resolución, microscopía óptica con luz halógena y ultravioleta reflejada, además de microscopía electrónica de barrido (MEB). Todas ellas enfocadas en los cambios superficiales entre las probetas limpias, sucias y después del método de limpieza, así como identificar si existen residuos en las mismas.

Se realizaron un total de 165 tomas colorimétricas, se registraron cambios con respecto a los valores iniciales, principalmente la luminosidad. Para dicho propósito, se utilizó un espectrofotómetro de Konica Minolta® modelo spectrophotometer CM-2500d, con software Spectra Magic® Nx Lite portátil, del Laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de Materiales (CODICE) de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural y el Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).

También se obtuvieron 92 tomas de microscopía óptica de alta resolución, estudio enfocado en la microestructura, morfología, textura, microtopografía así como disposición de cristales, para ello se utilizó un microscopio modelo KEYENCE® OP-87270 Digital microscope, con un lente VH-Z500R

del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) sede Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIE-UNAM).

Además, bajo la microscopía óptica con luz de halógeno y ultravioleta reflejadas, se observaron 13 muestras, en ellas se determinó que, a nivel superficial, es posible observar minerales, formas geométricas y la fluorescencia de residuos orgánicos, para dicho estudio se utilizó un modelo ZEISS® equipado con AXIO (Axiocam 506 color) Imager.Z2 del LANCIC-IIE-UNAM.

Aunado a ello, en la microscopía electrónica de barrido se observaron 15 muestras y en imágenes magnificadas se registró la micromorfología, además se caracterizó la composición elemental de las probetas en los diversos pasos del proceso de limpieza. Se usó un modelo EVO ZEISS® MA 25, que está equipado con microsonda EDS del LANCIC-IIE-UNAM.

Resultados

Los registros iniciales de la probeta limpia sirvieron como referencias iniciales, con ellos fue posible comparar los cambios generados en superficie, por lo que la microscopía óptica de alta resolución ayudó a determinar las características texturales y con base en ello, se determinó que las probetas 1 y 3 son similares en rugosidad contrario a la superficie semirugosa de la probeta 2.

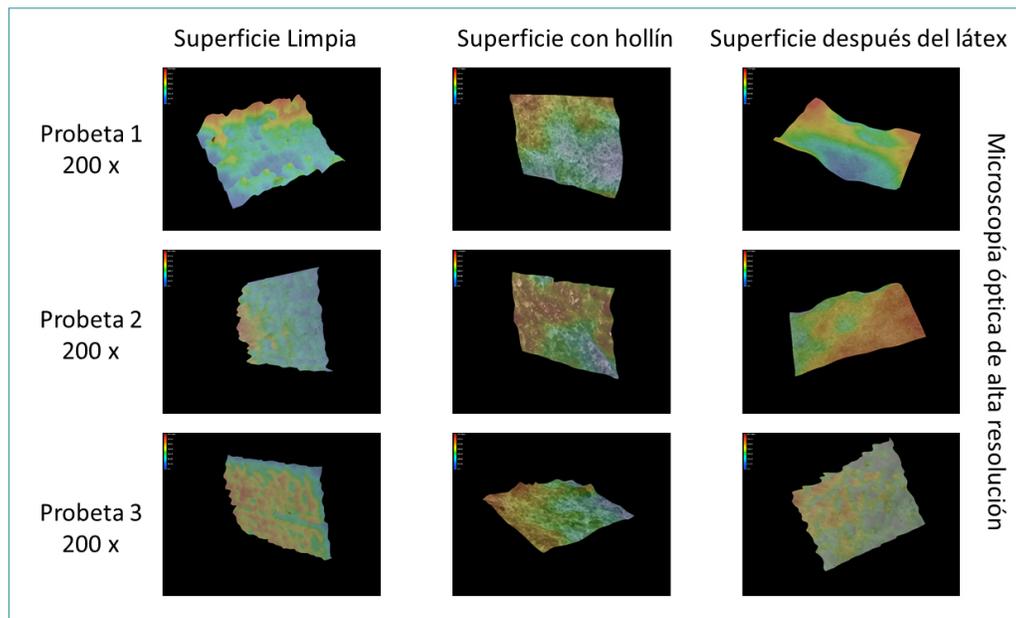


Figura 4. Mosaico comparativo de rugosidad en 3D. Imagen: ©Gaspar Ortega Contreras.

Las tres probetas tienen cristales con matices pardos y de color blanco grisáceo, promediados en 50 μm y que bajo luz ultravioleta se mostraron fluorescentes. Además, la microscopía electrónica de barrido (MEB) corroboró que las probetas tienen alto porcentaje de Calcio (Ca) y Carbono (C) y en menor porcentaje Silicio (Si) y Magnesio (Mg).



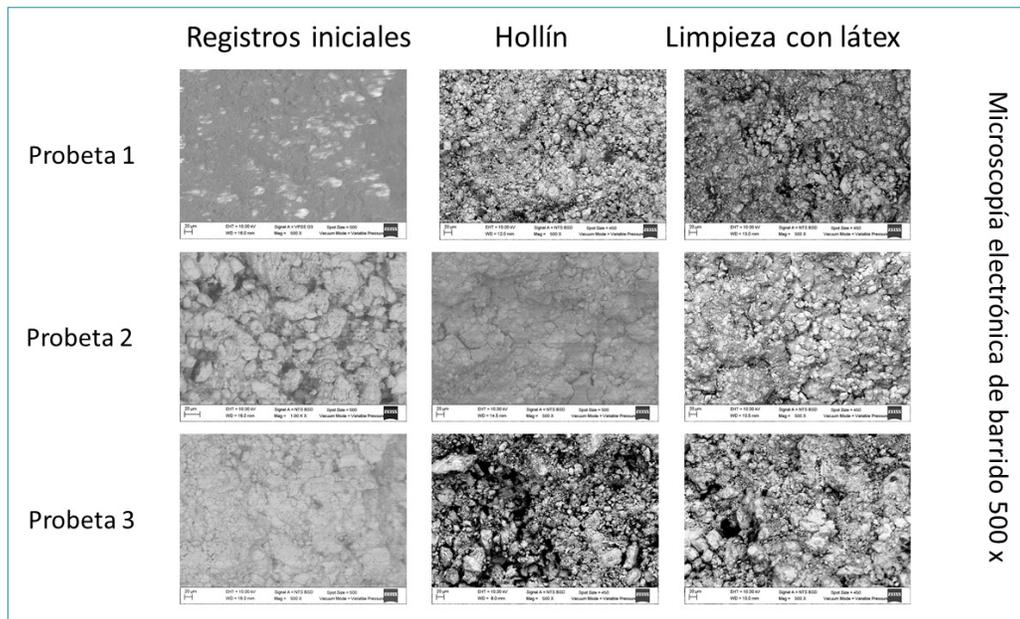


Figura 5. Mosaico comparativo MEB. Imagen ©Gaspar Ortega Contreras, 2019.

En las probetas sucias con hollín, las técnicas de microscopía ayudaron a entender la distribución irregular y composición elemental de las partículas, mismas que se encuentran distribuidas entre la rugosidad de la superficie, los cristales y los poros. Además, se determinó que en las probetas 1 y 3 las partículas irregulares de color negro se promediaron en 7 μm , mientras que en la probeta 2 las partículas se promediaron en 6 μm .

También se determinó que, bajo la luz ultravioleta, es posible distinguir fluorescencias verdes por debajo de las manchas de hollín oscuras. Por otra parte, se registró menor porcentaje de Calcio (Ca) con respecto a la roca limpia, dicha reducción se explica por la interfaz de hollín, ya que la MEB evidenció la formación de una capa de Carbono (C) sobre la superficie, además se registraron elementos como el Silicio (Si), Arsénico (As) y Flúor (F) (Figura 5), estos últimos dos son causados por los residuos de la combustión (Moffett, 2008; Boldstad-Johnson, 2010).

En la limpieza con brocha suave se determinó que el nivel de limpieza mecánica está ligado directamente a la rugosidad, ya que a simple vista las probetas 1 y 3 tienen un nivel similar de limpieza en contraste con la probeta 2, esto es ocasionado por la rugosidad de la superficie. En ese paso, las probetas muestran tonos sepías, sienas, pardos y partículas negras distribuidas entre la rugosidad de la superficie, además con MEB se observó que la limpieza con brocha no elimina las partículas de hollín que se depositan en los poros de la piedra y se caracterizaron elementos como Calcio (Ca) y en menor porcentaje Silicio (Si), Arsénico (As) y Flúor (F) muy similar a la probeta sucia (Figura 5).

Se identificaron partículas color gris oscuro, turquesa oscuro, café-verdoso y negras de 7 μm , distribuidas de forma irregular entre los cristales y poros, de modo que dichos resultados sugieren la presencia de hollín en los poros muy profundos donde no llegó el látex.

Dicho lo anterior, es relevante destacar que mediante MEB se esperaba encontrar elementos inorgánicos como Azufre (S), Zinc (Zn) y Potasio (K) (Pérez *et al.*, 2012) en altos porcentajes, sin embargo, se identificaron elementos como; Calcio (Ca), Silicio (S) y Magnesio (Mg) por encima del 10%, además se registró Aluminio (Al), Flúor (F) y Potasio (K) por debajo del 3%, por lo que no se detectaron residuos de látex.

En las secciones de las probetas enjuagadas con esponja húmeda, se determinó que la superficie de las probetas 1 y 3 es de color blanca-amarillenta muy similar a los registros iniciales, mientras que en la probeta 2 la superficie es amarillenta. En la probeta, se observaron restos de partículas sedimentadas y depositadas entre los cristales y poros. Tal efecto es causado posiblemente por el arrastre de material disgregado y a la fricción de la esponja húmeda.

Sumado a ello, dichos residuos fueron caracterizados mediante MEB y se determinó que se encontraron elementos nuevos como el Sodio (Na) y el Hierro (Fe). En ambos casos el porcentaje es menor al 0.2%, por lo que con base en las sales estudiadas por Ashurts (1998: 69), podría sugerirse que estos elementos depositados en la superficie de la probeta, encuentran su origen en impurezas del agua que fue utilizada para enjuagar.

Por último y con el objetivo de entender el comportamiento del látex en el proceso de limpieza, también se registró y evaluó el polímero coagulado. En él se observaron partículas de hollín y cristales desprendidos de superficie, oscilan los 50 μm y se encuentran adheridos o encapsulados en el polímero, además dicha característica también es descrita y publicada por Nesson (2010) y Kavenagh (2012), indicando que el esfuerzo mecánico ejercido con el polímero coagulado, puede causar desprendimiento de pequeñas partículas de piedra en zonas disgregadas.

Conclusiones

En esta investigación por medio de análisis instrumentales se evaluó el proceso de limpieza y con base en los resultados obtenidos, se determinó que no existen residuos de látex sobre la superficie de las probetas, haciéndolo un material viable para los procesos de limpieza en piedra.

Es importante considerar que el látex es un polímero secretado del árbol *Hevea brasiliensis*, el cual le sirve como defensa ante diversas amenazas, por lo que es importante asegurarse de que el equipo de especialistas que esté en contacto con las proteínas y enzimas no presenten cuadros alérgicos al material.

Previo a la selección de látex como método de limpieza, es fundamental realizar un dictamen en donde se establezcan si la roca es apta para exponerla al tratamiento, con el fin de determinar si es viable ejercer fuerza físico-mecánica sin dañar la superficie de la piedra. Las pruebas también ayudarán a definir el nivel de limpieza que se desea.

En la investigación se determinó que las superficies de mayor rugosidad presentan mayor eficiencia en la limpieza, ya que el látex encuentra mayor anclaje al sustrato y por lo tanto mayor esfuerzo físico-mecánico. Sin embargo, también se definió que, en superficies de menor rugosidad, la eliminación de hollín no es tan eficiente, en ocasiones está reportado que se puede realizar diversas aplicaciones y, si es necesario, complementar con otros métodos o herramientas.



Por último, el proceso de limpieza con látex, evita el uso de agua, reduciendo la reactivación de diversos deterioros y no deja residuos en la superficie de la piedra, también la coagulación del látex forma una película semitransparente que se adapta a cualquier superficie (por ejemplo, piedras talladas y esculturas) y permite el monitoreo constante del proceso.

*

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural LANCIC, a través de los proyectos CONACYT LN 279740, LN 299076, así como al proyecto Cátedras Conacyt. Además, a la Red de PROFIDES de "Estudios Interdisciplinarios sobre medio ambiente y Conservación del Patrimonio Mexicano", por el apoyo prestado para la realización de el presente trabajo. Finalmente, al Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM-IIE, al Laboratorio CODICE y al Proyecto 8141-Investigación aplicada a la conservación del patrimonio cultural, ambos de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del INAH, por todo el soporte brindado a esta investigación.

Referencias

Ashurst, John y Ashurst, Nicola (1988) *Stone Masonry. Practical Building Conservation. English Heritage Technical Handbook*, Vol. 1, Nueva York, Halsted Press.

Bolstad-Johnson, Dawn (2010) "The hidden hazards of fire soot", *AIC News* [en línea], 35 (5): 1-5, disponible en: <<https://www.culturalheritage.org/docs/default-source/publications/periodicals/2010-09-sept-aicnews.pdf?sfvrsn=8>> [consultado el 9 de septiembre de 2018].

Castro, Guillermo (2008) Materiales y compuestos para la industria del neumático [pdf], disponible en: <http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf> [consultado el 3 de marzo de 2018].

Castro, Rocío, Álvarez, Adriana, Machado, Elwi, Mendoza, Mónica, Gómez, Rubén, y García, Pablo (2011) "Caracterización de una quitinasa extracelular producida por *Serratia sp.* BIOMI-363706 Usando quitina coloidal como sustrato", *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], 77 (2): 101-108, disponible en: <<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v77n2/a02v77n2.pdf>> [consultado el 4 de abril de 2018].

De Paz Amaya, Flor del Rosario (2010) *Sensibilización al látex en personal sanitario*, tesis de Especialista en Medicina Pediátrica, SanSalvador, Universidad de El Salvador.



Kavenagh, Claudia (2012) Interior cleaning at Saint John the Divine: Practical and logistical considerations [pdf], disponible en: <<http://iscs.icomos.org/pdf-files/NewYorkConf/kavenagh.pdf>> [consultado el 9 septiembre de 2018].

Moffett, Patrick J. (2008) Soot Particles: A Procedural Guide For Containing and Removing Wildfire-Caused Soot in Buildings [pdf], disponible en: <https://www.genesisrestorations.com/support-contact/resources/Wildfire_Soot_Part particulate_Removal.pdf> [consultado el 7 de julio de 2018].

Nessow, Johanna (2010) *ARTE MUNDIT. A Review of the Product, its Cleaning Efficacy and Impact when Applied to Mural Paintings*, tesis en Conservación de Patrimonio Cultural, Suecia, Götenborgs Universitet.

Olvera Garza, Lilian Irais (2008) *Nanocompuestos de látex natural*, tesis de licenciatura en Química, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ortiz, Ponciano, Rodríguez, María del Carmen, y Delgado, Alfredo (1997) *Las investigaciones arqueológicas en el cerro sagrado "Manatí"*, Veracruz, Xalapa. Editorial Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Pérez, Nora A., Ruvalcaba, José L., Hernández, Claudio, y Martínez, César (2012) "How to make a latex rubber sculpture? Manufacturing studies that improve the creative work of an artist", *Symposium S8 – Cultural Heritage and Archaeological Issues in Materials Science*. 1374: 167-176.

Pereira H. N. (2007) "Contemporary trends in conservation: acculturation, significance and sustainability", *City & Time*, 3 (2): 15-25, disponible en: <<http://www.ceci-br.org/novo/revista/docs2008/CT-2008-104.pdf>> [consultado el 2 de junio de 2020].

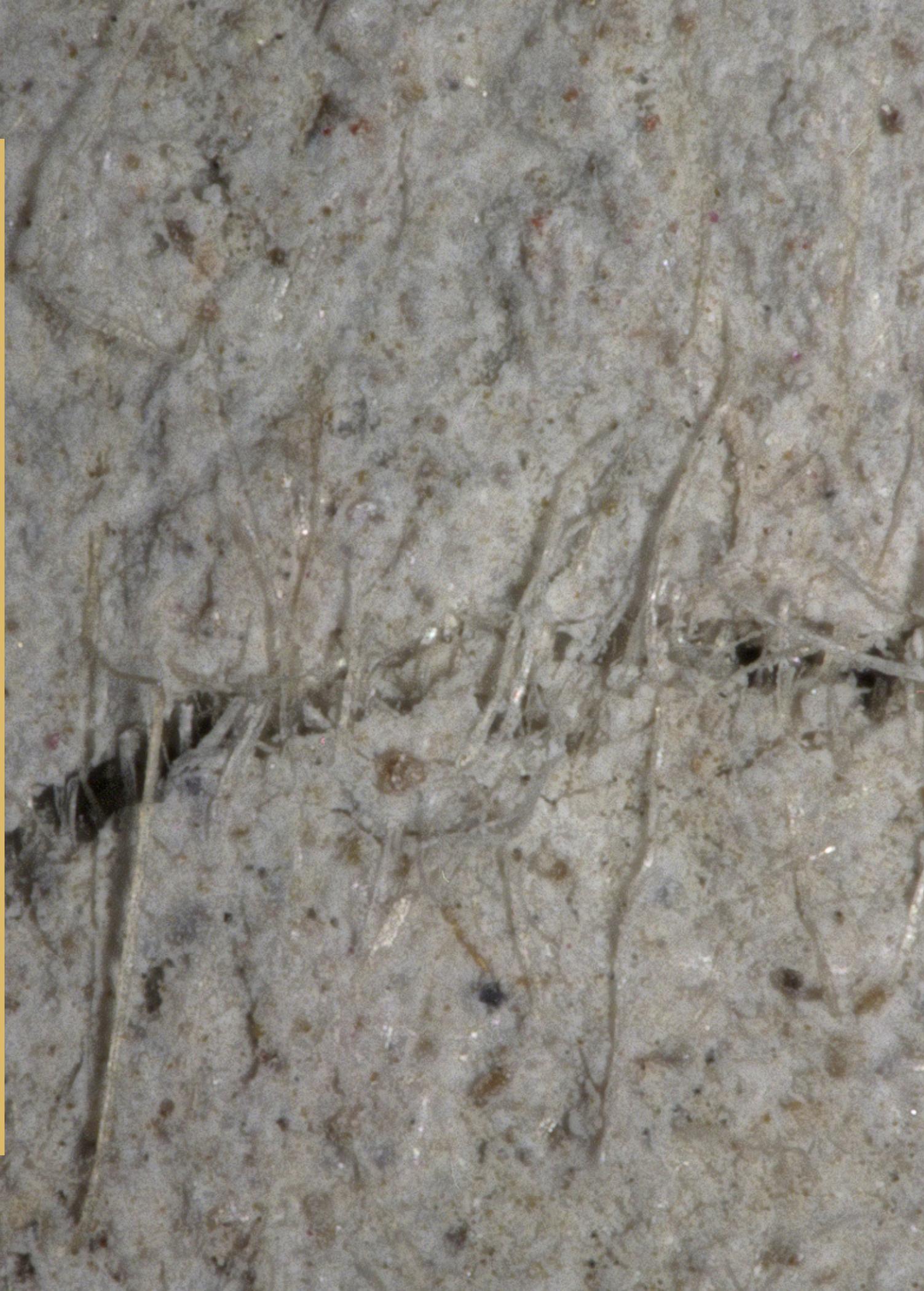
Sarabia Ortiz, Armando (2014) *Comparación de dos métodos de coagulación del látex (Hevea brasiliensis) en el Magdalena Medio colombiano*, tesis de posgrado como Especialista en Cultivos Perennes Industriales, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.



200µm

Microscopía óptica de alta resolución (MOAR).

Imagen: ©María Isabel López Arvizu.



Materiales fabriles como recurso plástico: estudio sobre recubrimientos industriales para la conservación de paneles de fibrocemento empleados en pintura mural

María Isabel López Arvizu,* Nora Ariadna Pérez Castellanos,** Sandra Joyce Ramírez Muñoz,*** Daniel Meléndez García,**** Alejandro Mitrani Viggiano,***** Lauro Bucio Galindo***** y Aline Moreno Núñez***

*Escuela de Conservación y Restauración de Occidente

**Instituto de Investigaciones Estéticas
Universidad Nacional Autónoma de México

***Centro Nacional de Conservación y Registro del Patrimonio Artístico Mueble
Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura
****Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

*****Instituto de Física
Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

Entre los años 1960 y 1970, sobre todo en México, el fibrocemento o asbesto cemento fue un material utilizado por importantes muralistas como Messeguer, Benedetto, Flores y Siqueiros. El reto de conservación de este tipo de soporte radica en las problemáticas derivadas de su manufactura y del riesgo a la salud que representa una vez deteriorado; por ello, se consideró pertinente el estudio de materiales que, además de fungir como recubrimientos de protección y cohesión, fueran accesibles en el ámbito comercial. El objetivo de este artículo es presentar un estudio en el que se evaluaron los cambios ocurridos en los materiales usados para conservar paneles de fibrocemento después de ser sometidos a un ciclo de envejecimiento acelerado inducido. Para la experimentación se elaboraron reproducciones que simulaban la estratigrafía de una pintura mural moderna con soporte de asbesto cemento, y mediante pruebas organolépticas e instrumentales, la metodología propuesta permitió establecer tablas comparativas de las propiedades de los recubrimientos antes y durante la aplicación, así como después del envejecimiento, lo que permite al restaurador tener información del desempeño de los materiales en todas sus etapas y tomar decisiones con base en el caso particular de estudio.

Palabras clave

Fibrocemento; asbesto-cemento; pintura mural moderna; preservación; recubrimientos industriales; evaluación.

Abstract

Between 1960 and 1970, the fiber reinforced cement or asbestos-cement was a material used by important muralists such as Messeguer, Benedetto, Flores and Siqueiros. The challenge of preserving this type of support lies in problems arising from its manufacturing that it presents once it is degraded. Therefore, it was considered pertinent to study materials which in addition to serving as protective and cohesion coatings, were accessible in the commercial field. The objective of this article is to present a study on which the changes in the materials used for conservation of fiber reinforced cement panels were evaluated after being subjected to an accelerated aging cycle, so reproductions were made that simulated the stratigraphy of a modern wall painting with asbestos-cement support. Through organoleptic and instrumental tests, the proposed methodology allowed establishing comparative tables of the properties of the coatings before and during the application, as well as after aging, which allows the restorer to have information on the performance of the materials at all stages and make decisions based on the particular case study.

Keywords

Fiber reinforced cement; asbestos-cement; modern mural painting; preservation; industrial coatings, evaluation.



El fibrocemento o asbesto-cemento es un material de tipo compuesto de origen industrial, conformado por una matriz de cemento Portland y un material reforzante o fase dispersa de fibras de asbesto. Tuvo su origen a finales del siglo XIX en Europa, sin embargo, su auge comercial fue en la década de los años 1960 y 1970 en todo el mundo. Por mencionar algunos usos y aplicaciones, se empleó para la elaboración de prefabricados de cemento como tuberías y contenedores para transporte y almacenamiento de agua, techos ondulados y paneles para muros divisorios.

Debido al auge de la actividad industrial y el impacto que ésta tuvo en el arte, a mediados del siglo XX, el fibrocemento se comenzó a utilizar por artistas de renombre, entre los que destacaron Ramón Prats, Benito Messeguer, Roberto Cueva del Río, Silvio Benedetto, Jorge Flores, Efrén Ordoñez, Lorenzo Guerrero Ponce, Mario Orozco Rivera y David Alfaro Siqueiros (Suárez, 1972), este último de relevancia nacional e internacional, que no sólo fue reconocido por ser uno de los principales exponentes del muralismo mexicano, sino también por su ímpetu por la experimentación plástica; procuró incluir en su producción artística materiales y técnicas desarrolladas por la ciencia y la industria de su tiempo (Gil Verencuela, 2012; Arturo Montero y Ramírez Vega, 2011). Este artista utilizó prefabricados de asbesto-cemento en forma de paneles como soporte de sus obras monumentales, debido a que los consideraba un material económico e inerte, que le permitían realizar pinturas murales exentas de un muro, desmontables y transportables, con las que podía disponer de grandes superficies para materializar sus creaciones; técnicamente, este tipo de soporte “reducía al mínimo los empates de las uniones” (Suárez, 1969 en Arturo y Ramírez, 2011: 238; Alfaro Siqueiros, 1979: 156). Aunado a lo anterior, Siqueiros tuvo acceso a este prefabricado debido a que uno de sus más importantes mecenas fue Manuel Suárez y Suárez, empresario español de gran renombre en la industria de materiales de construcción, entre éstos los prefabricados de fibrocemento.¹

Si bien, los materiales que conforman el asbesto cemento al combinarse mejoran las propiedades de un prefabricado de cemento solo (Askeland, Fulay, y Wright, 2017; Stupenengo, 2011; Callister, 2002), su resistencia y durabilidad dependerá tanto de las condiciones climáticas a las que esté expuesto, así como de las fallas que devengan de su fabricación (Vélez, 2010). Cuando este prefabricado es expuesto a condiciones ambientales extremas, ataque biológico, fuerzas físicas y mecánicas violentas, sufre comúnmente la degradación de la matriz, que se manifiesta a manera de pulverulencia y disgregación, lo que implica pérdida de material y debilidad estructural que ponen en riesgo la permanencia y conservación del material; así como la liberación de las fibras de asbesto embebidas en la matriz de cemento, lo cual resulta preocupante debido a que estos filamentos están clasificados como perjudiciales para la salud humana por ser agentes potencialmente carcinógenos (INSHT, 2014; Monserrat Mir *et al.*, 2007).

En el ámbito industrial, por precepto sanitario, los materiales compuestos con contenido de asbesto suelen ser confinados, removidos o eliminados por su naturaleza nociva, sin embargo, si se trata de una obra de interés patrimonial, uno de los objetivos fundamentales de la conservación y restauración de bienes culturales es procurar la integridad del objeto, ya que preservar la manufactura original es evidencia histórica, tecnológica y cultural de una determinada época y

¹ Dentro del muralismo mexicano patrocinó un gran número de murales realizados por artistas mexicanos y extranjeros como Gerardo Murillo “Dr. Atl”, Jorge González Camarena, José Reyes Meza, Francisco Icaza, Alfonso X. Peña, Josep Renau, Taro Okamoto, entre otros (Museo Diego Rivera, 2020).

región (Ferrer Morales, 1998). La encrucijada expuesta anteriormente es evidente y por ello, se decidió investigar materiales que, además de evitar la liberación de las fibras de asbesto que ponen en riesgo la salud de los usuarios, favorezcan la preservación de los materiales de este tipo de obras.

Descripción del experimento

En el ámbito industrial, desde hace algunas décadas, ya se producen y comercializan productos para confinar y recubrir prefabricados con contenido de asbesto, sin embargo, faltan estudios y evaluaciones rigurosas desde una perspectiva de conservación, es por ello que se llevó a cabo esta investigación con el objetivo de evaluar las propiedades físico-mecánicas de recubrimientos industriales a fin de proteger y conservar prefabricados de asbesto-cemento utilizados como soporte de pintura mural del siglo XX. La selección de los materiales y la metodología de evaluación siguió con los criterios y recomendaciones empleados para la consolidación de materiales porosos (piedra, ladrillo etcétera) planteados por autores como Barberena (2015); Fort (2007); Esbert y Losada (2003) y García, Sánchez y Frías (1993).

Para fines del experimento los criterios y recomendaciones se dividieron en tres rubros, el primero hizo referencia a las propiedades y características del recubrimiento, el segundo a las consideraciones para el sistema sustrato-recubrimiento y el tercero a las reflexiones finales con respecto a la preparación del recubrimiento y al método de aplicación. Las deliberaciones anteriores fueron el eje para concretar una valoración sistemática del desempeño de los recubrimientos, que se describió desde adecuado o aceptable a no adecuado o no aceptable.

Propiedades y características del recubrimiento	Consideraciones para el sistema sustrato-recubrimiento	Consideraciones finales: preparación del recubrimiento y método de aplicación
Capacidad de penetración	Retratabilidad	Atender a las recomendaciones del fabricante
No generar una capa robusta en superficie	Estabilidad	
	Durabilidad	
No corrosivo	Dotar al sustrato de cualidades óptimas	Recubrimientos económicos
Curado en frío o a temperatura ambiente	Preferible que no genere una interfase definida	
Baja o nula toxicidad	Debe permitir la circulación de vapor de agua	

Tabla 1. Consideraciones y requerimientos de restauración para recubrimientos de protección y su aplicación en sustratos de asbesto-cemento.

Con la finalidad de conocer las propiedades y el desempeño de los recubrimientos sobre soportes de asbesto-cemento, fue necesario simular el sistema de estratos de pintura mural moderna a través de la elaboración de reproducciones que pudieran ser sometidas a pruebas físicas y mecánicas; análisis instrumentales destructivos y a condiciones de envejecimiento inducido. La selección de los materiales se fundamentó, en primer lugar, en la técnica de manufactura de la



obra de David Alfaro Siqueiros durante la década de 1960, proporcionada por el Centro Nacional de Conservación y Registro del Patrimonio Artístico Mueble del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura (CENCROPAM-INBAL);² en segundo lugar, a partir de investigación y registro de materiales utilizados por este artista (Arturo y Ramírez, 2011; Alfaro Siqueiros, 1979).

Una vez determinados los materiales para las reproducciones, basadas en documentación y en un caso real, se seleccionaron los recubrimientos a estudiar con base en la gama³ y en los siguientes criterios: 1) aplicado con anterioridad, 2) previamente estudiado, aun de manera básica, 3) recomendado por la industria, y 4) accesible y económico en el mercado. Los recubrimientos industriales seleccionados fueron una resina acrílica base agua de aspecto beige, un barniz de poliuretano alifático de dos componentes base solvente de apariencia transparente, y un esmalte alquidálico base solvente de apariencia gris claro, los cuales se aplicaron por el reverso del soporte, zona susceptible al deterioro.

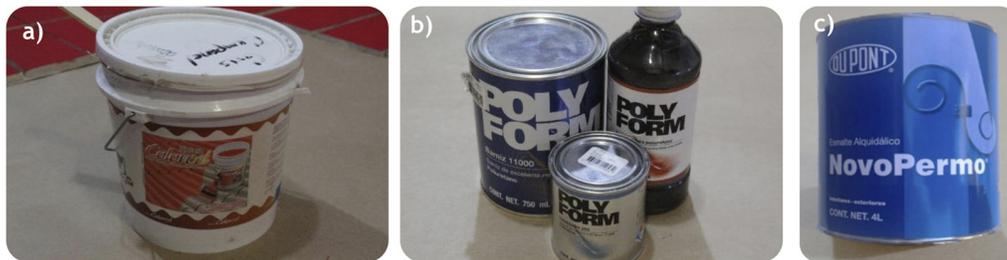


Figura 1. Recubrimientos industriales seleccionados para la experimentación y la evaluación. a) resina acrílica, b) barniz de poliuretano y c) esmalte alquidálico. Imagen: ©María Isabel López Arvizu.

La metodología experimental consistió en cuatro etapas, en la primera prepararon las reproducciones para los estudios, a las que también se les identificó como "sistemas probeta", conformadas por capa pictórica (color rojo) y soporte de fibrocemento. Posteriormente, se prepararon los recubrimientos y se realizó un registro del proceso de aplicación para determinar tiempo y facilidad de aplicación, rendimiento y costos.

En la segunda etapa se documentó la caracterización de los materiales, tanto de manera individual como una vez dentro del sistema. La caracterización se dividió en análisis organolépticos (como primer acercamiento), identificación de las propiedades físicas (color y permeabilidad), propiedades mecánicas (resistencia al rayado y resistencia a la flexión), morfología (con técnicas de microscopía óptica y electrónica) y composición (técnicas espectroscópicas y difractométricas).

² Documentación obtenida del Archivo Interno del CENCROPAM-INBAL.

³ Para esta investigación, los recubrimientos a estudiar fueron clasificados en gama alta, gama media y gama baja, cuestión que estuvo determinada por su aplicación en el ámbito industrial. Gama alta se refirió a que el recubrimiento es fabricado *ex profeso* para aplicarse sobre fibrocemento; gama media a que puede ser aplicado sobre materiales elaborados con cemento; y gama baja que no está producido para ser aplicado sobre cemento o sus prefabricados como el asbesto-cemento sin embargo, sí ha sido aplicado sobre soportes de este tipo.



Figura 2. Detalle del proceso de aplicación de los recubrimientos sobre el soporte de fibrocemento para la elaboración de las reproducciones. Imagen: ©María Isabel López Arvizu.

Propiedades a medir		Parámetro, equipo o técnica empleada	Objetivo
Físicas	Color	Tabla Munsell	Determinar las alteraciones cromáticas
	Permeabilidad	Ensayos de absorción de la gota de agua	Determinar cambios en el comportamiento hidrófobo o hidrófilo
Mecánicas	Resistencia al rayado	Dureza Mohs	Identificar la resistencia de los materiales ante fuerzas superficiales incidentes
	Resistencia a la flexión	ASTM C78 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)	Identificar la resistencia del soporte ante fuerzas perpendiculares
Morfología		Microscopía óptica de alta resolución (MOAR)	Conocer la textura y observar cambios físicos a observaciones amplificadas
		Microscopía electrónica de barrido (MEB)	Identificar alteraciones y características de la capa formada: grosor, interfaz y penetración
Composición		Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	Identificar la composición química y sus modificaciones
		Difracción de rayos X (DRX)	Se empleó únicamente para corroborar e identificar la fibra de asbesto del soporte utilizado para la elaboración de las reproducciones

Tabla 2. Caracterización de materiales y técnicas empleadas.

En la tercera etapa se practicó el ciclo de envejecimiento acelerado con base en las condiciones comunes de obras con soporte de fibrocemento in situ, así como con base en la norma ASTM C1442 *Standard Practice for Conducting Tests on Sealants Using Artificial Weathering Apparatus*. En la cuarta etapa se compararon los resultados obtenidos de la etapa de caracterización, antes y después del ciclo de envejecimiento inducido. Posteriormente, se ejecutaron un análisis y una valoración sistemática respecto a las consideraciones y requerimientos de restauración para recubrimientos de protección y su aplicación en sustratos de asbesto-cemento.



Resultados de las pruebas realizadas en los materiales

En el sistema probeta, el soporte de fibrocemento mostró cambios morfológicos notables a macro y a microescala; se observaron modificaciones cromáticas y pérdida de cohesión en superficie, lo cual evidenció la necesidad de un tratamiento de protección. En la prueba de permeabilidad, manifestó un comportamiento altamente hidrófilo debido a la disgregación de la matriz y a la exposición de las fibras de asbesto.

Con respecto al proceso de aplicación de los recubrimientos, la resina acrílica fue la más sencilla y rápida de aplicar, también tuvo el mayor rendimiento por m², sin embargo, fue el producto con el precio más elevado en el mercado. En contraste, el barniz de poliuretano y el esmalte alquidálico resultaron más difíciles de aplicar (debido a su fluidez); requirieron más tiempo en el proceso de aplicación y fue necesario el uso de equipo especializado para su preparación y de seguridad para el operario (debido a que son base solvente). Obtuvieron menor rendimiento por m² en comparación con la resina acrílica, sin embargo, fueron más económicos que ésta en el mercado.

Los análisis organolépticos indicaron que la resina acrílica presentó brillo, saturación y color similar a la del soporte de fibrocemento, a pesar de ser un recubrimiento pigmentado. El barniz de poliuretano y el esmalte alquidálico ocasionaron disonancia visual; el primero propició cambios en la saturación y el brillo del soporte, mientras que el segundo modificó totalmente a apariencia del fibrocemento.

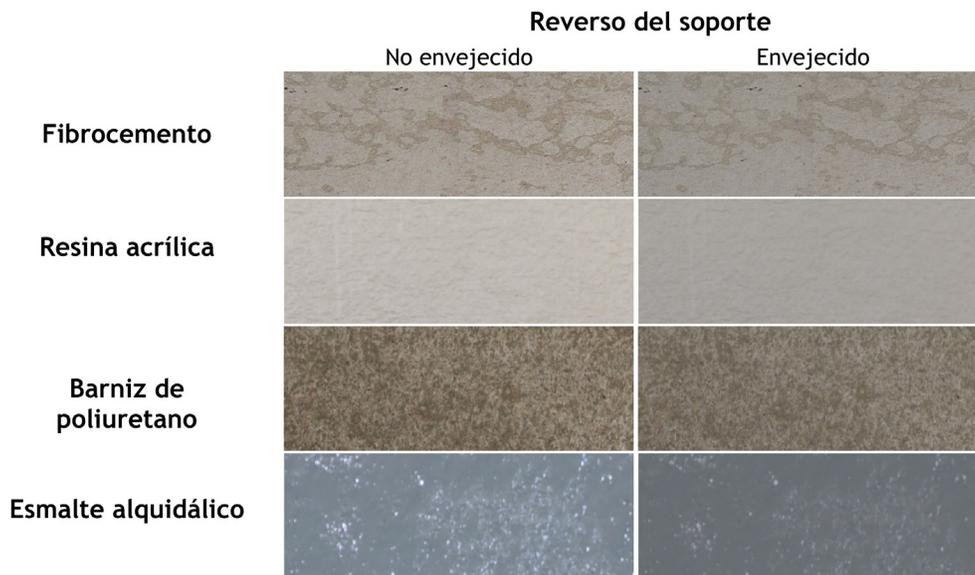


Figura 3. Comparativa de la apariencia de los recubrimientos aplicados sobre el soporte de fibrocemento.
Imagen: ©María Isabel López Arvizu.

Las características de la capa formada por los recubrimientos antes del envejecimiento identificadas con Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) indicaron que la resina acrílica presentó una capa gruesa, consistente, con nula capacidad de penetración y una interfase definida. En cambio, el barniz de poliuretano y el esmalte alquidálico generaron una capa delgada, con una interfase no tan definida y con mayor capacidad de penetración, aunque ésta se observó heterogénea. Después del envejecimiento inducido, la resina acrílica disminuyó notablemente su grosor, sin embargo, la zona interna del fibrocemento se apreció homogénea y sin alteraciones significativas.

Por otra parte, el barniz de poliuretano tuvo una disminución ligera de la capa y presentó partículas en superficie. Finalmente, el esmalte alquidálico también tuvo una disminución en algunas secciones de la capa y el soporte se apreció con mayores alteraciones, como zonas cavernosas y la presencia de fisuras.

Las observaciones y las pruebas realizadas con microscopía óptica de alta resolución (MOAR) y tabla Munsell evidenciaron cambios de los recubrimientos a simple vista y a observaciones amplificadas, como alteración en los aditivos y agregados de los materiales, que correspondieron con los resultados de la espectroscopía infrarroja por transformada de fourier (FTIR) y las pruebas de permeabilidad.

Los ensayos de permeabilidad mostraron que la resina acrílica se volvió impermeable. En cambio, antes del envejecimiento el barniz de poliuretano y el esmalte alquidálico no tuvieron afinidad con el agua líquida, mientras que después del envejecimiento presentaron una tendencia hidrófila.

Con respecto a las pruebas de resistencia, la comparación del comportamiento del soporte con y sin recubrimiento, indicó que una vez aplicado (a excepción del barniz de poliuretano en la prueba de resistencia a la flexión) aumentan las propiedades mecánicas y de superficie del fibrocemento antes del proceso de envejecimiento acelerado. Sin embargo, al comparar los resultados entre los recubrimientos antes y después del envejecimiento se observó que, respecto a fuerzas incidentes superficiales, el barniz de poliuretano y el esmalte alquidálico conservaron los valores de dureza Mohs, en cambio, decayeron los de la resina acrílica. Los resultados de las pruebas ante fuerzas perpendiculares (resistencia a la flexión) indicaron que después del proceso realizado, todos los recubrimientos disminuyeron su resistencia.

Hacia la selección de un material de tratamiento para la preservación del fibrocemento

A partir del análisis de los resultados y tomando como eje los criterios de conservación planteados en la tabla 1, se realizó una valoración sistemática del tratamiento, expresada en las tablas 3 y 4, en las que se evidenció que cada uno de los recubrimientos cumplió parcialmente con las consideraciones y requerimientos de conservación y restauración, y en dado caso de que se decida aplicar uno u otro producto como recubrimiento de protección, tendrá que justificarse debidamente.

	Consideraciones y recomendaciones de restauración					Operatividad			
	Características ideales del material de tratamiento								
	Respecto al usuario		Respecto al recubrimiento						
	Tóxico	Corrosivo	Capacidad de penetración	Formación de una capa delgada	Formación de la resina (T _c o curado en frío)	Costo	Equipo	Tiempo	Rendimiento
Resina acrílica	Verde	Verde	Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde
Barniz de poliuretano	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde	Verde	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo
Esmalte alquidálico	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Rojo	Amarillo	Amarillo

Tabla 3. Características de los recubrimientos industriales respecto a las consideraciones y recomendaciones de restauración. El código de color indica el nivel de aprobación de las características valoradas, en donde el verde señala un aceptable o mejor resultado, el amarillo un resultado regular o intermedio y el rojo un resultado deficiente o no aceptable.



Consideraciones y recomendaciones de restauración								
Sistemas (interacción soporte y recubrimiento)	Consideraciones del sustrato-recubrimiento. Después del envejecimiento acelerado						Conservación del FC	
	Retratabilidad	Estabilidad	Durabilidad	Confiere calidades óptimas	Interfase adecuada	Permite el tránsito de vapor de agua	En superficie	En zona interna
Resina acrílica								
Barniz de poliuretano								
Esmalte alquidílico								

Tabla 4. Cualidades de los recubrimientos una vez aplicados respecto a las consideraciones y recomendaciones de restauración después del envejecimiento acelerado. El código de color indica el nivel de aprobación de las características valoradas, en donde el verde señala un aceptable o mejor resultado, el amarillo un resultado regular o intermedio y el rojo un resultado deficiente o no aceptable.

Por otra parte, la aplicación de un material como medida de conservación directa o curativa sobre un soporte de fibrocemento con contenido de fibras de asbesto, no debe realizarse de manera indiscriminada; esta acción tiene que considerarse como excepcional, ya que el recubrimiento no podría ser eliminado una vez colocado, puesto que conllevaría una exposición innecesaria y riesgosa a los filamentos dañinos presentes en el cemento. También, es importante mencionar que antes de la aplicación de cualquier producto, es preciso hacer un diagnóstico previo para identificar otros deterioros que deban subsanarse con antelación debido a que, en soportes de este tipo, el tratamiento en cuestión plantea una solución específica y no una general.

Finalmente, es necesario practicar pruebas a futuro para determinar la interacción entre capas, estudio que aportaría información para definir la retratabilidad⁴ del proceso, puesto que como ya se mencionó, por cuestiones de salud no es una opción la eliminación del producto aplicado, sino su renovación. Asimismo, se deben aplicar pruebas más especializadas del comportamiento de los recubrimientos ante procesos de abrasión, transmisión de agua líquida y vapor, así como la presencia de microorganismos y procesos de cristalización de sales.

*

⁴ El concepto de retratabilidad como principio busca que los tratamientos de conservación no impidan "nuevas posibilidades de tratamientos en el futuro" (Magar Meurs, 2013).

Agradecimientos

Al Laboratorio Nacional para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural sede Instituto de Investigaciones Estéticas y sede Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (LANCIC, IIE-UNAM) a través de los proyectos Conacyt LN 279740, LN293904, LN299076, CB239609 y PAPIIT UNAM IN112018 y al programa de Cátedras Conacyt. A la Red PROFIDES de "Estudios Interdisciplinarios sobre Medio Ambiente y Conservación del Patrimonio Mexicano". Al Centro Nacional de Conservación y Registro del Patrimonio Artístico Mueble del Instituto Nacional de Bellas Artes del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura (CENCROPAM-INBAL). Al Laboratorio de Cristalografía y Materiales Naturales del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (LCMN, IF-UNAM).

Referencias

Alfaro Siqueiros, David (1979) *¿Cómo se pinta un mural?*, Cuernavaca, Ediciones Taller Siqueiros.

Annual Book of ASTM Standards (2003) *ASTM C 1442 Standard Practice for Conducting Tests on Sealants Using Artificial Weathering Apparatus*, West Conshohocken, ASTM International

Askeland, Donald, Fulay, Pradeepp, y Wright, Wendelin (2017) *Ciencia e ingeniería de materiales*, México, Cengage Learning.

Barberena Fernández, Alma María (2015) *Conservación de estructuras de hormigón: efecto de consolidantes en pastas y morteros de cemento*, tesis de doctorado en Bellas Artes, Madrid, Universidad Complutense de Madrid.

Callister, William (2002) *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*, Barcelona, Reverté.

Esbert Alemany, Rosa María, y Losada Aranguren, José María (eds.) (2003) "Criterios de intervención en materiales pétreos", Bienes Culturales. Revista del Instituto del Patrimonio Histórico Español (2), [pdf], disponible en: <<https://ipce.culturaydeporte.gob.es/en/dam/jcr:b001a200-bb59-42cd-8669-ab262d4e0d1f/criteriosmaterialespetreos.pdf>> [consultado el 1 de abril de 2018].

Ferrer Morales, Ascensión (1998) *La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*, Sevilla, Universidad de Sevilla.

Fort, Rafael (2007) Polímeros sintéticos para la conservación de materiales pétreos [pdf], disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/8340/1/Fort_Fort_Pol%c3%admeros.pdf> [consultado el 24 de marzo de 2018].

García Pascua, Nuria, Sánchez de Rojas, María Isabel, y Frías, Moisés (1993) Criterios de selección de productos de tratamiento [pdf], disponible en: <<https://digital.csic.es/bitstream/10261/39837/1/esca001.pdf>> [consultado el 19 de noviembre de 2017].

Gil Verencuela, Gabriela (2012) "La restauración de pintura mural: retos en la conservación del patrimonio artístico de México", *Crónicas. El Muralismo, Producto de la Revolución Mexicana, en América* [en línea] (especial): 540-551, disponible en: <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/cronicas/article/view/50510/45309>> [consultado el 17 de marzo de 2018].

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2014) Materiales con amianto en viviendas: guía práctica (I) [pdf], disponible en: <<https://www.insst.es/documents/94886/327695/ntp-1006+w.pdf/cc4bfd0c-50e3-4038-b506-8aeba51d84e7>> [consultado el 12 de noviembre de 2017].

Magar Meurs, Valerie (2013) "Principios y terminología", *CR. Conservación y Restauración* [en línea] (1): 25-26 disponible en: <<https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cr/article/view/12112/12873>> [consultado el 27 de diciembre de 2019].

Monserrat Mir, Jaime, Morell, José Serrano, Carbonell Duesa, Miguel, y Pellicer Pérez, Laura (2007) Guía de buenas prácticas en operaciones con riesgo de amianto [pdf], disponible en: <<http://www.caib.es/govern/rest/arxiu/2542621>> [consultado el 22 de noviembre de 2017].

Montero Alarcón, Sergio A., y Ramírez Vega, Roberto (2011) "Las técnicas de fábrica en la obra mural de David Alfaro Siqueiros. El caso Polyforum Cultural", *Crónicas. El Muralismo, Producto de la Revolución Mexicana en América* [en línea] (14, especial): 235-246, disponible en: <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/cronicas/article/view/24568/23148>> [consultado el 14 de marzo de 2018].

Museo Diego Rivera (2020) *Trascendencia de un mecenazgo. Manuel Suárez y Suárez (1896-1987)* [en línea], disponible en: <<https://museomuraldiegorivera.bellasartes.gob.mx/exposiciones15/anteriores1/29-trascendencia-de-un-mecenazgo.html>> [consultado el 20 de febrero de 2019].

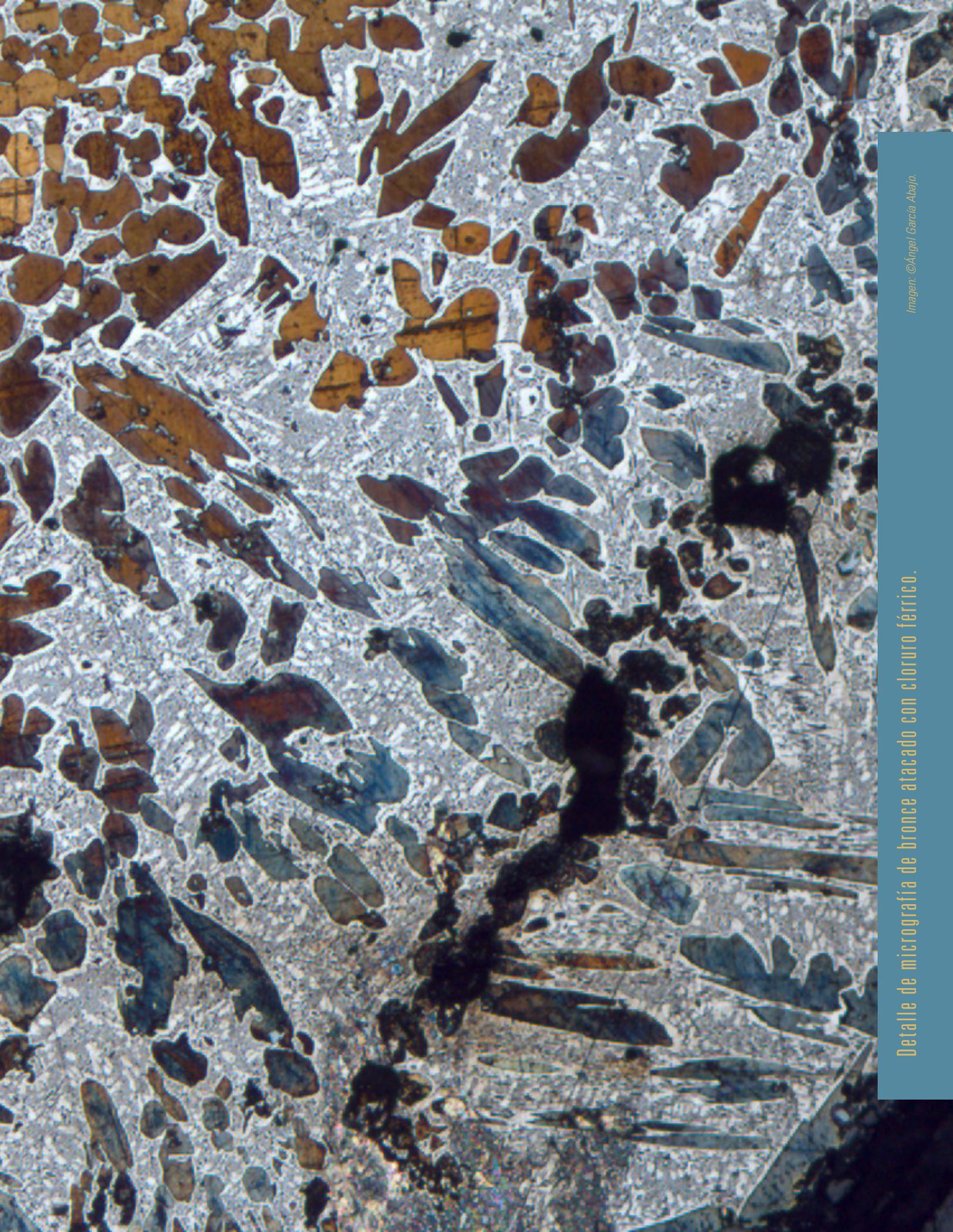


Stupenengo, Franco (2011) "Materiales y materias primas. Materiales compuestos" [pdf], disponible en: <<http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/materiales-compuestos.pdf>> [consultado el 12 de noviembre de 2017].

Suárez, Orlando (1972) *Inventario del muralismo mexicano: siglo VII a. de C.*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Vélez, Ligia (2010) "Permeabilidad y porosidad en concreto", *Tecno Lógicas* [en línea] (25): 169-187, disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234320010.pdf>> [consultado el 30 de enero de 2018].





Detalle de micrografía de bronce atacado con cloruro férrico.

Imagen: ©Ángel García Abajo.

Recubrimientos metálicos que no lo son: cuando la naturaleza imita al hombre

Ángel García Abajo*

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Resumen

Desde el inicio de la metalurgia el hombre ha recubierto un metal con otro por diferentes razones: aparentar que se trata de un metal más noble, mejorar sus propiedades mecánicas o su resistencia a la corrosión. Las técnicas desarrolladas para producir estos recubrimientos son muy diversas y han ido variando a lo largo de la historia. Sin embargo, hay ocasiones en las que diversos fenómenos naturales generan capas de recubrimientos metálicos que se confunden con aquellos realizados por la mano del hombre. El estudio de estos recubrimientos implica el uso de técnicas de análisis invasivas, ya que los análisis no invasivos como la fluorescencia de rayos X (XRF) no tienen la capacidad de discriminar entre el recubrimiento y el sustrato sobre el que está aplicado, y tampoco tienen la capacidad de aportar información a propósito de la naturaleza y la técnica de manufactura del mismo. El presente trabajo trata de ser una breve guía sobre cómo identificar algunos de estos pseudorecubrimientos metálicos y cuál es su naturaleza.

Palabras clave

Recubrimiento, corrosión, segregación inversa, pseudodorado, pseudorecubrimiento.

Abstract

Since the beginning of metallurgy the humanity has covered one metal with another, for different reasons; to give it a noble metal appearance, to improve its mechanical properties, or to increase its corrosion resistance. The techniques developed to produce these coatings are very diverse and have varied throughout history. However, there are occasions when various natural phenomena layers of metallic coatings are confused with those made by the hand of man. The study of these coatings implies the use of invasive analysis techniques. The non-invasive analysis such as X-ray fluorescence (XRF) do not have the ability to discriminate between the coating and the substrate on which it is applied, nor do they have the ability to provide information of the nature and manufacturing technique of it. The present work tries to be a brief guide about how to identify some of these metallic pseudocoatings and to understand their nature.

Keywords

Coating, corrosion, inverse segregation, pseudogilding, pseudocoating.



El hombre siempre ha buscado recubrir con diferentes metales otro tipo de materiales, podemos encontrar múltiples ejemplos en escultura de madera, elementos orgánicos como el cuero, etcétera. En patrimonio cultural es común encontrar metales recubiertos por metales, pátinas u otro tipo de recubrimientos. Las razones para recubrir un metal con otro material fundamentalmente son de tres tipos:

1. Mejora de las propiedades mecánicas. Estos recubrimientos se aplican para optimizar propiedades como la dureza o la resistencia al desgaste, entre otras.
2. Proteger de la corrosión. Estos recubrimientos tienen como fin resguardar al metal del sustrato, que es susceptible de corroerse ya que no forma una capa pasiva protectora, con otro material que sí forma una capa de óxido para ese fin.
3. Mejorar la apariencia visual del objeto. Por lo general consisten en recubrir con un metal noble (como oro, plata o cobre), otro metal que no lo es. El objetivo de estos recubrimientos es dotar al objeto de un valor superior, ya sea como lujo o como falsificación. Dentro de este grupo entrarían también aquellos recubrimientos no metálicos cuyo fin es dar al objeto un color determinado, como las pinturas y las pátinas.

Como se puede ver en la figura 1 el campo de los recubrimientos es extremadamente amplio y complejo, como para poder abarcar el tema en un sólo artículo.

En el presente trabajo se aborda un grupo determinado de “recubrimientos metálicos” o “pseudorecubrimientos”, que se producen de manera accidental debido a las condiciones en las que se da el proceso de manufactura del objeto, o bien son producto del proceso de deterioro del metal.

Existen diversos estudios sobre estos pseudorecubrimientos, que muestran que son muy fácilmente confundibles con recubrimientos efectuados por la mano del hombre. Estas investigaciones se centran de forma aislada en alguno de estos pseudorecubrimientos. El objetivo del presente trabajo es describir y agrupar estos últimos, con el fin de servir como una breve guía sobre su apariencia, naturaleza, y forma de identificarlos.

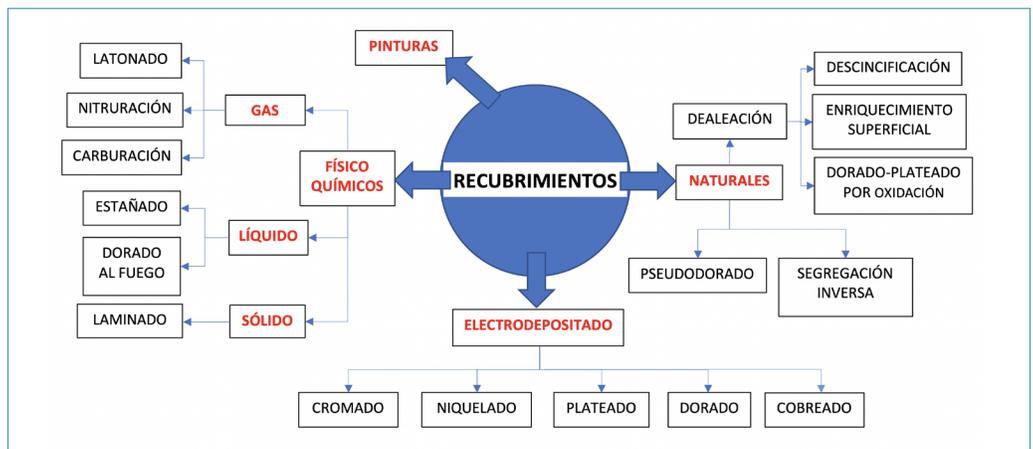


Figura 1. Clasificación de los recubrimientos aplicados sobre metales. Aquí sólo se abordan los recubrimientos naturales o pseudorecubrimientos. Imagen: ©Ángel García Abajo.



El estudio de recubrimientos

Para el estudio de los recubrimientos metálicos se requiere por lo general del uso de técnicas invasivas como la metalografía, debido a diferentes razones:

1. Frecuentemente el recubrimiento consta de varias capas, ya que, si éste ha sido aplicado haciendo uso de calor, se producirá un frente de difusión.¹ También es frecuente que se encuentre más de un recubrimiento, que puede ser de naturaleza o temporalidades distintas. En otras ocasiones existen productos de corrosión depositados sobre el recubrimiento.

Todo esto hace que exista una estratigrafía determinada en la superficie metálica, muy similar a la que se pueda encontrar en el estudio de obras pictóricas.

Por esas razones es necesario caracterizar cuál es la secuencia de estos estratos, tarea que es prácticamente imposible si no se toma una muestra o se realiza un corte estratigráfico.

2. Muchos de los metales empleados en los recubrimientos son nobles, como el oro o la plata. Estos metales son muy densos, por lo que la capacidad de penetración de técnicas de análisis como la fluorescencia de rayos X (FRX) se ve muy limitada.

A esto hay que añadir que las capas de recubrimientos metálicos pueden llegar a ser muy gruesas (de decenas a cientos de micras), por lo que la capacidad de penetración de las técnicas de análisis superficiales no invasivas se ve muy menguada.²

3. Los metales son sustancias muy inestables y muy reactivas con el medio ambiente, de tal forma que los mismos procesos de corrosión y deterioro de los metales, y en especial cuando está presente un metal noble, producen que la composición química de la capa superficial se altere, perdiéndose grandes cantidades del metal menos noble de la aleación y dando lugar a lo que se conoce como "enriquecimiento superficial", fenómeno por el que parece haber una mayor concentración del metal más noble en la superficie.

La medición FRX, al ser superficial, mostrará una concentración mucho mayor del metal más noble de la aleación de la que realmente existe en el objeto.

4. Las técnicas de análisis superficiales no invasivas aportan muy poca información acerca de la microestructura u otra posible característica que pueda revelar cuál fue la técnica utilizada para la aplicación del recubrimiento en cuestión.

¹ El calor favorece el movimiento atómico, de tal forma que los átomos de metal del recubrimiento se difunden a través de la estructura atómica del metal a recubrir, penetrando en el mismo y formando un frente de difusión. La extensión del mismo depende de los metales participantes y de la temperatura y el tiempo de calentamiento.

² La penetración en metales muy densos como el oro, plomo o platino, es de 10 µm o menos. En materiales más ligeros puede llegar a varios milímetros.



Los análisis FRX y la espectroscopía de rayos X de energía dispersa de rayos X (EDS) sólo aportan información sobre la composición química del metal o aleación. No se puede obtener aquella acerca de la microestructura del metal, por lo tanto, no es factible determinar la técnica de manufactura o los mecanismos de corrosión y deterioro que afectan a la pieza.

Ese último aspecto es de especial importancia para poder conocer la naturaleza de un pseudorecubrimiento, ya que el estudio de la microestructura es fundamental para definir si existe un recubrimiento metálico, y si éste se debe a un fenómeno natural o artificial.

Es por tanto imprescindible el estudio metalográfico con toma de muestra para realizar el análisis adecuado de un recubrimiento metálico.

Ahora bien, el estudio metalográfico, al ser de tipo invasivo, ha de ser respetuoso con la apariencia visual del objeto, de tal forma que la toma de la muestra debe de ser lo más pequeña posible y efectuarse en un lugar que no afecte a la apariencia del objeto.³

De preferencia, la extracción se hará con un arco de sierra de joyero o con una herramienta mecánica, siempre y cuando no se produzca un exceso de calentamiento por fricción. Se desaconseja el uso de gubias o cualquier otro objeto similar, ya que deforman excesivamente la microestructura del metal.

De no ser esto viable, se debe desistir de practicar el análisis metalográfico, aunque ello suponga una gran pérdida de información.

Pseudorecubrimientos

Un pseudorecubrimiento metálico se puede definir como una capa metálica, o de apariencia metálica, que se encuentra en el exterior del objeto y que difiere del metal sobre el que se encuentra, tanto en composición como en microestructura, y cuya formación se debe a un proceso natural, ya sea de tipo químico o físico. Dentro de esta definición se pueden distinguir:

1. Aquellos pseudorecubrimientos que se formaron de manera fortuita durante el proceso de manufactura del objeto debido a las condiciones en las que se fabricó el mismo.

Dentro de esta categoría se encuentran la carburación y decarburación accidental y la segregación inversa.

2. Aquellos pseudorecubrimientos que se originaron posteriormente a la elaboración del objeto debido a procesos de corrosión y deterioro. En tal caso, la naturaleza del pseudorecubrimiento se debe tanto a causas relacionadas con la composición química y microestructura del objeto, como a las condiciones ambientales en las que se encuentra.

Dentro de este grupo se incluyen ciertos fenómenos producidos por procesos de corrosión como de desaleación, entre los que se encuentran la descincificación y el enriquecimiento superficial. También la formación de productos de corrosión como el pseudodorado.

³ El tamaño de la muestra depende del tipo de objeto y características como la dimensión.



A continuación se describe cada uno de estos pseudorecubrimientos, especificando en qué tipo de aleaciones y en qué circunstancias se producen, cómo se forman y cómo se puede distinguirlos.

Pseudorecubrimientos producidos por el proceso de manufactura

Carburación/decarburación accidental

¿En qué metales aparece?

Hierro y aceros elaborados por forja.

¿En qué tipo de piezas aparece?

En cualquier pieza de hierro y acero (armas blancas, herramientas, clavos, etcétera) elaboradas por forja, por lo que es muy común observarlo en piezas de contexto arqueológico.

¿En qué consiste?

El hierro se alea con carbono, con el fin de obtener un acero, mucho más duro y que tiene la capacidad de ser templado.

Desde la antigüedad, objetos como armas o herramientas de corte (hoces, tijeras, guadañas, entre otras) se han sometido a un proceso intencional, conocido como carburación, en especial aquellos fabricados a partir de hierro obtenido por reducción directa.

La finalidad del carburado era aumentar la dureza del filo o de la superficie de corte, incrementando el contenido en carbono, que a la vez permitía el temple, mientras que el interior del objeto, al tener una menor cantidad de carbono, le otorga cierta flexibilidad y ductilidad que impiden que la herramienta se fracture ante un impacto.

Para ello, tras forjar el objeto, se introducía al mismo en una atmósfera rica en carbono y a alta temperatura por un determinado tiempo. La formación del recubrimiento es, por lo tanto, por difusión sólido (carbono)-sólido (hierro).

El medio carburante podían ser las mismas brasas del carbón vegetal utilizadas por el herrero para generar calor.



Figura 2. Carburado intencional de una hoja de una hoz. El espesor de la capa carburada que aparece en el exterior, en color gris oscuro, es de más de 300 μm . Micrografía X200, campo claro, atacada con Nital.

Imagen: ©Ángel García Abajo.

Se consigue así una capa de acero muy dura y resistente al desgaste, con un contenido rico en carbono (en muchas ocasiones superior al 1%) (figura 2), de un espesor considerable. Esta capa acerada en el exterior del objeto se encuentra sobre un hierro mucho más blando y con un contenido en carbono mucho menor (Scott, 1992).

El carburado en muchas ocasiones es intencional, sin embargo, en otras es puramente accidental y se debe a que el herrero dejó el objeto de hierro depositado sobre un foco de calor que genera carbono. Al estar a alta temperatura por cierto tiempo (generalmente un periodo corto), se produce algún enriquecimiento superficial de carbono, quedando la pieza con cierto grado de acerado en la superficie.

También puede observarse el fenómeno contrario, conocido como decarburado, en el que un objeto acerado pierde parte, o todo, el carbono que contiene en su superficie, debido a que ha estado expuesto a alta temperatura dentro de una atmosfera oxidante, es decir, al aire (figura 3).

¿Cómo se identifica a simple vista?

No presenta ninguna característica apreciable a simple vista.

¿Cómo se identifica al microscopio?

El carburado en general, se reconoce al microscopio, por la existencia de una capa en el exterior muy rica en carbono, fundamentalmente formada por perlita y cementita (más de un 1% de carbono), o de martensita, si el objeto fue sometido a un temple después del carburado (figuras 2, 3B Y 4). Tal capa tiene un color gris o pardo, debido a la presencia del bifásico de perlita, compuesto por láminas alternas de cementita y ferrita.

Las capas de carburados intencionales (figura 2) son por lo general mucho más gruesas y tienen un contenido de carbono mayor que las de los carburados accidentales (figuras 3B y 4). Por otro lado, las capas de carburado accidental suelen aparecer sólo en una de las caras del objeto, la que estuvo en contacto con las brasas de carbón (figura 4), mientras que los carburados intencionales, se dan en ambas caras de la superficie del objeto, ya que casi siempre el hierro se enterraba dentro de las brasas.

Por último, los cristales en los carburados accidentales son diferentes a los del interior (figura 4B). Suelen ser más grandes y presentar una morfología alargada y orientados hacia el exterior. Esto se debe al proceso de recristalización y crecimiento excesivo de grano, producido por efecto del calor en la cara carburada.

El decarburado es el fenómeno contrario al carburado y consiste en la pérdida superficial de carbono, por lo que se origina una capa menos rica en carbono en la superficie del metal. Se observa al microscopio, como una serie de granos de ferrita (menos de 0.08% de carbono), de gran tamaño, y alargados, que se forman por la pérdida de carbono en superficie y la recristalización de la microestructura al permanecer el objeto al rojo y expuesto al aire (figura 3A).

En ambos casos, tanto en el carburado (ganancia de carbono, para obtener una superficie más acerada), como en el decarburado (pérdida de carbono para obtener una superficie menos acerada), los porcentajes de carbono en el exterior son diferentes que en el interior y por tanto varían las propiedades mecánicas.



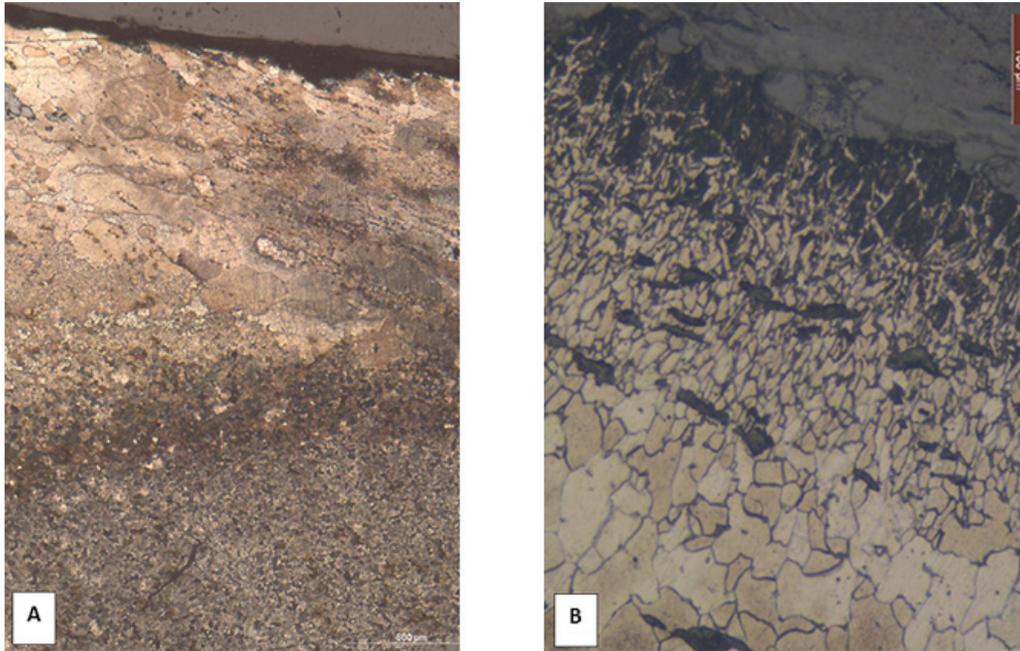


Figura 3. Superficies de dos clavos. *A)* Clavo decarburado, se observan grandes granos de ferrita, producidos por la recrystalización y pérdida de carbono. Micrografía X50, campo claro, atacada con Nital. *B)* Clavo carburado accidentalmente. Delgada capa de colonias de perlita (aproximadamente 0.7-0.8% de carbono), formadas en el exterior debido a la absorción de carbono. Micrografía X200, campo claro, atacada con Nital. Obsérvese que el espesor de esta capa es considerablemente menor que el de la capa de carburado intencional de la figura 2, y que los granos de ferrita recrystalizaron y están orientados perpendicularmente a la superficie, debido al efecto del gradiente de calor. *Imagen: ©Ángel García Abajo.*

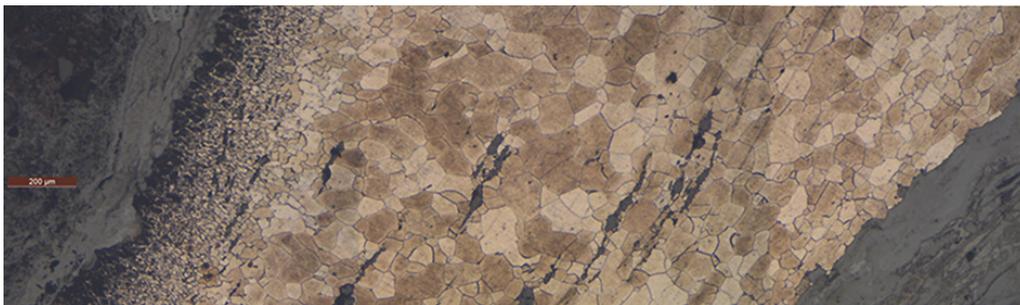


Figura 4. Sección de un clavo, sólo una de las caras presenta carburación y recrystalización. Micrografía X100, campo claro, atacada con Nital. *Imagen: ©Ángel García Abajo.*

Segregación inversa

¿En qué metales aparece?

Principalmente en bronce de estaño (Cu-Sn) y bronce arsenicales (Cu-As).

¿En qué tipo de piezas aparece?

En objetos de fundición, con mayor facilidad cuanto mayor es el tamaño del objeto, por ejemplo, en campanas. También aparece en bronce que solidificaron lentamente.

¿En qué consiste?

El fenómeno se produce en objetos que han sido conformados por fundición y colada, y se origina por las condiciones en las que se da el proceso de solidificación (figura 5).

El metal fundido, al verterse en el molde, comienza a solidificar, formándose una mezcla sólido-líquido, en la que la fase sólida se hace más rica en uno de los aleantes (el que solidifica a mayor temperatura), mientras que el líquido se enriquece en el que solidifica a menor temperatura, y que por lo tanto permanecerá líquido a temperaturas más bajas.

En los bronce de estaño (aleación Cu-Sn), el sólido se enriquece en cobre, formando la fase α primaria, mientras que el metal que aún permanece fundido se va enriqueciendo cada vez más en estaño.

Conforme el metal va solidificando, se produce un fenómeno físico paralelo: la contracción.

Al solidificar parcialmente el metal fundido, el sólido empieza a sufrir una contracción, disminuyendo el volumen. Esto fuerza al metal que aún permanece en estado líquido (y que se ha enriquecido en estaño), a ser expulsado hacia el exterior.

Según se va enfriando el metal los remanentes del bronce líquido, muy rico en estaño, se proyectan hacia la parte externa, hasta que finaliza el proceso de solidificación, formando un recubrimiento abundante en el aleante de menor punto de fusión. En el caso del bronce se trata de un recubrimiento de estaño (Scott, 1992).

Tal tipo de recubrimiento de estaño no se debe confundir con el de la hojalata (que es de estaño sobre hierro), ya que en la hojalata sí se trata de un recubrimiento intencional con fines decorativos y de protección anticorrosiva.

En la hojalata el estaño se adiciona sobre el hierro. En la segregación inversa, el estaño es parte de la aleación inicial del bronce, y se separa (segrega) de la aleación por un mecanismo de solidificación-contracción.

¿Cómo se identifica a simple vista?

El objeto presenta un color plateado. Como ya se dijo, ese fenómeno es frecuente en campanas. En el vitral del “fundidor de campanas” (siglo XIII) de la catedral de York, en Inglaterra, las campanas representadas en el mismo presentan tonos dorados, propios de un bronce, y plateados, propios de la segregación inversa.



¿Cómo se identifica al microscopio?

Al microscopio (figura 5, B) se observa que el interior del objeto presenta una microestructura dendrítica, propia de una fundición, casi siempre formada por dendritas muy poco ramificadas, debido a una solidificación y enfriamiento lentos.

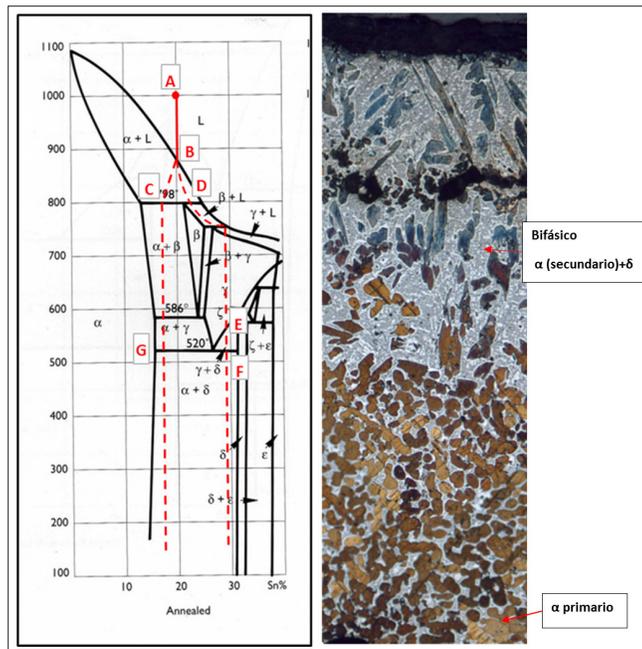


Figura 5. Diagrama de fases del bronce (Cu-Sn) para una aleación 80% Cu-20% Sn. En (A), el metal se encuentra fundido a 1000°C, al verterse en el molde comienza a enfriarse y a 875°C empieza la solidificación (B), entre los 875°C y los 798°C, coexiste la fase sólida α (primaria) y el remanente líquido, que se enriquece en estaño (D). A 798°C, termina la solidificación (C), pero el líquido es expulsado por la contracción del metal, formando finalmente un bifásico α (secundario)+ δ , muy rico en estaño (E y F). En G se marca la transición de cambio de fase de alfa+gamma a alfa+delta (que es la que se puede ver a temperatura ambiente) y se da al enfriarse la aleación por debajo de los 520°C. Micrografía X50, campo claro, atacada con cloruro férrico. Imagen: ©Ángel García Abajo.

Las dendritas (en el caso de los bronce de estaño), están constituidas por la fase α (primaria), formada por la solidificación de la aleación por encima de los 798°C.

Los espacios interdendríticos están ocupados por el bifásico α (secundario) y fase δ . Este bifásico, más rico en estaño, se forma al solidificar el líquido remanente, por debajo de los 798°C y es más abundante en el exterior del objeto, formando lo que aparenta ser un recubrimiento.

Tal pseudorecubrimiento se caracteriza por presentar una microestructura formada casi en exclusiva por el bifásico α (secundario) y fase δ , en donde el porcentaje de estaño se eleva a valores próximos al del eutéctico (27% Sn).

Dealeación. Descincificación

¿En qué metales aparece?

Latón (Aleación Cu-Zn).

¿En qué tipo de piezas aparece?

Objetos sometidos a condiciones ambientales especiales, como ambientes ricos en cloruros (piezas de arqueología subacuática), y en atmósferas con presencia de amoníaco.

¿En qué consiste?

La descincificación es un fenómeno de corrosión que se da en latones. El zinc es menos noble que el cobre y por esta razón se comporta como ánodo frente al cobre. El mecanismo de la descincificación todavía no está bien definido.

Parece ser que en principio se produce la dilución tanto del cobre como del zinc. Posteriormente el cobre se redeposita, al tener carácter catódico frente al zinc, pasa a disolución.

La descincificación se da en ciertas aleaciones y ciertos medios, en especial en agua de mar. La adición al latón de un 1% de estaño (latón del almirantazgo) mejora la resistencia del metal a la descincificación (Fernández, 1984).

¿Cómo se identifica a simple vista?

Superficialmente el objeto presenta el color del cobre y un aspecto poroso.

¿Cómo se identifica al microscopio?

Se observa una capa externa de grosor variable, de color rojizo y aspecto poroso.

En el interior del objeto, donde todavía no ha llegado la corrosión, el latón permanece inalterado, presentando un color amarillo, y la microestructura correspondiente al proceso de manufactura de la pieza.

El análisis químico del metal muestra que el zinc prácticamente ha desaparecido de la capa descincificada mientras que, en el interior de la pieza, que no se encuentra afectada por la corrosión, el contenido en zinc es alto (figura 9).

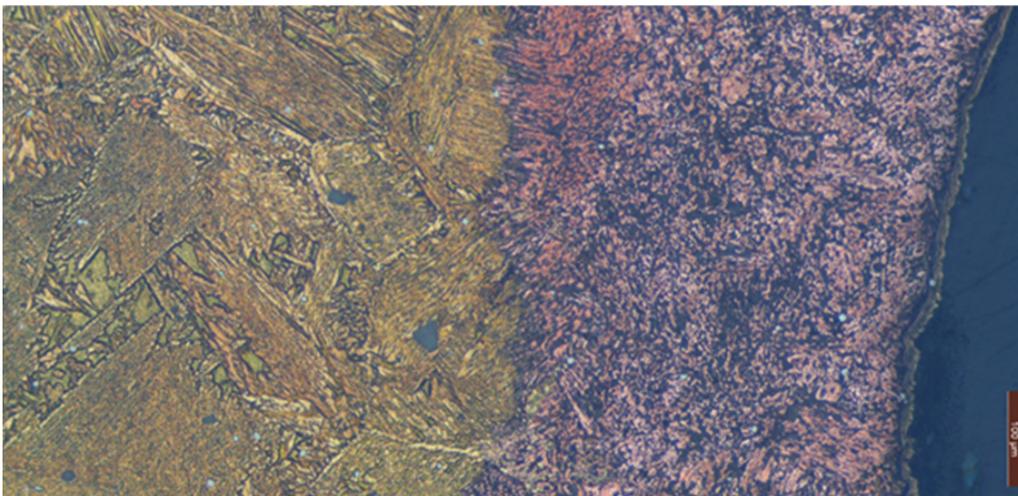


Figura 6. Latón templado en el que se ha producido un fenómeno de corrosión por descincificación. Micrografía X200, campo claro, atacada con cloruro férrico. Imagen: ©Ángel García Abajo.



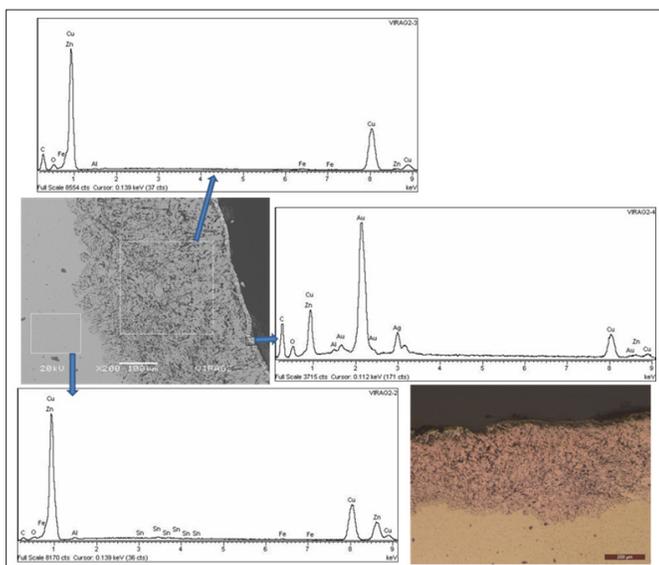


Figura 7. Análisis químico, mediante EDS de la muestra de la figura 6. En el interior del metal, el contenido en zinc es considerable (abajo). En la capa afectada por la descincificación, el zinc desaparece casi por completo (en medio). Por último, sobre la capa descincificada se observa que se aplicó un dorado (arriba).
 Imagen: ©Ángel García Abajo.

Dorado o plateado por oxidación. Enriquecimiento superficial

¿En qué metales aparece?

Plata y sus aleaciones (Ag-Cu, etcétera), tumbagas (aleaciones Au-Ag-Cu) y aleaciones de oro.

¿En qué tipo de piezas aparece?

Cualquier objeto elaborado con estos metales: orfebrería, numismática, hilos metálicos, etcétera. En cualquier entorno, arqueológico (terrestre y subacuático) o atmosférico.

¿En qué consiste?

Es un fenómeno muy similar a la descincificación.

Tomando como ejemplo la plata, ésta suele estar aleada con cierta cantidad de cobre, el cobre actúa como ánodo frente a la plata, por lo que el cobre se corroe y se pierde en la superficie de la aleación.

La diferencia en los contenidos de cobre entre la superficie y el interior del objeto, puede superar los 10 puntos porcentuales (Condamín y Picon, 1972). Por esta razón, los análisis superficiales (FRX) de objetos de plata y tumbagas no se pueden considerar concluyentes ya que puede haber fuertes variaciones respecto al interior por la pérdida del aleante.

Este fenómeno se conoce como enriquecimiento superficial de la plata. El término no es del todo correcto, ya que el aumento porcentual de la plata en la superficie no responde a un incremento real de la cantidad de plata, sino que se debe a una disminución en términos absolutos de la cantidad de cobre en la superficie.

Como ya se dijo, el pseudorrecubrimiento se debe a un fenómeno de corrosión natural. Sin embargo, tal proceso también fue utilizado por los pueblos prehispánicos para conseguir un dorado o plateado superficial de forma intencional, y se conoce como “plateado por oxidación” (*deplecting gilding*) (Hosler, 1994).

Consistía en utilizar una aleación con un alto contenido en cobre y un bajo porcentaje de oro o plata como aleación de partida (figura 8). Tal aleación se calentaba con el fin de oxidar la fase rica en cobre de la aleación. Posteriormente, el metal se sumergía en un baño con “ciertas hierbas” (Lechtman, 1988) con el fin de eliminar el cobre oxidado. El resultado final es una superficie rica en plata.

Existen muchos trabajos de arqueometalurgia experimental (Ramírez *et al.*, 2013) en los que se ha recreado el proceso de calentamiento-oxidación-decapado, obteniéndose una capa superficial dorada o plateada.

¿Cómo se identifica a simple vista?

Depende mucho del porcentaje de cobre. En todos los casos el aspecto externo del objeto es el de la plata o del oro.

Para aleaciones con un contenido en cobre menor al del punto eutéctico (figura 8), al estar la fase α rica en cobre (ánodo), que es la que se pierde, formando granos, y el bifásico α secundario + β (rica en plata), en los límites de grano, el objeto es bastante estable y manipulable (figura 9).

Para aleaciones cobre-plata con bajos contenidos en cobre (como es el caso de la plata 925), se forma primero la fase β primaria rica en plata, que actúa como cátodo, mientras que el bifásico α + β secundario, que en este caso actúa como ánodo, se encuentra en los límites de grano, por lo que, al perderse el cobre, aparecen múltiples grietas intergranulares y la pieza suele presentar una alta fragilidad (figura 9).

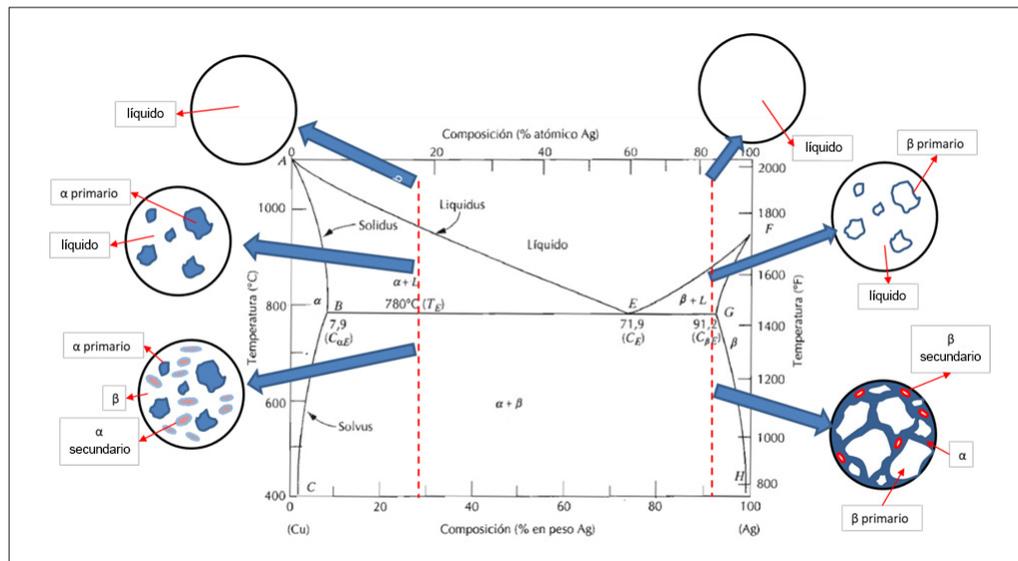


Figura 8. Diagrama de fases Ag-Cu para aleaciones con un porcentaje en cobre menor al 71.9% (punto A), se forma primero la fase α primaria, rica en cobre, que actúa como ánodo, mientras que el bifásico α secundario + β , con un mayor contenido en plata, se forma por debajo de los 780°C, ocupando los límites de grano. Para aleaciones con más de un 71.9% de plata (punto b), se forma primero la fase β primaria, que actúa como cátodo, frente al bifásico que ocupa los límites de grano que, al ser más rica en cobre, se corroe, perdiéndose éste. Imagen: ©Ángel García Abajo.



¿Cómo se identifica al microscopio?

Para aleaciones con menos del 71.9% de plata (alto contenido en cobre) se precian los granos de fase α primaria corroídos, mientras que el bifásico, más rico en plata, aparece inalterado ocupando los límites de grano (figura 9).

Para aleaciones con un alto contenido de plata, superior al 71.9% (bajo contenido en cobre) los granos o dendritas de fase β primaria se encuentran inalterados. El bifásico que ocupa los límites de grano, que en este caso funciona como ánodo, se corroe y se diluye, apareciendo abundantes grietas intergranulares, que hacen que el objeto sea extremadamente frágil (figura 10).



Figura 9. Microestructura de unas pinzas prehispánicas de aleación cobre (76%)-plata (24%). Los granos de fase α primaria se encuentran corroídos. Mientras que el bifásico, más rico en plata, ocupa los límites de grano y se encuentran intactos, confirmando estabilidad a la pieza. Micrografía X500, campo claro, sin atacar.

Imagen: Ángel García Abajo, 2015.

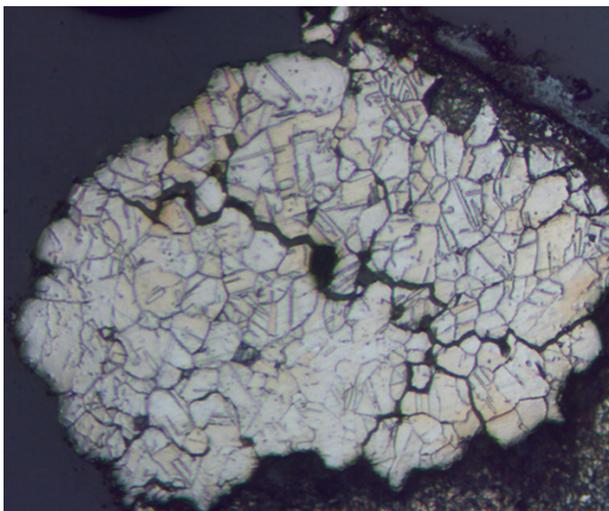


Figura 10. Aleación cobre (4%)-plata (96%). Los granos de fase β primaria muy rica en plata se encuentran inalterados. El bifásico que se forma, más rico en cobre y que ocupa los límites de grano, se corroe dando lugar a la aparición de grietas intergranulares, por lo que el objeto se vuelve frágil y quebradizo. Micrografía X100, campo claro, atacada con nitrato amónico y agua oxigenada.

Imagen: Ángel García Abajo, 2015.

Pseudodorado

¿En qué metales aparece?

En metales como el cobre o el bronce que presentan un recubrimiento artificial de plomo o de aleación plomo-estaño, o bien, en objetos hechos íntegramente en aleación estaño-plomo.

¿En qué tipo de piezas aparece?

Aparece en piezas de contexto arqueológico terrestre, en medios muy específicos; generalmente en lugares propensos a estar anegados de agua y con abundante materia orgánica.

¿En qué consiste?

Es un fenómeno poco frecuente, debido a que sólo se da en determinadas aleaciones y en condiciones muy específicas.

Fue descrita por primera vez por Oddy en monedas recuperadas de las cloacas romanas del río Tíber (Ingo *et al.*, 2006).

Parece ser que afecta a objetos de aleaciones de plomo-estaño (Berger, 2014), o aquellos con un recubrimiento de plomo, o plomo estaño (Ingo *et al.*, 2006; Mezzi *et al.*, 2013).

Aparecen en medios que tienden a estar anegados de agua, con deficiencia de oxígeno (anaerobios), y con abundante cantidad de materia orgánica. Este medio es el indicado para la proliferación de bacterias sulfato-reductoras (Little y McNeil, 1999) que son las causantes de la formación de una capa de pirita (sulfuro de cobre) en la superficie del metal, a expensas del plomo.

Se desconoce con exactitud cuál es el proceso de formación de esta capa de pirita formada por un proceso de corrosión biológica y qué papel desempeña el plomo y el estaño en ese proceso.

En Ciudad de México, el subsuelo presenta un nivel freático muy bajo, debido a que la ciudad está construida sobre una laguna. Esto hace posible que en determinadas zonas se encuentren objetos afectados por pseudodorado.

¿Cómo se identifica a simple vista?

La capa de pirita, que en realidad es una capa de corrosión, presenta un aspecto muy similar a la de un dorado.

¿Cómo se identifica al microscopio?

Se observa una capa superficial, de color dorado, formada por encima del plomo o de la aleación plomo-estaño (figura 11).

Conclusiones

Es bastante frecuente encontrar en los objetos metálicos arqueológicos o patrimoniales recubrimientos de diferentes tipos. La mayoría de ellos son intencionales.

Para caracterizar los recubrimientos, es estrictamente necesario recurrir a técnicas invasivas, ya que esas capas tienen una estratigrafía que difícilmente se puede caracterizar mediante ensayos de tipo superficial.



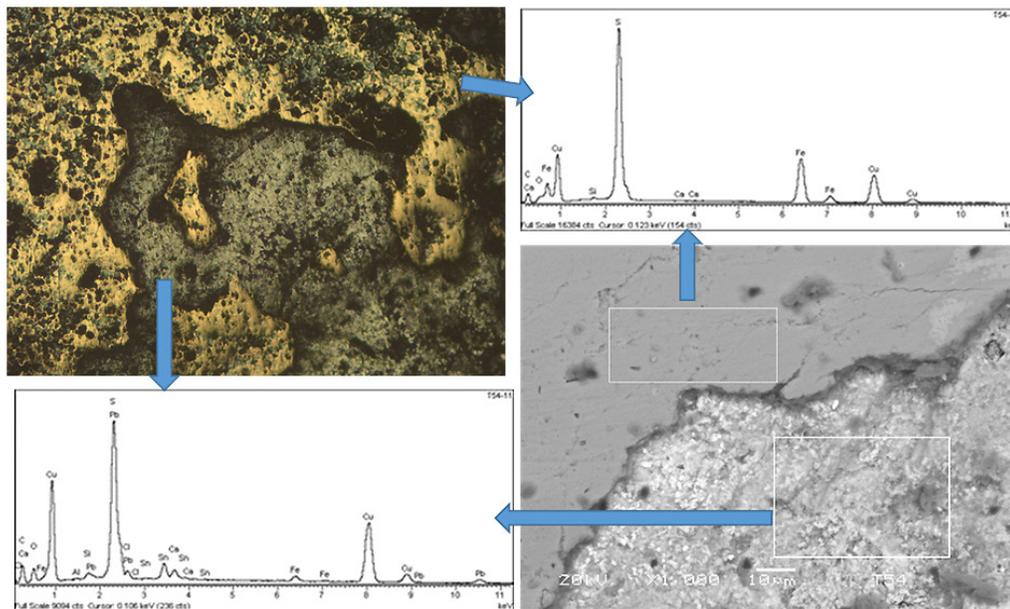


Figura 11. Medalla afectada por pseudodorado. El metal base es cobre con un recubrimiento plomo-estaño. La capa de color dorado que se encuentra en la superficie está formada por pirita (CuS) y calcopirita (CuFeS). Imagen: ©Ángel García Abajo.

Pero también en no pocas ocasiones, esos recubrimientos son originados de manera fortuita por el mismo proceso de manufactura del objeto, tal y como es el caso de la carburación, la decarburación o la segregación inversa.

Estos recubrimientos accidentales son por sí solos indicativos de cuál fue el proceso de manufactura del objeto, y en el caso de la segregación inversa, también son los responsables de la apariencia estética del mismo. Por ello se deben respetar y preservar.

El segundo grupo de pseudorrecubrimientos, lo constituyen aquellos que se formaron por el mismo proceso de deterioro del objeto, tales como la descincificación, el enriquecimiento superficial y el pseudodorado.

Este tipo de pseudorrecubrimientos son fruto de un proceso de corrosión que afecta el aspecto visual de la obra. Queda pendiente el debate de la conveniencia o no de conservarlos o no.

La finalidad del texto es la de servir de breve guía para la identificación y comprensión del mecanismo de formación, materiales y entorno en los que aparecen cada una de estas pseudopátinas.

*



Agradecimientos

Agradecer las facilidades prestadas, colaboración y apoyo al ingeniero Mario Monroy, de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del INAH, por su colaboración en la investigación con el MEB/EDS.

A los responsables del laboratorio de enseñanza de la ENCRyM, Luz Esperanza López Méndez e Ignacio Castillo González, por su ayuda en lo referente a los estudios de microscopía óptica.

A los siguientes restauradores y arqueólogos que tuvieron bajo su resguardo las piezas que han servido para ilustrar este trabajo:

A las restauradoras Jannen Contreras, Gabriela Peñuelas Guerrero y a Daniela Lira, del Taller de Metales de la ENCRyM.

A la Dra. Katia Perdigón Castañeda y la Rest. Sara Fernández Mendiola, restauradoras de la CNCPC.

Al arqueólogo José Antonio López Palacios, de la CNCPC-INAH.

Al Dr. Sergio Escribano Ruiz y al Mtro. Eneko Orueta Iradi, del grupo de investigación del patrimonio construido de la Universidad del País Vasco (Vitoria-Gasteiz, España).

Referencias

Berger, Daniel (2014) "Composition and decoration of the so-called 'Zinnfigurenstreifen' found in Magdeburg, Saxony-Anhalt, Germany", *Restaurierung und Archäologie* (7): 65-80.

Condamín, J. y Picon, J. C. (1972) "Changes suffered by coins in the course of time and influence of these on the results of different methods of analysis", *Royal Numismatic Society* (8): 49-80.

Fernández, José A. (1984) *Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas/Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas.

Hosler, Dorothy (1994) *The Sounds and Colors of Power: The Sacred Metallurgical Technology of Ancient West Mexico*, Cambridge, MIT press.

Ingo, G.M. , De Caro, Tilde, Ricucci, Cristina, y Khosroff S. (2006) "Uncommon corrosion phenomena of archaeological bronze alloys", *Applied Physics A*, 83 (4): 581-588.

Lechtman, H. N. (1988) "Traditions and styles in Central Andean metalworking" en Robert Maddin, *The Beginning of the Use of Metals and Alloys: Papers from the Second International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys, Zhengzhou, China, 21-26 October, 1986*, Cambridge, MIT Press, pp. 344-378.

Little, M. B., y McNeil, M.B. (1999) "The use of mineralogical data in interpretation of long-term microbiological corrosion processes: sulfiding reactions", *Journal of the American Institute for Conservation*, 38 (2): 186-199.

Mezzi, Alessio, Ricucci, Cristina, De Caro, Tilde, Faraldi, Federeica, Veleri, C., y Caschera, D. (2013) "Unusual surface degradation products grown on archaeological bronze artefacts", *Applied Physics A*, 113 (4): 1121-1128.

Ramírez, José, Carrera, Jorge, Noguez, María Eugenia, y Salas, Guillermo (2013) "La difusión en el dorado por oxidación de una aleación cobre-oro-plata", *Revista Colombiana de Materiales* (5): 84-90.

Scott, D. A. (1992) *Metallography and Microstructure an Ancient and Historic Metals*, Los Angeles, Getty Foundation.



Toma de muestras microbiológicas por el Dr. Julio Sierra.

Imagen: ©Montserrat Gómez, UPC, 2018.



La exposición microbiológica, un riesgo laboral latente para el restaurador

José Julio Sierra García de Quevedo,* José Alejandro Rueda Cruz* y Alma Montserrat Gómez Sepúlveda**

* Museo de Ciencia y Tecnología “Guillermo Santoscoy Gómez” Unidad de Patología Clínica

** Escuela de Conservación y Restauración de Occidente

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de cultivos microbiológicos recolectados de una escultura policromada y realizados previamente a su proceso de restauración, con la intención de identificar agentes de riesgo biológico que pudieran representar un peligro para la salud del conservador-restaurador. Se practicaron intencionalmente en la región del cuello y el hombro de la figura de un Cristo del siglo XVI por estar compuestos de material orgánico como es el cabello y el cuero. Las muestras se sembraron durante un periodo de 21 días en agar dextrosa Sabourad. El crecimiento observado corresponde a hongos de *Aspergillus flavus*, *Trichotecium spp* y *Cladosporium spp* especies que se han identificado como dañinas para la salud. Mediante el presente trabajo se pretende concientizar a los conservadores-restauradores sobre la necesidad de elaborar protocolos de seguridad biológica previos a abordar una obra para su restauración y así evitar el desarrollo de una enfermedad ocupacional.

Palabras clave

Hongos; cultivo microbiológico; riesgo biológico; enfermedad ocupacional; restauración; bienes culturales.

Abstract

*This work presents the results of microbiological cultures practiced on a polychrome sculpture made prior to its restoration process, with the intention of identifying biological risk agents that could represent a health hazard for the conservator-restorer. They were intentionally practiced in the neck and shoulder region of a Christ from the 16th century because they are made of organic material such as hair and leather. The samples were sown for a period of 21 days in Sabourad Dextrose agar. The observed growth corresponded to fungi of *Aspergillus flavus*, *Trichotecium spp* and *Cladosporium spp* species that have been identified as harmful to health. Through this work, the aim is to make conservators aware of the need to develop biological safety protocols to approach a work prior to its restoration to avoid the development of an occupational disease.*

Keywords

Fungi; microbiological culture; biological risk; occupational disease; restoration; cultural assets.



En la conservación del patrimonio cultural los restauradores tienen como principal objetivo la preservación material de los bienes que intervienen, cuidando que el resultado tenga un impacto en la sociedad o sobre la persona interesada en su custodia. Para lograr esto se realizan todas las acciones necesarias para garantizar que el resultado final sea exitoso, aunque en muchos casos, sin saberlo, se pone en riesgo la salud del restaurador.

En términos de seguridad laboral, la principal preocupación del conservador al intervenir una obra, o por lo menos en la que se tiene mayor cuidado y consciencia, es ante la utilización de disolventes, para lo cual se emplean mascarillas con filtros para vapores orgánicos, bata, guantes, lentes protectores, etcétera. Dichas precauciones se han generalizado en el gremio dado que es relativamente fácil exponerse a vapores de disolventes, además de evitar el contacto directo con deyecciones de animales o insectos. Lo anterior se fomenta desde la formación del conservador restaurador, haciéndole consciente del daño a la salud que cada uno de estos agentes puede ocasionar. No obstante, pocos restauradores toman en cuenta que existen otros riesgos que, al no ser perceptibles, son completamente pasados por alto y pueden generar problemas graves de salud, como es el caso de la presencia de microorganismos no parasitarios en el patrimonio.

Antecedentes

En la bibliografía existen pocos documentos escritos que aborden el tema del riesgo que representan hongos y bacterias en la salud del restaurador (Castro, 2012: 3; Ramírez, 2011: 4; Junta de Castilla y León, s.f.: 5; Sanz, 2011: 47), en casi todos estos documentos se hace mención del daño que los microorganismos pueden provocar en los bienes culturales y únicamente se les menciona cuando el deterioro provocado por éstos es grave o perceptible a simple vista; sin embargo, no se señala el riesgo al que se expone el profesional, más aún cuando su presencia es imperceptible. La falta de consciencia o desconocimiento del riesgo que representan los microorganismos para la salud del conservador-restaurador implica que al intervenir un objeto no se tomen las precauciones necesarias para proteger vías de exposición como son la piel y las mucosas.

Una de las pocas referencias bibliográficas que abordan tal tema es el artículo de Vivar *et al.*, del Laboratorio de Conservación Preventiva del Archivo Nacional de la República de Cuba (2016). En el texto, las autoras evaluaron el impacto de los hongos en la conservación del patrimonio documental, efectuaron el monitoreo de las condiciones ambientales e identificaron especies existentes directamente de los documentos. Aunque es un antecedente importante para la presente investigación, trata en mayor medida del daño que los hongos identificados ocasionan a las obras estudiadas y no a la generación de consciencia en torno a la salud del restaurador.

De manera empírica los profesionales de la conservación como restauradores, museógrafos e historiadores refieren padecimientos que podrían asociarse con la exposición laboral a cultivos de microorganismos presentes en las obras que intervienen. Generalmente cuando los conservadores-restauradores se enfrentan por primera vez a una obra pasan directamente a valorar el objeto sin evaluar previamente la posible presencia de microorganismos y las condiciones medioambientales en el que se encuentra la obra, que pueden ser un factor biológico de riesgo laboral.



La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el riesgo como la probabilidad cuantitativa de que un efecto a la salud ocurra después de que un individuo ha sido expuesto a una cantidad específica de un peligro, que la misma institución define como el potencial que tiene un agente ambiental para afectar la salud.

En diferentes ámbitos laborales, especialmente donde se involucra la exposición a factores medioambientales con riesgo potencial, el trabajador está expuesto a contingencias y eventualidades si es que no toma las precauciones necesarias. En ese contexto, una situación de riesgo biológico en el ámbito laboral sería cualquier infección, alergia o toxicidad causada por microorganismos (con inclusión de los genéticamente modificados, los cultivos celulares y los endoparásitos humanos) que puede contraer el trabajador (Gestal, 2003).

La clasificación de riesgos de exposición según la Organización Panamericana de la Salud (PAHO por sus siglas en inglés) se clasifica con base en la naturaleza de los mismos. Se consideran como riesgos y peligros biológicos los producidos por bacterias, virus y parásitos patogénicos, determinadas toxinas naturales, toxinas microbianas y metabolitos tóxicos de origen microbiano (PAHO, s.f.). Entre los vectores que favorecen la contaminación cruzada se consideran como fuentes de riesgo las manos de los profesionales al entrar en contacto con superficies contaminadas, superficies húmedas o mojadas, polvorientos o en condiciones precarias y, por supuesto, la presencia de materia orgánica contaminante, y como un factor de riesgo no utilizar técnicas básicas de protección a la salud.

En cuanto a microorganismos de importancia epidemiológica asociados a la contaminación ambiental existe una larga lista de bacterias, parásitos y hongos. De entre ellos, por su característica de ubicuidad los mohos u hongos representan un mayor riesgo biológico para profesionistas expuestos a sitios contaminados. El Centers for Disease Control and Prevention (2003) identifica entre los sitios de alta exposición al moho: las tiendas de antigüedades, invernaderos, saunas, granjas, molinos, áreas de construcción, etcétera. Aunque la mayoría de los hongos contaminantes son inocuos, cuando crecen en condiciones favorables de temperatura pueden convertirse en agentes de infecciones oportunistas en un huésped inmunocomprometido o presentarse fenómenos alérgicos por inhalación de las esporas.

De entre los hongos, el género *Aspergillus* spp ocupa los primeros lugares como contaminantes ambientales y representan un peligro que puede ir desde leve a severo (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, 2010). Por lo tanto, profesionistas que trabajan en contacto con objetos antiguos almacenados en lugares húmedos, mal empacados o que se exponen a objetos polvorientos están en riesgo de adquirir una enfermedad ocupacional.

Caso de estudio

La obra estudiada es un Cristo de tamaño natural, de madera policromada y articulado del siglo XVI que se encuentra en culto en la parroquia de Jesús Nazareno en el municipio de Amatlán de Cañas, Nayarit (Figura 1). El municipio se localiza en la parte sureste del estado, limita al norte con los municipios de Ahuacatlán e Ixtlán del Río; al oriente, al poniente y al sur con el estado de Jalisco, es una población que está rodeada de espesa vegetación con alto índice de humedad (Enciclopedia



de los Municipios y Delegaciones de México, s.f.). El periodo más húmedo está comprendido entre el 1 de junio al 28 de octubre. Durante esa temporada la sensación es calificada como bochornosa, opresiva o insoportable por lo menos durante el 19% del año. En el 2018 el día más húmedo fue el 26 de agosto, con un porcentaje de humedad del 74% (Servicio Meteorológico Nacional, 2019).



Figura 1. Cristo de Amatlán de Cañas montado en su cruz y sitio original.
Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.

Dado que la escultura se encontraba en condiciones medioambientales susceptibles de contaminación microbiológica, tales como medio ambiente húmedo, superficies deterioradas y polvorientas, y a que está elaborada con materiales no inertes como la madera, pelo humano y cuero animal, donde la probabilidad de encontrar microorganismos contaminantes es alta, se decidió llevar a cabo un estudio microbiológico para, en caso de ser positivo, concientizar a la comunidad de conservadores-restauradores sobre la presencia de microorganismos que no se aprecian a simple vista y que pueden generar enfermedades ocupacionales cuando no se toman las precauciones de exposición al riesgo biológico.

Metodología de análisis

En la escultura referenciada anteriormente se realizó un muestreo microbiológico encaminado a la detección e identificación de posibles microorganismos contaminantes que pudiera contener. La talla fue desmontada, embalada y trasladada a la ciudad de Guadalajara, Jalisco, a cargo de restauradores profesionales con permiso oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Los cultivos a analizar fueron tomados y sembrados el 6 de octubre de 2018 por personal técnico del Laboratorio de Microbiología de Unidad de Patología Clínica (UPC) en Guadalajara (Figura 2).



Figura 2. Toma de muestras microbiológicas adquiridas por el Dr. Julio Sierra.
Imagen: ©Montserrat Gómez, UPC, 2018.

La toma de muestras mediante hisopado se efectuaron en la región del cuello (Figura 3) conformada por cuero animal y cubierta por una peluca de pelo natural con acumulación de polvo. La otra, en el gozne de la región del hombro derecho, constituida por una rondana de madera cubierta por cuero animal (Figura 4).



Figura 3. Región del cuello donde se adquirió la muestra número 1.
Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.





Figura 4. Región del cuello donde se adquirió la muestra número 2. Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.

Materiales y métodos

Para identificar una posible contaminación microbiológica, el 6 de octubre de 2018 se tomaron dos muestras en la región del cuello y el hombro de una figura de un Cristo del siglo XVI. Los cultivos se tomaron con hisopos Transystem de la marca COPAN Culture Swab Transport System CE 0123 MR. El kit incluye un aplicador fabricado con fibras naturales sin tratamiento químico, sin aditivos o blanqueadores y un medio de transporte a base de tioglicolato de sodio, componente necesario para mantener la viabilidad del organismo a cultivar.

Posteriormente las muestras tomadas se introdujeron en una campana de seguridad biológica clase II type A/B3 para su procesamiento. Una parte de la muestra fue montada en fresco utilizando KOH al 40% y se observó al microscopio (marca Carl Zeiss) para una primera aproximación. A continuación, se inoculó el resto de la muestra en tubos de vidrio de 15 ml con agar dextrosa Sabourad de la marca BD Bioxoncon pH entre 5.5. y 5.6. Ese medio de cultivo deshidratado es ideal para el cultivo de levaduras, hongos y otros microorganismos ácido úricos, especialmente hongos asociados a infecciones en la piel. El medio de cultivo se preparó siguiendo las indicaciones del fabricante Becton Dickinson de México S.A. de C.V., con referencia 210700, número de lote 8060900.

Después de la siembra, los tubos se incubaron en una estufa marca Precision Scientific entre 24°C y 28°C con una humedad relativa aproximada de 45°C por un periodo de 28 días, hechas y aceptadas todas con revisiones semanales. Los cultivos se revisaron al tercer y cuarto día para la detección e identificación de las primeras colonias y posteriormente sólo una vez por semana. Entre la tercera y cuarta semana se realizaron subcultivos en el mismo medio de cultivo para facilitar su identificación.

La técnica empleada para la identificación fue por microscopía óptica, previa tinción con azul de algodón (Lactofenol). Los mohos se identificaron con base en sus características morfológicas, macroscópicas y microscópicas. El estudio se hizo con un microscopio de luz de intensidad controlada EUROStar III plus (YG 0306-0101-3) de LED acoplado a una pantalla y cámara digital de alta resolución para la evidencia fotográfica. No se practicaron pruebas bioquímicas por no considerarse necesario.

Resultados y análisis de datos

La metodología de toma y cultivo de las muestras descrita en el apartado anterior se llevó a cabo por parte del laboratorio de microbiología de la Unidad de Patología Clínica (UPC) de Guadalajara, así como la identificación de las colonias, la cual se hizo macroscópica y microscópicamente mediante el reconocimiento de las características de crecimiento, coloración y formas fúngicas, la confirmación de la presencia de las especies se obtuvo mediante la comparación con bancos de referencias.

Las muestras se observaron al haber transcurrido una semana de cultivo, el 11 de octubre de 2018 (Figura 5), once días después, el 22 de octubre (Figura 6) y cinco días después, el 27 de octubre (Figura 7). Al finalizar se distinguió claramente el ennegrecimiento del cultivo de la región del hombro, identificándose como *Cladosporium* spp (Figura 8). En la tabla 1 se desglosan a detalle las observaciones hechas durante las fechas mencionadas anteriormente, como se puede apreciar, las características pertenecen a los mohos hialinos septados o hipomicetos (Ver tabla 1).

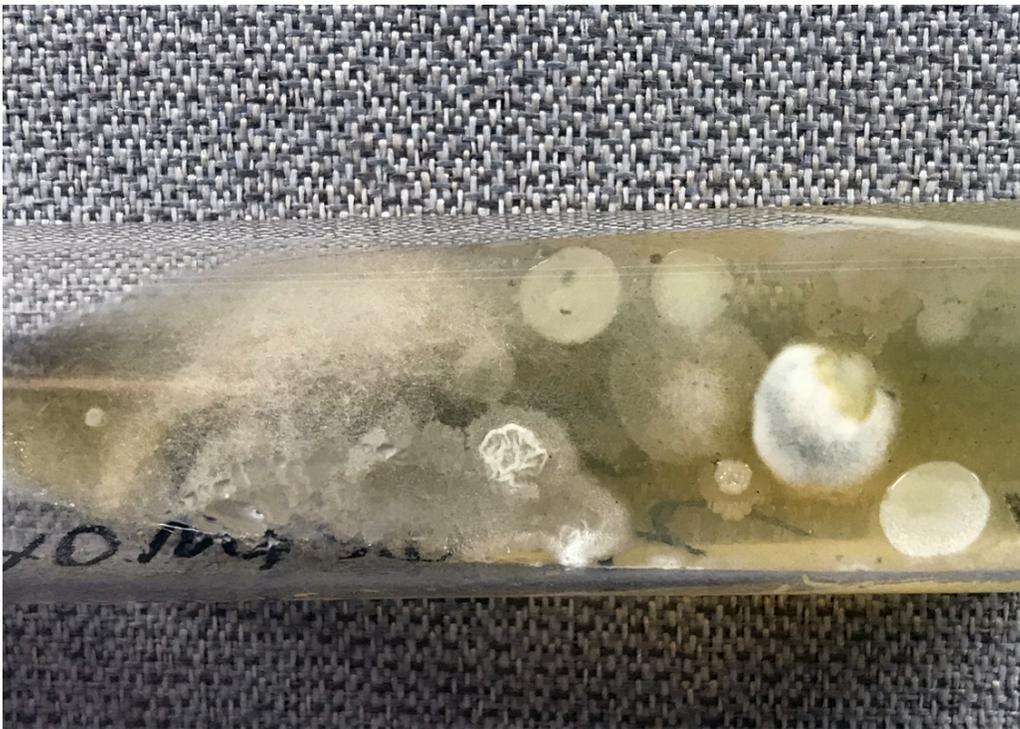


Figura 5. Crecimiento del micelio que sugiere *Aspergillus* spp a los seis días. Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.



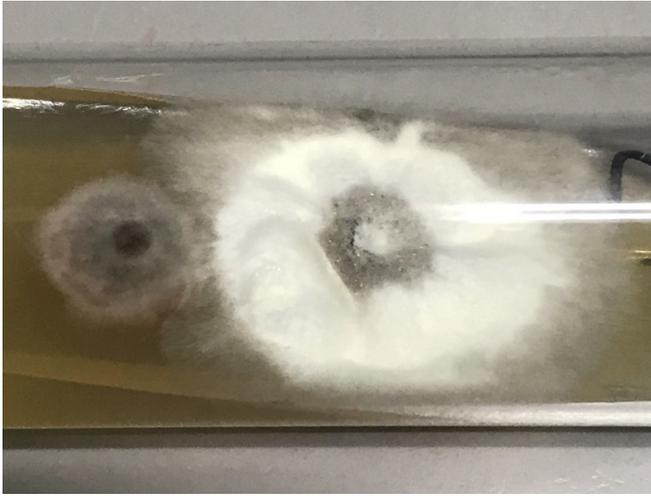


Figura 6. Micelio vegetativo que sugiere *Aspergillus flavus* a los diecisiete días.
Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.



Figura 7. Micelio vegetativo para identificación con expresión de color negrozco para su identificación a los veintidós días.
Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.



Figura 8. Crecimiento miceliar a los veintidós días que sugiere la presencia de *Cladosporium spp.*
Imagen: ©Julio Sierra, UPC, 2018.

Muestra	Zona	Días de cultivo	Fecha	Descripción	Especies identificadas
1	Cuello	6	11 de octubre de 2018	Se observan formación de pelusa que sugiere la presencia de <i>Aspergillus</i> spp.	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>Trichotecium</i> spp.
		17	22 de octubre de 2018	Se identificó crecimiento con cabeza verdosa el cual indica la presencia de un <i>Aspergillus flavus</i>	
		22	27 de octubre de 2018	Identificación de crecimiento micelar negruzco	
2	Hombro	6	11 de octubre de 2018	Se observan formación de pelusa que sugiere la presencia de <i>Aspergillus</i> spp.	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>Cladosporium</i> spp.
		17	22 de octubre de 2018	Se identificó crecimiento con cabeza verdosa el cual indica la presencia de un <i>Aspergillus flavus</i>	
		22	27 de octubre de 2018	Crecimiento micelar negruzco y ennegrecimiento del cultivo posiblemente por <i>Cladosporium</i> spp.	

Tabla 1. Tabla de resultados en el que se resumen la cantidad de días de cultivo, su descripción general vista antes de la identificación al microscopio y la especie final identificada en cada muestra.

Mohos aislados en ambas regiones

En ambas muestras se identificó *Aspergillus flavus* (Figura 9), el cual es uno de los mohos más comúnmente aislado en el área de micología. Las colonias son de crecimiento rápido en forma de pelusa y conforme pasa el tiempo el desarrollo de las cabezas tienen una coloración azul-verdosa. Microscópicamente se observan sus conidióforos con vesículas como globos protegiendo el micelio vegetativo. Su conidióforo es liso, relativamente corto (300-500 μm) extendido en una vesícula en forma de frasco. Las filídes se desarrollan en una hilera única (uniseriada) al eje del conidióforo. Las conidas son rugosas de forma redonda u oval.



Figura 9. Identificación de *Aspergillus Flavus* con azul de lactofenol. Imagen: ©Alejandro Rueda, UPC, 2018.

El *Aspergillus flavus* es el patógeno más importante del género *Aspergillus*. Su característica es de crecimiento rápido y cuando sus cabezas se desarrollan tiene una apariencia amarillo-verdosa. Sus conidas son rugosas, largas (400 a 700 μm), elípticas o redondas. Las filídes son dobles biseriadas.



Mohos aislados exclusivamente en la región del cuello

En la región del cuello se observaron hifas segmentadas sin definir su especie etiológica, que pudieran corresponder a hongos dematiaceos de la especie *Trichotecium* spp. (Figura 10).

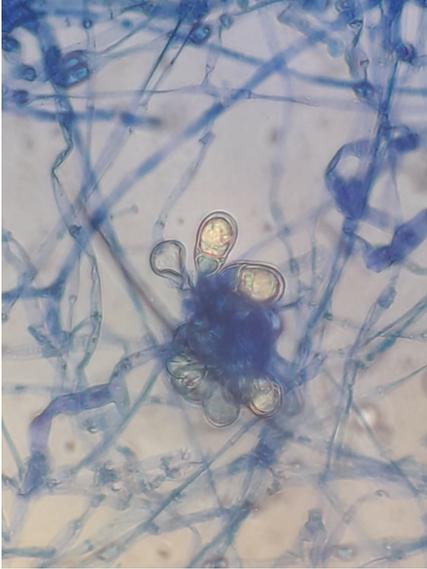


Figura 10. Macroconidias de *Trichotecium* identificadas con azul de lactofenol. Imagen: ©Alejandro Rueda, UPC, 2018.

Hongos localizados exclusivamente en la región del hombro

En ese sitio el crecimiento identificado correspondió al género *Cladosporium* spp. (Figura 11), el cual tiene 25 especies y es el de mayor distribución en regiones cálidas. Es un organismo invasor de árboles durante el otoño y sus colonias son café oscuras a verde grisáceo. Se encuentra en casas poco ventiladas y áreas húmedas (Bonifaz, 2012).

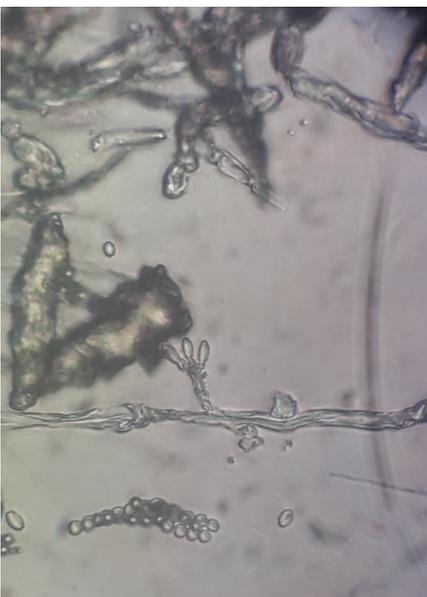


Figura 11. Identificación directa de *Cladosporium* spp. (*Homodendrum*). Imagen: ©Alejandro Rueda, UPC, 2018.

Discusión

Dadas las condiciones medioambientales y el estado físico de la escultura, la probabilidad de encontrar microorganismos contaminantes era alta; principalmente de la familia de los hongos cuya propiedad de ubicuidad en la naturaleza les confiere un carácter universal. Los hongos, microorganismos eucariontes de los cuales, de 50 000 diferentes especies conocidas, se han identificado al menos 200 especies patógenas para el ser humano y aproximadamente de éstos, una docena son responsables de más del 90% de las infecciones por hongos en forma de dermatomicosis. Por otra parte, en años recientes, el incremento de las inmunodeficiencias primarias y secundarias, así como el uso indiscriminado de los antibióticos ha favorecido la presencia de micosis oportunistas en pacientes inmunocomprometidos como la aspergilosis, mucormicosis, criptococosis, peniciliosis y neumocistosis. Otra patología común ocasionada por la inhalación de las esporas que entran al tracto respiratorio como alérgenos patógenos en individuos susceptibles, es la presentación de fenómenos alérgicos que se manifiestan como rinitis alérgica, asma bronquial o alveolitis alérgica, todas ellas clasificadas como enfermedades ocupacionales.

Una vez realizada la identificación del agente contaminante en las diferentes regiones muestreadas de la escultura, podemos confirmar la presencia de microorganismos de tipo fúngico propios de las características medio ambientales y la localización geográfica de la obra en estudio. En este caso se identificaron tres de los mohos contaminantes aerovagantes más comunes, diferenciados por la zona de exposición y del sustrato muestreado.

En la región del brazo se localizaron hongos propios de las áreas que están expuesta a la intemperie, resultando clínicamente significativos el *Cladosporium* y el *Aspergillus* ssp. Estos hongos suelen presentar un desarrollo favorable en regiones cálidas y húmedas. En cuanto al primero se trata de esporulación de tipo *Cladosporium*, con largas cadenas de conidias elípticas sostenidos por conidióforos erectos y ramificados. Es un saprofito de crecimiento rápido que con frecuencia se recupera del aire y está implicado en enfermedades respiratorias alérgicas (Koneman y Roberts, 1987).

El *Aspergillus* ssp. son modos de crecimiento rápido de identificación frecuente en el laboratorio clínico, microscópicamente se caracteriza por cadenas de conidios pequeños u ovals a esféricas sostenidas en cadenas en las puntas de filídes radialmente ubicadas sobre la superficie de ápice dilatado del conidióforo o vesícula. El género de *Aspergillus* está ampliamente distribuido en la naturaleza, donde actúa como saprofito común en granos, hojas, suelo y desperdicios. Los conidios se dispersan rápidamente y el humano más comúnmente se infecta por la inhalación de las esporas transportadas por el aire. Así se generan diversas formas de enfermedad pulmonar incluyendo: aspergiloma, infección broncopulmonar alérgica y neumonía invasiva.

Asimismo, se identificó el hongo *Trichotecium* ssp. aislado en la región del cuello, misma que se encontraba en contacto directo y constante con la peluca polvorienta antes descrita. Tal hongo es propio de textiles, fibras de cabello animal y sintético; las esporas presentes en el polvo que se desprenden de la peluca. Puede provocar afecciones respiratorias, así como efectos adversos en mucosas oculares y cuadros de alergia aguda.



Además de las alergias, las infecciones por hongos se pueden clasificar como micosis primarias, micosis oportunistas, micosis cutáneas y subcutáneas. Los *Aspergillus* ssp. y los *Trichothecium* ssp. están considerados como micosis oportunistas, condicionadas por el estado del mecanismo de defensa del huésped y cuya principal vía de adquisición es a través del tracto respiratorio o por el contacto con superficies con acumulación de polvo (Kayser, Bienz, Eckert, and Zinkernagel, 2005).

Trichothecium ssp. es un hongo filamentoso ampliamente distribuido en la vegetación en el suelo, no se han descrito enfermedades en el hombre o en animales. Microscópicamente se observan conidias, conidióforos e hifas, las conidias son estructuras compartimentadas, de pared gruesa, hialina unidas a las conidias. Se organizan de manera de lado a lado que pueden sobreponerse (Mycoses Study Group. Education and Research Consortium, 2000).

Generalmente las vías de contagio de estos hongos se descuidan en la práctica durante los trabajos de restauración, dando mayor prioridad a resguardar la obra de un riesgo físico o químico, que al riesgo al que pueda exponerse el personal de manipulación, traslado y restauración de obras.

Por lo tanto, lo relevante en esta investigación no sólo es el hecho de que se evidenciara la existencia de agentes biológicos, sino concientizar a las personas que se encuentran en contacto con aquel tipo de bienes, de la presencia de un intermediario biológico, por lo que se vuelve necesario dar a conocer que, si no se usan las medidas necesarias para la protección contra este problema, pueden generarse consecuencias en su salud.

Cabe resaltar que la exposición de los casos no es una crítica a las medidas de seguridad que ellos puedan o no tomar, si no concientizar a las personas que trabajan con bienes patrimoniales que el estado de salud es vulnerable a agentes que pueden ocasionar un problema agudo como aquellos que actúan lentamente generando en algunas ocasiones daños irreversibles. Si bien las personas en contacto con el patrimonio toman las medidas que consideran necesarias para evitar ser afectados por microorganismos, pudieran no ser suficientes si no se conoce con certeza el agente de daño.

En la *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, en su capítulo titulado "Riesgos Biológicos" dirigido por Fakhri (s.f.), se establece que la valoración de riesgos biológicos en el lugar de trabajo se encuentra centrada hasta ahora en agricultores, servicios sanitarios y personal del laboratorio. Por lo tanto, lo que ellos sugieren es que los trabajadores que se encuentran expuestos a ese tipo de agentes deben someterse a exploraciones médicas previas y periódicas para detectar enfermedades, donde hasta este momento no se tiene en consideración al restaurador.

En el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo (2014), así como la Norma Oficial Mexicana NOM-030-STPS-2009 (2009) se establece proteger a los trabajadores contra riesgos biológicos, las cuales obligan a la persona responsable del trabajador expuesto a ello a velar por su salud. Sin embargo, son normas generales las cuales no tratan en específico de una profesión, como tampoco de los tipos de riesgos a los que se puede estar expuesto.

Cabe resaltar que no sólo en México existe tal vacío legal para la protección del conservador-restaurador sino, que aún en países de mayor tradición restaurativa tampoco tienen contemplados los riesgos biológicos y sólo son mencionados muy someramente (Gobierno de Aragón, s.f.).



Por ello, con el presente artículo se abre una nueva línea de investigación para la creación de normas regulatorias dirigidas a minimizar el impacto en la salud que conlleva la exposición a ese tipo de microorganismos ya que consideramos que hasta el momento el nivel de protección ha sido insuficiente para resguardar la salud del personal de restauración.

Conclusión

Mediante este trabajo se demuestra el riesgo que existe por la presencia de hongos saprofitos potencialmente dañinos para la salud. Los cultivos microbiológicos son el estándar de oro para detectar e identificar a los hongos, puesto que éstos son agentes causales de enfermedades, es necesario alertar a los restauradores que, en caso de no tomar las medidas precautorias necesarias o si no cuentan con protocolos de identificación de riesgos, están expuestos a contraer un problema de salud ocupacional.

*



Referencias

Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (2010) Limpieza y desinfección de superficies hospitalarias [pdf], disponible en: <https://www.cocemi.com.uy/docs/limpiezahosp_dic2010.pdf> [consultado el 8 de mayo de 2020].

Bonifaz, Alejandro (2012) [2010] *Micología Médica Básica*, México, McGraw-Hill Medical.

Castro, Juan (2012) Protección individual frente a los riesgos químicos en la restauración artística [pdf], disponible en: <<https://www.insst.es/documents/94886/214929/Situaciones+en+los+talleres+de+restauraci%C3%B3n/1ff89119-1593-48f3-b689-34d60a946ab7>> [consultado el 4 de febrero de 2019].

Centers for Disease Control and Prevention (2003) Los mohos en el medio ambiente [pdf], disponible en: <<https://www.cdc.gov/mold/es/pdfs/faqs.pdf>> [consultado el 8 de mayo de 2019].

Mycoses Study Group. Education and Research Consortium (2000) *Trichothecium Species* [en línea], disponible en: <<https://drfungus.org/knowledge-base/trichothecium-species/>> [consultado el 11 de abril de 2020].

Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (s.f.) "Amatlán de Cañas" [en línea], disponible en: <<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM18nayarit/municipios/18003a.html>> [consultado el 6 de marzo de 2020].

Fakhri, Zuheir (s.f.) Riesgos biológicos en el lugar de trabajo. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo [pdf], disponible en: <<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+38.+Riesgos+biol%C3%B3gicos>> [consultado el 13 de mayo de 2019].

Gestal, Juan (2003) *Riesgos laborales del personal sanitario*, Madrid, McGraw-Hill Interamericana.

Gobierno de Aragón (s.f.) Fichas informativas. Personal no docente: Restaurador/a [pdf], disponible en: <<http://www.educaragon.org/files/FICHAS%20RESTAURADOR-A.pdf>> [consultado el 20 de abril de 2019].

Servicio Meteorológico Nacional (s.f) *Clima Amatlán de Cañas Nayarit* [en línea], disponible en: <<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=nay>> [consultado el 10 de noviembre de 2018].

Junta de Castilla y León (s.f.) Manual de prevención de riesgos biológicos [pdf], disponible en: <https://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=10114712> [consultado el 4 de febrero de 2019].

Kayser, Fritz, Bienz, Kurt, Eckert, Johannes, and Zinkernagel, Rolf (2005) [1969] *Medical Microbiology*, New York, Thieme.

Koneman, Elmer, y Roberts, Glen (1987) *Micología: practica de laboratorio*, Buenos Aires, Médica Panamericana.

PanAmerican Health Organization (PAHO) (s.f) *Peligros biológicos* [en línea], disponible en: <https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=en> [consultado el 10 de marzo de 2020].

Ramírez, Sandra (2011) Pautas generales para la conservación documental, biodeterioro y control de plagas en archivos y acervos documentales [pdf], disponible en: <http://www.agn.gob.mx/menuprincipal/archivistica/reuniones/2011/rna/pdf/m3b_04.pdf> [consultado el 4 de febrero de 2019].

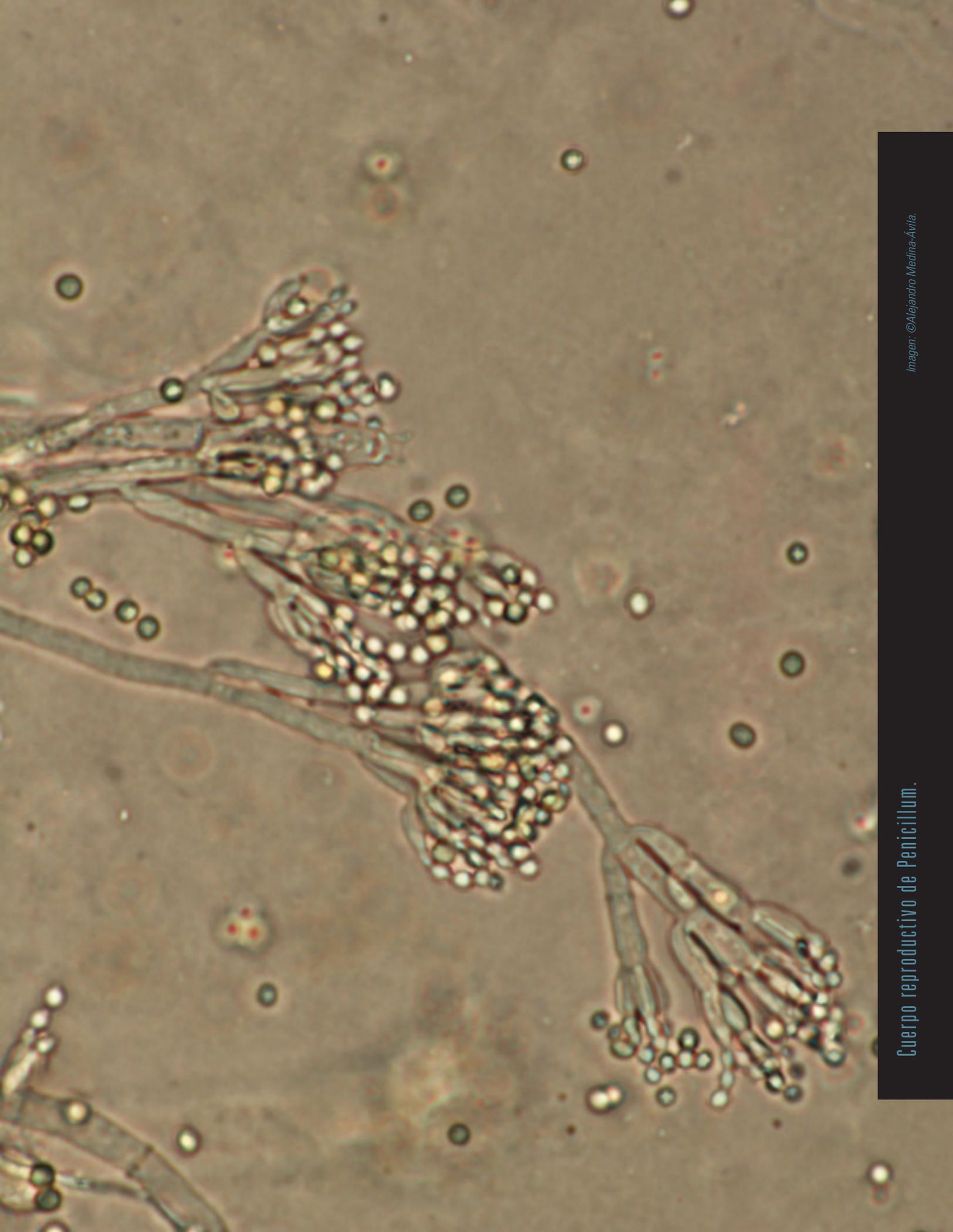
Sanz, Mario (2011) *Estudio de la situación en materia de previsión de riesgos laborales en las empresas de conservación y restauración del patrimonio histórico en la comunidad en Madrid*, tesis de maestría en Innovación Tecnológica en Edificación, Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2014) Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo [pdf], disponible en: <<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n152.pdf>> [consultado el 4 de febrero de 2019].

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2009) Normal Oficial Mexicana NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-Funciones y Actividades [pdf], disponible en: <<http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/32.pdf>> [consultado el 4 de febrero de 2019].

Vivar, Isbel, Borrego, Sofía, Alfonso, Mónica, Ochoa, Juliette, y Rodríguez, María Elena (2016) "Estudio de las condiciones ambientales en los depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba", *Conservar Patrimonio* [en línea] (24): 1-24, disponible en: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5136/513654153006/html/index.html>> [consultado el 8 de febrero de 2019].





Cuerpo reproductivo de Penicillium.

Los hongos mitosporicos como agentes de biodeterioro en tres acervos documentales del INAH

Alejandro Medina-Ávila*

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Resumen

Los hongos saprobios, principalmente aquellos de características microscópicas, son agentes perjudiciales causantes de grandes pérdidas en diversos sectores, entre ellos el cultural, específicamente afecta a los documentos depositados en archivos y acervos, este tipo de microorganismos les produce la degradación de sus materiales principalmente a la celulosa y la lignina, a través de enzimas hidrolíticas producidas y secretadas de modo extracelular sobre la superficie de los documentos. En México los estudios para conocer las especies de micromicetos causantes de efectos de biodeterioro a los documentos han sido muy pocos y más aun después de saber que hay especies con la habilidad xerófila, esto es, para crecer en condiciones de humedad relativa mínima, en respuesta a una baja actividad del agua. Por ello se realizó el aislamiento mediante inóculo en placas de cultivo de distinta composición como agar papa, Czapek y malta glucosa, para la determinación de las especies de micromicetos de tres acervos documentales en resguardo del INAH. Se resolvió dentro de los acervos la presencia de diecinueve especies de micromicetos, entre ellos *Aspergillus niger* ha sido designado con potencial de crecimiento a una baja actividad del agua, generalmente entre 0.8 y 0.9, aunque condicionado por la temperatura, un problema desconocido para dos de los tres acervos documentales de este estudio.

Palabras clave

Acervos; micromicetos; ambientes cerrados; *Aspergillus*; biodeterioro.

Abstract

*Saprobio fungi mainly those of microscopic characteristics are dangerous agents causing great losses in various sectors, including cultural, specifically those documents deposited in archives and libraries, this kind of microorganisms causes the degradation mainly to their cellulose and lignin, through hydrolytic enzymes produced and secreted extracellularly on the surface of documents. In Mexico, studies to learn about the species of micromycetes that cause biodeterioration in documents have been very few, especially when we know that there are species with xerophilic ability, because they can to grow in minimal conditions of relative humidity, in response to low water activity. Therefore, isolation was carried out by inoculum in culture plates of different compositions such as potato agar, czapek and glucose malt, for the determination of the micromycetes species of three enviromental indoor of documentary deposits stored in archives from INAH. Twenty-nine species were determined of micromycetes indoor of archives, one very important was *Aspergillus niger* due to has been recognized with growth potential for low water activity, usually between 0.8 and 0.9, although conditioned by temperature, an unknown problem for two of the three documentary collections of this study.*

Keywords

Archives; indoor; micromycetes; *Aspergillus*; biodeterioration.



Los documentos gráficos depositados en acervos, bibliotecas, archivos y museos, al igual que múltiples materiales orgánicos son susceptibles a ser contaminados por micromicetos mitospóricos, comúnmente conocidos como moho y causantes de serios problemas por biodeterioro de los materiales de los documentos gráficos y por lo tanto representan un problema común para este tipo de depósitos. El problema se produce cuando se origina la alteración de los materiales de elaboración, como resultado de la degradación de la celulosa, proteínas y lignina a través de enzimas hidrolíticas producidas y secretadas de modo extracelular, tales como la celulasa, la xilanasa, la pectinasa, y algunos ácidos orgánicos, que además de producir coloración desagradable sobre los documentos debido a la excreción de distintos pigmentos, producen daños mecánicos a los documentos, cuando las hifas atraviesan las fibras componentes de dichos materiales durante el crecimiento (Borrego, 2018: 40).

La realidad es que en la mayoría de los casos es difícil mantener una temperatura estable o un nivel de humedad relativa reducida, incluso con el beneficio del aire acondicionado. Las condiciones climáticas y económicas específicas desempeñan un papel importante, y no deben subestimarse. Por ello la Federación Internacional de Asociaciones de Bibliotecas (IFLA) recomienda, para conservar los documentos, condiciones de 18-20 °C y 50/55% de humedad relativa para libros y publicaciones periódicas, así como de 5 °C y 35% de humedad relativa para fotografías en color (Borrego *et al.*, 2012: 1-2; Paiva de Carvalho *et al.*, 2015: 57). Precisamente el problema de contaminación por hongos dentro de los acervos documentales en Latinoamérica obedece a las precarias condiciones de los inmuebles de resguardo, causantes de infiltraciones de humedad, reducida disipación de la acumulación hídrica, carente circulación de aire e insignificante desplazamiento de la humedad hacia el exterior del lugar, que pudieran producir puntos específicos de microclimas con disponibilidad de agua y, por lo tanto, las condiciones favorables para la proliferación de muchas especies de hongos mitospóricos (Pinzari y Montanari, 2011: 200).

Sin embargo, algunas cepas fúngicas contaminantes de los documentos depositados en acervos y archivos bibliográficos (Pinzari y Montanari, 2011: 205) han sido caracterizadas como especies de crecimiento lento, considerados como agentes de alto riesgo biodeteriorante de fibras de soporte documental, ya que no responden a los niveles de humedad relativa reconocidos para que exista contaminación y, por lo tanto, han conseguido éxito de contaminación y crecimiento a porcentajes por debajo de la humedad relativa referida (arriba del 60%), es decir, que su habilidad contaminante responde no precisamente al contenido de humedad disponible en el ambiente, más bien a la circundante de los materiales expuestos a ser contaminados, ya que dicha humedad puede experimentar condensación debido a la fluctuación de algunos factores ambientales circundantes a los materiales, como los microambientes inestables caracterizados por pequeños cambios en la temperatura o humedad del aire debido a la alternancia noche/día, la mala ventilación y la dinámica de la temperatura de la superficie de los documentos, que pueden producir la condensación del agua a través de la irradiación calórica e iluminación emitida por las lámparas cercanas; a este tipo hongos se les conoce como xerofílicos mitospóricos, debido a su baja actividad del agua, entre ellos reportan a los géneros: *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Chrysosporium*, *Penicillium* y *Cladosporium* (Montanari *et al.*, 2012: 86; Borrego, 2018: 40) en el entendido de que sólo algunas especies circunscritas dentro de esos géneros se han adaptado a tal condición.



En los depósitos de los documentos gráficos a resguardo y cuidado del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) han sido pocos los trabajos efectuados acerca de las cepas de micromicetos mitospóricos contaminantes que pudieran estar habitando sobre la superficie de los documentos y dentro del ambiente de dichos depósitos. Por ello, se llevó a cabo la presente investigación con el propósito de conocer los tipos de hongos mitospóricos precursores de contaminación sobre los acervos documentales en custodia del INAH.

Los objetivos de este trabajo fueron:

Determinar especies de hongos asociados con los signos visuales de biodeterioro debido a las biopelículas observadas y desarrolladas sobre los documentos de dichos acervos.

Reconocer la presencia de aquellos micromicetos referidos como xerófilos, por su baja actividad del agua, dentro de estos mismos acervos.

Método para el estudio de los hongos mitospóricos

Este trabajo resume el estudio desarrollado en varios años concerniente al muestreo y determinación de hongos mitospóricos contaminantes de los materiales de documentos históricos; algunos de los acervos documentales, bajo protección del INAH, donde se hicieron estudios para conocer a los hongos contaminantes fueron: el Acervo y Archivo Generales de la Biblioteca de la Escuela de Antropología del Norte de México con sede en el Estado de Chihuahua, el Códice del general Porfirio Díaz y el Acervo del Fondo Conventual de Acolman bajo resguardo de la Biblioteca del Museo Nacional de Antropología e Historia, y el Archivo Documental de la Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones.

En cada uno de estos acervos el muestreo de restos fúngicos, en particular de esporas, fue practicado mediante dos técnicas. Una fue el procedimiento de arrastre, con hisopos pre-esterilizados, de la superficie de libros contaminados; se transfirieron a los medios de cultivo: agar papa dextrosa elaborado con papa natural hervida, Czapek levadura y Czapek glicerol, este último con la adición de glicerina de alta pureza y malta glucosa, preesterilizados. Además de este tipo de muestreo, también se llevó a cabo el método de sedimentación mediante el depósito, bajo un criterio aleatorio, de polvo con restos de micelio sobre la superficie de un medio de cultivo en placas de Petri. Con ambas técnicas fue posible obtener el crecimiento de las cepas contenidas dentro de los ambientes de cada uno de estos inmuebles.

Del crecimiento resultante en cada caja en cultivo se extrajeron muestras de micelio con los órganos reproductivos desarrollados, a partir de sus hifas fueron caracterizados y comparados bajo un microscopio óptico Olympus BX 53, adaptado con una cámara MP digital Evolution equipado con el programa IMAGE-PRO INSIGHT 9, para el análisis de imágenes, la determinación de cada especie observada fue de acuerdo con el procedimiento de claves taxonómicas propuestas por distintos especialistas en la materia como son: Visagie, *et al.*, 2014: 357-363; Pitt, 1979: 235-258; Carrillo, 2003: 98-118; Loustau, 1950: 33-112.

Resultados

Hongos mitosporicos determinados sobre algunos acervos documentales

Los problemas de contaminación por micromicetos mitosporicos dentro de los tres acervos estudiados difiere significativamente, para dos de ellos, el acervo y archivo generales de la Biblioteca de la Escuela de Antropología del Norte de México y el acervo del fondo conventual de Acolman, se deben al descuido y olvido de las condiciones de los inmuebles, evidentes por desperfectos en los pisos, muros y techos con daños estructurales y en edificios no apropiados para el resguardo de documentos históricos (Figura 1B). En el acervo de documental de la Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones la causa se pudo deber por realizar su traslado sin el procedimiento normativo para el cambio del inmueble o para el depósito de los documentos sin un procedimiento apropiado para la conservación de sus documentos. Ambos tipos de muestreo aplicados a estos acervos facilitaron el crecimiento reproductivo para la determinación de diecinueve cepas contaminantes después de dos semanas de crecimiento, en la Tabla 1 se enlistan las especies identificadas en cada caso.

ESPECIE O CEPAS	CONTENEDOR	LUGAR
<i>Penicillium phoeniceum</i> <i>Penicillium rugulosum</i> <i>Aspergillus niger</i>	Acervo general	Biblioteca de la Escuela de Antropología del norte de México
<i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Penicillium phoeniceum</i> <i>Penicillium rugulosum</i> <i>Aspergillus niger</i>	Archivo general	
<i>Penicillium expansum</i>	Códice del general Porfirio Díaz	Biblioteca del Museo Nacional de Antropología e Historia
<i>Memnoniella</i> sp. <i>Penicillium variabile</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Penicillium corylophilum</i> <i>Penicillium paxilli</i> <i>Penicillium olsonii</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	Acervo del Fondo conventual de Acolman en resguardo del INAH	
<i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium herbarium</i> <i>Geotrichum</i> sp. <i>Glioccephalis hyalina</i> <i>Penicillium sclerotiorum</i> . <i>Penicillium canescens</i> <i>Penicillium italicum</i> <i>Lichtheimia sphaerocystis</i>	Archivo documental	Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones del INAH

Tabla 1. Lista de especies de hongos mitosporicos determinados en cuatro acervos documentales en resguardo del INAH.

Once especies corresponden al género *Penicillium* y las restantes se diversifican en otros géneros: dos son representantes de *Aspergillus* y uno para los géneros *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Glioccephalis*, *Lichtheimia*, *Memnoniella* y *Rhizopus* (Figura 1). *Aspergillus niger* fue determinado en dos de los acervos, en tanto que *Penicillium phoeniceum* y *Penicillium rugulosum* se encontraron dos veces y sólo fue para el acervo y archivo generales de la Biblioteca de la Escuela de Antropología del Norte de México. De las diecinueve especies determinadas, únicamente *Aspergillus niger* representa un potencial problema en condiciones de humedad controlada, esto se debe a que se ha registrado como una de las cepas con habilidad xerófila, es decir, que crece en condiciones de baja actividad del agua, con valores entre 0.8 y 0.9 (Palacios-Cabrera, 2005: 27).





Figura 1. A: Arreglo de documentos en estantería metálica. B: Problemas de filtración de humedad en las instalaciones. C, D y E: Biopelículas de contaminación de micromicetos sobre las regiones frontales y lomo de los documentos. F: Procedimiento de toma de muestras por sedimentación. G, H e I: Micromicetos determinados en los documentos del AAGBEANM. G: Órgano reproductivo *Penicillium rugulosum*. H: Órgano reproductivo de *Aspergillus niger*. I: Órgano reproductivo de *Penicillium chrysogenum*. J y K: Daños adicionales por fauna nociva producidos por el crecimiento de micromicetos en algunos documentos del Fondo Conventual de Acolman. L: Crecimiento de moho dentro de cajas de cultivo por el procedimiento de toma de muestras por sedimentación del Fondo Conventual de Acolman. Imágenes: ©Alejandro Medina-Ávila.

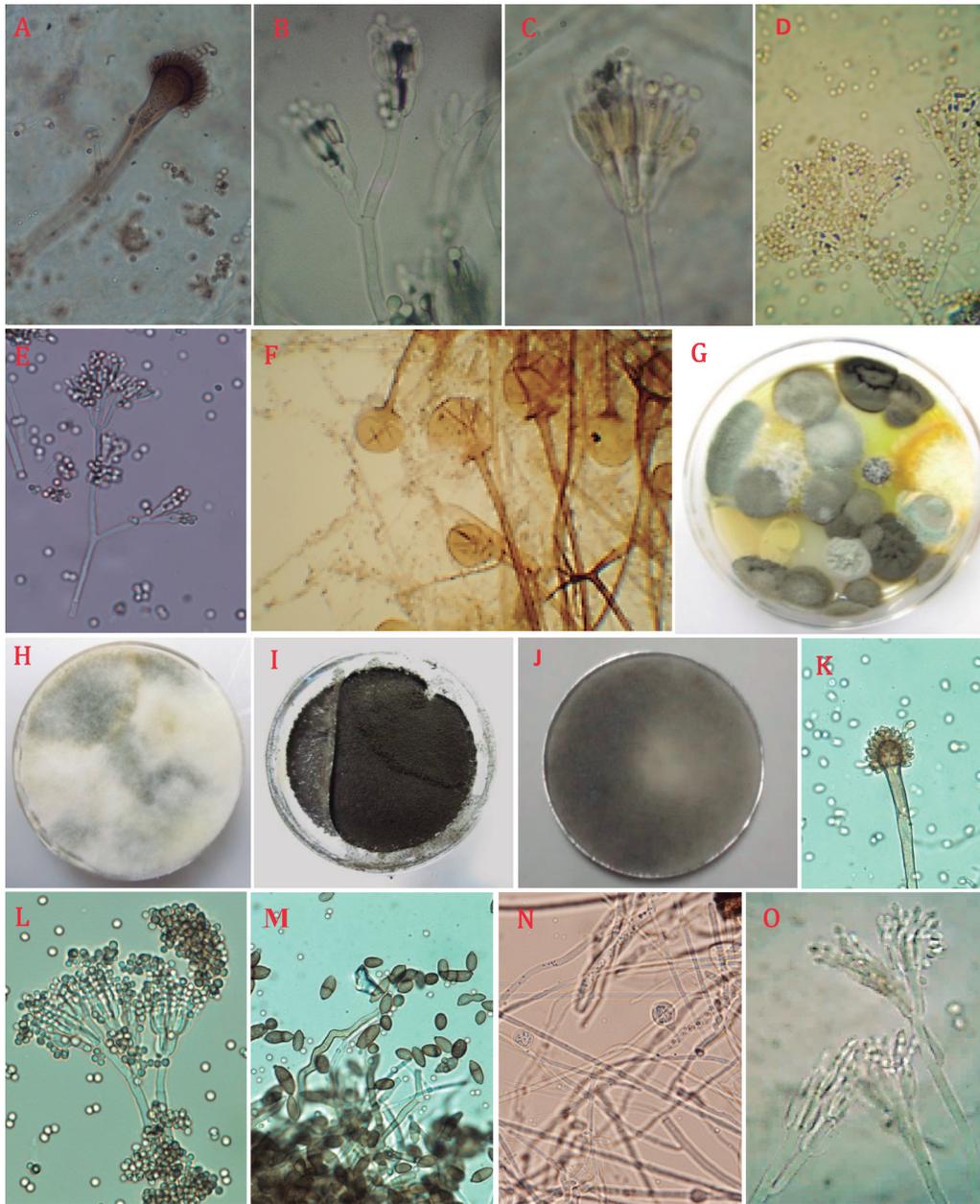


Figura 2. A-G: Imágenes de los cuerpos reproductores del Acervo del Fondo Conventual de Acolman. A: *Aspergillus fumigatus*. B: *Memnoniella* sp. C: *Penicillium variabile*. D: *Penicillium paxilli*. E: *Penicillium olsonii*. F: *Rhizopus oryzaei*. G: Crecimiento de moho dentro de cajas de cultivo por el procedimiento de toma de muestras por sedimentación del Archivo Documental de la Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones del INAH. H-J: Crecimiento de moho dentro de cajas de cultivo por el procedimiento de toma de muestras mediante arrastre de hisopos sobre los documentos. H: Crecimiento de *Lichtheimia sphaerocystis*. I: Crecimiento de *Aspergillus niger*. J: Desarrollo de *Glioscephalis hyanlina*. K: Cuerpo reproductivo de *Lichtheimia sphaerocystis*. L: Cuerpo reproductivo de *Penicillium italicum*. M: Cuerpo reproductivo de *Cladosporium herbarium*. N: Cuerpo reproductivo de *Lichtheimia sphaerocystis*. O: Cuerpo reproductivo de *Penicillium canscens*. Imágenes: ©Alejandro Medina-Ávila.



Discusión

Los ambientes cerrados, entre los que se señala a los archivos, bibliotecas y otros acervos de tipo documental son referidos como algunos de los lugares ideales para el crecimiento de los hongos de tipo mitospórico, los restos de micelio y esporas se introducen por distintos medios y depositan en aquellos sitios menos perturbados. Dichas esporas, tienen una forma reproductiva de producción descomunal del número de estructuras con el propósito de garantizar su permanencia, como especies dentro de espacios cerrados como los archivos, aguardan bajo la máxima quietud hasta tener las condiciones que les permita germinar; cuando esto es posible, crecen dentro de los depósitos de archivos debido a que los factores condicionantes han sido desencadenados. En ese momento inicia el laborioso trabajo para el personal que está a cargo de su conservación, hecho que podría evitarse si se hubieran implementado acciones de prevención, muchas veces imposibilitadas por la falta de recursos. Incluso porque, y de acuerdo con la ubicación geográfica y las condiciones climáticas, los archivos, bibliotecas y acervos documentales, a diferencia de otros lugares de ambiente cerrados como hospitales, representan los sitios cerrados en los que se ha registrado el mayor número de micromicetos, tanto cualitativa como cuantitativamente (Borrego *et al.*, 2012: 206)

En este estudio, *Penicillium* fue la cepa más común, con el mayor número de especies determinadas para los tres acervos incluidos en este estudio y *Aspergillus*, aunque con menor número, fue el siguiente en número de especies, ambas son de las especies que más han sido reportadas como agentes biodeteriorantes comunes dentro los acervos y depósitos de documentos (Díaz Rojas *et al.*, 2010: 285). Como ha sido señalado, los soportes documentales a resguardo dentro de estos tres depósitos al quedar expuestos a condiciones desfavorables, como la humedad relativa igual o superior al 60%, son causantes del desencadenamiento para el crecimiento de hongos mitospóricos como agentes biológicos de biodeterioro, hecho que permitirá que los soportes documentales experimenten efectos químicos y físicos de descomposición de sus materiales, y afecten su estabilidad como resultado y producto del metabolismo de la excreción de ácidos por estos hongos, a causa de la degradación enzimática de la celulosa y pigmentación sobre dicho soporte, que se percibe como un inconveniente estético (figura 1: C, D, E, J y K).

Como bien se admite que los principales indicadores representados por la humedad relativa con valores igual o superiores al 60% (Micheluz *et al.*, 2015: 1-2), en algunos sitios ya ha sido reconocido por ser un poco mayor al 70% (Nieves y García, 1999: 85-86) y temperatura, referida con valor superior de 25°C (Micheluz *et al.*, 2015: 1). Ambos factores en combinación inciden para desencadenar la germinación y crecimiento de hongos sobre la superficie de los soportes de papel, un tópico conocido desde hace tres décadas. También, pocos estudios aluden a un factor atípico desarrollado por algunos micromicetos, atribuido a la adaptabilidad que éstos tienen para germinar y crecer, en una fracción de la humedad contenida total y dispuesta de manera libre alrededor un producto u objeto, y disponible para la germinación y crecimiento de microorganismos, expresado en valores de 0 a 1, hecho conocido como baja actividad del agua. El fenómeno de disponibilidad reside en aquella humedad depositada por condensación en dichos productos u objetos, acontecimiento también experimentado por los soportes de papel, a causa de factores como las fluctuaciones de temperatura; un ejemplo común se produce cuando la irradiación de luz y calor de una lámpara incide sobre la superficie inmediata del objeto, entonces en el entorno inmediato queda contenida humedad condensada, como respuesta a este fenómeno (Montanari *et al.*, 2012: 86).



Se ha resuelto que para algunos hongos la actividad del agua reside en un valor promedio de 0.75, por ello también se les alude como xerófilos, a pesar de observar y palpar a los materiales en estado seco, la germinación y crecimiento de micromicetos se produce sin que hubiera motivo alguno (Valentín, 2010: 2; Micheluz *et al.*, 2015: 1-2; Chen *et al.*, 2016: 119), tres de los principales géneros que circunscriben especies con este potencial xerófilo residen en *Penicillium*, *Aspergillus* y *Cladosporium*. En este estudio se determinaron especies de estos tres géneros once de *Penicillium*, dos de *Aspergillus* y una *Cladosporium* (ver tabla 1, figura 1: G, H, I y figura 2: 2 A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, L M N y O) pero la mayoría de ellas no corresponde con aquellas registradas con potencial xerófilo, excepto por la cepa de *Aspergillus niger*, para la cual ha sido demostrado tener una baja actividad del agua, aunque no se ajusta los valores promedio de 0.75, se le han registrado valores alrededor de 0.89 y 0.99. Sin embargo, se menciona que dicho potencial de baja actividad del agua está influenciado por la temperatura, debido a que observaron el crecimiento más prolífero de *Aspergillus niger* a 35 °C, pero admiten que las temperaturas óptimas para desarrollarse están entre 25 °C y 41°C (Palacios-Cabrera *et al.*, 2005: 27), cabe señalar que 25 °C representa una temperatura común para nuestro país, incluso para muchas ciudades de clima templado, como la Ciudad de México.

Esta información pudiera ser importante para la conservación de dos de estos casos: el Acervo y Archivo Generales de la Biblioteca de la Escuela de Antropología del Norte de México y el Archivo de Museos y Exposiciones, porque la presencia de *Aspergillus niger* entre los materiales de algunos de sus documentos pudiera ser un problema presente de biodeterioro no percibido, ya que podrían estar experimentando efectos adversos a pesar de tener condiciones de humedad por debajo del rango permitido, en especial en condiciones que parecieran ser no significativas.

*



Referencias

Borrego, Sofía, Lavin, Paola, Gómez de Saravia, Sandra, Perdomo, Ivette, y Guíamet, Patricia (2012) "Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary heritage microbiology", *ISRN Microbiol* (2012): 1-10, disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237200846_Determination_of_Indoor_Air_Quality_in_Archives_and_Biodeterioration_of_the_Documentary_Heritage> [consultado el 24 febrero de 2018].

Borrego, Sofía, Guíamet, Patricia, Vivar, Isabel, y Battiston, Patricia (2018) "Fungi involved in biodeterioration of documents in paper and effect on substrate", *Acta Microscopica*, 27 (1): 37-44, disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Sofia_Borrego2/publication/329324460_Fungi_involved_in_biodeterioration_of_documents_in_paper_and_effect_on_substrate/links/5c01634c45851523d1561482/Fungi-involved-in-biodeterioration-of-documents-in-paper-and-effect-on-substrate.pdf> [consultado el 14 de abril de 2020].

Carrillo, Leonor (2003) *Los hongos de los alimentos y forrajes*, Salta, Editorial Universidad Nacional de Salta.

Chen A.J., Sun, B.D., Houbaken, J., Frisvad, J.C., Yilmaz, N., Zhou, Y.G., y Samson, R.A. (2016) "New Talaromyces species from indoor environments in China", *Studies in Mycology*, 84: 119-144, disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061616300173>> [consultado el 21 de mayo 2017].

Díaz Rojas, Martín, Gutiérrez Espinosa, Jorge, Gutiérrez Espinosa, Alejandra, González Chávez, Ma. del Carmen, Vidal Gaona, Guadalupe, Zaragoza Palencia, Rosa Ma., y Calderón Ezquerro, Carmen (2010) "Caracterización aerobiológica de ambientes intramuro en presencia de cubiertas vegetales", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 26 (4): 279-289, disponible en: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v26n4/v26n4a3.pdf>> [consultado el 16 de agosto de 2019].

Loustau Gómez de Membrillera José (1950) "Clave determinativa de las especies del género Aspergillus", *Anales de Biología de la Universidad de Murcia*, 3: 31-114. disponible en: <<https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/6483/1/N%20%20Clave%20determinativa%20de%20las%20especies%20del%20genero%20Aspergillus.pdf>> [consultado el 30 de septiembre de 2014].

Micheluz, Anna, Manente, Sabrina, Tigrini, Valeria, Prigione, Valeria, Ravagnan, Giampietro, y Varese, Giovanna Cristina (2015) "The extreme environment of a library: Xerophilic fungi inhabiting indoor niches", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 99: 1-7. disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830514003813>> [consultado el 27 de marzo de 2018].

Montanari, Matteo, Melloni, Valeria, Pinzari, Flavia, e Innocenti, Gloria (2012) "Fungal biodeterioration of historical library materials stored in Compactus movable shelves", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75: 83-88, disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830512002193>> [consultado el 13 de septiembre de 2018].

Nieves Valentín, Rodrigo, y García Ortega, Rafael (1999) "El biodeterioro en el museo", *Arbor*, 164 (645): 85-107, disponible en: <<http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/1598>> [consultado el 10 marzo de 2016].

Palacios-Cabrera, Héctor, Hiromi Taniwaki, Marta, Minoru Hashimoto, Jorge, y Castle de Menezes, Hilary (2005) "Growth of *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius* and *A. niger* on culture media at different water activities and temperatures", *Brazilian Journal of Microbiology*, 36 (1): 24-28, disponible en: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822005000100005> [consultado el 11 de abril de 2020].

Pinzari, Flavia, y Montanari, Mariasanta (2011) "Mould growth on library materials stored in compactus-type shelving units", en Abdul-Wahab Al-Sulaiman (ed.), *Sick Building Syndrome: Public Buildings and Workplaces*, Berlín Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 193-206.

Pitt, J.I. (1979) *The Genus Penicillium and its Teleomorphic States Eupenicillium and Talaromyces*, California, Academic Press.

Visagie, C.M., Houbaken, J., Frisvad, J.C., Hong, S.B., Klaassen, C.H., Perrone, G., Seifert K.A., Varga, J., Yaguchi, T., y Samson, R.A. (2014) "Identification and nomenclature of the genus Penicillium", *Studies in Mycology*, 78: 343-371, disponible en: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25505353>> [consultado el 21 de julio de 2015].





Fragmento de Santiago Apóstol.

Imagen: ©CINPC-INAH

La importancia de la etnobotánica en la restauración y conservación del *Conjunto escultórico monumental de Santiago Apóstol y caballo*, siniestrado por el sismo del 19 de septiembre de 2017 en Izúcar Matamoros, Puebla

Pablo Torres Soria*

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Resumen

El análisis biológico, anatómico, microscópico de los materiales naturales del *Conjunto escultórico monumental de Santiago Apóstol y caballo*, ambos con estructura hueca y ligera, implica el conocimiento científico de etnobotánica, implícito en el uso y aprovechamiento de seis especies de plantas vasculares: 1) *Morus celtidifolia* Kunth, 2) *Zea mays* L, 3) *Erythrina americana* Mill, 4) *Pinus pseudostrobus* Lindl, 5) *Juniperus depeana* Steudl, 6) *Linum usitatissimum* L. Esta relación entre lo cultural con la botánica constituye un ejemplo de patrimonio biocultural expresado en la técnica de manufactura, relacionado con una diversidad biológica de seis materias primas de origen natural con las siguientes variantes: la madera de coníferas es obtenida del fuste de árboles de pino y enebro del bosque de pino-encino; la madera de zompantle, del fuste de los árboles de colorín cultivados; la corteza interna del tronco de los árboles silvestres de mora y la caña de maíz cultivado son transformados artesanalmente para elaborar el papel amate a partir de las fibras; la pasta de caña de la médula de caña de maíz y el lino es cultivado y transformado por la industria textil en fibras para la fabricación de lienzos y tela blanca, en este caso ambos textiles con diferencias en el grosor de las fibras.

Palabras clave

Análisis biológico; escultura policromada; identificación; especies; Santiago Apóstol; Izúcar de Matamoros.

Abstract

The biological, anatomical, microscopic analysis of the natural materials of the "Monumental Sculptural Ensemble of Santiago the Apostle and Horse", both with a hollow and light structure, implies the scientific knowledge of ethnobotany, implicit in the use and exploitation of six species of vascular plants: 1) Morus celtidifolia Kunth, 2) Zea mays L, 3) Erythrina americana Mill, 4) Pinus pseudostrobus Lindl, 5) Juniperus depeana Steudl, 6) Linum usitatissimum L. This relationship between culture and botany constitutes an example of biocultural heritage expressed in manufacturing technique, related to a biological diversity of six raw materials of natural origin with the following variants: coniferous wood is obtained from the pine tree trunk and juniper of the pine-oak forest, the zompantle wood of the trunk of the cultivated colorín trees, the inner bark of the trunk of the wild blackberry trees, and the cultivated corn cane are transformed by hand to make amate paper from of the fibers, the cane paste from the corn kernel and flax is cultivated and transformed by the textile industry into fibers for the manufacture of canvases and white cloth, in this case both textiles with differences in the thickness of the fibers.

Keywords

Biological analysis; polychrome sculpture; identification; species; Santiago Apóstol; Izúcar de Matamoros.



El conjunto escultórico monumental hueco y ligero de Santiago Apóstol y caballo, siniestrado y reducido a fragmentos por el sismo del 19 de septiembre de 2017, constituye un ejemplo entre lo biológico y cultural representados por seis materiales naturales presentes en el jinete y caballo de uso religioso (Boege, 2008), el uso y aprovechamiento de plantas por los seres humanos es el conocimiento científico de la etnobotánica (González, 2012), destacando posiblemente un caso único de técnica de manufactura hecho con materias primas naturales (madera), materias primas artesanales (papel amate¹ y pasta de caña²) y materias primas cultivadas industrializadas (lino) usados de la siguiente manera: la cabeza de Santiago Apóstol es hueca, modelada con papel amate y recubierto con una capa heterogénea de pasta de médula³ o parénquima⁴ de la caña de maíz; para denotar las diferentes partes anatómicas se delimitaron por el lienzo de lino con base de preparación y capa pictórica.



Figura 1. Conjunto escultórico antes del sismo de septiembre de 2017. Imagen: ©INAH.



Figura 2. Santiago Apóstol: sección tubular-transversal de la pierna, se muestra la distribución y arreglo de los materiales vegetales: A) papel amate, B) pedazos de caña de maíz, C) pasta de caña, y D) lienzo de lino. Imagen: ©CNCPC-INAH.

¹ Papel amate. Papel elaborado artesanalmente con las fibras de la corteza interna. De los árboles de *Ficus* y *Morus*.

² Pasta de caña de maíz. Médula de la caña molida aglutinada con aditivo natural.

³ Médula. Tejido blando de la porción central del tallo.

⁴ Parénquima. Tejido vegetal esponjoso que rellena el interior del tallo.



El sistema estructural de Santiago Apóstol se repite en las demás partes anatómicas del cuerpo, con el agregado de madera de colorín utilizada en los ensambles de las extremidades. Las manos se encuentran modeladas en pasta de caña.

El soporte estructural de papel amate está compuesto de cuatro hojas o pliegos con grosor de 5 mm, pegadas una sobre otra con engrudo de masa de nixtamal⁵ (Velázquez, 2020), seguido de la caña de maíz con dos variables: pedazos de médula cortados longitudinalmente y pasta de parénquima. La primera está compuesta de fragmentos de médula con diámetro transversal de 1.0 a 1.7 cm, de longitudes variables, unidos y pegados paralelamente sobre el soporte de papel amate. La segunda capa de pasta de médula de caña de maíz fue molida en partes muy pequeñas, sin reducirla a polvo, con evidencias de pequeños fragmentos de epidermis y haces vasculares, se encuentra pegada sobre la capa de fragmentos de médula, recubierta por un lienzo de lino; es el soporte de la base de preparación con la capa pictórica.



Figura 3. Una de las manos de Santiago Apóstol en donde se pueden observar la diversidad de materiales utilizados. Imagen: ©CNCPC-INAH.

La escultura del caballo, fragmentada en su totalidad, permitió confirmar la técnica de manufactura, hueca, con evidencia de uso de materiales vegetales distribuidos homogéneamente, procedentes de las diferentes partes anatómicas. Así tenemos, por ejemplo, que la madera que le da forma y volumen es de colorín, muy evidente en el vientre; está cubierta con tela blanca de lino, base de preparación y capa pictórica.

⁵ Nixtamal. Cocción de maíz con agua y cal viva, molido se trasforma en masa.



Figura 4. Vista interior y exterior de parte de la cabeza del caballo. *Imagen: ©CNCPC-INAH.*

La madera estructural que soporta el peso del caballo, está ensamblada a manera de un entablado con maderas duras de coníferas y madera blanda de colorín, localizadas en las diferentes partes anatómicas del cuerpo, por ejemplo: cuello, cruz, lomo, caderas, grupa, nalgas y ensambles de las extremidades anteriores y posteriores, recubiertas exteriormente con tela blanca con base de preparación y capa pictórica.



Figura 5. Caballo de Santiago Apóstol: interior de la articulación de la pata delantera elaborada con maderas de colorín y enebro (tabla con clavos de pino). *Imagen: ©CNCPC-INAH.*



Antecedentes

En las esculturas ligeras, los brazos, los pies y la cabeza suelen ser tallados en madera y anclados con pernos al cuerpo, cubierto superficialmente con papel amate (Guzmán, 2017). La técnica de manufactura del conjunto escultórico Santiago Matamoros del Museo Nacional del Virreinato, realizado en el siglo XVI, combina técnicas europeas con la incorporación de materiales y saberes prehispánicos, convirtiéndola en una de las aportaciones representativas de la imaginería mexicana. Se sabe que su manufactura resultó más compleja, luego del hallazgo de diversos materiales en las piezas: papel amate, papel de algodón, textiles, madera de colorín, entre otros, aparte de la caña de maíz (Rossell, 2016).

Los árboles aprovechados para la producción de papel amate, según Christensen (1942), son tres: *xalámat* (papel de color café, morado), *xalámat* limón (papel color café), *chichicastle* (papel gris), y moral (papel blanco-amarillento).

Arroyo (1993) describe tres especies de higueras productoras de papel amate: *Ficus cotinifolia* conocida por los *Tlahuicas* (curanderos) como *Itzamatl* (amate prieto), *Ficus petiolaris* o *Amocoztic* (amate amarillo de las rocas) y *Ficus involuta* o *Tecomaxo-chiamatl*. Por su parte, Lenz (1973), señala que el papel amate se obtiene de la corteza de los árboles del género *Ficus* y *Morus*.

Objetivo general

Describir la técnica de manufactura de los materiales vegetales componentes la estructura interna e identificar las especies botánicas utilizadas en el jinete y caballo, en los diversos pedazos del conjunto escultórico, catalogados y registrados en el Taller de Escultura Policromada de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).

Objetivos particulares

Identificar las especies de plantas vasculares componentes de la estructura interna en la escultura de Santiago Apóstol y en la del caballo

Materiales y metodología

De común acuerdo con la jefa de talleres y con la responsable de la restauración del conjunto escultórico, se llevaron a cabo tres visitas al Taller de Escultura Policromada para revisar, visualizar, tocar, y conocer macroscópicamente los seis materiales vegetales componentes de los diversos fragmentos catalogados como partes estructurales del conjunto escultórico. De cada uno de los materiales se recolectó una muestra mediante el muestreo selectivo y representativo con sus características anatómicas para la obtención de cortes en micrótopo, la descripción anatómica microscópica y la identificación taxonómica de la especie botánica utilizada. A continuación, se explica el proceso efectuado con cada caso.

Preparación de la médula de la caña del maíz de la escultura de Santiago Apóstol

La muestra de médula o parénquima de la caña de maíz fue puesta en hidratación en una formulación compuesta por una mezcla de agua destilada, alcohol etílico y glicerina en volúmenes



iguales, contenida en un vaso de precipitados, a temperatura ambiente, hasta hidratación completa. Se incluyó en parafina líquida en un contenedor de 1 cm³, el cubo obtenido se instaló en el microtomo⁶ con la finalidad de hacer los cortes transversales, posteriormente se eliminó la parafina⁷ con xilol⁸ y los cortes se tiñeron con safranina al 0.1% (colorante biológico), se lavaron gradualmente en alcohol durante intervalos de 10 minutos en cada uno de los porcentajes: 70, 80, 90 y alcohol etílico absoluto, desechándolo en cada lavada. Se fijó el colorante del tejido con xilol, se montaron los cortes en porta y cubreobjetos con resina Entellan® y se dejaron reposar para el secado. Se procedió con la descripción microscópica de la anatomía en la médula o parénquima de la caña de maíz y con el registro de fotomicrografías.

Preparación de las fibras del papel amate de Santiago Apóstol

La muestra de papel amate fue puesta en ablandamiento con agua destilada a temperatura de ebullición, seguida de la disociación de fibras con el auxilio de agujas de disección, se blanquearon con hipoclorito de sodio, luego se hizo tinción con Verde Janus y se deshidrató con alcohol en cinco diferentes porcentajes, del 60 al 100% fijándolos por último con xilol. Se montaron las fibras en porta y cubreobjetos con resina translúcida de Entellan®, y se dejó en reposo para el secado, con lo cual se pudo iniciar con la descripción microscópica de las características anatómicas de las fibras, por medio del microscopio Dialux 20 de Leitz, con aumentos 10X y 40X, se hizo el registro con fotomicrografías y comparación con las muestras patrón de las fibras de la corteza interna de especies de amate depositadas en el Laboratorio de Biología para identificar la especie de amate utilizada en el soporte de la escultura de Santiago Apóstol.

Preparación de la madera del conjunto escultórico

Las tres muestras de madera fueron ablandadas en una formulación compuesta por una mezcla de agua destilada, alcohol etílico y glicerina en volúmenes iguales, contenida en un vaso de precipitados, se mantuvo en ebullición constante en una platina de calentamiento hasta su ablandamiento, seguido del montaje y cortes transversales, tangenciales y radiales de 30 micras de grosor, mismos que se obtuvieron con microtomo.

Posteriormente se tiñeron en safranina al 0.1% deshidratados en alcohol etílico en diferentes porcentajes: 60, 70, 80, 90% y absoluto, se fijaron con xilol, se montaron con resina Entellan® y dejaron en reposo para el secado. A este proceso siguió la descripción anatómica microscópica en el microscopio Dialux 20 de Leitz, con aumentos 10X y 40X e identificar las especies de madera apoyada con la bibliografía de Panshin (1980), Jane (1970) Huerta (1978), De la Paz y Olvera (1981), Olvera (1981), De la Paz (1990).

Preparación de las fibras de lino del conjunto escultórico

Las muestras del lienzo del jinete y la tela blanca del caballo se pusieron en vasos de precipitados con agua en ebullición para la eliminación de recubrimientos y el ablandado del tejido, seguido de la separación de las fibras de los hilos con el auxilio de agujas de disección bajo el microscopio estereoscópico Reichert, se tiñeron con safranina al 0.1%, luego se lavaron con alcohol etílico en diferentes porcentajes: 60, 70, 80, 90% y absoluto, en intervalos de diez minutos, de igual

⁶ Microtomo. Instrumento de cortes microscópicos, por ejemplo, de la madera.

⁷ Parafina. Sustancia blanca y traslúcida compuesta de una mezcla de hidrocarburos derivados del petróleo.

⁸ Xilol o xileno: hidrocarburo aromático.



forma, se desecharon los alcoholes y se fijó el colorante de las fibras con xilol y se montaron con resina Entellan® en porta y cubreobjetos bajo el microscopio estereoscópico Reichert. Una vez secas se realizó la descripción anatómica microscópica en el microscopio Dialux 20 de Leitz, con aumentos 10X y 40X, se hicieron las mediciones microscópicas del grosor de la fibra, pared celular, diámetro del lumen y tipo de constricciones transversales, asimismo se hizo el registro con fotomicrografías. Se identificaron las fibras de lino con apoyo en bibliografía: Mattheus (1954), Catling y Grayson (1982).

Resultados

El cuerpo ligero del conjunto escultórico Santiago Apóstol y caballo corresponde a la técnica de escultura ligera, fue elaborado con seis especies de plantas vasculares: 1) *Morusceltidifolia* Kunth, 2) *Zea mays* L., 3) *Erythrina americana* Mill, 4) *Pinus pseudostrobus* Lindl, 5) *Juniperus depeana* Steudl, y 6) *Linum usitatissimum* L.

Del total, sólo el material vegetal ligero de cuatro especies pertenecen al jinete. Ordenadas de interior a exterior: 1) papel amate de fibras de la corteza interna del árbol *Morus celtidifolia* Kunth, 2) parénquima de caña de maíz *Zea mays* L, 3) madera blanda ligera de colorín *Erythrina americana* Mill localizada en los ensambles de las extremidades del cuerpo, 4) lienzo de lino *Linum usitatissimum* L o soporte de la base de preparación con la capa pictórica.

En el monumental caballo están ausentes los dos materiales vegetales más ligeros: el papel amate y el parénquima de la caña de maíz. El caballo está caracterizado por el uso de dos especies de maderas duras⁹ y pesadas, una madera blanda¹⁰ y ligera, y la tela blanca de lino. En el primer caso: 1) pino duro *Pinus pseudostrobus* Lindl y 2) enebro *Juniperus depeana* Steudl, ambas maderas localizadas en el soporte estructural para resistir el peso del caballo. En el segundo caso: 3) madera de colorín *Erythrina americana* Mill., pegada y ensamblada al soporte para dar volumen al cuerpo, recubierta por la tela blanca de lino 4) *Linum usitatissimum* L, soporte de la base de preparación con la capa pictórica.

1) Papel amate de mora (*Morus celtidifolia* Kunth) de Santiago Apóstol

El papel amate de mora tiene una amplia distribución en México: estados de Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, México, Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Veracruz y Tamaulipas (Martínez, 1979). Mantiene su color original blanco amarillento, caracterizado en la cara del reverso por tener un arreglo irregular de grupos de fibras sin disociar completamente, unidas y aplastadas por la técnica de manufactura del papel.

De las fibras observadas al microscopio de la muestra obtenida, la mayoría está desprovista de los tubos laticíferos¹¹ y sólo algunas las presentan en pequeñas porciones longitudinales arreglados a manera de una funda de resorte comprimido con grosores de 15 a 25 µm, la pared de la fibra tiene un grosor de 2 µm, el lumen o cavidad interna de las fibras miden de 13 a 23 µm, tienen dos extremos; uno redondeado y el otro en forma de punta.

⁹ Madera dura. Resistente al rayado con la uña.

¹⁰ Madera blanda. Se raya fácilmente con la uña.

¹¹ Tubos laticíferos. Serie de células unidas secretoras de látex.





Figura 6. Fibra del papel amate (parte central de la fibra) del soporte de Santiago Apóstol (40x).
Imagen: ©CNCPC-INAH.

2) Médula y pasta de caña de maíz (*Zea mays L.*) de Santiago Apóstol

La médula o parénquima de la caña de maíz está presente en dos variables: pasta y cortes longitudinales de médula, la primera de color café oscuro, caracterizada por médula molida con pequeños fragmentos de haces vasculares y epidermis de la caña. En la segunda, el parénquima es de color blanco con tonalidad ligeramente café y haces vasculares sin restos de epidermis.

La médula consta de parénquima esponjoso y haces vasculares.¹²

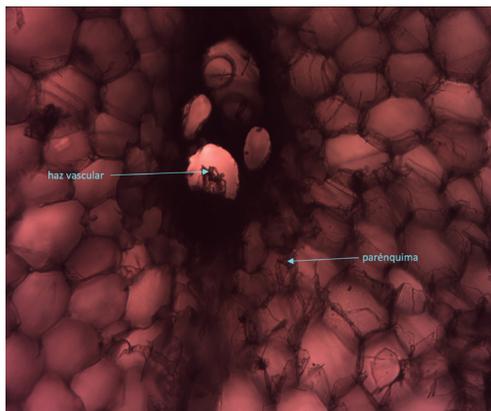


Figura 7. Fotomicrografía del corte transversal del parénquima y haces vasculares de la caña de maíz.
Imagen: ©CNCPC-INAH.

3) Madera de zompantle (*Erythrina americana Mill*) del conjunto escultórico

Los árboles de donde procede esta madera son ornamentales, cultivados en toda la República Mexicana con aprovechamiento artesanal para talla de madera y manufactura de esculturas ligeras.

En el corte transversal (a), los poros están solitarios y arreglados en múltiples radiales de dos a cuatro, en grupos agregados de dos a cinco con dos tipos de parénquima en bandas y vasicéntrico,¹³ con inclusiones de tílides¹⁴ color rojo claro. En el corte tangencial (b), los rayos son

¹² Haz vascular. Cordón individual del sistema vascular primario.

¹³ Parénquima vasicéntrico. Parénquima paratraqueal que rodea los poros.

¹⁴ Tílides. Células parenquimatosas introducidas en los poros.



muy homogéneos, uniseriados muy escasos de una a cuatro células de altura, muy abundantes, los poliseriados de 2 a 18 series de 15 a 48 células de altura (220 a 2000 μ) con los extremos uniseriados. En el corte radial, las fibras son de tipo libriforme,¹⁵ la pared de los poros presenta punteaduras areoladas¹⁶ alternas y placa de perforación simple.

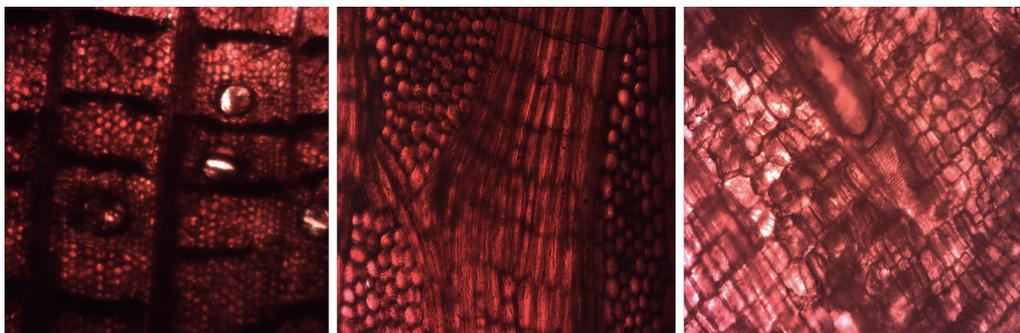


Figura 8. Madera de zompantele del caballo. De izquierda a derecha: corte transversal (10x), corte tangencial (10x) y corte radial (10x). Imagen: ©CNCPC-INAH.

4) Madera de pino duro (*Pinus pseudostrobus* Lindl.) del caballo

Los árboles de pino popularmente son conocidos por distintos nombres, por ejemplo: ocote blanco, pino chino, pino liso, ocotillo, pino lacio, pino ortiguillo, pino blanco, pino de cono chico, *macochyaj*, *micohtai*, pino real. Con amplia distribución en el bosque de pino-encino en los estados de: Puebla, Tlaxcala, México, Morelos, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit (Martínez, 1948).

En el corte transversal (a) los anillos de crecimiento están perfectamente bien delineados por una banda de madera tardía de dos a seis traqueidas¹⁷ de grosor, de forma rectangular comprimida con esquinas redondeadas de paredes de 5 a 15 μ m de grosor, con diámetro del lumen¹⁸ 5 a 30 μ m. La madera temprana ocupa la mayor parte del anillo de crecimiento con traqueidas de forma poligonal irregular, con paredes de 4 a 10 μ m de grosor con diámetro del lumen de 30 a 80 μ m.¹⁹ En el corte longitudinal tangencial (b) los rayos²⁰ son homogéneos uniseriados de una a 30 células de altura con 15 a 70 μ m, algunos rayos son biseriados.²¹ Los rayos fusiformes con canal resiníferos²² de tres a cuatro series de células adjuntas de 400 a 1000 μ m de altura. En el corte radial (c) los campos de cruzamiento²³ presentan de 3 a 4 puntuaciones tipo pinoide,²⁴ las traqueidas de rayo presentan bordes dentados, longitudinalmente tienen una hilera de puntuaciones areoladas.

¹⁵ Libriforme. Son fibras elongadas de pared engrosada con punteaduras simples.

¹⁶ Punteaduras o puntuaciones areoladas. Par de puntuaciones simples con pared secundaria sin reborde a través de las cuales se comunican las células entre sí.

¹⁷ Traqueida. Células alargadas con extremos cerrados.

¹⁸ Lumen. Cavidad celular interna de las traqueidas.

¹⁹ La madera tardía en corte transversal las traqueidas son de paredes más gruesas de 5-15 μ m que en la madera temprana de 4-10 μ m.

²⁰ Rayo o radio medular. Tejido delgado de células orientado en sentido perpendicular a los anillos de crecimiento.

²¹ Rayos o radios medulares biseriados dispuestos en dos series.

²² Canal resinífero. Estructura celular glandular secretora de resina.

²³ Campo de cruzamiento. Intersección entre una célula radial con una traqueida axial.

²⁴ Puntuación tipo pinoide. Abertura de forma circular-oval con borde muy estrecho.

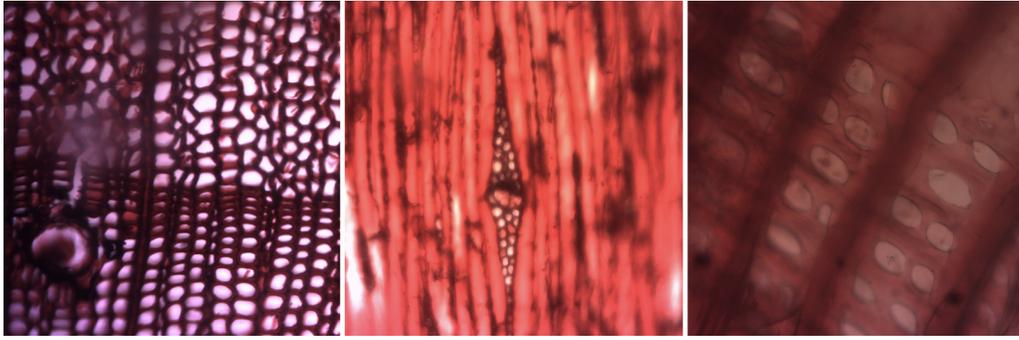


Figura 9. Madera de pino del caballo. De izquierda a derecha: corte transversal (10x), corte tangencial (10x) y corte radial (40x). Imagen: ©CNCPC-INAH.

5) Madera de enebro (*Juniperus deppeana Steudl*) del caballo

Los árboles de la especie popularmente son conocidos por los nombres de: ciprés, cedro, enebro, táscate, sabino con distribución restringida en el bosque pino-encino en los estados de: Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, Hidalgo, Michoacán, Jalisco, Zacatecas, Coahuila, Durango, Chihuahua, Veracruz (Martínez, 1948).

En el corte transversal presenta anillos de crecimiento con marcada transición entre madera temprana y tardía, ésta es abrupta, representada en la tardía por anillos de crecimiento de anchura heterogénea de 4 a 8 traqueidas con lumen comprimido de forma oval de paredes de 5 μm en grosor con diámetro de lumen de 0.5 a 10 μm , las traqueidas son de forma poligonal irregular. En la madera temprana las traqueidas son de forma poligonal irregular con diámetro del lumen hasta 40 μm , pared de 5 μm de grosor. En el corte tangencial los rayos son uniseriados tienen una altura de 1 a 42 células, algunos con porciones biseriadas y paredes nodulares. En el corte radial los campos de cruce tienen de 1 a 3 puntuaciones de tipo cupresoides,²⁵ las caras radiales de las traqueidas tienen una hilera de puntuaciones areoladas.

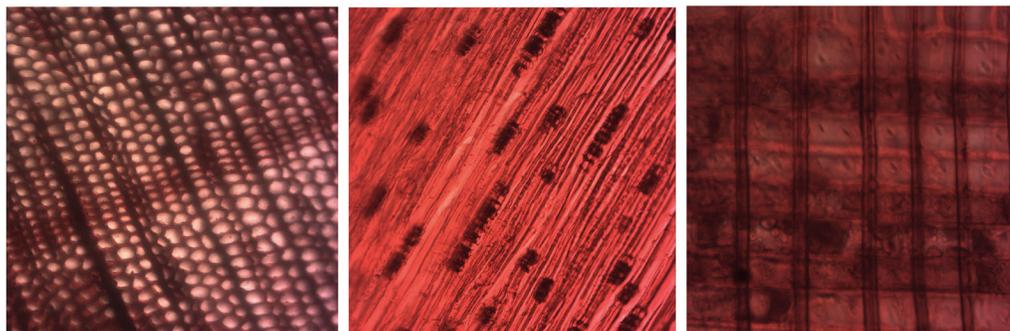


Figura 10. Madera de los clavos del caballo. De izquierda a derecha: corte transversal (10x), corte tangencial (10x) y corte radial (10x). Imagen: ©CNCPC-INAH.

²⁵ Pequeñas aberturas de forma elíptica con o parcialmente borde extendido a lo largo de su eje.



6) Lino (*Linum usitatissimum L*) del conjunto escultórico

La escultura de Santiago Apóstol tiene lienzo de lino y el caballo tela blanca de lino, en ambos textiles las fibras tienen las mismas características anatómicas caracterizadas por tener pared celular, lumen y constricciones transversales en forma de X, V, I, pero diferentes medidas en las fibras.

Las fibras del lienzo en promedio miden de grosor de la pared de 8 μm , grosor de las fibras de 28 a 36 μm con diámetro del lumen de 20 a 28 μm con dos extremos; uno terminado en punta y el otro redondeado. Las fibras de la tela blanca de lino tienen un grosor de 12 a 20 μm , con grosor de la pared de 2.0 μm con diámetro del lumen de 10 a 18 μm con los extremos idénticos a las fibras del lienzo.

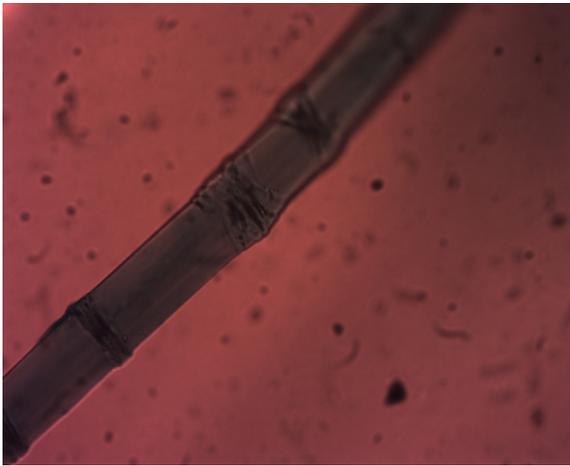


Figura 11. Fotomicrografía de la fibra de lino de la tela blanca del caballo en aumento 40X.
Imagen: ©CNCPC-INAH.

Discusión y conclusión de resultados

Es importante señalar que el conocimiento total de la técnica de manufactura en la escultura ligera no siempre es posible debido a que en la mayoría de los casos se realizan trabajos de conservación de mínima intervención, lo que impide el acceso a la toma de muestras, tradición requerida para el análisis anatómico microscópico y que, en este caso, se permitió y aprovechó cabalmente debido al grado de fragmentación del Santiago Apóstol.

Como se señaló, el conjunto escultórico se caracteriza por tener semejanzas en su manufactura: ambas son figuras huecas en su interior y ligeras, aunque de diferente momento de manufactura: la escultura de Santiago Apóstol posiblemente del siglo XVI, mientras que el caballo podría corresponder al siglo XIX.

Los materiales naturales utilizados tienen diferencias y similitudes en cuanto a las especies de plantas vasculares, por ejemplo, Santiago Apóstol se caracteriza por el uso de tres materiales naturales característicos de las esculturas ligeras: papel amate, pasta de caña de maíz, y madera blanda y ligera de zompantle; los dos primeros ausentes en el caballo, en el que se emplearon

dos maderas estructurales duras y pesadas: pino y enebro, seleccionadas para soportar el peso y volumen. El lino, textil afín en las dos esculturas, pero en dos presentaciones: lienzo en Santiago Apóstol y tela blanca más delgada y de menor gramaje para recubrir el monumental caballo.

La estructura del conjunto escultórico Santiago Apóstol y caballo está compuesta por un total de seis materiales naturales procedentes de seis especies diferentes de plantas vasculares: 1) Papel amate (*Morus celtidifolia* Kunth), 2) pasta de médula de caña de maíz (*Zea mays* L.), 3) zompantle (*Erythrina americana* Mill.), 4) Madera dura de pino (*Pinus pseudostrobus* Lindl), 5) Madera dura de enebro (*Juniperus depeana* Steudl.), 6) lienzo y tela blanca de lino (*Linum usitatissimum* L.).

En el INAH se han restaurado dos esculturas monumentales y ligeras del siglo XVI de Santiago Apóstol, una del templo con la misma advocación de Izúcar de Matamoros, Puebla y la otra perteneciente a la colección del Museo Nacional del Virreinato, Estado de México. En su manufactura presentan algunas semejanzas como: el uso de papel amate, caña de maíz y madera de zompantle; y diferencias como la inclusión, en la segunda, de papel de algodón y textiles (Rosell, 2016).

*



Referencias

- Arroyo, Omar (1993) "El papel de amate", *Artesanías de América* (41-42): 268-285.
- Boege, Eckart (2008) *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- Catling, Dorothy. M., y Grayson, John (1982) *Identification of Vegetable Fibers*, Londres, Chapman and Hall.
- Christensen, Bodil (1942) "Notas sobre la fabricación del papel indígena y su empleo para "brujerías" en la Sierra Norte de Puebla, México", *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos*, 6 (1-2): 109-124.
- De la Paz Pérez, Olvera Carmen, y Olvera Coronel, Patricia (1981) *Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas*, México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Boletín técnico, 69).
- De la Paz Pérez, Olvera Carmen, y Olvera Coronel, Patricia (1990) *Características anatómicas de la madera de 14 especies de coníferas*, México, Instituto de Ecología/Universidad Autónoma Metropolitana.
- González de la Cruz, Mercedes (2012) "La importancia de la etnobotánica en investigaciones parasitológicas", *The Biologist*, 10 (extraordinario 2).
- Guzmán Moral, Salvador (2017) "Conservación, restauración, imaginaria", *Toralbo* (2017):137-144.
- Huerta, Juana (1978) *Anatomía de la madera de 12 especies de coníferas mexicanas*, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (Boletín técnico, 51).
- Jane F. W. (1970) *The Structure of Wood*, 2ª edición, Londres, Adam & Charles Black.
- Matthews, M. J. (1954) *Textile Fibers*, 6ª ed., Nueva York, John Wiley & Sons, Inc.
- Rosell Pedraza, Karina Xochipilli (2016) Restauración del Conjunto Escultórico Santiago Matamoros, conferencia en el Simposio Internacional sobre Escultura Ligera ... con alma de maíz, Museo Nacional del Virreinato, Estado de México, 10 de junio.
- Martínez, M. (1948) *Los pinos mexicanos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, M. (1979) *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*, México Fondo de Cultura Económica.
- Olvera Coronel, Patricia (1981) *Estudio anatómico de la madera de siete especies del genero Pinus*, México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Boletín técnico, 71).
- Panshin, A. J. y C de Zeeuw (1980) *Textbook of Wood Technology*, 4ª ed., Nueva York, McGraw-Hill.
- Velázquez Guadarrama, Norma (2020) Informe final de trabajo de laboratorio sobre la búsqueda intencionada de restos de maíz encontrados en el engrudo de masa de nixtamal utilizado para pegar las hojas de papel amate en la escultura ligera de Santiago Apóstol [documento inédito], México, Hospital Infantil de México Federico Gómez/Laboratorio de Biología-Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia.





Templo de las Inscripciones, Palenque, Chiapas.

Imagen: ©CINPC-INAH.

Programa de Búsqueda de Recursos de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

Ricardo Herrera García*

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

Resumen

La búsqueda de recursos es el resultado de un proceso participativo, reflexivo y eminentemente inclusivo, inspirado en las dinámicas transversales, representativas y descentralizadas que representan el espíritu de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC). Emanado de las actividades desarrolladas para la búsqueda de financiamientos como parte de las iniciativas de la Dirección de Gestión y Vinculación de esta CNCPC, se plantea el Programa de Búsqueda de Recursos el cual pretende facilitar el acceso al financiamiento a los proyectos que son técnica y financieramente viables, pero que no cuentan con fondos para ejecutarlos, ya sea por emergencias, desastres, imprevistos o siniestros o que plantean elevados costos de ejecución. Se identifican tres posibles tipos de financiamiento: a través de recursos federales procedentes de organismos públicos, centralizados, paraestatales, entidades federativas, organizaciones de la sociedad civil (OSC) que obtengan recursos públicos, gastos etiquetados y gastos no etiquetados; a través de recursos privados circunscritos a empresas, organizaciones de la sociedad civil, filántropos y fundaciones; y recursos otorgados por organismos internacionales. El resultado de la implementación de este Programa se ve reflejado en los proyectos desarrollados por la CNCPC, el proyecto con nombre "Proyecto para la preservación de la Tumba de Pakal y de estructuras arquitectónicas de El Palacio en la zona arqueológica de Palenque, Chiapas" y el "Proyecto de recuperación tras el sismo de septiembre 2017. Exconvento de San Martín de Tours, Huaquechula", en Puebla, financiados por el Fondo de los Embajadores para la preservación cultural 2017", que promueve el gobierno de los Estados Unidos de América.

Palabras clave

Financiamiento de proyectos de conservación; subvenciones; financiamiento de terceros; fondos de asistencia; búsqueda de financiamiento; proyectos de conservación; conservación de patrimonio cultural.

Abstract

The search for resources is the result of a participatory, thoughtful, and eminently inclusive process, inspired by the cross-curricular, representative, and decentralized dynamics that represent the spirit of the National Coordination of Cultural Heritage Conservation (CNCPC). Emanating from the activities developed to search for financing as part of the initiatives of the Management and Linkage Directorate of the CNCPC, the Resource Search Programme is proposed, which aims to facilitate access to finance for projects that are technically and financially feasible, but that they do not have funds to execute them, whether for emergencies, disasters, unexpected events or accidents, or that raise high execution costs. Three possible types of funding are identified; through federal resources from public, centralized, public, federal entities, civil society organizations (OSC) that obtain public resources, labeling expenditures, and untagged expenditures; through private resources limited to companies, civil organizations, philanthropists and foundations; and resources granted by international agencies. The result of the implementation of this Programme is reflected in the projects developed by the CNCPC, the "Project for the preservation of Pakal Tomb and architectural structures of El Palacio, in the archaeological site of Palenque, Chiapas" and the project named "Recovery after the earthquake of September 19, 2017. Exconvento de San Martin de Tours, Huaquechula" in Puebla, funded by the 2017 Ambassador's Fund for Cultural Preservation, promoted by the government of the United States of America.

Keywords

Financial assistance for conservation projects; grants; third party funding; financial assistance; cultural heritage conservation projects; cultural heritage.

La Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) es la dependencia y área normativa del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) encargada de la conservación del patrimonio cultural mueble y mueble adosado al inmueble, que planea, coordina y vincula programas, proyectos y procesos de restauración, conservación e investigación del patrimonio arqueológico, antropológico, histórico, artístico y paleontológico de México, con la finalidad de fortalecer y promover la identidad nacional.

Dentro de su visión, busca utilizar los recursos existentes para llevar a cabo investigaciones e intervenciones que propicien una adecuada conservación de este patrimonio (INAH, 2020), además de que pretende impulsar y desarrollar líneas de acción que permitan cumplir con la misión y los objetivos planteados por la CNCPC (2020), los cuales están instrumentados a través de programas nacionales de conservación y de proyectos específicos que se puedan consolidar a pesar de las cuestiones económicas y financieras que aquejan al Instituto.

Las actividades están planteadas y desarrolladas como propuestas piloto para la búsqueda de financiamientos como parte de las iniciativas de la Dirección de Gestión y Planeación de esta CNCPC, además de la necesidad de potenciar y explorar nuevas maneras de acceder a recursos externos —no sólo económicos sino también en especie— se plantea el Programa de Búsqueda de Recursos. Si bien el objetivo general se enuncia particularmente ajustado a la misma dependencia, pretende tener un mayor impacto a nivel interinstitucional e intrainstitucional, dentro de la escala nacional e internacional, en un marco de corresponsabilidad y transparencia.

Sin embargo, la relevancia de dicha iniciativa sobre la cual se ahonda en la justificación, radica en que pretende clasificar de manera ordenada y sistematizada las opciones que ya se tienen y las que se pudieran tener para la obtención y captación de recursos o apoyos a través de la vinculación entre instancias públicas y privadas, con el fin de direccionar los esfuerzos para acceder a ellos de manera más sencilla y fluida, facilitando el proceso de búsqueda y aplicación para la ejecución de proyectos detenidos por causas financieras entre otras.

Finalmente, y enmarcadas en la normativa vigente, se identifican tres posibles tipos de financiamiento. El primero, a través de recursos federales procedentes de organismos públicos, centralizados, paraestatales, entidades federativas, organizaciones de la sociedad civil (OSC) que obtengan recursos públicos, gastos etiquetados y gastos no etiquetados. El segundo, a través de recursos privados circunscritos a empresas, organizaciones de la sociedad civil, filántropos y fundaciones. El tercero, recursos otorgados por organismos internacionales. Adicionalmente, como línea transversal de trabajo, se enmarca el trabajo con distintas comunidades locales y el impacto que ha generado en ellas el desarrollo de actividades apoyadas con recursos externos que tienen el objetivo de estimular el diálogo con patrimonio cultural que les pertenece. Estas actividades serán emanadas de los proyectos que se ejecuten dentro del marco legal aplicable para la CNCPC.

Planteamiento

Para cumplir con los objetivos de preservación del patrimonio cultural, es necesario ubicar al patrimonio nacional paleontológico, arqueológico, antropológico, etnohistórico, lingüístico e histórico del país como parte integral y motor del desarrollo social. A través de la integración de políticas públicas y programas interinstitucionales se pretende estimular una mayor generación



de ingresos, promoviendo el uso y disfrute del patrimonio cultural, así como mejorar cualitativa y cuantitativamente los bienes y servicios que se ofrecen al público. El INAH ha estado involucrado permanentemente en procesos de desarrollo y cambio, no sólo en aspectos de investigación, rehabilitación, restauración y conservación de los bienes muebles y muebles adosados a los inmuebles, sino también en la capacitación y la especialización de sus recursos humanos en los diferentes campos del conocimiento que se relacionan con las labores sustantivas del INAH.

Las funciones y responsabilidades del INAH se han incrementado año con año debido a la apertura de nuevas zonas arqueológicas y museos locales; al aumento de visitantes, así como el incremento de intervenciones con labores de mantenimiento mayor y menor, derivadas de las obras de rehabilitación de inmuebles históricos que presentan daños o con grave deterioro; por las acciones de protección técnica y legal del patrimonio cultural, a través de inspecciones y supervisiones y la emisión de dictámenes. Aunado a lo anterior, se han multiplicado los proyectos de investigación aplicada a la conservación, por los protocolos de colaboración con otros países para el desarrollo de programas de conservación y los programas de divulgación de la conservación, que resultan en un mayor número de solicitudes para la atención del patrimonio por parte de esta CNCPC.

El objetivo general del Programa de Búsqueda de Recursos pretende facilitar el acceso al financiamiento a los proyectos que son técnica y financieramente viables, pero que no cuentan con fondos para ejecutarlos, ya sea por emergencias, desastres, imprevistos o siniestros o que plantean elevados costos de ejecución. Los cuales redundan en mejorar la atención de la conservación del patrimonio cultural de México, en el ámbito de competencia de la CNCPC.

Son varios los objetivos específicos:

- a) Fomentar la conservación del Patrimonio Cultural a través de la ejecución de proyectos en materia de conservación;
- b) Establecer el modelo de gestión de proyectos en materia de conservación en la CNCPC según su naturaleza, de acuerdo con el modo de financiamiento;
- c) Coadyuvar en la elaboración de los proyectos de conservación en materia de conservación que sean susceptibles de obtener recursos financieros o en especie para su ejecución;
- d) Dar seguimiento a los proyectos en materia de conservación que han obtenido recursos para su ejecución, como resultado del presente programa;
- e) Gestionar recursos para la ejecución de proyectos en materia de conservación que no estén considerados en el presupuesto del INAH;
- f) Aplicar en convocatorias y participar en programas que permitan la obtención de recurso; y
- g) Generar las condiciones para la ejecución de Proyectos en los Centros INAH o sitios donde se ejecuten los mismos.

La CNCPC, siendo un área normativa y ejecutora del INAH, está facultada para la conservación y restauración del patrimonio mueble y mueble asociado al inmueble de nuestro país, así como para planificar, coordinar y vincular programas y proyectos que permitan potenciar su impacto.



Por ello, plantean e impulsan acciones de conservación, investigación y difusión del patrimonio, establece y refuerza la vinculación con otras instancias, además de fomentar la actualización de sus profesionales.

A lo largo de su historia, la CNCPC ha dado atención a bienes culturales muebles y muebles asociados al inmueble de gran relevancia e importancia incluso para la humanidad, como son los que están localizados y resguardados en las ciudades prehispánicas de Palenque, Teotihuacán, Chichén-Itzá, Monte Albán y El Tajín, y los que se encuentran en las ciudades históricas como Oaxaca, Puebla y Morelia, por mencionar algunos ejemplos. Un proceso culminado de conservación se traduce en la permanencia de bienes culturales a los que la sociedad en general de México y demás países, pueden tener libre acceso.

Sin embargo, la situación económica que aqueja a México y, por ende, al INAH, se ha convertido en una barrera que impide consolidar, ejecutar y dar continuidad a proyectos y acciones de conservación que eventualmente podrían asegurar la permanencia de estos bienes que aluden a la identidad de nuestro país. Asimismo, esta situación merma de cierta manera en el impacto social, la cual se genera de la relación de identidad y patrimonio cultural que de alguna forma también plantean la CNCPC y el INAH.

Anteriormente se ha observado que la falta de estrategias organizadas repercute en la continuidad de los proyectos, al cabal cumplimiento de las funciones de esta CNCPC, al logro de sus objetivos estratégicos en los estados y a la gestión de sus resultados.

Por ello es urgente implementar y explorar nuevas estrategias que impulsen acciones de conservación, a través de la elaboración, la financiación y la ejecución de proyectos estructurados y fundamentados que coadyuven a la adecuada atención de los bienes considerados patrimonio cultural, en riesgo de perderse.

A razón de lo anterior, se estableció un programa de búsqueda de recursos, denominado Programa de Búsqueda de Recursos, que es un instrumento para fomentar las buenas prácticas en la obtención, la aplicación, el seguimiento y la medición del impacto y resultados de las inversiones —económicas o en especie—, dando apertura para futuras aportaciones. Cabe señalar que, el Programa de Búsqueda de Recursos no pretende la revisión ni modificación de la estructura técnica de los proyectos, ni mucho menos someterlos a revisión en cuanto a contenido, ya que esto le compete a cada responsable del mismo.

De llevarse a cabo la implementación y operación del Programa de Búsqueda de Recursos, se podrán potenciar y ampliar las posibilidades de acceder a recursos externos a la CNCPC para solventar las necesidades de los proyectos y las acciones de conservación para impactar en la preservación del patrimonio cultural.

Antecedentes

Se ha buscado la forma de atraer inversión privada y financiamiento a largo plazo para el desarrollo de proyectos de conservación, altamente rentables y con instrumentos presupuestales flexibles que impidan recortes y retrasos de presupuesto. A través del análisis de datos históricos más



adelante mencionados, se observó la ausencia de registros financieros y de historias de crédito documentados de proyectos de conservación con recursos de terceros, la carencia de mecanismos eficaces para mitigar riesgos y la presencia de costos fijos que tienden a ser independientes del monto de cada operación.

La falta de acceso a recursos financieros es una de las razones por las que no se llevan a cabo actividades e inversiones de conservación del patrimonio cultural, a pesar de ser atractivas económica, social y ambientalmente. Un mayor acceso a financiación permitiría a las comunidades, donde se desarrolle el proyecto, invertir, crecer y mejorar los medios de vida de sus miembros. Es necesario, por tanto, una comunicación más eficiente e intercambio de información entre actores responsables del proyecto y financieros, a fin de desarrollar estrategias e instrumentos administrativos que sean sostenibles y adecuados a las necesidades de la conservación del patrimonio cultural.

En la actualidad, la incursión inicial ha permitido identificar las siguientes limitaciones: inadecuada gestión empresarial debido al reducido desarrollo de las capacidades de las personas que participan en los proyectos, bajo uso de tecnologías, insuficiente infraestructura local, escaso financiamiento de capital de trabajo, poco financiamiento para activos fijos y limitados recursos humanos, tanto en cantidad de personas como en especialización en temas administrativos.

Investigación

Al examinar antecedentes de financiamiento por terceros, se localizaron documentos que ponen de manifiesto la ejecución de proyectos dentro de la CNCPC. Esta investigación resultó fundamental para vislumbrar las colaboraciones que se habían tenido con otras instancias en administraciones pasadas, antes de la iniciativa de creación del Programa de Búsqueda de Recursos.

La investigación se realizó en el Archivo concentrador e histórico (2000-2012) y en el Archivo de trámite (2013-2016) de la CNCPC. Entre la información y documentación, se encontraron oficios, acuerdos y convenios pactados con diversos organismos públicos, privados, nacionales e internacionales, quienes en su momento proporcionaron apoyos económicos o en especie para la ejecución de proyectos de esta dependencia. En los siguientes párrafos, se enuncian los más relevantes:

En el periodo de gestión de 2001 a 2005, en las actas de entrega, se mencionan algunas colaboraciones con instancias nacionales (Fondo Nacional para la Cultura y las Artes y Fundación Harp Helú) e internacionales (World Monuments Fund). Dentro del periodo de gestión 2006 a 2008 se encuentran algunos convenios o colaboraciones con diversas instancias, como el Congreso del estado de Aguascalientes. Del 2008 al 2012, se obtuvieron apoyos, tanto económicos como en especie, de donantes particulares como el de Rosa María Zenón, colaboradores con instancias como la UNESCO, Instituto del Patrimonio Cultural de Oaxaca y la Universidad de Boloña. En el periodo 2013-2016, se encontró un borrador del convenio y un oficio del año 2014, que aluden a la colaboración entre el INAH y el Consejo Consultivo Ciudadano del Estado de Hidalgo.

Si bien es cierto que la iniciativa de desarrollar dicho programa emana de la Dirección de Gestión y Planeación en tal periodo de trabajo, no significa que previamente no se hayan procurado apoyos externos y llevado a cabo colaboraciones con otras instancias para estos fines.

La metodología usada fue la de Línea Base, la cual se usa cuando no se tienen datos cuantificables y sólo se tienen datos cualitativos. Esta herramienta permitió establecer los antecedentes y construir los indicadores fundamentados a partir de documentación oficial de una fecha específica. Nuestra Línea Base fue el periodo de gestión del 2001 al 2005, en donde se encontraron diversos documentos que se convirtieron hasta el momento en datos cuantificables.

Marco conceptual

La CNCPC cuenta con programas nacionales de conservación que buscan establecer directrices a partir de lineamientos éticos y normativos. Sin embargo, aún no tiene con un programa general y nacional de procuración de fondos que permita desahogar los proyectos que se generan en la dependencia.

A continuación, se mencionan los programas que pudieran ser sujetos a mecanismos de financiamiento (de acuerdo con nuestra¹ consideración por importancia):

- Programa Nacional de Atención a Grupos Sociales
- Programa Nacional de Educación para la Conservación
- Programa Nacional de Conservación in situ
- Programa Nacional de Conservación de Patrimonio Documental
- Programa Permanente de Intervención en Talleres y Laboratorios de la CNCPC
- Programa Nacional de Conservación en Museos.

Ámbito de aplicación

El Programa de Búsqueda de Recursos será aplicado y dará alcance de beneficios en todo el territorio nacional.

Actores:

- Beneficiario directo primario: El INAH desarrollará y ejecutará proyectos de conservación en pro del patrimonio cultural, con el apoyo de financiamientos externos.
- Beneficiario directo secundario: La sociedad adquiere el conocimiento, se identifica por medio de las actividades sociales propuestas en el proyecto de conservación para generar un vínculo entre la sociedad que resguarda el patrimonio y el objeto cultural, y posteriormente el disfrute del patrimonio cultural mediante el libre acceso a la cultura. Los habitantes de todos los estados de la República Mexicana, en donde existen bienes culturales patrimoniales (patrimonio) para su conservación, preservación y protección, se beneficiarán de manera adicional, puesto que el programa apoyará en la generación de empleo directo e indirecto y en la potenciación del turismo cultural sostenible.

¹ Dirección de Gestión y Vinculación y Área de Gestión y Normatividad de la CNCPC.



- Potencial financiador: Podrá ser del sector público y privado, nacional e internacional. Tendrá el objetivo de otorgar el financiamiento para desarrollo de proyectos de conservación. Para efectos del programa, el donador será un instrumento.

Contenido del programa

El Programa marca tres directrices específicas, mediante las cuales se pueden obtener recursos para financiar proyectos de conservación. Se describen las características de cada una de ellas y su funcionamiento como mecanismo de financiamiento.

El instrumento pretende clasificar de manera ordenada, sistematizada y debidamente fundamentada las opciones que existen y las que se pudieran conseguir para la obtención y captación de recursos o apoyos a través de la vinculación entre instancias públicas y privadas, con el fin de direccionar los esfuerzos para acceder a los mismos de manera más sencilla, facilitando el proceso de búsqueda y aplicación.

Existen diversos tipos de financiamiento de acuerdo con el resultado esperado. Para el presente programa se engloban los siguientes:

- Financiamiento para la inversión. Abarca la adquisición de equipos, adquisición de máquinas, y construcción de infraestructura para las operaciones de conservación de bienes muebles e inmuebles.
- Financiamiento de capital de trabajo. Incluye los gastos de la mano de obra, pago de insumos (combustibles, repuestos de equipos, etcétera), transporte, alimentación y salud del personal, pago de servicios (alquiler de equipos).
- Financiamiento del desarrollo de capacidades. Se refiere al financiamiento de actividades de capacitación y la asistencia técnica. Aplicable en la etapa de desarrollo del proyecto.

Impacto del programa

Palenque

El proyecto con nombre Proyecto para la preservación de la Tumba de Pakal y de estructuras arquitectónicas de El Palacio en la zona arqueológica de Palenque, Chiapas, fue impulsado desde la CNCPC, para ser inscrito en el programa de “Fondo de los Embajadores para la preservación cultural 2017”, que promueve el gobierno de los Estados Unidos de América, con un financiamiento por 500 mil dólares americanos, para solventar tres años de trabajo.

El financiamiento aprobado está siendo aplicado, según el programa y el cronograma establecido por los especialistas del INAH, de 2018 a 2020, para la investigación y monitoreo que permitirán tomar las decisiones pertinentes en acciones preventivas y correctivas de conservación de los estucos de la tumba de Pakal. Asimismo, realizar en conjunto con el arqueólogo de la zona arqueológica de Palenque (arqueólogo Arnoldo González), acciones correctivas en las cubiertas de las casas A, B, C, D y E de la estructura arqueológica conocida como El Palacio, lo que además de repercutir positivamente en la estabilidad estructural de dichos elementos, evitará las filtraciones de agua que afectan negativamente los valiosos estucos y elementos documentales epigráficos y decorativos integrados a la arquitectura.



Interior de la tumba de Pakal, Templo de las Inscripciones, Palenque, Chiapas. Imagen: Ricardo Herrera ©CNPC-INAH.

El primer objetivo de la propuesta ha sido efectuar la conservación integral de El Palacio, uno de los conjuntos arquitectónicos más emblemáticas y que conserva decoraciones interiores y exteriores, entre las que se encuentran pinturas murales, relieves de estuco y escultura en piedra, principalmente.

El segundo objetivo de esta propuesta se ha enfocado en el diagnóstico y la propuesta de actuaciones para la conservación de la Tumba de Pakal. Esta cámara funeraria, ubicada en el interior del Templo de las Inscripciones, es uno de los elementos más representativos de la cultura maya; sin embargo, desde su descubrimiento hasta la fecha, no se han podido dar la continuidad requerida para su estudio y conservación, ya que, dada la complejidad de su estado, son necesarios estudios de costos elevados, para los cuales no se había conseguido la financiación suficiente.

Impacto del proyecto y lo sostenible²

El presupuesto del proyecto incluye todo lo necesario para efectuar los trabajos de investigación y conservación-restauración en campo; considerando desde materiales, herramientas y equipo empleado para la consolidación arquitectónica de las cubiertas de los edificios y la estabilización de relieves de estuco, aplanados y pintura mural en graves condiciones de conservación, así como también toda la infraestructura necesaria para dar hospedaje, alimentación y transporte al personal especializado que participara activamente en el Proyecto.

² Que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente (RAE, 2020). En referencia al recurso obtenido para el desarrollo del proyecto de conservación de Palenque.



La conservación total de El Palacio minimizará el deterioro y reducirá la necesidad de futuras intervenciones profundas. El estudio de la Tumba de Pakal proporcionará la información científica necesaria para definir las acciones de conservación, ya que se encuentra actualmente en una curva de pérdidas constante y acelerada. En ambos casos el proyecto representa un medio para asegurar la conservación de contenedores únicos de información insustituible. Al mismo tiempo, será una gran contribución científico-académica a nivel internacional.



Casa B de El Palacio, Palenque, Chiapas. Imagen: Ricardo Herrera ©CNCPC-INAH.

Por otro lado, el proyecto está recuperando las técnicas tradicionales de construcción de la región, así como el uso de materiales locales, lo que requiere de la colaboración de las comunidades vecinas (el mayor porcentaje de trabajadores contratados para el proyecto es local, personas capacitadas especialmente para esto). Esto representa el uso de materiales sostenibles y sistemas de construcción ya adaptados al medio ambiente. Ello también favorece el estrechamiento necesario de los lazos sociales entre las comunidades locales, integradas por diferentes grupos étnicos.

Huaquechula

El complejo conventual de San Martín de Tours Huaquechula, construido en el siglo XVI por la orden franciscana, es uno de los monumentos arquitectónicos más importantes, tanto histórica como estéticamente, que existen en la zona centro-occidental del estado de Puebla. A causa del terremoto del 19 de septiembre de 2017, el exconvento se vio gravemente dañado y se pusieron en riesgo estas cualidades. Por tanto, se consideró fundamental el desarrollo de un proyecto de recuperación y conservación, no sólo para asegurar la estabilidad del complejo arquitectónico con todos sus valores, sino también para fortalecer a la comunidad que lo utiliza y recuperar su funcionalidad.

La restauración de la pintura mural se efectuó a cargo de la CNCPC y del Centro INAH Puebla, el proyecto se desarrolló desde el mes junio de 2018 hasta diciembre de 2019. El financiamiento del proyecto contó con la valiosa aportación de 200 mil dólares, otorgada por la Embajada de Estados Unidos en México, a través de la Ambassadors Fund for Cultural Preservation (Fondo de Embajadores para la Preservación Cultural).





Daños en la bóveda de la nave del templo de San Martín de Tours Huaquechula, Puebla.
Imagen: ©CNCPC-INAH.

El proyecto integral de restauración se centró en recuperar la estabilidad estructural del complejo arquitectónico y, posteriormente, llevar a cabo su restauración bajo los criterios establecidos por la UNESCO para casos de terremotos o desastres naturales.

Los trabajos en la pintura mural se programaron en cinco fases: en la primera, con presupuesto del INAH, se desarrollaron acciones conservativas de emergencia en superficies de aplanados y pintura mural, específicamente dentro del área del claustro que comprende corredores, habitaciones, capillas y otros espacios. Como parte del proyecto se hará la consolidación de fragmentos, áreas de aplanado y pintura mural con riesgo de colapso, además de la adhesión de fragmentos en las paredes.



Claustro bajo del exconvento de San Martín de Tours Huaquechula, Puebla.
Imagen: ©CNCPC-INAH.



La segunda fase, con apoyo financiero de la Embajada de Estados Unidos de América, contempló la elaboración de un levantamiento arquitectónico y un estudio fotográfico para conocer la geometría y la verticalidad de la estructura constructiva. Esto para, posteriormente, llevar a cabo calas estratigráficas en el piso. De forma paralela se realizó el levantamiento en 3D del conjunto conventual.

En la tercera fase, las acciones prioritarias se concentraron en la fachada principal del claustro: consolidación de las paredes, liberación de material suelto o fracturado, aplicación de juntas, enlucido grueso y fino en las paredes.

En la cuarta etapa se instalaron las puertas y ventanas que faltaban o se encontraban dañadas, éstas se equiparon con mosquiteros y protecciones de UV en los vidrios. Asimismo, se erradicó la fauna nociva albergada en los bienes al interior del exconvento o en el atrio (Gutiérrez, 2019).

La última fase de intervención contempló el reemplazo de las vigas del techo en los cuatro corredores centrales del claustro superior. Este proceso es fundamental para asegurar la conservación en pinturas murales y revestimientos arquitectónicos.

Reflexiones acerca del Programa de Búsqueda de Recursos

Como un proyecto piloto en la CNCPC, la búsqueda de recursos ha sido necesaria para fortalecer el quehacer institucional en materia de conservación, específicamente en las actividades que año con año desarrolla a nivel nacional, anteriormente han existido distintas opciones de aportaciones de terceros que han financiado proyectos prioritarios, aunado a que las políticas públicas van cambiando, por lo que es necesario generar proyectos de conservación prioritarios para promoverlos ante distintas financiadoras y conservar el patrimonio cultural.

Dadas esas experiencias previas, se contó con bases para poder detonar este proyecto y continuar con el fortalecimiento de un área dentro de la CNCPC que otorgue atención y seguimiento a fondos que puedan apoyar la ejecución de proyectos de los distintos tipos de bienes que competen a esta área normativa.

Ya conformada un área y establecido un vínculo formal y permanente, hoy por hoy se cuenta con los elementos para poder presentar proyectos de conservación a los fondos de financiamiento, e incentivar a la generación de nuevos proyectos que puedan ser financiados por distintos actores, embajadas, asociaciones civiles, organismos internacionales y otras instancias que apoyen estos proyectos a bajos costos de reciprocidad.

La intención de este programa no sólo es de financiar los proyectos de conservación, sino establecer los mecanismos necesarios para que no sólo una gestión dé continuidad a estas acciones, sino que sea un programa permanente e institucional, con elementos administrativos y técnicos que garanticen una aplicación exitosa y que atraiga otras fuentes de financiamiento.

Si bien es cierto que existen proyectos que han sido financiados previamente, no existía un documento que explicara el proceso de preparación de los mismos, el contenido que deben tener, las características a prevalecer o qué impacto hay que considerar, entre otros, por lo que

el presente documento servirá como base general para tomar en cuenta en qué debe hacerse énfasis o qué mínimo e indispensable de información debe contener un proyecto, pues hasta ahora todas las propuestas han obedecido a líneas distintas, por mencionar algunas: mitigación de violencia, inclusión social, reactivación de la economía, evitar la migración, rescatar del patrimonio cultural vulnerable, etcétera.

Por todo lo anterior, la reflexión final versa en que hay mucho por hacer en la búsqueda de recursos, que es indispensable seguir aprendiendo cuáles son los aspectos que interesan a los financiadores en términos de la conservación del patrimonio, pues cada caso es diferente, sin embargo, en algo coinciden la mayoría y es en hacer notar a la sociedad en general su participación. Es por ello que la CNCPC seguirá trabajando en la búsqueda de estos fondos, en robustecer este programa para que, finalmente, las áreas y especialistas cuenten con elementos mínimos e indispensables para presentar proyectos atractivos que se desarrollen con la mayor cantidad de recursos posibles, ya que cada vez son mas limitados.

*

Agradecimientos

A Valentina Yáñez por apoyarme con la traducción del resumen al inglés.

A Rosario Pérez Barragán y María Elena Ortiz Sanchez, por la investigación documental.

Referencias

Real Academia Española (RAE) (2020), *Diccionario de la lengua española*, s. v. "sostenible" [en línea], disponible en: <<https://dle.rae.es/sostenible?m=form>> [consultado el 13 de abril de 2020].

Gutiérrez Vargas, Oscar Adrián (2019) "Biólogos de la CNCPC expulsan termitas del exconvento de Huaquechula", *CR. Conservación y Restauración* (19): 166-169.

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) (2020) ¿Quiénes somos? [en línea], disponible en: <<https://www.inah.gob.mx/quienes-somos>> [consultado el 13 de abril de 2020].



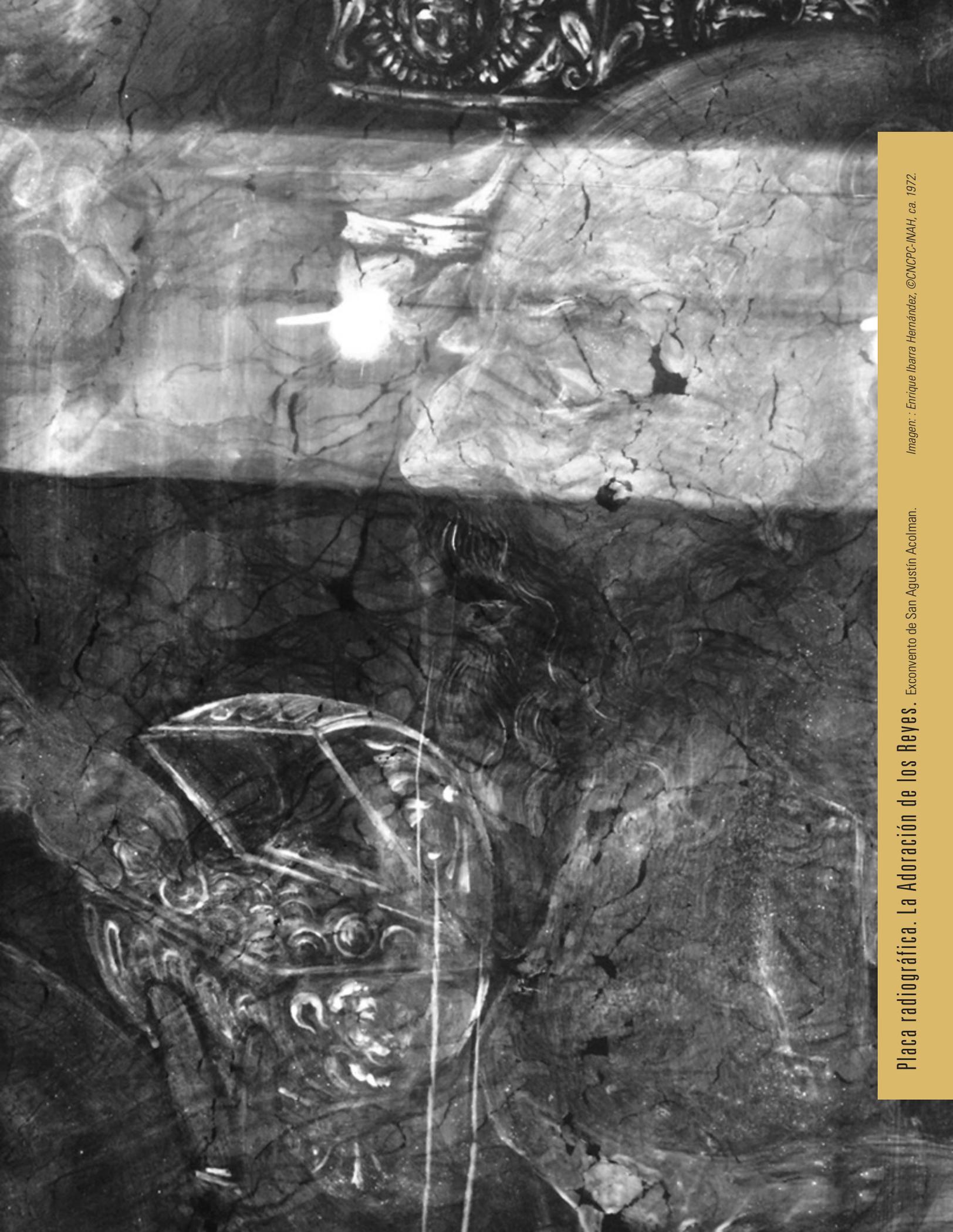


MEMORIA



La radiografía, casi de manera inmediata a su descubrimiento a finales del siglo XIX, se aplicó al estudio de restos momificados, pintura de caballete y otros objetos culturales, constituyendo hasta la fecha una herramienta importante en el análisis de los bienes históricos y arqueológicos. El Laboratorio de Radiografía de la CNCPC, establecido desde la década de 1960, ha generado un importante acervo que da cuenta de la aplicación de esta técnica en el estudio del patrimonio en México. En la presente sección se aborda su aplicación en el análisis de pintura novohispana a partir del estudio de este acervo.

*Imagen: Ingeniero Enrique Ibarra Hernández.
©Fototeca CNCPC-INAH.*



Placa radiográfica. La Adoración de los Reyes. Exconvento de San Agustín Acolman.

Imagen : Enrique Ibarra Hernández, ©CNCPC-INAH, ca. 1972.

Laboratorio de Rayos X: prácticas institucionales aplicadas a pintura de caballete novohispana

Luis Ricardo Nathael Cano Baca*

*Posgrado de Doctorado en Historia del Arte, Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

La investigación de pintura de caballete novohispana mediante técnicas científicas comenzó en el siglo XX gracias a los esfuerzos de profesionales en conservación, historia del arte y ciencia aplicada al patrimonio cultural. A partir de la consulta de los archivos históricos de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia y del Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional Autónoma de México, se pudieron reconstruir las primeras prácticas de estudio de rayos X de pintura sobre lienzo y tabla entre 1950 y 1975 en el INAH, los agentes involucrados, las consideraciones teóricas, prácticas y los alcances de su aplicación y utilidad.

Palabras clave

Rayos X; estudios técnicos; archivos; pintura sobre tabla y lienzo; conservación de pintura de caballete; pintura novohispana; ciencia aplicada en conservación.

Abstract

The research on easel paintings from New Spain through scientific techniques began in the twentieth century thank to the efforts of professionals in conservation and applied science to cultural heritage. From the access of the archives of the Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural of Instituto Nacional de Antropología e Historia and Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional Autónoma de México, the first practices of canvas and panel paintings studies with X-rays, made between 1950 and 1975 at INAH could be reconstructed with the agents involved, the theoretical, practical considerations and scope of their application and utility.

Keywords

X ray; technical studies in conservation; archives; Panel and canvas paintings conservation; easel painting from New Spain; science conservation.



El estudio técnico-material de la pintura tiene sus orígenes a finales del siglo XVIII ilustrado con la finalidad de conocer las estrategias de producción de los artistas, los paradigmas en las técnicas empleadas, las formas de reconocer alteraciones físicas o falsificaciones, la intención de producir nuevos productos para el arte y, en definitiva, el saber cómo conservarlas. Con ello, el apoyo e influencia de la ciencia y los métodos de análisis científicos aplicados al estudio, registro y documentación de los cuadros muestran una complicidad directa que, en la actualidad, se configura bajo preguntas y mediaciones interdisciplinarias entre restauradores, historiadores del arte y científicos (Cano, 2019: 7-11).

De tal manera, realizar una “imagen científica” que registre las propiedades de una pintura, exige la apropiación del lenguaje científico y la comprensión de los diferentes fenómenos que se producen al emitir energía de diversa intensidad sobre la superficie de las obras. Además de la habitual imagen fotográfica con luz visible, ultravioleta o infrarroja, la imagen radiológica, o imagenología, es una técnica complementaria usada de forma recurrente para el análisis de las pinturas ya que permite observar características subyacentes en las composiciones pictóricas y en soportes que las constituyen (Matteini, 2001: 189).

La técnica de rayos X consiste en emitir radiaciones con gran poder de penetración que llegan a atravesar una diversidad de materiales y, por principio, gracias a esa heterogeneidad material debida al tipo de átomos, la densidad y espesor que constituye un cuerpo físico, además de la cantidad de energía y tiempo de exposición, se registrarán en una placa, generalmente de poliéster cubierta por una emulsión de plata, los efectos de transparencia o absorción de los rayos X (Bautista, 2012: 44).

El estudio se constituye del principio de emisión de rayos X y del fenómeno que provoca sobre un objeto, fue descubierto por el físico Wilhelm Conrad Röntgen en 1895 en Alemania, cuyas primeras publicaciones fueron en el área médica, en especial sobre traumatología y ortopedia; se probó en pintura tiempo después por Töpler y Köning en Frankfurt, Alemania, y patentó por el doctor Faber de Wiemar en 1915. En 1920 se realizó por primera ocasión en América en el Museo de Arte de Cambridge, Massachusetts, sin embargo, obtuvo popularidad en el estudio de obras de arte en instituciones museales o laboratorios de conservación de Europa y Estados Unidos después de la Primera Guerra Mundial (Cano, 2014: 86-87).

En el contexto mexicano, se desconoce el inicio de su aplicación, los agentes sociales involucrados, la obra en cuestión y el testimonio del proceso. Considerar la memoria sobre la técnica y los mismos documentos que registran el quehacer de la radiografía de pintura de caballete novohispana aportan consideraciones sobre la valoración de las obras artísticas para su conservación.

Fue a partir de la consulta del archivo histórico del Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIE-UNAM), el cual resguarda la documentación personal de Abelardo Carrillo y Gariel, artista y conservador de la primera mitad del siglo XX, donde se encontró un artículo inédito escrito en la década de 1950, relacionado con los laboratorios de investigación científica aplicada al estudio de obras artísticas. En su último apartado, incluye el esbozo de la técnica de radiografía y su aplicación a una pintura sobre lienzo de época novohispana.



Mientras que en la consulta del archivo histórico de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH), se encuentra una diversidad de documentos como diarios de trabajo, expedientes administrativos, negativos, impresiones fotográficas y placas de radiología. Su correlación permitió reconstruir las primeras prácticas del Laboratorio de Rayos X del Centro de Restauración del Patrimonio Cultural Paul Coremans entre 1967 y 1975 a cargo de Enrique Ibarra Hernández, técnico especializado en radiología y pionero en la aplicación de estudio en pintura sobre tabla y lienzo.

En una publicación futura se explicará el contexto de trabajo institucional de las prácticas de investigación y técnicas de imagenología usadas en pintura novohispana en México entre 1950 y 1975, los perfiles de estos dos agentes involucrados, y las prácticas que reportaron con la finalidad de reconstruir los procesos que definieron las imágenes radiológicas.

La radiología institucional del INAH en contexto

La técnica de rayos X aplicada al patrimonio cultural mexicano comenzó con la Sección de Antropología Física del Museo Nacional dirigido a osamentas prehispánicas en el centro de la Ciudad de México. La colaboración con la Universidad de Columbia de Estados Unidos provee el equipo de radiología y especialistas en antropología física para realizar tal empresa, esto se efectuó en conjunto con el museo, mucho antes de la creación del INAH.

Tiempo después, en 1957, el primer equipo de radiología análoga fue adquirido gracias a esa relación interinstitucional. El equipo Picker X-ray de la corporación Wite Manufacturing Division, fue fabricado para tomar radiografías en el campo de batalla durante la Segunda Guerra Mundial, su tamaño compacto y forma cúbica lo hicieron idóneo para la portabilidad y uso fuera de un laboratorio convencional (INAH, 1960: 26). Fue Luis Vargas y Vargas, médico y de los primeros radiólogos de la Ciudad de México, quien respondió a la solicitud del entonces director del INAH Eusebio Dávalos, para apoyar la capacitación de personal y el estudio con el equipo adquirido, de esta manera, su inserción promovió la viabilidad para investigar osamentas. La participación del doctor Vargas como un asesor constante y la colaboración de Abelardo Carrillo y Gariel, entonces jefe de restauración de la Dirección de Monumentos Coloniales, comenzó con la aplicación de ese estudio en pintura a finales de la década de 1950.¹

Abelardo Carrillo y Gariel: fundamentos de la práctica radiológica

Abelardo Carrillo y Gariel (1898-1976) fue un académico con una larga trayectoria profesional para la historia del arte novohispano y la conservación del patrimonio artístico en el siglo XX. El acervo depositado en el IIE-UNAM da cuenta de la conformación y consolidación profesional de tal agente social de 1916 a 1976 y las instituciones por las que transitó como estudiante y conservador de la Escuela Nacional de Bellas Artes, hoy Facultad de Artes y Diseño de la UNAM, en la Universidad Iberoamericana, y como jefe en el departamento de restauración de la Dirección de Monumentos Coloniales, hoy Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH) del INAH.

¹ AHIDDIE, Colección Abelardo Carrillo y Gariel, Abelardo Carrillo y Gariel, Laboratorios de Investigación, 2088.8, s/f.



Tal y como menciona Pedro Ángeles: “tuvo la oportunidad de conocer con mucho detalle las principales colecciones de pintura colonial al haber efectuado inventarios de templos y museos de la república” (Ángeles, 2000: 130), hechos que le llevaron a perfeccionar diversas metodologías de aproximación a las obras artísticas y en lo que denominó “la crítica técnica”. En palabras de Carrillo y Gariel:

[...] tiende la crítica moderna al tecnicismo puro; marcha vinculada íntimamente a la obra de arte y estudia sus características materiales, morfológicas y cromáticas como una de las causas inmediatas de las emociones que procura. Tales intentos de la crítica han entrado en el terreno de las ciencias auxiliares del arte plástico hasta estos últimos años, pero no son, en realidad, una conquista del siglo XX como muchos suponen.

En tal estado [...] la crítica científica, menos individualista, sitúa al pintor en un medio que le obliga a producir en forma determinada, parte por propio valer condicionando a la facultad personal, y otra originada por la intervención de los factores externos, entre ellos los de orden técnico (Carrillo y Gariel, 1946: 5-6).

Desde la visión de Hipólito Taine, y retomado por Carrillo y Gariel “se puede hacer una historia científica del arte con los mismos métodos de la historia natural. La influencia del medio en la producción de la obra es algo innegable, pero sería un error olvidar que un artista no sólo sufre el influjo del medio, sino que lo transforma” (1946: 5-8). Para concluir, propongo que el pensamiento de Carrillo y Gariel se alineó con la consideración positivista basado en la evolución orgánica de los estilos de las obras, es decir, la clasificación derivada del análisis formal y cuyo sustento se basó en los resultados de los estudios científicos, es decir, en el método y el resultado comprobable.

Acerca del artículo inédito, posiblemente fue redactado durante la década de 1950, época en la que el conservador ya había publicado la técnica de la pintura de la Nueva España en 1946. La primera sección consta de las características que ofrecen los estudios de imagen por técnicas físicas bajo el espectro de luz visible, ultravioleta e infrarrojo, las características generales que podemos interpretar en la imagen de rayos X y su utilidad en pintura; los estudios de cortes transversales de pintura o del soporte textil con microscopía óptica, además de la identificación de los materiales constitutivos por microquímica.

Sobre los rayos X, el autor define las características de interpretación de la placa radiográfica, la utilidad del estudio y en la segunda sección, describe las observaciones de una pintura subyacente. Se trata de un óleo sobre lienzo en la que distinguió una composición e iconografía distinta a la que se pintó en la misma época novohispana.²

Según Carrillo y Gariel:

Los rayos X descubren cabalmente la obra antigua tras de los colores modernos, sobre todo si estos últimos contienen tintes para fortalecer los tonos [...] No es este un procedimiento de uso reciente, pues para tales fines se emplea desde

² AHIDDIE, Colección Abelardo Carrillo y Gariel, Abelardo Carrillo y Gariel, Laboratorios de Investigación, 2084-2088, s/f.



hace más de cuarenta años, y su utilidad indiscutible en muchos aspectos de estos exámenes lo ha hecho de aceptación universal. Con su ayuda pueden descubrirse las falsificaciones y confirmar los retoques y repintes innecesarios que haya sufrido una obra a manos de restauradores criminales, permitiendo saber si hay posibilidad de reintegrarla a su estado original.

Otras veces, cuando los nuevos empastes interrumpen la silueta de la obra primitiva, aparecen entremezcladas las manchas que caracterizan las diversas opacidades; [...] en tanto que las zonas oscuras de los cuadros, por su escaso empastamiento y su poco o ningún contenido de materias de origen mineral, son atravesadas con facilidad por dichos rayos.³

Es notoria la actualización de Carrillo y Gariel sobre los estudios aplicados a las obras a nivel internacional y la utilidad para el estudio en temas de restauración como el caso de remoción de repintes. Subrayo también que su relación disciplinar en conservación fue directa con la escuela francesa, en especial con Magdeleine Hours (1923-2005), restauradora especializada en pintura de caballete y autora de publicaciones de los estudios técnicos y su aplicación a las obras (Hours, 1949).

En la segunda sección del artículo, se menciona que la radiografía tomada por el doctor Luis Vargas y Vargas mostró debajo de *La Virgen con el Espíritu Santo* una versión de *Santa Ana enseñando a leer a la Virgen niña*:

Véase cómo las manchas claras que corresponden a las dos películas oleosas son de valor casi igual, pues rostro, manos, puños y paloma simbólica de la pintura sobrepuesta, presentan la misma intensidad que los rostros, manos y perlas de la composición que se encuentra bajo ella, indicando el empleo de dos pastas blancas formadas por elementos idénticos.⁴

Lo más interesante de esa interpretación de la placa, es la similitud de la densidad de los materiales de ambas capas de pintura y en la que poco se distingue diferencia, podríamos pensar que más allá de la fusión entre las capas de color, la materialidad de la pintura en la Nueva España es constante en el uso de ciertos materiales a través del tiempo y dificultaría la definición de cada campaña pictórica con los parámetros de energía aplicados.

A su vez, poco se conoce de las circunstancias de uso del equipo de rayos X, el proceso de montaje, toma, revelado y resguardo de la imagen. No conocemos el paradero de la obra ni de la placa, sin embargo, surge la duda sobre la forma en que se hizo ese proceso: ¿hubo ensayos previos? ¿solamente se habrá llevado a cabo una toma? ¿cuántos parámetros se usaron para lograr el objetivo? ¿dónde y cómo se revelaron las placas? A su vez, la ausencia de cierta información para conocer la pintura citada tampoco nos indica el objetivo de la aplicación de la técnica y si implicó la restauración de esta.

³ AHIDDIE, Colección Abelardo Carrillo y Gariel, Abelardo Carrillo y Gariel, Laboratorios de Investigación, 2084-2088, s/f.

⁴ AHIDDIE, Colección Abelardo Carrillo y Gariel, Abelardo Carrillo y Gariel, Laboratorios de Investigación, 2088, s/f.



Acerca de la placa radiográfica en cuestión, los tamaños que existieron en la época fueron de la división médica "Blue X-ray film" producida por la Eastman Kodak Company en formatos de 12 x 15 pulgadas, esto es importante saberlo ya que nos aproxima al posible tamaño de la pintura cuyo formato debió ser pequeño. Poco se conoce de las pruebas que se necesitaron hacer para establecer los valores adecuados de registro y conseguir los mejores contrastes; es posible que hayan recurrido a una labor constante de ensayo y error. En referencia al revelado, pudo suceder en algún laboratorio cercano. En la actualidad aquel reporte y la placa final no han sido localizados.

Enrique Ibarra Hernández: prácticas de montaje, revelado e interpretación

Años después, en 1967, en el Centro de Restauración del Patrimonio Cultural Paul Coremans hoy CNCPC, se fundó el Laboratorio de Rayos X bajo la tutela del Ingeniero Enrique Ibarra Hernández cuyo trabajo se desarrolló de 1967 hasta 1992. Su formación profesional, respecto a las técnicas de análisis científico aplicado al patrimonio no es del todo clara en los expedientes consultados; sin embargo, su profesionalización en radiología médica, le permitió desempeñar la titularidad del laboratorio con la finalidad de apoyar las labores de conservación de pintura de caballete, escultura policromada y metales (Ibarra, 1983: 63).

A partir de los informes del Laboratorio de Rayos X, entre 1967 y 1972, se puede deducir que los objetivos de trabajo se dirigieron al estudio de obra para llevar a cabo un diagnóstico de conservación, definir los procesos de restauración, así como la impartición de clases para la formación de los futuros restauradores. Los primeros estudios fueron aplicados a *La Adoración de los Pastores* del exconvento de San Andrés Epazoyucan, Hidalgo, y *La Adoración de los Reyes, La Anunciación y La Adoración de los Pastores* del exconvento de San Agustín Acolman, Estado de México. Todas son obras del siglo XVI y que, según los expedientes y fichas clínicas, presentaban un severo estado de conservación en la estructura, además de repintes completos.⁵ Cabe mencionar que el gran tamaño de las tablas y la cantidad de placas para cubrir toda la superficie limitó el estudio e implicó la selección de áreas de interés que pudiesen mostrar cambios formales, información acerca de la tecnología y del estado de conservación. En todas esas obras, el análisis se dirigió principalmente a rostros, manos o paños de personajes principales que pudieron modificarse por efecto de un repinte o de las características internas de construcción del soporte del tablero y la unión con el travesaño, además de sus alteraciones.

El proceso para obtener radiografías consistió en colocar la pintura entre el equipo y un chasis, que es una caja compacta que tuvo en su interior la placa radiográfica. Mediante los rangos de operación manuales e independientes del equipo, se pudo establecer el valor de los miliamperios y el tiempo de exposición de la emisión de energía sobre el cuerpo. Durante el procesamiento de las placas en el cuarto oscuro, las impresiones atravesaron un proceso delicado e inmediato de transformación química de la superficie para su revelado, la cantidad exacta del revelador y del tiempo de enjuague definieron el adecuado fijado y posterior interpretación.

Las placas obtenidas y que aún se conservan en el acervo de la CNCPC corresponden a formatos de 8 x 10 pulgadas de la marca Kodak, con un buen contraste y nitidez, es posible observar en las esquinas inferiores los parámetros de tiempo y exposición de la técnica, se observan aquellas que definieron los ensayos o pruebas o los parámetros adecuados de estudio aplicados en otras pinturas.

⁵ AHCNCPC, Informes del Laboratorio de Rayos X, Enrique Ibarra Hernández, 1967-1972.





Figuras 1 y 2. A la derecha, rey Melchor sosteniendo el cofre de oro, *La Adoración de los Reyes*, exconvento San Agustín Acolman, Estado de México. Imagen: Nathael Cano Baca, 2018. A la izquierda reproducción de placa radiográfica 69/3, *La Adoración de los Reyes*, exconvento San Agustín Acolman, Estado de México. Imagen: Enrique Ibarra Hernández, ©CNCPC-INAH, ca. 1972.

Además de la obtención de las placas, el ingeniero Ibarra redactó un informe sobre los resultados obtenidos a partir de los parámetros definidos y la interpretación de la placa en cuanto al proceso de revelado. En sus reportes incluye un listado pormenorizado de los materiales usados, lo que facilita la investigación de los recursos ejercidos a tales estudios. Como último proceso a la generación de placas, se solicitó la reproducción fotográfica de ellas a fin de preservar la imagen. En la actualidad, a pesar de la degradación de estos materiales, la impresión análoga ha sido de utilidad para conocer el resultado o asociar las placas que perdieron el registro con respecto a su obra.

En cuanto al seminario de estudio, el programa correspondió con una formación teórica y práctica de la técnica, en la primera fase se impartieron “clases de principios de electricidad, física de rayos X y técnicas de radiografías en pintura por grupos de 6 personas” (Ibarra, 1969: 1); mientras que la segunda fase, correspondió con la aplicación de los conocimientos de las técnicas radiográficas en pintura de madera y tela, así como la interpretación de las placas resultantes.

Aunque de manera escueta, las anotaciones u objetivos para interpretar la información obtenida con los rayos X en el seminario reúnen las siguientes utilidades del estudio o parámetros de interpretación:

- *Detalles de la estructura interna de una obra.*
- *Los pigmentos de la pintura absorben los rayos X de acuerdo con su densidad y su número atómico. El espesor de la capa de pintura también tiene que ver con el problema de absorción.*
- *Modificaciones hechas por el artista original o alteraciones realizadas por otro.*
- *Defectos que no se ven a simple vista después de la restauración.*
- *Anomalías estructurales en la distribución de las densidades radiográficas que no se encuentran generalmente en cuadros similares y que pueden indicar falsificación o, por lo menos, una explicación.*
- *La evidencia radiográfica debe considerarse conjuntamente, con la obtenida de exámenes microscópicos y de estudios con rayos infrarrojos y ultravioleta. Una vez correlacionada la información, tiene que interpretarse a base de los datos suministrados por análisis de estilo, de iconografía, de técnica e historia.*
- *La valorización de los cuadros debe hacerse por los conservadores de museos y galerías de arte, licenciados en restauración (Ibarra, 1983: 63-64).*

Conclusiones

El acercamiento a los archivos históricos de conservación es aún incipiente, en ellos se puede conocer la forma en que se realizaron las preguntas y los procesos de investigación de las obras, los agentes involucrados y los resultados obtenidos tras la implementación de procesos de restauración vigentes en Europa o Estados Unidos y aplicados desde el último tercio del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. Se muestra que antes de la consolidación de la conservación institucional del Centro Churubusco en la década de 1960, estas prácticas fueron ejecutadas en el Museo Nacional y la Escuela Nacional de Bellas Artes, la Inspección de Monumentos Artísticos, el Departamento de Restauración de Monumentos Coloniales y el Centro Nacional de Conservación de Obras Artísticas (Cano, 2020:15). Valdría la pena señalar que aquellas prácticas son un antecedente directo para la formación institucional y académica que reconocemos hoy en el INAH. Sin duda alguna, la ausencia de investigación de tal periodo exige una reconstrucción detallada y complementaria con la revisión y crítica de las imágenes conservadas, lo que otorga un campo de estudio específico sobre las maneras de realizar la documentación y la redefinición de la trayectoria académica y profesional de la restauración mexicana.

Acerca de la técnica de rayos X, destaca que la necesidad de aplicación fue considerada desde la constitución del centro de conservación para apoyar las estrategias de estudio y restauración de obra. Es también notoria la gestión y aplicación de recursos para este tipo de actividades (administrativos, económicos, y profesionales) en una institución pública nacional y a nivel continental. A poco más de 50 años de existencia, constituye un repositorio invaluable con problemas vigentes para su conservación, acceso y difusión ya que su constitución material es vulnerable ante la degradación de la película de impresión y la abrasión de la superficie.



Acerca de las primeras prácticas de radiografía aplicada a pintura de caballete novohispana, destaca que el conocimiento y aplicación de la técnica se acompañó de diversos especialistas en el estudio, ya que implicó argumentaciones de su viabilidad y ejecución en constante mediación. Es patente que el perfil de Carrillo y Gariel, como conservador e investigador de patrimonio artístico, tuvo conocimientos de los avances tecnológicos de época y lo llevaron a emprender los primeros estudios para reconocer tecnologías, alteraciones y fundamentar las decisiones adecuadas sobre los procesos de restauración, como ejemplo, la limpieza crítica de pintura. En tanto, el trabajo y estructura del laboratorio propuesto por el ingeniero Ibarra correspondió con el conocimiento cabal del equipo, las connotaciones técnicas de su uso, mantenimiento e interpretación; así como la formación de especialistas en el área.

La consulta del archivo resguardado representa una oportunidad de estudio sobre el desarrollo y las estrategias de aplicación de la técnica para adquirir estas imágenes. En cuanto a las placas radiográficas, poco se ha trabajado el análisis formal, de contenido y de la expresión que se registró sobre la materialidad excitada por la energía emitida, misma que fue determinada por el agente social en turno y cuya toma está permeada por la experiencia en el uso del equipo, el alcance de la técnica y el conocimiento de la obra estudiada. La información registrada en esas impresiones son de gran utilidad para entender las diferencias de construcción y reutilización de las pinturas, sobre todo de aquellas que fueron restauradas en tiempo posterior.

Hoy la radiografía digital ha ganado una mayor preferencia ante la técnica análoga, pues ésta se puede extender por toda la superficie de la obra y mostrar una imagen completa de un cuadro en minutos a través del ensamble de las imágenes en un *software* especializado (Tlacuilo, 2018: 115). La utilidad de la técnica es vigente y complementaria a otras técnicas de imagen, incluso su aplicación a otros bienes patrimoniales se ha extendido. Para finalizar, la formación y el estudio de la imagen radiográfica análoga o digital continúa en la CNCPC-INAH, en diversas academias de conservación del país como la Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía (ENCRyM del INAH), la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO) y en laboratorios de estudio patrimonial como el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) su desarrollo sugiere una etapa posterior de revisión y crítica sobre la práctica y utilidad del equipo, el método de aplicación, así como el manejo de las imágenes, interpretación, y resguardo digital.

*



Agradecimientos

Agradezco el acceso y correlación de documentos e imágenes a José Luis Pérez, Silvia Pérez, Carlos Orejel y Ana María Álvarez del Archivo Histórico y Fototeca de la CNCPC-INAH; y a todo el personal del Archivo Histórico y de Investigación Documental del IIE-UNAM.

Referencias

Ángeles, Pedro (2000) "Abelardo Carrillo y Gariel: restauración e historia del arte", en Gustavo Curiel (ed.), *Historia del arte y restauración. 7º Coloquio del Seminario de Estudio del Patrimonio Artístico. Conservación, restauración y defensa*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 127-151.

Archivo Histórico de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (AHCNCPC), Instituto Nacional de Antropología e Historia, Ciudad de México, México.

Archivo Histórico y de Investigación Documental del Instituto de Investigaciones Estéticas (AHIDIE), Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Bautista Martínez, Josefina, y Gómez-Valdés, Jorge A. (2012) "El proceso de toma radiográfica de bienes culturales", en Josefina Bautista Martínez y Mirta Insaurralde Caballero (coords.), *Manual de radiología aplicada al estudio de bienes culturales*, Guadalajara, El Colegio de Michoacán/Escuela de Conservación y Restauración de Occidente, pp. 44-50.

Cano Baca, Luis Ricardo Nathael (2019) *Conjunto tabular de San Agustín Acolman. Eventos materiales de una técnica pictórica*, ensayo académico en Historia del Arte, Universidad Nacional Autónoma de México.

Cano Baca, Luis Ricardo Nathael (2020) *San Agustín Acolman. Un espacio museal (1927-2016)*, tesis de maestría en Museología, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museología Manuel del Castillo Negrete-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Cano Baca, Luis Ricardo Nathael (2014) *Gloria y ruina de un pasado confluyente. Estudio y conservación de tres pinturas sobre tabla del Ex Convento de San Francisco Tepeyanco, Tlaxcala*, tesis de licenciatura en Restauración de Bienes Muebles, México, Escuela de Conservación y Restauración de Occidente.

Carrillo y Gariel, Abelardo (1946) *Técnica de la pintura de Nueva España*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-Universidad Nacional Autónoma de México.

Hours, Magdeleine, y Anglade, Mme (1949) *L'oeuvre d'art et les méthodes scientifiques*, París, Musées nationaux.

Ibarra Hernández, Enrique (1983) "Rayos X", en Hortensia Rosquillas Quiles (coord.), *2do. Encuentro Nacional de Restauradores del Patrimonio Cultural*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 63-66.

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) (1960) *Información general de las actividades del Instituto Nacional de Antropología e Historia durante el año de 1959*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Matteini, Mauro, y Moles, Arcangelo (2001) *Ciencia y restauración*, Donostia San Sebastián, Nerea.

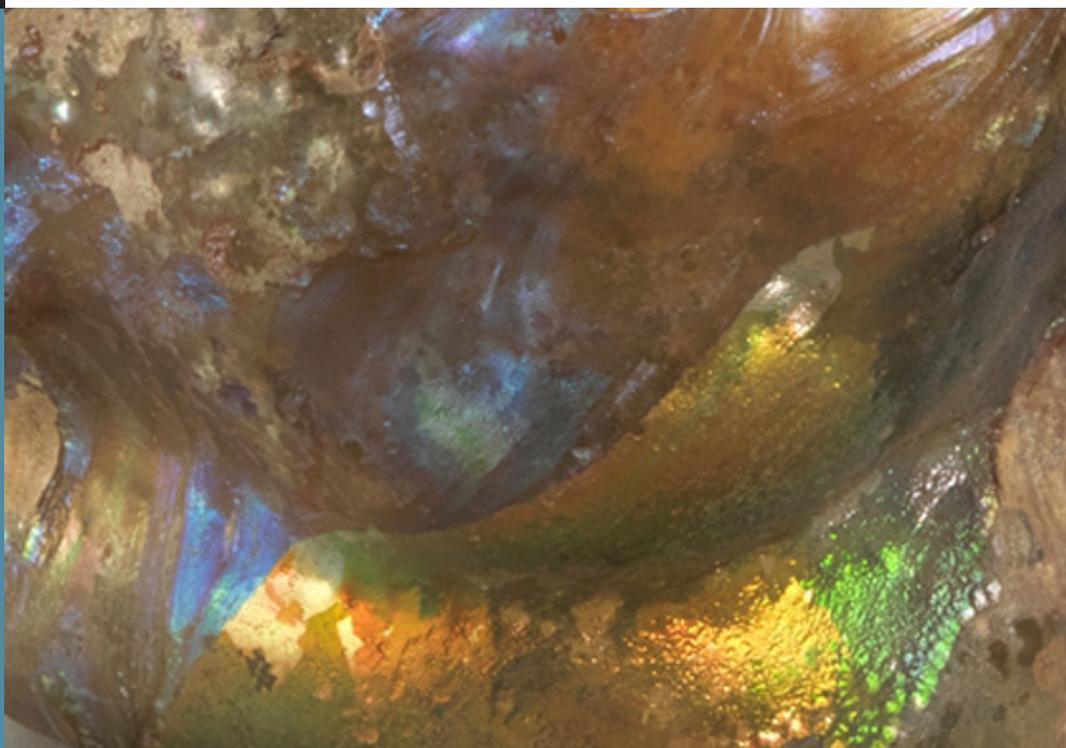
Tlacuilo González, Rodrigo (2018) *Caracterización de un sistema de radiografía digital con aplicaciones en el estudio del patrimonio cultural*, tesis de licenciatura en Física, México, Universidad Nacional Autónoma de México.





CONSERVACIÓN

en la vida cotidiana...



“El color debe ser pensado, soñado, imaginado”. Henri Matisse

El color es parte de nuestra vida, influye en nuestra percepción de la realidad, salud y estado de ánimo. Comprender, producir, experimentar y conservar el color ha ocupado a grandes mentes desde la antigüedad. En esta sección se presentan algunas reflexiones sobre el color en la naturaleza, objetos culturales y de uso común, consideraciones en torno a su alteración y desvanecimiento, así como posibles aplicaciones de su estudio desde diferentes campos del conocimiento en nuestra vida cotidiana.

*Imagen: Detalle de Jarra romana de vidrio, siglo IV d.C.
The Metropolitan Museum of Art.*

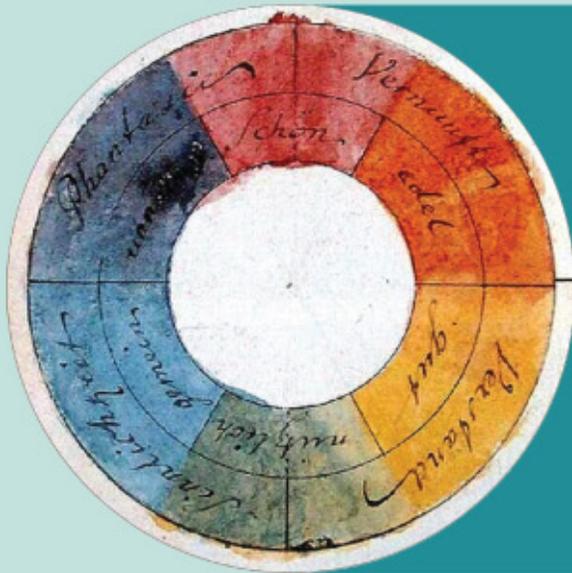


Registro de obra textil con escáner de luz estructurada Go!SCAN 20. Museo Nacional de Antropología.

Imagen: ©CNCPC-INAH.



En la Antigua Grecia se pensaba que Afrodita había creado el ojo humano a partir de los cuatro elementos, agua, tierra, aire y fuego, y al encender este último hizo posible la vista. Empédocles en el siglo V a. C. señaló la posibilidad de que los rayos de luz del ojo interactuaran con los rayos del sol, lo que explicaría por qué no vemos igual en la oscuridad.



Una manera de representar los colores que se hizo popular a partir del siglo XVII son los círculos cromáticos. Estos círculos ilustran la relación entre los colores y a través de ellos se exploraron conceptos como complementariedad y dualidad. Goethe y Schiller incluso elaboraron una "Rosa de los temperamentos" asociados a los colores: *Die Temperamentenrose*. En la actualidad se usan modelos tridimensionales para representar el color.



A TODO COLOR

Gabriela Mora Navarro*

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

¿Qué es el color?

Es una pregunta que se ha formulado la humanidad desde la antigüedad y para la que seguimos encontrando respuestas desde diferentes campos del conocimiento.

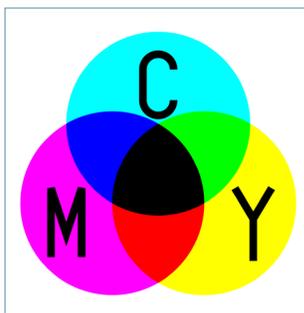
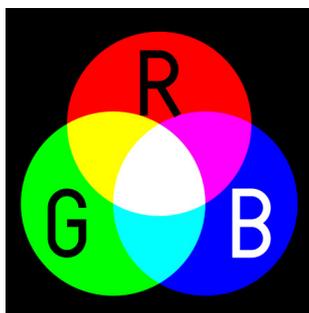
La luz y el color son inherentes a la naturaleza y la experiencia humana. Hoy sabemos que el color es efecto de la interacción de la luz con los objetos. En algunos casos el objeto genera la luz y los colores se perciben de acuerdo con la forma en que se combinan las diferentes longitudes de onda, a esto se le llama sistema de color aditivo.

En otros casos el objeto absorbe una parte del espectro electromagnético y refleja otra que percibimos como su color, a esto se le denomina sistema sustractivo.

Pero en algunos casos más el color no es producto de una emisión de luz del propio objeto ni de la interacción de una superficie pigmentada con la luz, sino de la estructura del objeto mismo, lo que se conoce como color estructural.

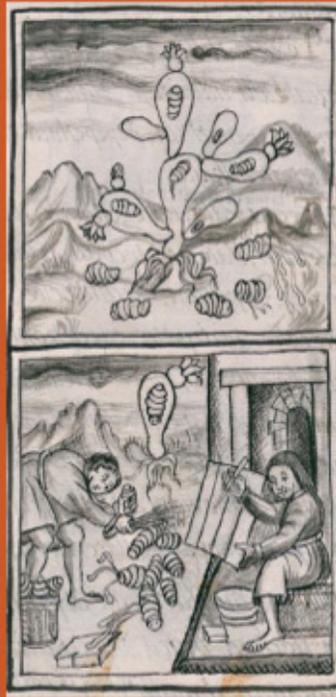
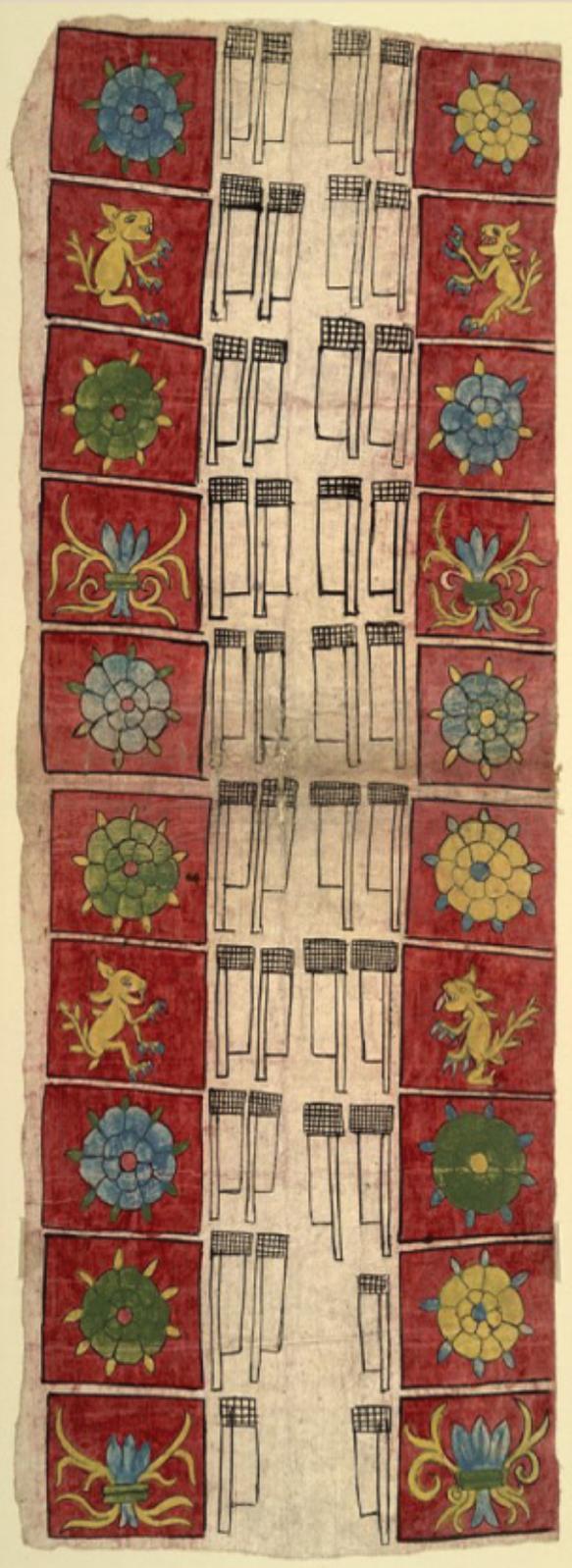
En la vida cotidiana estamos rodeados de artefactos que aplican los principios de las mezclas aditivas, como son las pantallas de nuestros dispositivos móviles, equipos de cómputo, televisores, entre otros.

De igual manera los sistemas sustractivos han sido los más utilizados a lo largo de la historia para darle color a los objetos, con el empleo de sustancias colorantes. Éstas pueden ser colorantes orgánicos como el índigo, púrpura o grana cochinilla, utilizados en México desde tiempos prehispánicos; pigmentos minerales como son los óxidos de hierro, sales de cobre, plomo, mercurio, extraídos de la naturaleza; o compuestos artificiales como resيناتos, anilinas, pigmentos de cromo, entre otros fabricados por el ser humano.



Sistema aditivo a partir de rojo, verde y azul y sistema sustractivo a partir de cian, magenta y amarillo.





Detalle del *Códice florentino* (ca. 1577) y de *Memoria sobre la naturaleza* (1777) donde encontramos referencias del uso de la grana cochinilla llamada Nocheztli o sangre de tuna, como colorante, y muestra de carmín. Actualmente su uso continúa para la tinción de fibras, alimentos y cosméticos.

Al reto de producir y fijar el color en los objetos se suma el reto de conservarlo. Por siglos artistas, comerciantes, científicos, han trabajado incansablemente en el desarrollo de métodos de producción y aplicación para hacer más duradero el efecto del color.

La resistencia de los colores depende de la estabilidad de sus moléculas, su interacción con el soporte y su exposición. En este fragmento del *Códice Huejotzingo* podemos observar cómo el color rojo se conserva mejor que el azul, así como la afectación del color en zonas de mayor fricción.

¿Alguna vez te has preguntado por qué hay objetos que pierden más rápidamente su color?

Paradójicamente la misma luz que hace posible el color es, entre otros factores, la causa de su desvanecimiento, ya que la luz que absorben las superficies pigmentadas provoca su alteración química y la pérdida de su estructura molecular, lo que resulta en el deterioro gradual del color.

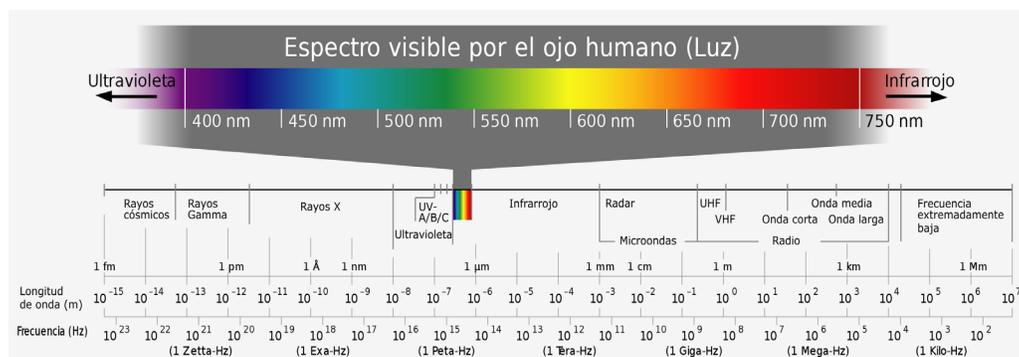
Los compuestos orgánicos como el papel, la madera, fibras animales y las sustancias colorantes son particularmente sensibles a la luz y la velocidad con que sus moléculas se degradan depende del tipo de fuente, intensidad y tiempo que ha estado expuesto el objeto. Como se trata de un fenómeno acumulativo una vez que los materiales absorben suficientes fotones para provocar la reacción química, ésta puede darse incluso en la oscuridad.

Algunos museos, con el fin de preservar lo más posible sus colecciones con alto grado de fotosensibilidad o sensibilidad a la luz, como acuarelas, manuscritos antiguos, textiles y otros materiales orgánicos, han adoptado medidas para exhibirlos en salas oscuras con iluminación controlada muy tenue que se enciende solamente cuando se acercan los visitantes. Sin embargo, a largo plazo incluso este tipo de medidas resultarán insuficientes, ya que el daño es acumulativo.

La incidencia directa de una fuente de luz también puede aumentar la temperatura del material y acelerar reacciones químicas de degradación de éste.

Otros fenómenos relacionados con las fuentes de iluminación que afectan la conservación del patrimonio son la oxidación de gases contaminantes por la luz, convirtiéndolos en sustancias que pueden dañar la superficie de los bienes culturales; el calentamiento del aire que causa corrientes que favorecen la deposición de partículas en la superficie de los objetos, así como la generación de un ambiente propicio para el desarrollo de bioorganismos fototróficos, es decir, organismos que utilizan la luz en sus procesos metabólicos.

Del espectro electromagnético cercano a la luz visible, la radiación UV es la mayor causante de degradación de materiales orgánicos debido a que aporta mayor energía. Es por ello que en la industria se han desarrollado diferentes soluciones para filtrar esta radiación, como son materiales absorbentes de UV que se aplican a películas protectoras, vidrios, barnices, tintas y productos cosméticos, entre otros.



El espectro visible por el ojo humano se encuentra entre los 400 y 700 nm aproximadamente, como se observa en esta imagen del espectro electromagnético.





Para conservar por mayor tiempo los materiales sensibles a la luz

- Observa la iluminación natural y artificial de los espacios en que se encuentran y evita colocarlos en lugares donde reciben directamente la luz del sol.
- En el mercado existen películas protectoras UV para vidrio y superficies sensibles como madera, que puedes adquirir en línea a muy bajo costo.
- Revisa tus fuentes de iluminación artificial, considera que las lámparas incandescentes generan mucho calor, las fluorescentes luz UV, mientras que las LED emiten menor radiación UV y consumen menos energía, integra en lo posible estas últimas y mantenlas apagadas cuando no las necesitas.
- Busca crear espacios cálidos y confortables con la combinación de colores y fuentes de luz natural indirecta.

Con estas medidas además de cuidar tus objetos
reduces el consumo de energía y contribuyes
a la conservación del medio ambiente



En general los objetos que con mayor facilidad pierden el color son aquellos que se conforman por compuestos más inestables, algunos de ellos de uso común en la industria dado su bajo costo. Por el contrario, encontramos objetos coloreados a altas temperaturas, lo que les confiere resistencia a la decoloración, como es el caso de los materiales cerámicos y el vidrio.

El vidrio y el plástico son materiales de uso cotidiano, pero también materia prima de creaciones artísticas y bienes culturales, en los que podemos observar procesos de pigmentación diferentes.

En el vidrio coloreado se conjuga el efecto de la luz reflejada y transmitida y es uno de los materiales que ofrece mayores ventajas en el reciclaje, sólo existe una gran limitación, debe separarse por color. Esto debido a que su coloración a altas temperaturas fusiona el pigmento con la materia prima, lo cual lo hace inseparable.

El color ámbar del vidrio, por ejemplo, se obtiene mediante la fusión de sulfuro, carbón y sales de hierro, mientras que en la pigmentación del vidrio verde usualmente se utilizan sales de hierro y cromo. Las botellas de vidrio ámbar se han utilizado históricamente en la industria química y de los alimentos dado que actúan como filtro de luz UV, protegiendo su contenido de esta radiación. Lo mismo ocurre con el vidrio verde, pero en menor grado.

Otras coloraciones del vidrio tienen propósitos ornamentales o decorativos, como es el caso del vidrio rojo conocido como rojo rubí, en el que tradicionalmente se emplean sales de oro que al fundirse con el vidrio a altas temperaturas precipitan nanopartículas de oro cuya banda de absorción de la luz genera además de dicha coloración roja efectos iridiscentes. Otros vidrios rojos se colorean con sales de cadmio o de cobre, más económicas, pero con otras desventajas como su toxicidad.

En pocos países, como Suiza, el vidrio se recicla por separado, en otros se emplean máquinas que separan el vidrio triturado por medio de aire a partir de la detección del espectro de color, pero esto implica un costo energético y ambiental, que de cualquier manera es más bajo que el costo de no reciclarlo; en otros países más tristemente se desecha gran parte del vidrio coloreado y se emplea materia prima nueva.

El plástico ha sustituido al vidrio y los materiales cerámicos en muchos objetos de uso común, por su resistencia. Para la producción de plásticos amarillos, negros y rojos usualmente se emplean pigmentos de origen mineral que son económicos y más resistentes a la decoloración. Sin embargo, en la producción de algunos plásticos azules y verdes es común el empleo de colorantes orgánicos en lugar de pigmentos minerales, debido a que estos últimos llegan a tener costos más elevados en estas tonalidades. Dado que los colorantes son más susceptibles a la decoloración resulta más común observar objetos de plástico azules y verdes de uso común con este deterioro.

En ocasiones lo que se degrada no es la sustancia colorante, sino la matriz o el medio, como es el caso de los plásticos rígidos que se observan blanquecinos en zonas donde se doblan, esto se debe en parte a que la degradación del polímero genera pequeñas partículas que interactúan de manera diferente con la luz, o el vidrio antiguo que se torna opaco e iridiscente.





Cuenco romano de vidrio con guirnalda, siglo I, a. C.

Infórmate qué hay detrás del color de los objetos

Hoy en día es muy fácil obtener información en línea sobre los materiales y procesos industriales que se requieren para la elaboración de la mayoría de los objetos de uso común.

Infórmate qué Hechas y aceptadas todas hay detrás de los intensos colores de tus comidas favoritas y materiales que conforman los objetos que te rodean.

Tedarás cuenta de que muchos de ellos implican procedimientos que generan residuos altamente contaminantes, agotan la naturaleza o implican un riesgo para tu salud y la de los demás.

Conviértete en un consumidor responsable, seguramente encontrarás información interesante sobre la historia, el trabajo, ingenio y tecnología que hay detrás del color de cada objeto, que además de sorprenderte, te ayudará a tomar mejores decisiones.





Lo que mariposas, pavos reales y colibríes
NOS ENSEÑAN SOBRE EL COLOR

La búsqueda por reproducir colores más intensos e iridiscentes llevó a la observación microscópica de escarabajos, plumas de aves, alas de mariposas y otros fascinantes especímenes de la naturaleza, revelando la existencia de color a partir del principio de interferencia, lo que se conoce como color estructural.

Cuando la luz se refleja en la estructura microscópica de las plumas de algunas aves, como el pavo real o el colibrí, o las alas de las mariposas *Morpho*, estructuras regulares de pocos cientos de nanómetros, interfieren anulando o reforzando distintas longitudes de onda en distintas direcciones, lo que crea un efecto de intenso color e iridiscencia.

En el siglo XVII Robert Hooke observó que al sumergir una pluma de pavo real en agua su intensa coloración desaparecía tornándose oscura y opaca. Al observarla al microscopio encontró diminutas estructuras causantes del reflejo y refracción de la luz, las cuales plasmó en su *Micrographia* (1665), primera publicación dedicada a la ilustración de observaciones microscópicas de algunos objetos y elementos de la naturaleza, que se constituyó en un *Best seller* de su época.

En la naturaleza vemos también casos que combinan este fenómeno con otros efectos creados por pigmentaciones secundarias que intensifican el color.

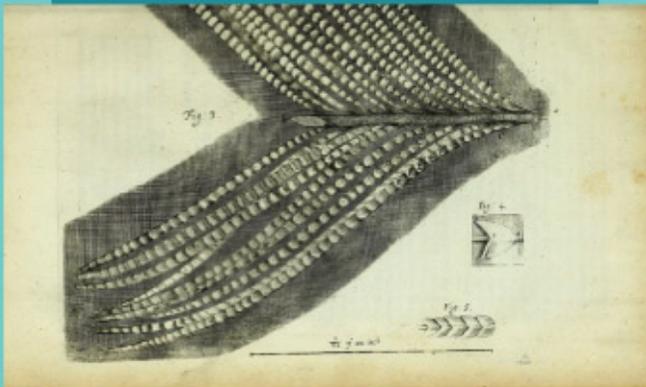
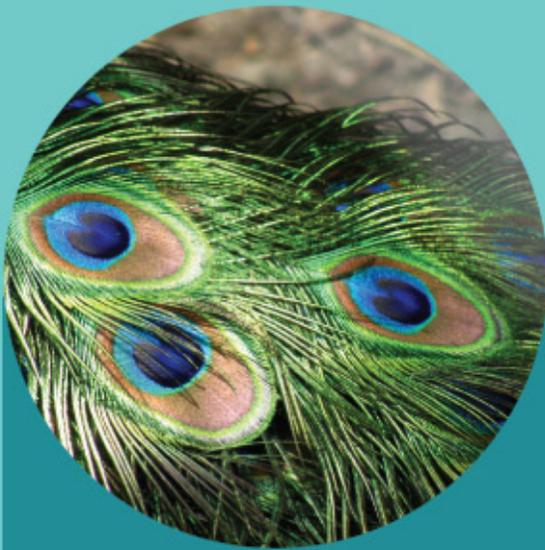
El estudio las microestructuras que dan origen a colores iridiscentes se ha abordado también en objetos culturales. Retomando el caso del vidrio antiguo, en el que uno de los efectos de alteración es la iridiscencia, se han estudiado las microestructuras lamelares, similares a las que producen los efectos iridiscentes en las conchas, que se forman en la superficie por la deposición de iones que migran debido a la porosidad del material y su interacción por largo tiempo en ambientes agresivos.

El análisis del color estructural está dando lugar a desarrollos científicos y tecnológicos con importante impacto en la industria energética, médica, de la construcción, cosmética, automotriz, entre otras. Plásticos estructuralmente coloreados con finas capas de aluminio, que son más resistentes, versátiles y reciclables, o la pintura estructural que además de lograr colores más intensos y brillantes, al no absorber la luz es más resistente a la decoloración, son sólo algunos ejemplos de aplicaciones que eventualmente podrían ampliar la gama de películas, recubrimientos y otros materiales empleados para la preservación del patrimonio. Sin embargo, la alteración cromática y el desvanecimiento del color involucran tanto procesos físico-químicos en los materiales, como sensoriales, psicológicos y referenciales por parte de quien los observa.

Desde la conservación enfrentamos el reto de preservar un fenómeno que es a la vez materia, ilusión, memoria y experiencia. ¿Hasta qué punto es esta tarea posible? depende del color del cristal con que se mire.



Mariposa *Morpho didius*. Detalle de sus alas y micrografía de la estructura de una de sus alas.



Detalle de plumas de pavo real y observaciones de Hooke en su *Micrographia*.



Jarra romana de vidrio, siglo IV d.C.

Referencias de las imágenes (por orden de aparición)

Empédocles. Imagen: Scheedel, Hartmann (1493) Liber Chronicarum o Crónicas de Núremberg [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Empedocles-2-sized.jpg>> [consultado el 1 de abril de 2020].

Círculo cromático. Imagen: Goethe, Johann Wolfgang van (1809) Teoría de los colores [en línea], disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_del_color#/media/Archivo:GoetheFarbkreis.jpg> [consultado el 5 de abril de 2020].

Círculo cromático. Imagen: Newton, Isaac (1730) Opticks: *Or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, Fourth Edition, corrected, The First Book of Opticks, Prop. VI. Prob.II. Fig. 11, p.150.

Círculo cromático. Imagen: Harris, Moses (c. 1769) Natural System of Colours [en línea], disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moses_Harris04a.jpg> [consultado el 5 de abril de 2020].

Círculo cromático. Imagen: Goethe, Johann Wolfgang van, y Schiller, Friedrich (1799) Rosa de los temperamentos [en línea], disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_Colours#/media/File:Goethe_Schiller_Die_Temperamentenrose.jpg> [consultado el 5 de abril de 2020].

Sistema aditivo de color. Imagen: Horvath, Mike (2006) Additive color [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AdditiveColor.svg>> [consultado el 2 de abril de 2020].

Sistema sustractivo de color. Imagen: Horvath, Mike (2006) Subtractive color [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SubtractiveColor.svg>> [consultado el 2 de abril de 2020].

Detalle del *Códice florentino*. Imagen: Sahagún, Fray Bernardino de (ca. 1577) *Códice Florentino*, Libro XI, folio 368v [en línea], disponible en: <wdl.org/es/item/10096/view/3/747> [consultado el 2 de abril de 2020].

Detalle de la grana cochinitilla. Imagen: Alzate y Ramírez, José Antonio de (1777) Memoria sobre la naturaleza, cultivo y beneficio de la grana [en línea], disponible en: <<https://www.gob.mx/agn/articulos/memoria-sobre-la-naturaleza-cultivo-y-beneficio-de-la-grana-un-documento-del-fondo-correspondencia-de-irreyes?idiom=es>> [consultado el 5 de abril de 2020].

Carmín. Imagen: Stephzz (2011) Muestra de pigmento carmín CC BY-SA 3.0 [en línea], disponible en: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Carm%C3%ADn#/media/Archivo:Carmine.JPG>> [consultado el 5 de abril de 2020].

Códice Huejotzingo (1531). Biblioteca digital mundial, disponible en: <wdl.org/es/item/2657/view/1/3/> [consultado el 2 de abril de 2020].

Lámpara de luz incandescente de 60W clase E. Imagen: KJM (2004) Gluehlampe 01 CC BY-SA 3.0 disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.jpg> [consultado el 3 de abril de 2020].

Espectro electromagnético. Imagen: Horst Frank, Jailbird (2007) Espectro electromagnético CC BY-SA 3.0 disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Luz#/media/Archivo:Electromagnetic_spectrum-es.svg> [consultado el 3 de abril de 2020].

Cuenco romano de vidrio con guirnalda, siglo I, a. C. Imagen: The Metropolitan Museum of Art, disponible en: <<https://images.metmuseum.org/CRDImages/gr/original/DP122006.jpg>> [consultada el 25 de abril de 2020].

Detalle de plumaje de colibrí *Calypte costae*. Imagen: Sullivan, Jon (2004) Hummingbird [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hummingbird.jpg>> [consultado el 3 de abril de 2020].

Mariposa *Morpha didius*. Imagen: Descouens, Didier (2011) *Morpha didius* Male Dos MHNT [en línea], disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morpha_didius_Male_Dos_MHNT.jpg> [consultado el 3 de abril de 2020].

Detalle de mariposa *Morpha*. Imagen: StockGarden.org (2019) *Morpha* Butterfly-Costa Rica [en línea], disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/stockgarden/48468473937/>> [consultado el 3 de abril de 2020].

Micrografía del ala de una mariposa. Imagen: ZEISS Microscopy (2012) Micrograph of a butterfly wing scale from *Pieris brassicae* taken at 5kV with low-kV BSE detector. Instrument: ZEISS EVO HD scanning electron microscope [en línea], disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/zeissmicro/7485629194/>> [consultado el 3 de abril de 2020].

Detalle de plumas de pavo real. Imagen: Duarte, Alex (2008) Peacock feathers closeup [en línea], disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peacock_feathers_closeup.jpg> [consultado el 4 de abril de 2020].

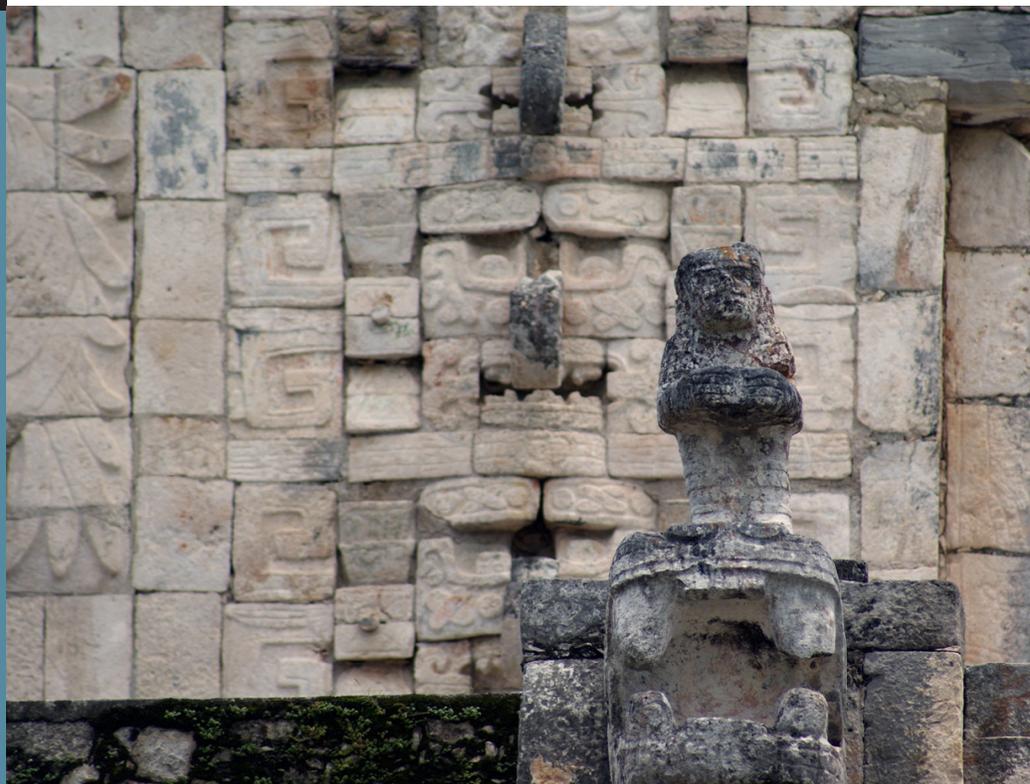
Detalle de la obra *Micrographia*. Imagen: Hooke, Robert (1665) *Micrographia, or, some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses: With observations and inquiries thereupon*, Londres, James Allestry James y John Martyn printers, p. 167 [en línea], disponible en: <https://archive.org/details/micrographiaor00hook_4/page/166/mode/2up> [consultado el 4 de abril de 2020].

Jarra romana de vidrio, siglo IV d.C. Imagen: The Metropolitan Museum of Art, disponible en: <<https://images.metmuseum.org/CRDImages/gr/original/DP265551.jpg>> [consultada el 25 de abril de 2020].





CONOCE EL INAH



La Sección de Conservación y Restauración del Centro INAH Yucatán nos comparte sus experiencias y reflexiones sobre el proyecto de investigación para la conservación de bienes culturales arqueológicos e históricos del estado, ante el reto de conservar el patrimonio en ambientes subtropicales y trabajar en esta tarea con comunidades hablantes de lengua maya.

*Imagen: Zona arqueológica de Chichén Itzá, Yucatán.
©Magdalena Rojas Vences, 2011.*

El observatorio de Chichén Itzá, Yucatán.

Imagen: ©Magdalena Rojas Vences, 2011.



La investigación en la práctica de los conservadores/ restauradores del INAH: experiencias desde Yucatán

Claudia A. García Solís, Natalia Hernández Tangarife y Claudia Ocampo Flores*

*Centro INAH Yucatán

149

Resumen

La Sección de Conservación y Restauración del Centro INAH Yucatán (SCyRYuc) atiende magníficas representaciones iconográficas de casi una veintena de sitios arqueológicos que están expuestos a un clima subtropical, además del patrimonio histórico de 106 municipalidades que, en su mayoría, sigue en uso por comunidades maya-parlantes. Estas características han hecho del estudio del patrimonio cultural y problemáticas de conservación de la región una fuente de conocimiento que se aplica a la práctica profesional que se realiza diariamente. Este texto analiza los resultados de un proyecto de investigación que conjuntó las acciones y temas de investigación de la SCyRYuc con el fin de reflexionar sobre lo que implica hacer investigación desde los centros de trabajo de los estados y las dificultades en su definición, ejecución y alcances.

Palabras clave

Investigación; conservación; comunidades; patrimonio cultural; Yucatán.

Abstract

The Conservation and Restoration Section of Centro INAH Yucatán (SCyRYuc) attends magnificent iconographic representations of almost twenty archaeological sites that are exposed to a subtropical climate, in addition to the historical heritage of 106 municipalities, most of which are still in use by Maya communities. These characteristics have made of the study of the cultural heritage and conservation problems of the region a source of knowledge that is applied to the professional practice that is carried out daily. This text analyses the results of the exercise of combining in a single research project the actions and research topics of the SCyRYuc in order to reflect on what implies to do research from the conservation department of the states and the difficulties in its definition, execution and scope.

Keywords

Research; conservation; communities; cultural heritage; Yucatán.



El patrimonio cultural de Yucatán bajo custodia del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) es vasto y particular por los procesos sociales de una región que estuvo, hasta la mitad del siglo XX, aislada vía terrestre del centro de México. Yucatán concentra la mayor población de mayaparlatantes en el país, con una fusión cultural que distingue a los yucatecos de “la tradición mexicana” difundida del resto del país. El interés por forjar una propia identidad y desarrollar una industria de turismo cultural promovió la apertura de 17 sitios arqueológicos al público, incluyendo a los sitios patrimonio mundial: Chichén Itzá y Uxmal, de amplio reconocimiento internacional (Cfr. García, 2017). Otros miles de sitios también han sido registrados, algunos de los cuales conservan importantes fuentes de información iconográfica como relieves o pintura mural que aún no han sido estudiados y que conviven con las poblaciones cercanas o se resguardan en las sedes de los palacios municipales, haciendas o museos comunitarios. Por otra parte, un gran porcentaje del patrimonio histórico se encuentra bajo el resguardo de la Arquidiócesis de Yucatán en las 106 municipalidades del estado que, además de incluir importantes archivos coloniales, la mayoría de las iglesias y capillas coloniales siguen siendo utilizadas como sede para la celebración de misas y el resguardo de bienes históricos en culto por las comunidades.

La conservación del patrimonio cultural en México es una de las tareas sustantivas del INAH desde su fundación. La creación del Centro Regional Latinoamericano de Estudios para la Conservación y Restauración en 1967 fue la pauta para la generar una práctica profesional que tuviera como objetivo generar las bases metodológicas para guiar las intervenciones en los bienes culturales en los contextos particulares del país, lo cual se ha concretado de manera paulatina en las distintas regiones (Magar 2019: 45). En el caso de Yucatán, la conservación del patrimonio cultural ha sido atendida por el INAH desde los orígenes del Centro Regional de Sureste (1972), ahora Centro INAH-Yucatán (CINAH-Yuc), cuya función desde su origen fue la de generar conocimientos específicos de la región (Barrera, 2001: 126). Ahí se estableció una Sección de Conservación y Restauración cuyos primeros integrantes fueron profesionistas de otras áreas, algunos de los primeros egresados de los cursos del Centro de Estudios para la Conservación de Bienes Culturales “Paul Coremans” (INAH-UNESCO) y, otros, técnicos formados de manera empírica y especializados en la conservación de material arqueológico. Poco a poco, la configuración de la Sección se ha hecho más homogénea con un evidente cambio generacional y con recursos humanos especializados para atender diferentes temas regionales.

Actualmente, los restauradores en Yucatán suman un total de nueve con una formación diversa y enriquecedora. La mayoría de los miembros de la Sección de Conservación y Restauración del Centro INAH Yucatán (SCyRYuc) son egresados de las principales escuelas profesionales de restauración y conservación del país, tales como la Escuela Nacional de Conservación y Restauración Manuel Castillo Negrete (ENCRyM), la Escuela de Conservación de Occidente (ECRO), la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASL), aunque también hay una restauradora que se formó en la Universidad del Externado de Colombia. A esto se suma que desde su ingreso han continuado su formación, especializándose en diversos temas y materiales al tomar cursos y diplomados y al estudiar posgrados con investigaciones sobre temas de la región bajo la lente de otras disciplinas como la historia, arqueología y antropología. Este mosaico de formación y especialización, además de fomentar la discusión sobre la problemática a tratar en Yucatán, también amplía nuestro campo de acción en el INAH.

Las circunstancias específicas de Yucatán y la labor del INAH en este lugar han hecho del estudio de su patrimonio cultural y problemáticas de conservación una fuente de conocimiento que se aplica a la práctica de conservación que se lleva a cabo diariamente. Es por ello que, en



2019, algunos de los SCyRYuc planteó la necesidad de visibilizar las acciones de investigación concretadas al conjuntarlas en un ambicioso proyecto de investigación titulado “Del análisis material a la significación patrimonio cultural en Yucatán: investigaciones en torno a problemáticas de conservación diversas” (García *et al.*, 2019). Este ejercicio se pone a consideración en este texto para reflexionar sobre lo que significa la investigación aplicada a la conservación desde las trincheras en los centros de trabajo de los estados y las dificultades en su definición, ejecución y alcances.

¿Qué definimos como objeto de estudio?

La definición del objeto de estudio del proyecto colectivo de investigación de la SCyRYuc surgió tras englobar temas vigentes de investigación y los estudios específicos a realizarse en los proyectos de conservación programados para ejecutarse durante el 2019. La mayoría de los estudios estaban dirigidos a la identificación de los materiales y a profundizar sobre el deterioro que afectaba a los bienes culturales, aunque también algunos temas incluían actividades enfocadas a identificar los significados y valores otorgados. En ambos casos, en un sentido pragmático, el objetivo final de esas acciones es incidir en la conservación de los bienes culturales, a través de intervenciones, directas o preventivas, así como en la gestión con actores coadyuvantes.

El conjunto de propuestas planteadas por los diferentes miembros del SCyRYuc mostró que el principal interés gira en torno a la materialidad y el deterioro del patrimonio arqueológico e histórico. Esta orientación está vinculada con nuestra formación profesional como conservadores/restauradores que apela al uso de todas las técnicas y métodos para la identificación de sus materiales constitutivos que, por lo general, han sufrido deterioro con el paso del tiempo, ocasionando su alteración y pérdida, ya sea por la degradación natural o como consecuencia de un tratamiento inadecuado. Por ello, las principales actividades sugeridas incluían la documentación, el registro y el análisis de materiales constitutivos, técnicas de manufactura, productos de alteración y los aplicados en tratamientos anteriores. Para lograrlo, además del análisis organoléptico como primer paso, se propuso el uso de instrumentos analíticos especializados y el apoyo en profesionistas de áreas científicas.

Por otra parte, se consideró incluir desarrollar en el proyecto actividades que involucraran la participación de las comunidades, de acuerdo a la noción amplia del patrimonio cultural a conservar, es decir, que los objetos culturales son receptores/transmisores de los significados, valores y actitudes de quienes los usan a lo largo del tiempo. Esto refleja en la labor de los conservadores/restauradores del SCyRYuc que han abierto su campo de acción más allá de la realización de procesos técnicos adecuados. Existía así en el proyecto un particular interés por identificar la relación material y simbólica del patrimonio cultural a través del estudio de los contextos sociales en los que se encuentran inmersos los objetos que se quieren conservar, especialmente cuando el patrimonio cultural bajo la custodia y cuidado del INAH converge con las actividades de las comunidades que los usan.

Después de identificar los intereses de los participantes del proyecto de investigación del SCyRY, se concluyó que el objeto de estudio del proyecto era el patrimonio cultural en Yucatán y las aplicaciones de su estudio para fines de su conservación, en el entendido que los bienes culturales



son objetos que tienen una forma y función, que son y han sido vinculantes con diferentes procesos sociales. Al hacer una diferenciación de estos aspectos, los temas de investigación que se propusieron fueron los siguientes:

- a) Temas relacionados con la identificación de materiales constitutivos y alteraciones a través de diferentes métodos de análisis con el objetivo de generar información sobre la tecnología utilizada para la elaboración de objetos arqueológicos e históricos, así como para definir tratamientos de conservación específicos.
- b) Temas relacionados con la vinculación social y los significados del patrimonio de Yucatán con el objetivo de identificar los valores y significados del patrimonio cultural e incidir en la gestión necesaria para la conservación de monumentos históricos en riesgo de perderse.

Una vez definidos estos puntos, las acciones propuestas se convirtieron en 13 estudios cuya realización implicó la colaboración entre los integrantes de la SCyRYuc, profesionistas independientes y de otras instituciones con intereses en el mismo objeto de estudio, entre las que se encuentran: el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados de Instituto Politécnico Nacional en Mérida (CINVESTAV-Mérida), la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) y el Centro de Corrosión de la Universidad Autónoma de Campeche (CICORR-UACH), la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán (FA-UADY), el Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Autónoma de México (IIE-UNAM) (ver tabla 1).

Como se verá en el siguiente apartado, los resultados del proyecto ofrecen un amplio panorama de los temas de investigación que pueden derivar de las actividades diarias que tienen los restauradores/conservadores en el INAH.

¿Cómo se hace investigación en la SCyRYuc?

Generar un proyecto de investigación que conjunte varias líneas de investigación bajo las condiciones en las que opera la SCyRYuc es un reto complicado de enfrentar, pero también un proceso de aprendizaje que muestra que las actividades de investigación no son extraordinarias, sino que forman parte del quehacer cotidiano de los conservadores/restauradores del Centro INAH Yucatán y que sus aplicaciones van más allá de resolver problemas técnicos. También es relevante tener que cuenta que la información que se genera amplía el conocimiento del patrimonio cultural en Yucatán en temas de interés multidisciplinario; la cual también constituye una herramienta de gestión para incidir en planes y programas de conservación dentro y fuera de Instituto. Para ilustrar lo anterior, se hará una breve síntesis del contexto de la SCyRYuc y se expondrán algunos de los resultados de los temas trabajados en 2019, que resaltan las dificultades y fortalezas para su desarrollo.

Una de las debilidades en la planeación del proyecto fue que las actividades de investigación estaban limitadas a la ejecución de proyectos de nueva creación en los que su desarrollo y continuidad no estaban asegurados por carecer de un presupuesto otorgado por el INAH. Desde hace más de diez años, el 90% del presupuesto para la conservación del patrimonio arqueológico e histórico de Yucatán proviene de recursos de terceros. Bajo este esquema, los proyectos muchas veces no se realizan en tiempo y forma, por lo que no necesariamente se ajustan al plan de trabajo de la SCyRYuc.

1	De la trama al tejido comunitario alrededor del patrimonio histórico de las comunidades de Yucatán (CINAH-Yuc).
2	Análisis e interpretación de las esculturas de madera policromada a partir de sus evidencias materiales (CINAH-Yuc).
3	Composición y degradación de los materiales arqueológicos de los bienes asociados a la arquitectura del oriente de Yucatán; el caso de Kulubá, investigación y análisis para la toma de decisiones aplicadas al proyecto de conservación (CINAH-Yuc).
4	Identificación, estudio y conservación de las maderas arqueológicas en los sistemas constructivos de los templos y palacios mayas localizados en el estado de Yucatán (CINAH-Yuc).
5	Técnica de manufactura, técnicas de documentación, materiales aplicados a la conservación y conservación preventiva de los relieves del Juego de Pelota (CINAH-Yuc, CICORR-UACH)
6	Investigación en torno a los materiales pétreos que conforman las fachadas del Edificio Codz Pop, su caracterización y factores de alteración (CINAH-Yuc).
7	Identificación de polímeros sintéticos. El caso de la jamba de la fachada Norte del edificio Codz Pop de la zona arqueológica de Kabah afectada por vandalismo (CINAH-Yuc).
8	Materiales constitutivos y técnica de manufactura en los acabados arquitectónicos de “La Iglesia”, Zona Arqueológica de Chichén Itzá (CINAH-Yuc).
9	Estudios de biodeterioro del acervo de la Fototeca del Centro INAH Yucatán (CINAH-Yuc y UJAT).
10	De los usos del color en las casonas del Centro Histórico de Mérida: cambios en la producción de la industria del color y las preferencias de la burguesía yucateca (CINAHYuc, FAUADY).
11	Biodeterioro de piedra en Chichén Itzá y experimentación de métodos de control (CINAH-Yuc, CINVESTAV-Mérida, UAJT).
12	Los elementos pictóricos de Chichén Itzá: estudio sobre el uso del color, sus aplicaciones y representaciones (CINAH-Yuc, CINVESTAV-Mérida, IIE-UNAM).
13	Aspectos arquitectónicos para la protección de pintura mural en Mayapán (CINAH-Yuc, FAUADY, CICORR-UAC, CINVESTAV).

Tabla 1. Relación de temas del proyecto de investigación con las instituciones participantes en cada caso.

A pesar de los riesgos que implicaba no contar con recursos específicos para el desarrollo de los 13 temas de investigación señalados anteriormente, se tuvo la fortaleza de contar con la colaboración de alumnos que seleccionaron hacer su servicio social con nosotros, de investigadores y de instituciones con equipo y laboratorios especializados que comparten el interés por estudiar y conservar el patrimonio cultural en el estado. Y como lo comprobamos después, el desarrollo del proyecto también fue reforzado con la generación de alianzas con las comunidades interesadas por conservar sus objetos de culto y su paisaje arquitectónico.



Como se podía predecir, la falta de certeza del inicio de los proyectos de conservación en los que se tenían programados algunos estudios no permitió el desarrollo y cumplimiento de algunos temas o metas planteadas. Por esa razón, la identificación de polímeros sintéticos en la jamba de la fachada Norte del edificio Codz Pop de la zona arqueológica de Kabah afectada por vandalismo no se realizó debido a la falta de acuerdo con las aseguradoras que iban a derogar los recursos. Algo similar sucedió con la caracterización de las materias primas utilizadas en la elaboración de fachadas con relieve, aplanados, estucos modelados y técnicas pictóricas del Templo de las “U” en la zona arqueológica de Kulubá. Este proyecto se retrasó hasta finales del 2019, de tal forma que los estudios planteados continúan pendientes para concluirse.

En cambio, en las actividades planeadas para el sitio arqueológico de Chichén Itzá se tuvieron avances significativos en los contextos arqueológicos de la Subestructura de Guerreros, La Iglesia y el Gran Juego de Pelota, por estar incluidas en un proyecto con presupuesto suficiente para llevar a cabo un registro detallado, así como organizar la estancia y traslado de los colaboradores de estos estudios (figura 1 y 2). De esta manera, la participación de los estudiantes de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del INAH (ENCRyM), de un tesista de la maestría de Conservación del Patrimonio Edificado de la FA-UADY y de los investigadores del CICORR-UAC, además de la vinculación con el departamento de microbiología de la UAJT y el acceso abierto al laboratorio del CINVESTAV Mérida, fue crucial para cumplir con los análisis organolépticos, los estudios no destructivos in situ y los efectuados con instrumental especializado planteados desde el inicio del proyecto. Los estudios vinculados a los contextos de Chichén Itzá, aunque se formularon con objetivos y metas diferentes, ofrecen en su conjunto la posibilidad de convertir al sitio en laboratorio para la experimentación de técnicas analíticas no destructivas, ampliar la información sobre el uso de color en los recubrimientos arquitectónicos y la experimentación de nuevos materiales para controlar los efectos de deterioro en materiales calizos que pueden aplicarse en otros contextos similares en el área maya.

Otros temas que sólo requirieron el apoyo del centro de trabajo y de investigadores de otras instituciones también lograron buenos resultados, como es el caso de la propuesta del estudio del biodeterioro del acervo fotográfico del Centro INAH Yucatán. El objetivo de este estudio es determinar los tipos fungales que se encuentran en el ambiente donde se resguarda el acervo y sobre los documentos fotográficos. En este caso, los avances en este tema fueron el diagnóstico de la colección, el cultivo de hongos de las muestras representativas del acervo y su identificación por parte de los microbiólogos de la UJAT. Esta información es la guía que permite identificar el tipo de fungicida a utilizar para el control de las infestaciones microbianas en los álbumes fotográficos, además de que justifica la necesidad de cambiar las condiciones a las que el acervo se expone y hacer patente el problema a las autoridades correspondientes para conseguir el equipo o las modificaciones necesarias para resolver esta situación (figura 3).

Por otro lado, el tema “Análisis e interpretación de las esculturas de madera policromada a partir de sus evidencias materiales” inicialmente fue un tema enfocado al análisis material y tecnológico de la escultura polícroma de la época colonial en Yucatán, utilizando como casos de estudio la obra de este tipo de bienes culturales que ingresa al taller para su restauración a petición de terceros. El proceso de análisis de la Virgen de la Asunción del templo de San Sebastián de Mérida y la comunicación directa de estos resultados con la comunidad que venera a la imagen le dio un giro al estudio.



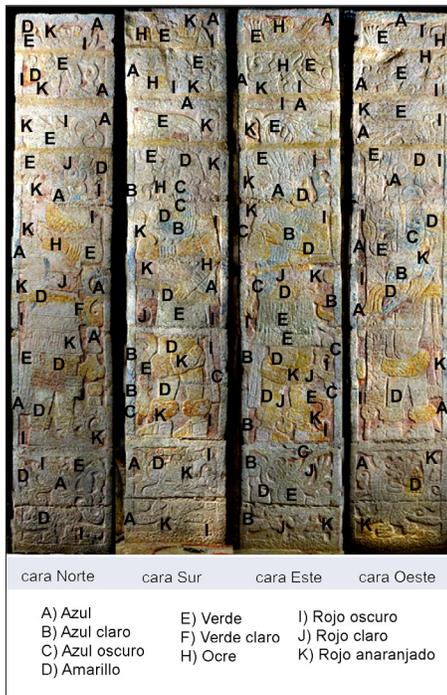


Figura 1. Actividades de registro de color en los pilares del Templo del Chac mool en la zona arqueológica de Chichén Itzá por alumnos de la ENCRyM. Imagen: ©Sección de Conservación y Restauración, Centro INAH Yucatán.

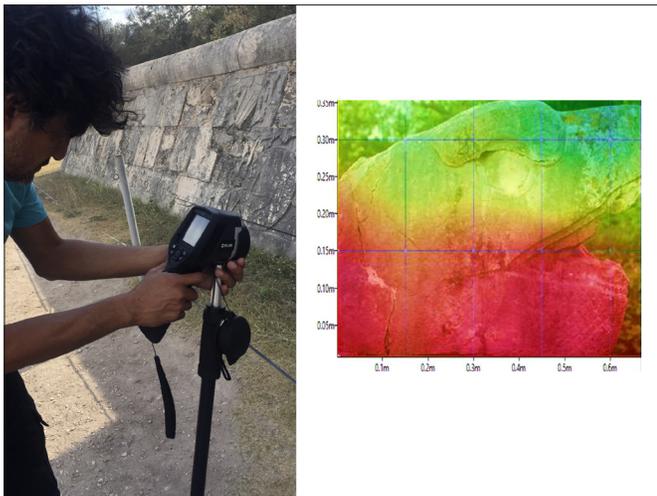


Figura 2. Análisis térmico de los elementos escultóricos del Gran Juego de Pelota. Imagen: ©Sección de Conservación y Restauración, Centro INAH Yucatán.



Figura 3. Proyecto de conservación de la Fototeca del Centro INAH. A la izquierda, impresión en plata sobre gelatina en blanco y negro con manchas de microbiodeterioro. A la derecha, cultivo de las esporas en el área de almacenamiento (*Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. 1, actinobacteria y micelio estéril). Imagen: ©Sección de Conservación y Restauración, Centro INAH Yucatán.



El interés por parte de la comunidad del barrio de San Sebastián sobre la materialidad de la obra alentó a las restauradoras a realizar la actividad participativa de crear una línea de tiempo que incluyera los hallazgos de los restauradores durante la intervención e información otorgada por la comunidad. Así, los resultados de los análisis de rutina (las tomas de placas radiográficas y la realización de calas) no sólo se enriquecieron con las anécdotas de la gente, fotografías y memorias sobre el cambio de la apariencia de la escultura a lo largo del tiempo, sino también el intercambio de saberes entre especialistas y comunidades permitió establecer un vínculo de confianza con los habitantes del barrio de San Sebastián que ha facilitado la gestión de otras restauraciones, el registro de los bienes muebles de la iglesia y la adopción de medidas de conservación preventiva (figura 4 y 5).



Figura 4. La Virgen de la Asunción del barrio de San Sebastián, Mérida, y su estructura a través de una placa obtenida con rayos X. Imagen: ©Sección de Conservación y Restauración, Centro INAH Yucatán.

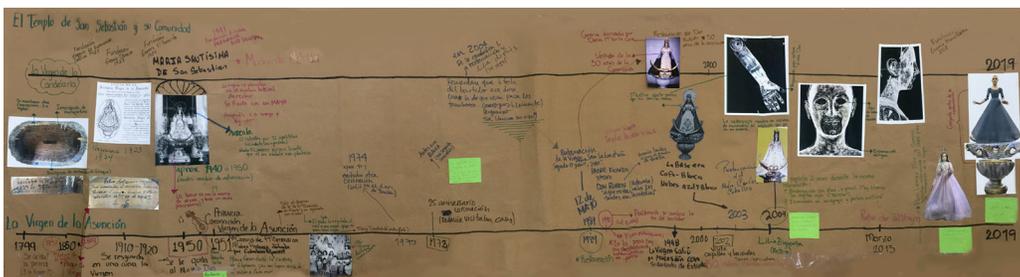


Figura 5. Línea del tiempo sobre la historia cultural de la Virgen de la Asunción del barrio de San Sebastián donde se incluyeron datos históricos, anécdotas de la comunidad y su intervención actual. Imagen: ©Sección de Conservación y Restauración, Centro INAH Yucatán.

Otros resultados que también ejemplifican la fortaleza de generar vínculos con comunidades y asociaciones involucradas en fomentar la conservación de patrimonio en Yucatán es el ejemplo de pueblo de Sotuta. El tema de estudio “De la trama al tejido comunitario alrededor del patrimonio histórico de las comunidades de Yucatán”, que tiene como objetivo la recopilación

de historias orales relacionadas con el patrimonio histórico de las comunidades, incluyó en 2019, la propuesta de evaluar metodologías participativas que permitieran hilar historias locales con el fin de reconocer los valores, significados, usos y cuidados que los habitantes de Sotuta otorgan al patrimonio edificado que forma parte de su paisaje cotidiano. Esta propuesta derivó del *Workshop: Community led digital strategies for safeguarding and (re)building resilient cultural heritage* de la University of Brighton (UB), Reino Unido, en el que participaron dos integrantes de la SCyRYuc. Los resultados de este ejercicio servirían para integrarse a un proyecto mayor en donde se incluirían otros casos de estudio similares en el mundo, el cual no consiguió el financiamiento solicitado.

A diferencia de las otras actividades donde los participantes son profesionistas de otras instituciones, en Sotuta, la colaboración y el aprendizaje se realizó en conjunto con una asociación civil conocida como el Colectivo Zuzut'ha¹ que desde hace varios años gestiona la conservación y el uso sustentable de algunos de los edificios históricos de este poblado. Esta alianza también significa una estrategia para apoyar la gestión a favor de la conservación de los inmuebles históricos en Yucatán (figura 6).



Figura 6. Cartografía participativa del patrimonio edificado del pueblo de Sotuta. Imagen: ©Sección de Conservación y Restauración, Centro INAH Yucatán.

Con estas experiencias, el balance de las actividades fue positivo, pero más allá de los factores externos que influyeron en el desarrollo de proyecto, al analizar los productos que se esperaban obtener, fue evidente que hubo un rezago en la producción académica. Dichos resultados se explican por asumir las funciones de los restauradores/conservadores definidas en el seno del INAH donde la investigación es una actividad secundaria en nuestra práctica.

¹ Para mayor información consultar el siguiente link: <https://comunidadzututha.com>



Los avances en los temas de investigación de proyecto se concentraron en la recolección de información (registros, muestreos y análisis in situ), mientras que hubo mermas en el procesamiento de la información y en la presentación de resultados por medio de ponencias y publicaciones. Esto pone de relieve que el cronograma propuesto no consideró las demás actividades y proyectos que cada uno de los integrantes de la SCyRYuc realiza durante el año. Las funciones de los conservadores/restauradores de los Centros INAH de los estados son múltiples y no necesariamente se enmarcan en una planeación anual, además de los monitoreos, acciones de conservación emergente de los sitios arqueológicos y proyectos de conservación que obtienen recursos, hay una atención constante a las solicitudes de terceros que son imprevisibles e inaplazables cuando se requieren (peritajes, diagnósticos, dictámenes, supervisiones y seguimiento de obra o intervención directa por petición de comunidades rurales). Por ello, la interpretación y divulgación de los aspectos estudiados generalmente se aplazan o se dejan inconclusos.

Cada uno de los casos expuestos refleja las debilidades y fortalezas que coadyuven a desarrollar investigación en centros de trabajo de los estados con un balance positivo en los resultados. Enfocar nuestras actividades a un objetivo en común que es la conservación de patrimonio cultural es nuestra función, pero al hacer el esfuerzo de enfatizar nuestra labor en los procesos de documentación, registro, análisis e interpretación, se fomenta el desarrollo del conocimiento de interés general y también práctico para instaurar buenas prácticas de conservación en un sentido amplio.

Conclusión y reflexión final

Este texto analiza el ejercicio que se hizo para integrar en un sólo proyecto la investigación que se realiza en las actividades y proyectos de conservación que cada integrante de la SCyRYuc coordina de manera independiente. Esta experiencia también sirve a modo de reflexión sobre las implicaciones de nuestra labor diaria y el enfoque de la investigación para el bien común en nuestro ámbito laboral.

Una de las principales consecuencias de integrar los temas de investigación individuales en un sólo proyecto es que nos dimos cuenta que como restauradores/conservadores de la SCyRYuc somos sujetos activos que inciden en la generación de conocimiento sobre aspectos diversos del patrimonio cultural de Yucatán. Esto fue posible al desarraigar algunos los temas de estudio de la ejecución técnica de los proyectos y actividades de conservación. De esta manera la investigación se pudo visibilizar como parte de un proceso que requiere objetivos, metas y resultados concretos, los cuales pueden incidir en otros ámbitos académicos y en los usos sociales del patrimonio cultural.

Esta integración de las actividades de investigación en los proyectos de conservación también explica el desbalance de los resultados. La generación de datos de los estudios es cuantiosa con relación a la poca producción académica y de divulgación. Los conservadores/restauradores de los estados del INAH, a diferencia de los investigadores, no tenemos la práctica ni los alicientes institucionales para cerrar los procesos de investigación, ya que nuestros resultados, por lo general, se cuantifican a través de las intervenciones de conservación directa que realizamos.



Sin embargo, consideramos que debemos hacer un esfuerzo por compartir los resultados obtenidos más allá de los informes técnicos, lo que necesariamente implica incluir en nuestra planeación anual de trabajo la redacción de artículos y presentación de ponencias.

Una de nuestras fortalezas en el desarrollo del proyecto fue la conjunción de intereses entre los conservadores/restauradores de INAH y profesionistas de diferentes disciplinas e instituciones. Estamos conscientes del creciente interés de las ciencias básicas y disciplinas humanísticas en aplicar sus conocimientos al campo de la conservación de patrimonio cultural, es por ello que muchos de los temas de investigación del proyecto no sólo promueven una colaboración interdisciplinaria, que implica la interacción con diferentes especialistas y el aprovechamiento de infraestructura científica disponible en Yucatán, sino también contribuyen en la formación de estudiantes de diferentes áreas de conocimiento. En otros casos también logramos integrar estudios transdisciplinarios donde hay un acuerdo de metodologías y enfoques en la búsqueda de un mismo objetivo que es la conservación del patrimonio cultural.

Aunque muchos resultados fueron favorables, también identificamos algunas deficiencias en la construcción de proyecto, el cual deberá modificarse desde el planteamiento de sus objetivos generales para que sus resultados abonen de manera directa al mejor funcionamiento de la SCyRYuc. Como explicamos, el proyecto de investigación se conformó a partir de propuestas individuales, algunas de las cuales resultan repetitivas en sus objetivos debido a que se enfocan al análisis de casos específicos. Por ello, la reconversión del proyecto implicaría crear líneas de investigación más generales y transversales a nuestras necesidades, poniendo un mayor énfasis en la organización de la información que se genera (registros, diagnósticos y los resultados de los análisis) en plataformas digitales o bases de datos. Esto permitiría compartir la información de manera inmediata entre los integrantes de la SCyRYuc y, en un futuro próximo, tener una visión regional integrada de los contextos y problemáticas de conservación de Yucatán.

La investigación en el área de conservación del INAH es parte intrínseca de la formación de los restauradores profesionales del país desde sus inicios. El reto, desde nuestra práctica diaria, es cómo lograr que los resultados tengan un efecto directo en nuestro crecimiento como área de conservación en el INAH y en las regiones que trabajamos, aprovechando la experiencia acumulada y alianzas con diferentes comunidades.

*



Agradecimientos

Los autores de este texto agradecen a los colegas que participaron en la creación y desarrollo del Proyecto "Del análisis material a la significación del patrimonio cultural en Yucatán: investigaciones en torno a problemáticas de investigación diversas". Gracias a las restauradoras Nancy Coronado Guajardo, María Fernanda Escalante Hernández y Karla Martínez López de la SCyRYuc, a Dra. Patricia Quintana Owen y Dr. Daniel Aguilar (CINVESTAV-Mérida), Dr. Javier Reyes Trujeque y estudiantes Sara Fajardo, Katia Ostos (CICORR-Mérida), Arq. Jorge Martínez (tesista FAUADY), a la Dra. Susana de la Rosa y Dr. Sergio Gómez (UJAT) y a la Dra. Karina Rodríguez (UB) por el apoyo de las actividades en Sotuta. Gracias también a las estudiantes de la ENCRyM, Valeria López Mancera, Valentina Raquel Pérez-Vela Gómez y Jimena Santiago Canizales, Paloma Ramirez Moreira y Sofía Terán Martínez. De igual manera, nuestro más merecido reconocimiento al Colectivo Zuzut'ha, en especial a Daniela Mussali, por su colaboración e interés en las actividades participativas realizadas en Sotuta y a las comunidades de Sotuta y del barrio de San Sebastián de Mérida por el intercambio de conocimiento y su participación en las actividades organizadas por la SCyRYuc.

Referencias

Barrera Rubio, Alfredo (2002) "El patrimonio cultural desde la perspectiva de un Centro INAH", *Revista de Arqueología Americana* 21: 123-153.

García Solís, Claudia A. (2017) *Archaeology and Tourism: The Performance of Conservation at the World Heritage Site of Chichén Itzá*, tesis de doctorado en Filosofía, Arqueología, Melbourne, Australia, La Trobe University.

García Solís, Claudia A., Coronado, Nancy, Escalante, María Fernanda, Hernández, Natalia, y Ocampo, Claudia (2019) Proyecto: Del análisis material a la significación del patrimonio cultural en Yucatán: investigaciones en torno a problemáticas de investigación diversas [documento inédito], México, Centro INAH Yucatán, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Magar, Valerie (2019) "Paul Coremans: un ejemplo de colaboración internacional", *CR. Conservación y Restauración* [en línea] (17): 41-50 disponible en: <<https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cr/article/view/15075/16053>> [consultado el 27 de marzo de 2020].





NOTICIAS



En esta sección se presenta información sobre los avances en la recuperación de los más de 16 mil bienes culturales muebles afectados por los sismos de 2017 en once estados de la república, así como del Segundo Simposio Internacional sobre este tema celebrado entre México y la Unión Europea, que contó con la participación de especialistas de México, Italia, Alemania, España, Hungría y Portugal y en el que se abordaron estrategias de intervención para el patrimonio cultural afectado.

Imagen: Exconvento de San Martín de Tours Huaquechula, Puebla. Julio Martínez Bronimann, ©CNCPC-INAH.

Avanza INAH en la recuperación de los bienes afectados por los sismos de 2017



Encofrado de cristo. Templo de la Expiración. Centro Histórico de la Ciudad de México. Imagen: Oscar Adrián Gutiérrez Vargas. @CNCPC-INAH, 2019.

162

Texto: Oscar Adrián Gutiérrez Vargas.

Información: Lucía de la Parra de la Lama, Adriana Orozco Rodríguez, Mariana Méndez Valdés.

- En los 11 estados existen más de dos mil 440 inmuebles dañados y dentro de ellos 16 mil 378 bienes muebles afectados.
- En la CDMX tres de los proyectos desarrollados han sido en la iglesia de La Conchita, alcaldía de Coyoacán, en la comunidad de San Pedro Mártir, alcaldía de Tlalpan, y en el templo de la Expiración, alcaldía Cuauhtémoc.

A poco más de dos años de los sismos que sacudieron México en septiembre de 2017, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), a través de sus Coordinaciones Nacionales de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) y de Monumentos Históricos (CNMH), avanza en la recuperación de los bienes muebles e inmuebles afectados en 11 estados del país.

El siete de septiembre de 2017 se registró un sismo de magnitud 8.2 en la escala de Richter con epicentro al Suroeste de Pijijiapan, Chiapas. 15 días después, el 19 de septiembre, ocurrió un sismo magnitud 7.1 con epicentro en Axochiapan, Morelos, eventos que dejaron afectaciones diversas en la Ciudad de México, Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Tabasco y Veracruz.



Lucía de la Parra de la Lama, restauradora a cargo del Área de Atención de Bienes Afectados por los Sismos de la CNCPC, informó que en los 11 estados mencionados existen más de 2 440 inmuebles dañados y dentro de ellos 16 378 bienes muebles afectados, aproximadamente, de los cuales 1 116 están en la CDMX.

De estos bienes pertenecientes a la ciudad capital, el 10.3 por ciento ha sido restaurado, es decir, 115: 96 con recursos del Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), 11 mediante el seguro para resarcir daños y ocho con recursos del INAH.

Lucía de la Parra explicó que lo primero que se hizo luego de los sismos fue organizar brigadas conformadas por arquitectos y restauradores del INAH en las diferentes alcaldías de la Ciudad de México, para registrar las afectaciones de los bienes muebles e inmuebles y tener un panorama general de los daños en la ciudad.

Posteriormente, vino la gestión de los seguros para comenzar con la intervención del patrimonio afectado.

Adriana Orozco Rodríguez, restauradora del Área de Atención de Bienes Afectados por los Sismos de la CNCPC, explicó que las fuentes de financiamiento para resarcir los daños de los bienes afectados provienen de tres fuentes: el seguro INAH, que existe desde el año 2000 para el patrimonio cultura; el seguro del Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), y el apoyo de terceros, que para la capital del país, proviene del Gobierno de la Ciudad de México.

Para poder utilizar estos recursos fue necesario integrar las carpetas de proyectos con los restauradores y arquitectos contratistas, quienes trabajan bajo la supervisión de los especialistas del INAH.

“Se trata de un trabajo que a veces puede demorar ya que se tienen que generar carpetas en las que van incluidos documentos [tanto] administrativos como personales de los contratistas, para poder solicitar los recursos y liberar los pagos para dar atención a los bienes muebles e inmuebles por destino”, explicó Mariana Méndez Valdés, restauradora del Área de Atención de Bienes Afectados por los Sismos de la CNCPC.

Proyectos en la Ciudad de México

En la capital, tres de los proyectos desarrollados han sido en la iglesia de La Conchita, alcaldía de Coyoacán, en la comunidad de San Pedro Mártir, alcaldía de Tlalpan, y en el Templo de La Expiración, alcaldía Cuauhtémoc.

“El trabajo es coordinado con el área de arquitectura. Mientras se realiza la restauración de las torres campanario, estamos avanzando en particular con una campana que se cayó, se doblaron sus elementos metálicos y [destruyó] el yugo. Lo que estamos haciendo es dejar la campana restaurada, para montarla una vez finalizada la intervención de las torres campanario”, explicó Marina Straulino, restauradora contratista a cargo del proyecto de las campanas afectadas de la iglesia de La Conchita.

En el pueblo de San Pedro Mártir, alcaldía de Tlalpan, la restauradora contratista Patricia Ruíz intervino un Cristo de caoba que sufrió rotura de los brazos durante el sismo de 2017, además de una intervención anterior que presentaba una capa en tonos exagerados.





Entrega de Cristo a comunidad de San Pedro Mártir, Tlalpan, CDMX. Imagen: Oscar Adrián Gutierrez Vargas. @CNCPC-INAH, 2019.

“Se determinó, evaluando con diferentes calas, que era necesario quitar la intervención anterior del Cristo para recuperar cualidades estilísticas de la escultura, sobre todo resaltar la policromía general que presentaba y generar una reintegración total en forma y color, una vez colocados los brazos nuevamente”, informó Patricia Ruíz.

La escultura fue entregada a la comunidad el primer día de octubre de 2019, por María del Carmen Castro Barrera, titular de la CNCPC.

En el templo de La Expiración, en Santo Domingo, centro histórico de la Ciudad de México, la restauradora contratista María Gabriela Anzaldo Mercadillo coordinó el encofrado de un Cristo de madera del siglo XVIII, mientras se realizaron los trabajos de albañilería en el inmueble, luego de los sismos de 2017.

“Se determinó hacer un encofrado porque es un Cristo cuyas dimensiones hacen muy complicada su manipulación para protegerlo durante los trabajos de arquitectura. [La escultura tiene] aproximadamente dos metros de alto y, probablemente, media tonelada de peso, por lo que protegerlo con el encofrado fue la mejor opción”, explicó Anzaldo Mercadillo.

El encofrado (una caja de madera hecha a medida) del Cristo de la iglesia de La Expiración, fue retirado una vez finalizados los trabajos de albañilería del inmueble, cumpliendo así el objetivo para el que fue diseñado, bajo la supervisión constante de los especialistas de la CNCPC.

Los trabajos de restauración de los bienes muebles e inmuebles continúan en los 11 estados afectados por los sismos de 2017, colaborando estrechamente entre contratistas y el personal del INAH para recuperar juntos el patrimonio cultural de México.

*

Celebran México y la Unión Europea el 2° Simposio Internacional. Intercambio de experiencias entre especialistas “Estrategias de intervención para el patrimonio cultural afectado por los sismos de 2017”



Inauguración del Segundo Simposio Internacional en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. Imagen: Oscar Gutiérrez, ©CNCPC-INAH, 2019.

Texto: Oscar Adrián Gutiérrez Vargas

- A dos años de la tragedia, de los dos mil 600 inmuebles afectados por los sismos de 2017, se tiene un avance aproximado de intervención de cincuenta por ciento.
- Al encuentro asistieron especialistas de México, Italia, Alemania, España, Hungría y Portugal.

Como una iniciativa de intercambio de experiencias, la Secretaría de Cultura, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la delegación de la Unión Europea en México, celebraron la segunda edición del Simposio Internacional “Estrategias de intervención para el patrimonio cultural afectado por los sismos de 2017.”

El evento se desarrolló del 26 al 29 de noviembre en las instalaciones de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, Manuel del Castillo Negrete del INAH (ENCRyM), así como en la visita de inspección técnica al templo y exconvento de San Guillermo de Totolapan y a la capilla abierta de Santa María Candelaria de Npopualco, ambos en el estado de Morelos.



El programa de actividades estuvo dividido en conferencias, cuyo objetivo fue presentar el panorama general de avance de atención a bienes culturales afectados por los sismos de 2017 y los logros en materia de cooperación científica y técnica internacional, así como conocer las experiencias de los especialistas europeos en proyectos relacionados con el rescate e intervención del patrimonio después de sismos u otras contingencias.

También se desarrollaron mesas de trabajo donde los especialistas de México y Europa discutieron casos específicos de estudio que, por su complejidad técnica y teórica, ameritaban la revisión de las acciones tomadas hasta la fecha.

Durante la ceremonia de bienvenida, la secretaria de Cultura, Alejandra Frausto Guerrero, informó, mediante un mensaje en video que, de los 2 600 inmuebles afectados por los sismos de 2017, se tiene un avance aproximado de intervención del cincuenta por ciento.

Aída Castilleja González, secretaria técnica del INAH, dio la bienvenida a los expertos de Italia, Alemania, España, Hungría y Portugal, además precisó que el debate en materia técnica y científica es un componente relevante en la cooperación internacional para la conservación del patrimonio cultural.

“A dos años de la catástrofe, el propósito de estos recorridos igual que las conferencias y posteriores actividades contempladas en la agenda del simposio que hoy inicia, permitirán analizar de manera transversal y directa las buenas prácticas, así como identificar las áreas de oportunidad en la materia y las problemáticas a las que se enfrenta el proceso de la restauración”, dijo Castilleja González.

El jefe adjunto encargado de negocios de la delegación de la Unión Europea en México, Jean-Pierre Bou, recordó que un grupo interdisciplinario de expertos europeos, junto a las autoridades del INAH y de la Secretaría de Cultura, visitaron 33 inmuebles e hicieron el análisis de la documentación histórica y de los daños observados, al igual que la identificación de las características inherentes a cada monumento, luego de los sismos de 2017.

Explicó que la protección del patrimonio en riesgo está en el centro de la política cultural de la Unión Europea, de la misma forma que la cooperación con las partes interesadas y las organizaciones internacionales.

Jean-Pierre Bou informó que con este evento la Unión Europea busca dar continuidad y crear un impacto duradero a los esfuerzos iniciados después de los sismos, reforzados durante el Año Europeo del Patrimonio Cultural, en el cual se lanzó el primer simposio, hace un año, con la participación de 20 expertos europeos y con la audiencia de 200 especialistas.

“Confío que dentro de este marco político y en continua colaboración con los estados miembros de la Unión Europea, el simposio contribuirá a fortalecer nuestros lazos en el campo cultural y desarrollaremos nuevos proyectos de cooperación concreta”, expresó Jean-Pierre Bou.

*





Inauguración del Simposio: Jean-Pierre Bou, Aída Castilleja y Gerardo Ramos, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. Imagen: Oscar Gutiérrez, ©CNCPC-INAH, 2019.



Mesa de trabajo, caso de la iglesia de Nuestra Señora de los Ángeles, Museo de las Intervenciones. Imagen: Oscar Gutiérrez, ©CNCPC-INAH, 2019.





Mesa de trabajo del antiguo convento San Guillermo Totolapan, aula Magna de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. Imagen: Oscar Gutiérrez, ©CNCPC-INAH, 2019.



Visita técnica al exconvento de San Guillermo Totolapan, Morelos. Imagen: Oscar Gutiérrez, ©CNCPC-INAH, 2019.



Análisis con espectrómetro Raman i-Raman-Plus (BWTek). Laboratorio CODICE.

Imagen: ©CNCPC-IAH.

Enfoque y alcance

La revista *CR. Conservación y Restauración*, desarrollada por la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) desde 2013, tiene el objetivo de divulgar y reseñar proyectos de conservación e investigación que se realicen tanto en la CNCPC como en otras áreas del INAH vinculadas con este tema, además de difundir noticias relevantes. Esta publicación digital es cuatrimestral y está integrada por cinco secciones: Proyectos y actividades, Memoria, La conservación en la vida cotidiana, Conoce el INAH y Noticias. Está dirigida tanto a un público especializado como a personas interesadas en la conservación del patrimonio cultural.

Tipo de colaboración

En la sección **Proyectos y actividades** se presentan artículos sobre proyectos de conservación del patrimonio cultural, realizados por restauradores, investigadores o profesionales afines (5 a 15 cuartillas, incluyendo referencias).

La sección **Memoria** visibiliza los acervos especializados de la CNCPC, recuperando información resguardada de los proyectos de conservación e investigación efectuados en el pasado, como muestra del potencial para la investigación de las colecciones. Este espacio también está abierto para otros acervos relevantes (máximo 10 cuartillas, incluyendo referencias).

La sección **La conservación en la vida cotidiana** contiene breves notas sobre preguntas recurrentes de conservación preventiva (máximo 10 cuartillas).

Conoce el INAH trata sobre las diferentes competencias del Instituto Nacional de Antropología e Historia, así como las actividades que desarrollan sus diferentes dependencias (máximo 10 cuartillas).

La sección **Noticias** contiene notas breves con estilo periodístico sobre los trabajos de conservación-restauración que está efectuando el personal de la CNCPC o de otras áreas del INAH (máximo 5 cuartillas).

El boletín recibe colaboraciones originales e inéditas, que no se estén postulando a otras publicaciones de manera simultánea. La recepción de propuestas está abierta todo el año, sin embargo, existen algunos números temáticos. Se debe mencionar que esto no limita la recepción de artículos de cualquier temática.

Revisión

Los artículos para las secciones **Proyectos y actividades**, **Memoria** y **La conservación en la vida cotidiana** se someterán a un proceso de evaluación, por doble par ciego, de académicos con conocimientos sobre el tema, uno de los cuales puede ser miembro del Comité Editorial. El resultado del dictamen puede ser:

1. *Publicar sin cambios.*
2. *Publicar una vez hechas las correcciones indicadas (cambios menores) y responder a las sugerencias de los dictaminadores.*
3. *Publicación condicionada a la realización de correcciones ineludibles (cambios mayores).*
4. *Rechazado.*

El resultado del dictamen se envía al autor. En el caso de dictamen positivo después de enviar la carta de aceptación al autor, se inicia el proceso de edición, corrección de estilo, planeación y programación de acuerdo con las normas editoriales de la revista. Si se solicitan correcciones, se realizará un cotejo y se verificará el cumplimiento de lo señalado en el dictamen. Si existiera algún desacuerdo, el autor deberá enviar una carta dirigida al comité editorial de la revista, para su valoración. Los textos corregidos se someterán a consideración del autor antes de ser publicados.

Los artículos para la secciones **Conoce el INAH** y **Noticias** no se someten a dictamen.

Propiedad intelectual

La propiedad intelectual de las colaboraciones pertenece a los autores, pero los derechos de edición, reproducción, publicación, comunicación y transmisión se cederán a la revista. Para ello, los autores con textos aceptados deberán enviar la carta de cesión de derechos.

Formato de entrega de las colaboraciones

Contenido

- Los textos para las secciones *Proyectos y actividades*, *Memoria* y *La conservación en la vida cotidiana* irán acompañados de:
 - a. **Título del texto en negritas.**
 - b. **Resumen** (150 a 200 palabras) en español y en inglés.
 - c. **Palabras clave** (3 a 7 palabras) en español y en inglés.
- Todas las imágenes se recibirán por separado, máximo 14, todas en formato *.jpg o *.tiff, con una resolución de 300 dpi y un tamaño mínimo de 1.5 MB. Se debe indicar su colocación aproximada dentro del texto con numeración consecutiva y con la leyenda **Figura 1**, seguida de un texto breve que especifique el contenido y créditos; ejemplo: **Figura 1.** Detalle del nicho del Templo 1 de Tajín. *Imagen: Dulce María Grimaldi, ©CNCPC-INAH, 2017.*
- Adicionalmente, se enviará una imagen para la portada del artículo, con la misma resolución ya indicada, y en formato vertical.
- Las tablas y gráficas se recibirán por separado, se debe considerar la legibilidad de las tablas, y de preferencia, entregarlas en el formato original (archivo de Illustrator u otro). Al igual que las imágenes, indicar su ubicación aproximada en el texto con la leyenda **Tabla 1** o **Gráfica 1** y con una descripción breve, ejemplo: **Tabla 1.** Medición de dureza en la superficie de la estela 1 de Yaxchilán.

Anexos obligatorios

Carta de cesión de derechos

Los autores de artículos aceptados se comprometen a ceder los derechos de la distribución de su obra por cualquier medio impreso o en plataformas electrónicas.

Autorización de reproducción de imágenes

En caso de emplear imágenes que requieran autorización de terceros, el autor debe gestionar los permisos indispensables para su publicación y enviará a la revista el documento con la autorización emitido por la entidad pública, privada o particular.

Estilo

- La contribución se entregará en Word, en páginas tamaño carta, con márgenes de 2.5 cm por lado. El cuerpo del texto debe ir justificado, escrito en fuente Calibri (Cuerpo) de 11 puntos, con un interlineado a 1.15 puntos.
- Los subtítulos no se numerarán. Los subtítulos 1 irán en **negritas** y en minúsculas. Los subtítulos 2 en **negritas cursivas** y subtítulos 3 en *cursivas*.
- Las siglas, cuando se les mencione por primera vez, se pondrán en paréntesis precedidos del nombre completo, por ejemplo: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).
- Las cursivas dentro del texto se utilizarán para señalar palabras extranjeras, locuciones latinas (excepto in situ), títulos de bienes culturales, así como para indicar qué palabra o grupo de palabras tiene un sentido que no corresponde con el del léxico común de la lengua.

Pies de página y citas dentro del texto

- Las notas en pie de página se usarán si son estrictamente necesarias o para colocar la referencia documental de un archivo. Deben ir justificadas, en fuente Calibri (Cuerpo) de 9 puntos con interlineado sencillo, numeradas de forma consecutiva. Para citar un documento de archivo colocar: Siglas del archivo, nombre del expediente, Autor (si aplica), Título del documento, clave del expediente, fecha del expediente.
- Las citas y citas textuales se presentarán del siguiente modo:
 - Para citas de textos que no sean textuales, se pondrán las referencias al final de la idea correspondiente, entre paréntesis (Autor, año: pp.). Ejemplos: (Cruz, 2002: 45) (Cruz, 2002: 45-46) (Cruz, 2002: 45, 67) (Cruz, 2002: 45; Jiménez, 2004: 79; McLeod, 2007: 225-226).
 - Para citas textuales de hasta tres renglones, se insertarán entre comillas dobles, insertadas en el texto con su correspondiente referencia (Autor, año: pp.) Ejemplos: "la extensión de la reintegración bajo esta óptica debe ser limitada" (Cruz, 2002: 45).
 - Las citas textuales de extensión mayor a tres renglones irán sangradas a 1.5 cm. de los márgenes por ambos lados no se entrecorillarán y se pondrán en cursivas [los agregados del autor a la cita original van entre corchetes]. Al final de la cita, se debe colocar la referencia correspondiente, como se indicó en el inciso anterior.

Agradecimientos

En caso necesario, los agradecimientos a instituciones o personas se colocarán al final del texto (y antes de las referencias).

Referencias

Las referencias utilizadas en el texto deben ir al final, en orden alfabético, con el formato que se muestra a continuación. Para tipos de referencias no especificados en estos ejemplos, el editor dará indicaciones adicionales a los autores, en caso necesario.

Archivo

Nombre completo del archivo consultado, Población o ciudad, País.

Referencias impresas

- Libro
Apellido, Nombre (año) [año primera edición] *Título del libro*, vol. #, trad. Nombre Apellido, Ciudad, Editorial.
- Artículo o capítulo de libro
Apellido, Nombre (año) "Título del artículo", en Nombre Apellido, Nombre Apellido (eds.), *Título del libro*, Ciudad, Editorial, pp. 1-10.
- Artículo de revista
Apellido, Nombre (año) "Título del artículo", *Título de la revista*, volumen (número): 1-10.
- Tesis
Apellido, Nombre (año) *Título de la tesis*, tesis de ..., Ciudad, Universidad.
- Documento inédito
Apellido, Nombre (año) Título del documento [documento inédito], Ciudad, Institución.

Referencias electrónicas

- Libro electrónico
Apellido, Nombre (año) *Título del libro electrónico*, Ciudad, Editorial [documento electrónico], disponible en: <liga> [consultado el # de mes de año].
- Artículo de revista electrónica
Apellido, Nombre (año) "Título del artículo", *Título de la revista electrónica* [en línea], volumen (número): pp-pp, disponible en: <liga> [consultado el # de mes de año].
- PDF
Apellido, Nombre (año) Título del documento [pdf], disponible en: <liga> [consultado el # de mes de año].
- Sitio web
Autor(es) o fuente (año) *Título del apartado que se consulta o del sitio web* [en línea], disponible en: <liga> [consultado el # de mes de año].
- Blog
Apellido, Nombre (año) *Título del artículo del blog* [blog], fecha del artículo, disponible en: <liga> [consultado el # de mes de año].
- Video
Autor(es) (año) *Título del video* [video en línea], disponible en: <liga> [consultado el # de mes de año].

Entrevistas y conferencias

- Entrevista
Nombre del entrevistador (año) Entrevista realizada a nombre y apellido del entrevistado el día de mes.
- Conferencia
Apellido, Nombre (año) Título, conferencia en Nombre del evento, Lugar del evento, día de mes.

Envíos

Las contribuciones se reciben por medio de la plataforma OJS en la página: www.revistas.inah.gob.mx/index.php/cr. Para cualquier duda o aclaración comunicarse a los correos: revistacr@inah.gob.mx o revistacr.cncpc@gmail.com



¡Visítanos!

www.conservacion.inah.gob.mx



Revista CR



REVISTAS  **INAH**
Instituto Nacional de Antropología e Historia, México



Publicación de la
Coordinación Nacional de Conservación
del Patrimonio Cultural

N 20 Enero - Abril 2020

Ex Convento de Churubusco
Xicoténcatl y General Anaya s/n,
colonia San Diego Churubusco, alcaldía Coyoacán
04120, Ciudad de México

www.conservacion.inah.gob.mx

CR  **CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN**

N20 Enero-Abril 2020



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA



COORDINACIÓN NACIONAL
DE CONSERVACION
DEL PATRIMONIO CULTURAL