



# Análisis y restauración de dos mapas barnizados y entelados del siglo XX: reflexiones de una estancia internacional de investigación en México

Ana Reyes Pérez, Lucrecia Vélez Kaiser, Silvia Medina Navarro

**Resumen:** Los mapas entelados y barnizados elaborados a partir de la revolución industrial sufren de un escaso reconocimiento que deriva en el deterioro de los documentos y la ausencia de investigaciones sobre esta tipología documental. Este proyecto persigue el objetivo de ahondar en la materialidad de los mapas a través del análisis y restauración de dos ejemplares del siglo XX en el contexto de una estancia internacional de investigación.

La caracterización de los documentos se realiza mediante digitalización multibanda, identificación de la composición fibrosa, Espectroscopía de Infrarrojo, Fluorescencia de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido. La restauración comprende el desmontaje, limpieza, eliminación del barniz, laminación y reintegración de los faltantes. Los resultados de las técnicas analíticas exponen las diferencias en los materiales empleados en la factura de cada uno de los mapas. La ejecución de calcos y la microscopía digital denotan los cambios dimensionales y superficiales sufridos durante su restauración.

**Palabras clave:** mapa, digitalización multibanda, composición fibrosa, FTIR-ATR, XRF, SEM, restauración

## Analysis and restoration of two cloth-backed and varnished maps from the 20<sup>th</sup> century: insights from an international research stay in Mexico

**Abstract:** The cloth-backed and varnished maps produced since the Industrial Revolution suffer from limited recognition, leading to the deterioration of the documents and a lack of research. This project aims to explore the materiality of these maps through the analysis and restoration of two 20<sup>th</sup>-century examples in the context of an international research stay.

The characterization of the documents is carried out using multispectral digitization, fiber composition identification, infrared spectroscopy, X-ray fluorescence, and scanning electron microscopy. The restoration process involves disassembly, cleaning, varnish removal, lamination, and reintegration of missing parts. The results of the analytical techniques highlight the differences in the materials used in the creation of each map. Tracing execution and digital microscopy reveal the dimensional and surface changes that occurred during their restoration.

**Keywords:** map, multiband imaging, fiber composition, FTIR-ATR, XRF, SEM, restoration

## Análise e restauro de dois mapas envernizados e entrelados do século XX: reflexões de um estágio internacional de investigação no México

**Resumo:** Os mapas entrelados e envernizados elaborados a partir da revolução industrial sofrem de um escasso reconhecimento que resulta na deterioração dos documentos e na ausência de investigações sobre esta tipologia documental. Este projeto persegue o objetivo de aprofundar a materialidade dos mapas através da análise e restauro de dois exemplares do século XX no contexto de um estágio internacional de investigação.

A caracterização dos documentos é realizada mediante digitalização multibanda, identificação da composição fibrosa, Espectroscopia de Infravermelho, Fluorescência de Raios X e Microscopia Eletrônica de Varrimento. O restauro compreende a desmontagem, limpeza, remoção do verniz, laminação e reintegração das partes em falta. Os resultados das técnicas analíticas expõem as diferenças nos materiais utilizados na execução de cada um dos mapas. A concretização de decalques e a microscopia digital denotam as alterações dimensionais e superficiais sofridas durante o seu restauro.

**Palavras-chave:** mapa, digitalização multibanda, composição fibrosa, FTIR-ATR, XRF, SEM, restauro

## Introducción

La sociedad actual demanda la experiencia compartida entre instituciones y profesionales de diferente procedencia y disciplinas para la correcta conservación y restauración del patrimonio. Se trata de asegurar la aplicabilidad de las investigaciones en un entorno real, considerando la variabilidad de los bienes culturales a nivel internacional. Teniendo en cuenta estas circunstancias, la presente investigación se centra en el estudio interdisciplinar de una tipología documental muy concreta, mapas entelados y barnizados de principios del siglo XX. Para ello, se plantea el análisis científico y restauración de dos documentos originales intervenidos conjuntamente por investigadoras de la Universidad de Granada (UGR, España) y la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO, México) en el contexto de una estancia internacional de investigación.

El documento cartográfico era concebido en origen como una herramienta de carácter estrictamente funcional que, con el tiempo, ha ido adoptando nuevos valores que lo han resignificado y ubicado dentro del conjunto del patrimonio histórico, científico, documental y artístico, en tanto que está dotado de valores técnicos y procedimentales de gran relevancia y belleza. No obstante, los mapas más modernos, elaborados a partir de la revolución industrial, sufren de un escaso reconocimiento socio-cultural, aun siendo los que precisan de una mayor atención a consecuencia de su estado de conservación actual. La complejidad de su estructura multicapa en la que se superponen un soporte textil, papel, tintas de impresión y barnices de protección, en conjunción con la calidad de los materiales compositivos y la despreocupación general por su correcta salvaguarda, deriva en sendas alteraciones que ponen en riesgo la conservación a largo plazo de los documentos. Destacar, entre otros, la fuerte oxidación de los soportes, amarilleo del barniz superficial, deformaciones, tensiones entre el soporte de tela y papel, alabeos, roturas y faltantes. Todo ello, se suma a la ausencia de investigaciones homologadas a nivel internacional a la hora de conocer profundamente su materialidad o las técnicas de ejecución empleadas en su factura, en definitiva, cuestiones determinantes a la hora de diseñar un protocolo único, válido y normalizado para su correcta conservación y restauración.

Este proyecto contempla el análisis científico y la conservación-restauración de dos mapas procedentes de la Mapoteca Histórica del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades (CUCSH) de la Universidad de Guadalajara (UDG) en México, los cuales representan los accidentes geopolíticos del Estado de Durango y Distrito Federal, este último hoy conocido como Ciudad de México. Aunque la hipótesis de partida presupone la analogía entre ambos documentos al coincidir su casa productora y data crónica, la aplicación de diversas técnicas analíticas (digitalización multibanda, microscopía óptica, Espectroscopía de Infrarrojo por transformada de Fourier –FTIR-, Fluorescencia de Rayos X –XRF- y Microscopía Electrónica de Barrido –SEM-) descarta la

suposición inicial. Se encuentran algunas diferencias en el soporte de papel, concretamente en su composición fibrosa, procesado de las pastas papeleras en cada caso y cargas añadidas durante su fabricación.

El proceso de restauración, por su parte, persigue el propósito de contrastar diferentes métodos de intervención, especialmente en lo que respecta a la limpieza y eliminación del barniz superficial. Se trata de cotejar los criterios y metodologías de ambas instituciones, buscando las mejores alternativas para la tipología documental central del estudio. Los resultados obtenidos se evalúan aplicando algunas de las técnicas analíticas previamente mencionadas, a partir de lo cual se concluye su aptitud y efectividad. No obstante, la ejecución de calcos o la obtención de imágenes mediante microscopía digital permiten determinar algunas modificaciones producidas en los mapas durante la intervención, como pueden ser cambios dimensionales o la presencia de residuos superficiales de barniz aún después del proceso de limpieza.

Como se comentaba anteriormente, este proyecto nace de la colaboración entre la Universidad de Granada y la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente pero cuenta con el apoyo de otras instituciones de relevancia tales como el Grupo de Celulosa y Papel del Instituto de Ciencias Forestales ICIFOR-INIA-CSIC (España), el Departamento de Madera, Celulosa y Papel y el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara (México).

## Objetivos

El objetivo principal de esta investigación consiste en ahondar en el conocimiento sobre la materialidad y técnicas de ejecución de los mapas entelados y barnizados de principios del siglo XX a través del análisis científico y restauración de dos mapas conservados en la Mapoteca Histórica del CUCSH, en la Universidad de Guadalajara (México). A partir de este primer propósito, se proponen los siguientes objetivos secundarios que se corresponden con las diferentes fases de la investigación:

- Ampliar el estudio y análisis de una tipología patrimonial de escaso reconocimiento internacional, los mapas entelados y barnizados de principios del siglo XX.
- Reivindicar la relevancia histórica, cultural, social y artística de estos documentos cartográficos como vestigio de una época de transformación tecnológica e industrialización.
- Demostrar la utilidad de las técnicas analíticas no invasivas o micro-invasivas en la caracterización material de este tipo de objetos. Asimismo, destacar la importancia de la combinación de técnicas para complementar y enriquecer los resultados finales.

- Seleccionar los tratamientos de conservación y restauración más adecuados en base a las características intrínsecas de los mapas a intervenir. Complementariamente, priorizar tratamientos inocuos y de bajo impacto medioambiental.
- Fomentar la colaboración entre instituciones y profesionales de diferentes disciplinas, así como difundir los resultados entre el público general y especializado.

### Mapas de la Ciudad de Durango y Distrito Federal de México

El objeto de estudio de esta investigación lo componen dos mapas de los estados de Durango y Distrito Federal [Figura 1] procedentes de la Mapoteca Histórica del CUCSH. Los mapas fueron elaborados por la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos de la Secretaría de Agricultura y Fomento de México en el año de 1922 y comparten una misma estratigrafía: soporte secundario textil, papel, tintas de impresión y barniz de protección superficial. Además, presentan travesaños de madera que se sujetan a la parte inferior y superior de los mapas con puntas metálicas y, en los laterales, cintas de algodón que rematan el perímetro de los documentos. Toda esta estructura responde al propósito original de los mapas, concebidos para su exposición, colgados en su total magnitud, en entornos académicos. Las únicas diferencias formales entre los ejemplares son, además del territorio representado en cada caso, su escala (1:200000 para Durango y 1:15000 para Distrito Federal) y dimensiones (58.4cm de largo y 54.4cm de ancho en Durango y 55.5cm de largo y 43.8cm de ancho en Distrito Federal).

La elaboración de estos mapas coincide con un contexto histórico en el que se reivindica la importancia del estudio del

territorio nacional mexicano, tal y como se recoge en el Boletín Oficial de la Secretaría de Fomento en 1916 (Morales 2007:43):

*[Considerando] la urgente necesidad que tiene la nación mexicana de impulsar los estudios científicos que tengan por objeto dar a conocer su geografía, su fauna, flora, sus riquezas naturales desconocidas y los medios más fáciles y seguros de exportarlas al mismo tiempo que estimular los descubrimientos e inventos [...] que, al ser útiles a la humanidad, hagan conocido el nombre de México en todos los centros científicos del mundo.*

Anteriormente en 1912 ya se consideraba la posibilidad de fusionar en un único organismo todas las instituciones encargadas de desarrollar actividades cartográficas, acción que se materializó en 1915 con la creación de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos (Secretaría de la Defensa Nacional 2019). Esta sería la institución encargada de la producción de los mapas objeto del estudio. Concretamente, los documentos de Durango y Distrito Federal constituyen una edición de representaciones cartográficas recogidas en el Atlas de la República Mexicana, editado entre 1919 y 1921. Son muchas las instituciones a nivel internacional que conservan ejemplares de este atlas (Biblioteca Nacional de España, Stanford Libraries, Beineck Rare Book and Manuscript Library, etc.), denotando la relevancia histórica y documental de los mapas que alberga.

Aun tratándose de documentos de probado interés cultural, su reconocimiento y protección ha sido escaso, lo cual ha repercutido negativamente en su estado de conservación actual. El barniz de protección de los mapas se encuentra en un avanzado estado de oxidación y amarilleo, incrementando la friabilidad y acidez del soporte de papel. Adicionalmente, se han desprendido total o parcialmente los travesaños de madera y las cintas textiles adheridas al perímetro



Figura 1.- Fotografías con luz rasante de los mapas de a) Durango; b) Distrito Federal

produciendo roturas, desgarros y pérdidas. Asimismo, en un intento de reparación previa, se emplearon cintas adhesivas que han acabado produciendo un mayor deterioro.

### Estudio preliminar

Antes de comenzar con la restauración de los mapas, se plantea la aplicación de una serie de técnicas y análisis enfocados a la caracterización de los materiales que conforman los documentos. Todo ello permite la selección de los tratamientos de conservación y restauración más adecuados para la casuística específica de los ejemplares a intervenir.

#### - Digitalización multibanda

La digitalización multiespectral es un método de análisis no invasivo que permite obtener de manera simultánea información espectral y espacial de un objeto a través de la captura de imágenes a diferentes longitudes de onda (Fischer y Kakoulli 2006). Existen varios métodos de captura, entre los cuales el seleccionado para el registro de los mapas fue el siguiente. Los documentos se expusieron a una luz de amplio rango espectral mientras que, entre el objeto y el dispositivo de captura se colocó un filtro para separar las diferentes longitudes de onda (Marengo *et al.* 2011; Reyes *et al.* 2022). En este caso, se

contemplaron tres intervalos espectrales interesantes para el estudio pormenorizado de los mapas, visible [Figura 2b y 2e], infrarrojo [Figura 2a y 2d] y ultravioleta [Figura 2c y 2f].

Como se puede apreciar, la imagen realizada en infrarrojo apenas proporciona información que difiera a la del rango visible, en tanto que no existen sustratos más profundos que los de la tinta de impresión propiamente dicha. Sin embargo, sí que se discernen aspectos relevantes en el ultravioleta. En el caso del mapa de Durango [Figura 2c] se percibe una reflectancia verdosa en la superficie que se atribuye al barniz de protección. Además, se distingue el craquelado producido por el desprendimiento parcial de esta capa superficial. En el mapa de Distrito Federal [Figura 2f], la respuesta espectral del barniz es menos acentuada, quedando en evidencia las cintas adhesivas empleadas en una reparación previa de los documentos.

#### - Composición fibrosa y procesado de las pastas papeleras

La identificación de la composición fibrosa y procesado de las pastas papeleras se efectuó mediante microscopía óptica y según la normativa internacional correspondiente (UNE 57021-1; UNE 57021-2; UNE 57021-4), de acuerdo a las características morfológicas de las fibras y las coloraciones obtenidas en la tinción. Aprovechando desgarros y



**Figura 2.-** Imágenes multibanda del mapa de Durango: a) Infrarrojo; b) Visible; c) Ultravioleta; y del mapa de Distrito Federal: d) Infrarrojo; e) Visible; f) Ultravioleta

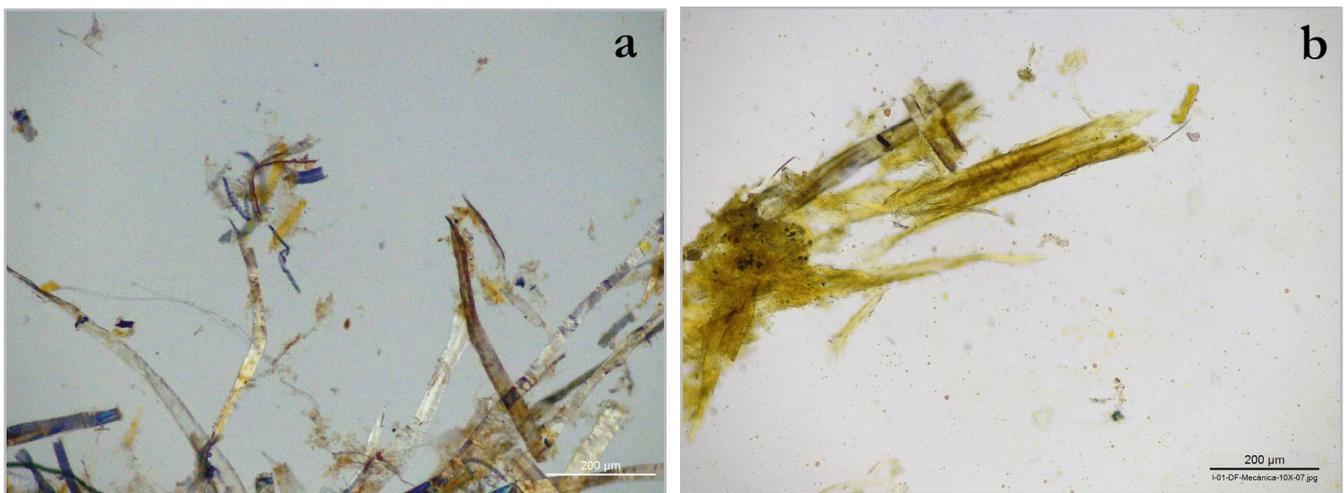
desprendimientos en los mapas, se tomaron micromuestras que, tras someterse a un disgregado en agua destilada, se terminaron de separar con agujas de microscopía. La tinción se realizó con el reactivo de "C" de Graff, una mezcla de cloruro de aluminio, calcio y cinc, y una disolución de yodo. Para ejecutar el procedimiento se añadieron 2-3 gotas del reactivo a la preparación microscópica de las fibras.

Según la morfología identificada, se puede concluir que el papel empleado en la factura del mapa de Durango [Figura 3a] está elaborado a partir de fibras de conífera, con punteaduras areoladas y campos de cruce, mezcladas con paja de cereal, con células de parénquima en forma de barril y epidérmicas con márgenes dentados (Reyes *et al.* 2024). Además, y tal y como indica la tinción obtenida de color gris ligeramente azulado, la pasta papelera fue sometida a un proceso semi-químico, concretamente al sulfato blanqueado. Por su parte, aunque el mapa de Distrito Federal [Figura 3b] también se compone de fibras madereras de conífera, se determina que su procesado es de tipo mecánico por su tinción amarillo intenso con "C" de

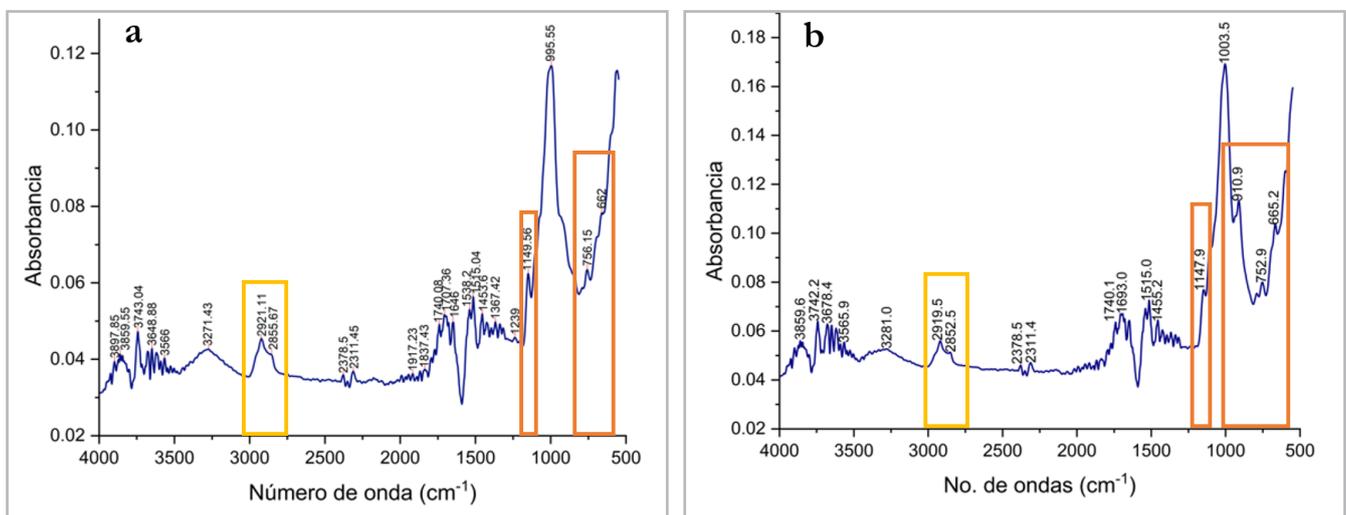
Graff, y no presenta elementos anatómicos típicos de los cereales, difiriendo con el ejemplar anterior.

- *Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR-ATR)*

La Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier con Reflexión Total Atenuada es una técnica no invasiva, fácil de aplicar, rápida y fiable que se ha utilizado ampliamente en la caracterización de documentos históricos. En este caso, FTIR-ATR se emplea para la identificación de materiales que conforman los mapas objeto de estudio, ya sean tintas de impresión o los diferentes componentes del soporte de papel, como cargas, aditivos y encolantes. Para ello, se emplea un espectrofotómetro modelo *Alpha II* de *Bruker* equipado con un accesorio puntual ATR con cristal de diamante. Las condiciones de medida son las siguientes: los espectros se registran en absorbancia; el número de interferogramas se fija en 80; resolución igual a  $1\text{ cm}^{-1}$ ; el máximo que permite el equipo y rango de medida entre  $550$  y  $4000\text{ cm}^{-1}$ .



**Figura 3.-** Identificación de la composición fibrosa tras la tinción con "C" de Graff: a) Mapa de Durango; b) Mapa de Distrito Federal



**Figura 4.-** Espectros FTIR-ATR de los mapas de: a) Durango; b) Distrito Federal. En amarillo, las bandas del aceite de linaza; en naranja, componentes del soporte de papel.

La identificación se centra en aquellas regiones del espectro que escapan las típicas de los materiales ligno-celulósicos, entre 1300 y 900  $\text{cm}^{-1}$ . A simple vista, se aprecia cómo apenas hay diferencias entre los mapas [Figura 4]. Existe un incremento en las bandas situadas alrededor de 2920 y 2850  $\text{cm}^{-1}$ , atribuidas al aceite de linaza como aglutinante de las tintas de impresión (Gómez *et al.* 2016). Asimismo, aparecen bandas de las cargas del papel, a 910 y 665  $\text{cm}^{-1}$  del caolín (Adami *et al.* 2016) y a 665  $\text{cm}^{-1}$  del sulfato cálcico (Brittain 2016). Sin embargo, la aparición combinada de bandas alrededor de 665 y 1145  $\text{cm}^{-1}$  también puede justificarse por el uso de alumbre (Mahmoud *et al.* 2022), habitual en la época de elaboración de los mapas.

*-Fluorescencia de Rayos X (XRF)*

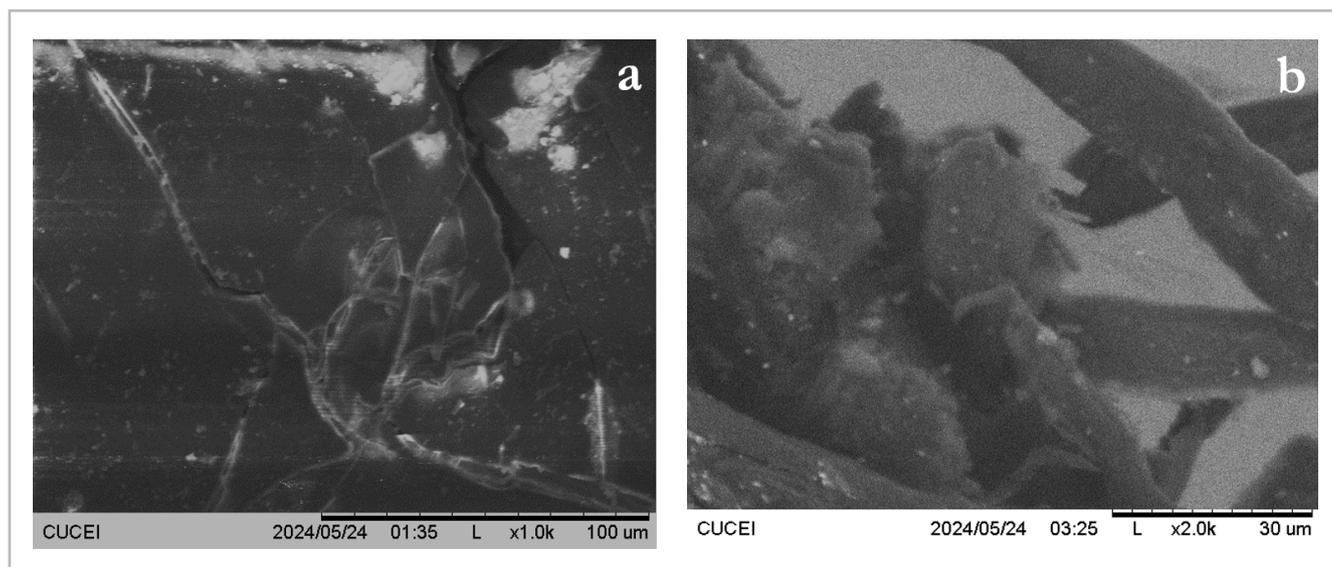
La Fluorescencia de Rayos X es, como en el caso anterior, una técnica no invasiva de uso frecuente en el estudio del patrimonio documental. Además, puede considerarse como una herramienta complementaria a FTIR-ATR en tanto que puede llegar a confirmar la presencia de compuestos inorgánicos previamente identificados. Para su aplicación,

se emplea un espectrómetro modelo *Tracer 5* de *Bruker* con un tiempo de exposición de 60 segundos.

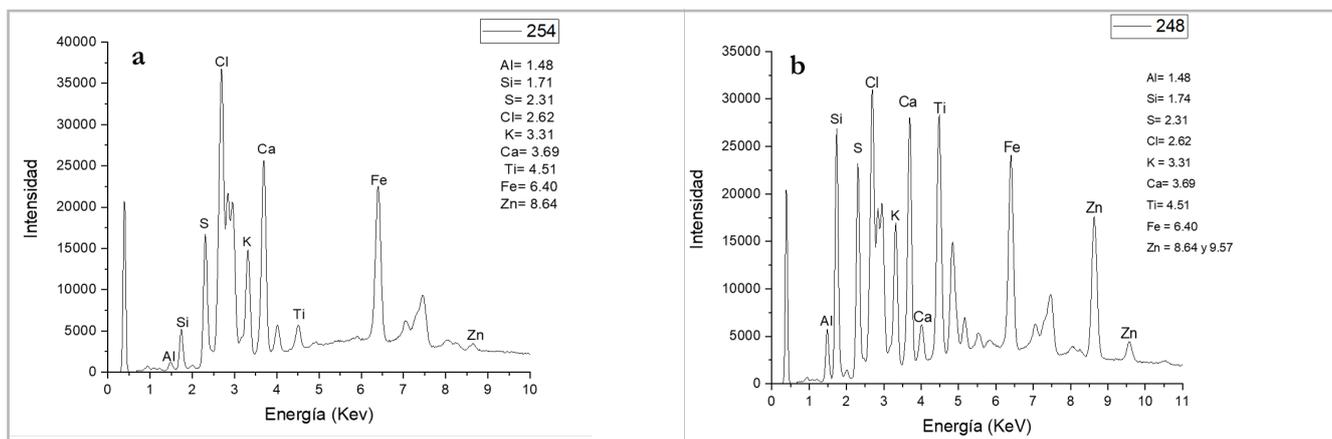
De nuevo, los resultados obtenidos en los dos mapas objeto de estudio son bastante similares y se corresponden con los datos proporcionados por FTIR-ATR. La detección de Al, Si, S, K y Ca confirman la presencia de cargas en el papel, sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) y caolín ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_4$ ), así como el aditivo de alumbre ( $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ ). No obstante, también es relevante la presencia de Cl, atribuida al proceso de blanqueo de las pastas durante la fabricación del soporte (Díaz 2017). Por último, señalar una diferencia entre los documentos. El mapa de Distrito Federal [Figura 5b], en comparación con Durango [Figura 5a], presenta zinc y titanio, probablemente por la adición de otras cargas como el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) o sulfuro de zinc (ZnS) (Rodríguez 1970).

*-Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)*

La última de las técnicas analíticas aplicada es la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), realizada en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI)



**Figura 6.-** Imágenes de SEM de los mapas de: a) Durango; b) Distrito Federal.



**Figura 5.-** Espectros XRF de los mapas de: a) Durango; b) Distrito Federal

de la Universidad de Guadalajara. Se emplea para ello un microscopio electrónico modelo *TM-1000* de *Hitachi*.

En la superficie del mapa de Durango [Figura 6a] se observa el estrato de barniz de protección superficial cristalizado, craquelado y parcialmente desprendido que oculta el soporte de papel subyacente. Por su parte, en la imagen de la derecha correspondiente al mapa de Distrito Federal [Figura 6b], se distinguen pequeñas partículas adheridas a las fibras del soporte del papel. Estas corresponden a las cargas añadidas durante su factura, ya sea sulfato cálcico o caolín según los resultados previos de XRF y FTIR-ATR.

### Proceso de restauración

Una vez caracterizados los mapas a través de diferentes técnicas y herramientas, se procede a su restauración. Se ha de indicar que, en esta fase del proyecto, se plantea la comparativa de métodos y estrategias habituales de UGR y ECRO, buscando la mejor alternativa para esta tipología documental.

#### - Desmontaje y eliminación de cintas adhesivas

El primer paso de la restauración de ambos ejemplares consiste en el desmontaje de los diferentes elementos que los conforman para su tratamiento individualizado, previa protección de las zonas más fragmentadas con un facing temporal de papel japonés y metilcelulosa en baja concentración ( $\pm 2\%$ ). Se separa la propia impresión cartográfica de los travesaños de madera de la parte superior e inferior, las cintas de algodón de los laterales y el textil del reverso. Para los travesaños, se retiran las tachuelas metálicas que los sujetan al documento, mientras que los textiles se desprenden de manera mecánica (Martínez 2015), paralela a la superficie y con ayuda de una espátula de bambú. Este procedimiento es posible en tanto que los adhesivos originales empleados para el montaje han envejecido y perdido su adherencia y resistencia original.

A continuación, se lleva a cabo la eliminación de las cintas adhesivas que se sitúan en las partes más deterioradas y fragmentadas de los mapas, procedentes de una intervención previa fallida. Como se comentaba, el envejecimiento de estas cintas ha provocado su amarilleo y desnaturalización, afectando a la conservación de los documentos. Para su retirada, se plantea una metodología sistematizada en el Seminario Taller de Restauración de Papel y Documentos Gráficos de la ECRO, que minimiza la manipulación del objeto y su contacto directo con disolventes. En primer lugar, se determina el disolvente adecuado para reactivar el adhesivo de las cintas, en este caso, acetona. A continuación, en el interior de una placa Petri se encaja un papel secante impregnado en acetona y, acto seguido, se coloca boca abajo sobre la zona con cinta. De esta manera, el papel secante no toca en ningún caso el documento, pero la evaporación progresiva del disolvente reactiva el adhesivo y posibilita su retirada de manera mecánica.

#### - Eliminación del barniz superficial

La oxidación y amarilleo de los barnices de protección justifican su eliminación, persiguiendo el propósito de recuperar la legibilidad y unidad estética de los mapas pero también para mejorar su conservación a largo plazo al reducir la migración de productos acidificantes al soporte de papel. En ese caso, se plantea una diferenciación entre los ejemplares intervenidos. Mientras en el mapa de Durango el barniz se retira de manera mecánica, a punta de espátula de bambú y bisturí [Figura 7a], en el mapa de Distrito Federal se selecciona el tratamiento por inmersión en dos baños consecutivos de etanol (Rodgers 1985; Hamilton y Kocsis 2017) [Figura 7b]. Se debe indicar que estos baños apenas duran unos segundos y emplean una mínima cantidad de disolvente reduciendo el impacto medioambiental del proceso de restauración. Además, el etanol residual puede reutilizarse para la eliminación de cintas adhesivas, según el procedimiento previamente descrito. El secado tras la inmersión debe ser rápido, para evitar el pasmo de la superficie. En cuanto a la



**Figura 7.-** Eliminación de barniz superficial en el mapa: a) Durango, mecánicamente; b) Distrito Federal, por inmersión en solvente

eliminación mecánica del barniz en Durango, se trata de un proceso largo y delicado que exige de un gran control del procedimiento a fin de no deteriorar la superficie de la impresión original.

#### *-Lavado acuoso y laminación (aplicación de soporte auxiliar)*

La limpieza de los documentos cartográficos concluye con un último baño en agua (Hamilton y Kocsis 2017; Cárdenas 2021) para eliminar posibles residuos de barniz que permanezcan aún en la superficie tanto de Durango como de Distrito Federal. De nuevo, se trata de una intervención rápida donde se reduce al máximo posible la cantidad de agua empleada en el tratamiento. Además, aprovechando la humectación de los mapas tras el lavado, se procede a su laminación. Este refuerzo general pretende aumentar la resistencia de las impresiones, facilitando su manejo y manipulación por parte de futuros usuarios (Nichols y Uyeda 2022). Para su ejecución, se traslada sobre el reverso de los documentos un papel japonés *Tengujo* (5g/m<sup>2</sup>) impregnado en metilcelulosa preparada al 5% en agua. Una vez cepillada y asegurada la laminación, los mapas se colocan en prensa hasta su completo secado.

En este mismo momento, se realiza la limpieza del soporte secundario textil y las cintas de algodón, separadas de los mapas al comienzo de la intervención. En este caso, también se realiza un lavado acuoso, aunque varía el método posterior de secado y alisado. Considerando que las telas se componen por fibras de algodón susceptibles de encoger durante un secado progresivo, se decide acelerar el proceso. Para ello, se someten a un planchado con temperatura controlada, cuidando de mantener sus dimensiones originales.

#### *- Injertos, reintegración cromática y montaje final*

La restauración continúa completando lagunas y faltantes, especialmente acentuados en el perímetro de los documentos, con injertos de papel japonés teñido con acuarela, buscando una tonalidad semejante a la zona circundante y una superposición mínima con los mapas. Como adhesivo, se recurre nuevamente a la metilcelulosa en la misma concentración seleccionada para las laminaciones. Para las zonas impresas, el injerto se completa con reintegración cromática con lápices acuarelables.

El último paso de la intervención consiste en el montaje final de los diferentes estratos y elementos separados al comienzo de la restauración, recuperando la estructura original de los documentos tal y como fueron concebidos. En primer lugar, se reestablece la unión entre papel y textil, teniendo en cuenta que ahora existe un estrato intermedio, la laminación. Las telas se adhieren al reverso colocando dos bandas de *BEVA FILM*® en la parte superior e inferior de los mapas, que se activan y sellan con calor, en correspondencia con la naturaleza termofusible

del material. Incidir en la reversibilidad de esta unión al poder retirar fácilmente la laminación con agua. Por su parte, las cintas de algodón se colocan nuevamente en los laterales con metilcelulosa, asegurando la cohesión entre el soporte principal de papel y el secundario textil. Finalmente, se sitúan los travesaños de madera. En esta ocasión se decide descartar la restitución de las puntillas metálicas en tanto que su oxidación podría afectar a los mapas y provocar su deterioro. Es importante recalcar que, si bien no tendría por qué darse la oxidación de los elementos metálicos, en muchas ocasiones el control de las condiciones de conservación y almacenamiento de los documentos en las instituciones no depende del conservador- restaurador. Por tanto, su intervención debe contemplar diversos escenarios futuros y aplicar medidas de prevención que aseguren la perdurabilidad del objeto. Por todo ello, los travesaños se unen a una cinta de algodón que, a su vez, se adhiere al reverso de los mapas con *BEVA FILM*®, evitando el contacto directo entre el adhesivo termofusible y los mapas.

#### **Evaluación de la restauración**

Los resultados obtenidos en el proceso de restauración [Figura 8] son más que satisfactorios y cumplen con el objetivo principal de recuperar la estabilidad de los documentos, posibilitar su consulta y garantizar su conservación a largo plazo.

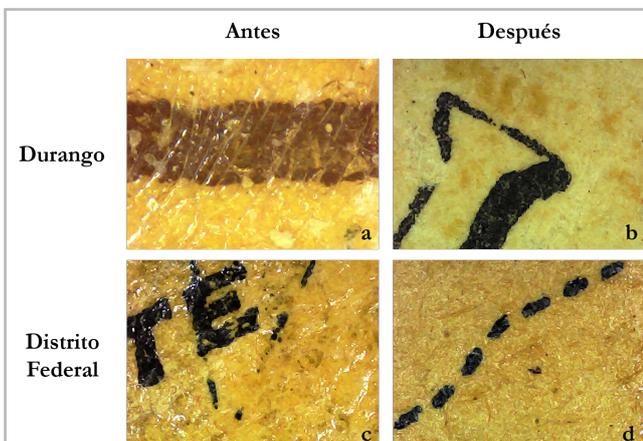
Sin embargo, al margen de la apariencia de los mapas tras la intervención, se proponen una serie de métodos cualitativos y cuantitativos de evaluación de los resultados a fin de determinar el efecto producido por ciertos tratamientos sobre las características originales de los documentos. En primera instancia, se repite el proceso de digitalización multibanda para corroborar la correcta eliminación de cintas adhesivas y barnices. Se aprecia en este sentido cómo en la región del ultravioleta desaparece la reflectancia típica de los barnices, corroborando su eliminación.

La microscopía digital es otra de las herramientas empleadas en la valoración de la fase de limpieza y retirada del estrato superficial de barniz. Gracias a esta técnica se puede apreciar cómo independientemente de la metodología aplicada, limpieza mecánica o química por inmersión en solvente, permanecen restos superficiales de barniz. En el caso de Durango [Figura 10a y 10b], los remanentes son puntuales, pero se evidencian ciertos daños superficiales producidos por el raspado con espátula de bambú que no son discernibles a simple vista. Por el contrario, en Distrito Federal [Figura 9c y 9d] no se observa dicha alteración, pero los residuos de barniz se encuentran dispersos homogéneamente por la superficie del mapa e incluso llegan a impregnar las fibras del papel.

El último método de evaluación consiste en la ejecución de calcos de los mapas antes y después de



**Figura 8.-** Resultados tras el proceso de restauración de los mapas de: a) Recto Durango; b) Verso Durango; c) Recto Distrito Federal; d) Verso Distrito Federal



**Figura 9.-** Microscopía digital antes y después de la eliminación del barniz en los mapas de: a y b) Durango, mecánicamente; c y d) Distrito Federal, inmersión en solvente

los tratamientos acuosos para determinar los cambios dimensionales producidos. Es decir, sobre un acetato se trasladan los elementos y representaciones principales de los mapas antes de lavar, en húmedo inmediatamente después del lavado y seco tras el tratamiento. La medida del perímetro externo de los documentos en cada fase [Tabla 1] permite cuantificar todas estas variaciones asociadas a la higr expansividad de los documentos.

Tal y como se puede observar [Tabla 1], es reseñable la dilatación producida en la fase en húmedo ( $\pm 1\text{cm}$ ), especialmente en el alto de ambos documentos en contraposición a su dirección de fibra. No obstante, los datos más relevantes se encuentran en el último momento tras el tratamiento ya que es entonces cuando preocupa reestablecer las condiciones de partida. En el mapa de Durango se recupera prácticamente el alto original

MAPA	Fase	Perímetro ex Perímetro externo terno	
		Alto (cm)	Ancho (cm)
Durango	Original	58.4	54.4
	Húmedo	59.2	55.6
	Seco	58.2	55.1
	Variación final	0.2	0.7
Distrito Federal	Original	55.5	43.8
	Húmedo	56.5	44.2
	Seco	56.1	44.2
	Variación final	0.6	0.4

**Tabla 1.-** Medidas del perímetro externo de los mapas en las diferentes fases de los tratamientos acuosos: dimensiones originales, en húmedo y seco tras el tratamiento

mientras que el ancho aumenta considerablemente (+0,7cm). Por su lado, en Distrito Federal se produce cierta retroversión en las dimensiones del alto en húmedo, pero se mantiene el aumento producido en su ancho (+0,4cm).

## Conclusiones

Los importantes hallazgos obtenidos en el análisis científico y restauración de dos mapas entelados y barnizados de principios del siglo XX por parte de investigadoras de la UGR, en España, y la ECRO, en México, no hace sino ilustrar la importancia del trabajo internacional e interdisciplinar en el campo de la conservación y restauración de los bienes culturales. Las investigaciones deben ir más allá de casos particulares de estudio, hacia el conocimiento de la variabilidad existente dentro de una misma tipología patrimonial. Únicamente de esta forma se podrán definir protocolos únicos y válidos para su correcta intervención por parte de los conservadores-restauradores.

Como se comentaba al comienzo, los documentos cartográficos elaborados a partir de la revolución industrial carecen del reconocimiento socio-cultural que ostentaban los ejemplares de antaño. Sin embargo, la contextualización histórica de los mapas de Durango y Distrito Federal los establece como objetos de incuestionable relevancia, testigos documentales de un periodo donde se reivindicaba la importancia de exportar y compartir las riquezas de México. Es por ello que se justifica su análisis y restauración, a fin de transmitir todo este legado a las generaciones futuras.

El estudio preliminar ha permitido especificar algunas similitudes y diferencias entre los mapas y los materiales que los conforman. De esta forma, se ha identificado la

composición de los papeles a base de una mezcla de fibras de conífera, complementadas con paja de cereal en el caso de Durango. Además, la tinción con reactivo determina una clara diferenciación en el procesado de las pastas, al existir un tratamiento semi-químico para Durango y mecánico para Distrito Federal. Por su parte, las técnicas analíticas posibilitan un mayor acercamiento al resto de los componentes de los documentos. Las partículas que se distinguen en las imágenes de SEM, se identifican como cargas de caolín y sulfato de calcio en FTIR y XRF, además de una posible adición de titanio y zinc en el mapa del Distrito Federal. Complementariamente, se disciernen componentes típicos del apresto de alumbre, así como restos de cloro atribuidos al proceso de blanqueo de las pastas. En lo que respecta a la impresión, las bandas identificadas en FTIR confirman el uso de tinta grasa a base de aceite de linaza. En conclusión, se descarta la hipótesis de partida en la que se suponía cierta analogía entre los mapas por ser elaborados por la misma institución en el mismo año. Se desconocen los motivos, pero existen sendas diferencias entre sus materiales y técnicas de ejecución, lo cual abre nuevas líneas de investigación para el futuro.

En lo que se refiere al proceso de restauración, se debe resaltar la complejidad de los procedimientos, en correlación con la multiplicidad de estratos que conforman los documentos. El propósito principal conllevaba recuperar la autenticidad y originalidad de los mapas en cuanto a estructura material, pero también en relación a su naturaleza funcional. Más allá de mejorar la apariencia estética de los mapas, el objetivo de la intervención era garantizar la estabilidad física de los ejemplares, posibilitando su consulta por parte de los usuarios y garantizando su preservación a largo plazo. Complementariamente, se persigue la reversibilidad y mínima intervención en los tratamientos seleccionados, especialmente en la selección de materiales y montaje final de los documentos. No obstante, la evaluación final de la restauración mediante la ejecución de calcos y microscopía digital, denota cómo el proceso de limpieza y eliminación del barniz no deja de ser un proceso invasivo que modifica las dimensiones originales de los mapas y altera parcialmente su superficie. Por último, incidir en la importancia de considerar el impacto medioambiental que puede tener la conservación y restauración del patrimonio. Es importante incluir este último criterio como prioritario en las propuestas de intervención, minimizar y hacer una buena gestión de los residuos e inclinarse por tratamientos inocuos tanto para el profesional restaurador como para el medio ambiente.

## Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al Programa de Ayudas para la Formación del Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Universidades, del que es beneficiaria Ana Reyes Pérez. Además, agradecer a

los distintos profesionales que han colaborado en las diferentes fases de la investigación: Gerardo Hernández Rosales y Katia Josceline Pérez Ostos, de la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO); Adalberto Zamudio Ojeda, del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (UDG); y José Ansaldo Hernández, del Departamento de Madera, Celulosa y Papel (UDG).

## Referencias

ADAMI, G., GORASSINI, A., PRENESTI, E., CROSER, M., BARACCHINI, E., GIACOMELLO, A., (2016). "Micro-XRF and FT-IR/ATR analyses of an optically degraded ancient document of the Trieste (Italy) cadastral system (1893): A novel and surprising iron gall ink protective action", *Microchemical Journal*, 124:96-103. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.07.020>

BRITAIN, H.G. (2016). "Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared (ATR FT-IR) Spectroscopy as a Forensic Method to Determine the Composition of Inks Used to Print the United States One-cent Blue Benjamin Franklin Postage Stamps of the 19th Century" *Applied Spectroscopy*, 70(1):128-136. <https://doi.org/10.1177/000370281561534>

CÁRDENAS, M.L. (2021). "Restoration of a work on paper by implementing and adapting Japanese materials and methods. Case Study: Restoration of the Sinú River map" *CR Conservación y Restauración*, 24:320-330. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cr/article/view/19469>

DÍAZ, L. (2017). "Con qué hacer más papel? La pasta de paja como alternativa". En *XII Congreso Internacional Historia del Papel en la Península Ibérica*, Santa María de Feira, 77-97.

FISCHER, C. y KAKOULLI, I. (2006). "Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications", *Reviews in Conservation*, 7:3-16. <https://doi.org/10.1179/sic.2006.51.Supplement-1.3>

GÓMEZ, N., MOLLEDA, C., QUINTANA, E., CARBAJO, J.M., RODRÍGUEZ, A., VILLAR, J.C. (2016). "Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FT-IR) Applied to Study the Distribution of Ink Components in Printed Newspapers", *Applied Spectroscopy*, 70(9):1-9. <https://doi.org/10.1177/0003702816640287>

HAMILTON, A., KOCSIS, M. (2017). "Meek's Atlas: Treatment of an oversized rolled chart" *AICCM BULLETIN*, 38(2):53-62.

MAHMOUD, A., NOSHY, W., MAROUF, M., MOHAMED, W. (2022). "Utilizing Different Analytical Techniques to Determine the Composition of the Paper Support of Historical Lithographic Plate from Belzoni's Atlas",

*Advanced Research in Conservation Science*, 3(1):557-567. <https://doi.org/10.21608/arcs.2022.136739.1027>

MARENGO, E., MANFREDI, M., ZERBINATI, O., ROBOTTI, E., MAZZUCCO, E., GOSETTI, F., BEARMAN, G., FRANCE, F., SHOR, P. (2011). "Development of a technique based on multi-spectral imaging for monitoring the conservation of cultural heritage objects", *Analytica Chimica Acta*, 706:229-237. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.08.045>

MORALES, C. (2007). La organización de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México.

NICHOLS, K., UYEDA, T. (2022). "Adapting a Japanese Facing Technique to the Treatment of an American Landscape Plan", *Journal of Paper Conservation*, 23(1):10-21. <https://doi.org/10.1080/18680860.2022.2032536>

REYES, A., LÓPEZ, A., GUTIÉRREZ, R., LORENTE, R., TELLO, N. (2022) "Utilidad de las imágenes multispectrales para el registro e investigación del patrimonio documental histórico". En *II Simposio del Patrimonio Cultural ICOMOS España*, Cartagena, 417-425.

REYES, A., GÓMEZ, N., ESPEJO, T. (2024). "From rag to wood going through cereal: Technological revolution among the school maps in the Archives of the University of Granada (Spain)", *International Journal of Conservation Science*, 15:3, 1425-1434. <https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.03.17>

RODGERS, S. (1985). "A Method for Temporarily Facing a Varnished Map During Aqueous Conservation Treatment" *The Book and Paper Group Annual*, 4:89-93.

RODRÍGUEZ, J. (1970). *Los controles en la fabricación del papel*. España: Blume.

SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL (2019). *Cartografía militar mexicana*. Gobierno de México.

UNE 57021-1. Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 1: Método general (IDO 9184-1:1990).

UNE 57021-2. Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 2: Sistemas de teñido de fibras (ISO 9184-4:1990).

UNE 57021-4. Pastas, papel y cartón. Determinación de la composición fibrosa. Parte 4: Teñido con el reactivo "C" de Graff (ISO 9184-4:1990)

## Autor/es

**Ana Reyes Pérez**

[anarp@ugr.es](mailto:anarp@ugr.es)

Facultad de Bellas Artes, Universidad de Granada

<https://orcid.org/0000-0003-4226-9254>

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la Universidad de Granada (2019) y Máster en Bibliotecas, Archivos y Continuidad Digital en la Universidad Carlos III de Madrid (2020). Desde diciembre del 2020, investigadora predoctoral en el Departamento de Pintura, Facultad de Bellas Artes, de la Universidad de Granada. Beneficiaria de las Ayudas para la Formación del Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Universidades (FPU/021908). Su interés se centra en el estudio, investigación, conservación y restauración del patrimonio gráfico y documental. Ha participado en numerosos congresos de carácter nacional (II Simposio de Patrimonio Cultural ICOMOS-España, I Jornadas de Investigadores Júnior en Patrimonio, XIV Congreso de Historia del Papel en la Península Ibérica, etc.) e internacional (Seminario Internacional de Conservación de Papel, Congreso Ibero-Americano de Invertigações em Conservação e Restauo, TechnoHeritage 2024, etc.), además de publicar los resultados de sus investigaciones en revistas de alto impacto (Journal of Cultural Heritage, International Journal of Conservation Science, Digital Library Perspectives). Entre otros méritos, cabe señalar la obtención de la Primera Mención de Honor en el Premio Joven de Investigación en Conservación-Restauración del Grupo Español del International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, además de su reciente estancia internacional de investigación en la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente en Guadalajara, México.

**Silvia Medina Navarro**

[s.medina@ecro.edu.mx](mailto:s.medina@ecro.edu.mx)

Escuela de Conservación y Restauración de Occidente

Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Jiquipán, Michoacán (2001) y Maestría en Procesos Biotecnológicos en la Universidad de Guadalajara (2011). Desde 2012 hasta la actualidad, docente en la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO) en Guadalajara, Jalisco (México), donde imparte las asignaturas de química especializada en disolventes, polímeros e inorgánica y química aplicada a los Seminarios-Taller de Conservación y Restauración de Objetos Cerámicos, Pintura Mural y Papel y Documentos Gráficos. Ha participado en congresos de carácter internacional (Seminario Internacional de Papel, Chile 2021) y es autora de varios capítulos de libro ("El Centenario del Instituto de Ciencias en Aguascalientes (1867-1967). Su historia y trascendencia en la educación, la cultura y la sociedad" y "La Materia del Tiempo. Escuela de Conservación y Restauración de Occidente. Veinte años") y artículos.

**Lucrecia Vélez Kaiser**

[l.velez@ecro.edu.mx](mailto:l.velez@ecro.edu.mx)

Escuela de Conservación y Restauración de Occidente

Licenciada en Restauración de Bienes Muebles en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete" (ENCRyM). Desde 2003 hasta la actualidad, docente de la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO) en Guadalajara, Jalisco (México), donde es profesora de las asignaturas Conservación I y II, Encuadernación y titular en el Sminario-Taller de Restauración de Papel y Documentos Gráficos. Es fundadora del Taller de Papel Artesanal Arcángel y miembro activo de del Grupo de Preservación Documental y del Comité Técnico de Normalización Nacional de Documentación CONTENNDOC. Ha participado en la elaboración de la Norma Mexicana NMX-R-100-SCFI-2018 de "Acervos documentales – Lineamientos para su conservación". Además, es autora de varios capítulos de libro y ha participado en numerosos congresos de carácter nacional e internacional, el último de ellos, el "7º Coloquio Internacional de Preservación, Conservación y Restauración en acervos documentales. La vinculación de grupos sociales para la conservación de los acervos".

Artículo enviado 07/10/2024

Artículo aceptado el 28/11/2024



<https://doi.org/10.37558/gec.v26i1.1346>