

# Hilos de papel japonés como una propuesta para la conservación de cordelería prehispánica. Evaluación de sus características y resistencia

Japanese Paper Threads as a Proposal for the Conservation of Pre-Hispanic Cordage. Evaluation of its Characteristics and Resistance

DOI: 10.30763/Intervencion.281.v1n27.60.2023 • AÑO 14, NÚMERO 27: 189-242 • YEAR 14, ISSUE NO. 27: 189-242

Postulado/Submitted: 17.03.2022 • Aceptado/Accepted: 05.07.2023 • Publicado/Published: 30.09.2023

## Gloria Martha Sánchez Valenzuela

Departamento de Conservación de Arqueología de Material Orgánico, Coordinación Nacional de Conservación de Patrimonio Cultural (CNCPC), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

[gloriamsv.cncpc@inah.gob.mx](mailto:gloriamsv.cncpc@inah.gob.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8031-0089>

## Orlando Martínez Zapata

Laboratorio de Físicoquímica, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

[orlando\\_martinez\\_z@encrym.edu.mx](mailto:orlando_martinez_z@encrym.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-8317>

## Miriam Elizabeth Castro Rodríguez

Centro INAH Durango, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

[miriam\\_castro@inah.gob.mx](mailto:miriam_castro@inah.gob.mx) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-4869>

Corrección de estilo por/Copy editing by Alejandro Olmedo • Traducido por/Translation by Richard Addison

[Ir a versión en español](#)

## RESUMEN

Se presentan los resultados de la aplicación y la caracterización física de hilos elaborados con papel japonés cuyas características y propiedades en el campo de la conservación-restauración son útiles para la intervención de bienes arqueológicos de origen orgánico. El ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN describe el proceso de elaboración de los hilos así como la evaluación de sus propiedades fisicomecánicas mediante el análisis de tracción mecánica, donde el grosor del hilo guarda una relación di-

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

[Go to English  
version](#)

rectamente proporcional a la fuerza requerida para generar el fallo en éste, lo que significa que las propiedades de los hilos se pueden modificar, dependiendo de las necesidades de cada caso o del uso y características que se le quiera dar en el objeto.

### **PALABRAS CLAVE**

hilos de papel japonés, ensayo mecánico, cordelaría, cueva de la Candelaria, caracterización física de hilos

### **ABSTRACT**

The following paper presents the results from the physical characterization and subsequent application of yarns made from Japanese paper, whose features and properties in the field of conservation-restoration have proved to be useful for the intervention on archaeological objects of organic origin. This RESEARCH ARTICLE describes the process of thread elaboration as well as the evaluation of its biomechanical properties through the analysis of mechanical traction, where the thickness of the thread is directly proportional to the force required to generate the thread's failure, meaning that the properties of the threads can be varied, depending on the specific conservation need.

### **KEYWORDS**

japanese paper threads, mechanical testing, threads, Candelaria cave, physical characterization of threads

# Hilos de papel japonés como una propuesta para la conservación de cordelería prehispánica. Evaluación de sus características y resistencia

[Go to English version](#)

DOI: 10.30763/Intervencion.281.v1n27.60.2023 • AÑO 14, NÚMERO 27: 191-217

Postulado: 17.03.2022 • Aceptado: 05.07.2023 • Publicado: 30.09.2023

## Gloria Martha Sánchez Valenzuela

Departamento de Conservación de Arqueología de Material Orgánico, Coordinación Nacional de Conservación de Patrimonio Cultural (CNCPC), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

[gloriamsv.cncpc@inah.gob.mx](mailto:gloriamsv.cncpc@inah.gob.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8031-0089>

## Orlando Martínez Zapata

Laboratorio de Físicoquímica, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

[orlando\\_martinez\\_z@encrym.edu.mx](mailto:orlando_martinez_z@encrym.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-8317>

## Miriam Elizabeth Castro Rodríguez

Centro INAH Durango, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

[miriam\\_castro@inah.gob.mx](mailto:miriam_castro@inah.gob.mx) | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-4869>

Corrección de estilo por Alejandro Olmedo

## RESUMEN

Se presentan los resultados de la aplicación y la caracterización física de hilos elaborados con papel japonés cuyas características y propiedades en el campo de la conservación-restauración son útiles para la intervención de bienes arqueológicos de origen orgánico. El ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN describe el proceso de elaboración de los hilos así como la evaluación de sus propiedades fisicomecánicas mediante el análisis de tracción mecánica, donde el grosor del hilo guarda una relación directamente proporcional a la fuerza requerida para generar el fallo en éste, lo que significa que las propiedades de los hilos se pueden modificar, dependiendo de las necesidades de cada caso o del uso y características que se le quiera dar en el objeto.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

## PALABRAS CLAVE

hilos de papel japonés, ensayo mecánico, cordelería, cueva de la Candelaria, caracterización física de hilos

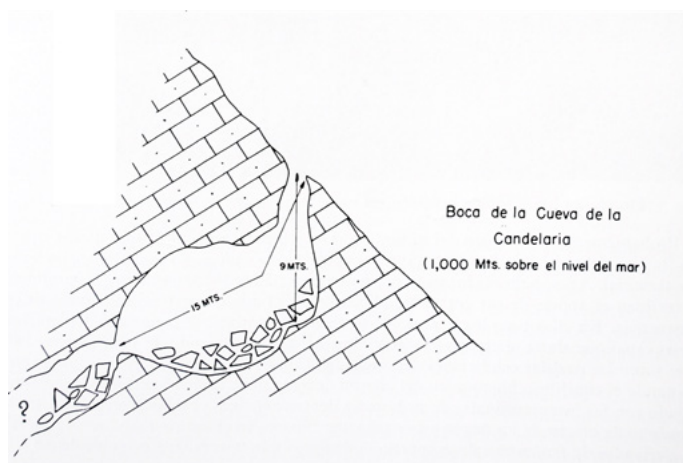
## INTRODUCCIÓN

La cueva de la Candelaria se localiza en la Comarca Lagunera, al suroeste del estado de Coahuila, México, al pie de la sierra de la Candelaria, en el valle de las Delicias; sus condiciones de clima cálido y seco favorecieron la conservación del vasto patrimonio ahí encontrado (Figura 1). La cueva se abre a unos 30 m sobre el nivel del bolsón, cuyo orificio para ingresar, tipo chimenea, de aproximadamente 1 m de diámetro, se ensancha transversal y verticalmente llegando a la cámara más alta, sitio donde se halló la mayor cantidad de materiales antropológicos (Figura 2) (Aveleyra, 1956).



FIGURA 1. Ubicación del estado de Coahuila y localización de la cueva de la Candelaria en el estado de Coahuila (Fuente: [travelbymexico.com](http://travelbymexico.com) y Sánchez, 2017, p. 408).

FIGURA 2. Entrada tipo chimenea a la cueva de la Candelaria (Fuente: Aveleyra, 1956, p. 49).



## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

El descubrimiento de la cueva se dio en los años cincuenta de manera fortuita, cuando una persona oriunda de la región la encontró con varios cadáveres y otros objetos cuya relevancia, debido a la gran cantidad de materiales orgánicos ahí depositados (más de 2 000 bienes entre restos óseos, textiles, tejidos, ornamentos, elementos utilitarios, entre otros) bien conservados, propició un proyecto conjunto entre el gobierno del estado y el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) de exploración y debida transmisión de la importancia del sitio (Aveleyra, 1956).

Fue así como, en 1953, surgió, con el doctor Pablo Martínez del Río, director del Departamento de Prehistoria, a la cabeza, el primer proyecto formal de investigación del INAH en el norte de México, el cual implicó la realización de varias temporadas de campo: con la participación de diversos especialistas, como Manuel Maldonado Koerdell (geólogo y paleontólogo), Arturo Romano (antropólogo físico), Francisco González Rul, el propio Martínez del Río, Luis Aveleyra (arqueólogos) e Ignacio Bernal (historiador), entre otros (González, 1998, p. 62), quienes se abocaron a la exploración de la cueva, recuperando gran cantidad de objetos de uso común que pertenecían al difunto y fueron depositados junto con el cuerpo (Aveleyra, 1956).

El piso de la cámara se encontraba casi oculto tanto por materiales de derrumbe como por un número indefinido de bultos mortuorios desparramados, abiertos parcialmente, con su contenido esparcido por doquier como resultado de la acción de los saqueadores y del desprendimiento de grandes piedras del techo de la cueva que habían caído sobre los bultos, además de la descomposición de los cadáveres y la intrusión de animales menores. Más destructiva tal vez fue la actividad de los saqueadores. Se puede decir que las dimensiones de los restos óseos, junto con los materiales empleados, tipo de indumentaria, ornamentos y herramientas, muestran que fueron producto de una cultura del desierto, donde los pobladores debieron desarrollar características fisiológicas y habilidades tecnológicas como respuesta adaptativa al medio ambiente. Sin embargo de que su condición de cazadores y recolectores parece colocarlos en la categoría de nómadas, del notable atuendo cultural asociado con los bultos funerarios se infiere que tal nomadismo fue relativo, ya que tuvieron que contar con asentamientos prolongados en un mismo lugar para poder obtener las fibras e hilos que propiciaron la manufactura de elementos derivados, como mantos, cestas, sandalias, etc. (Weitlaner-Johnson, 1977, p. 5).

En el caso de los bienes de origen orgánico, su conservación fue posible gracias al ambiente seco, a la temperatura y la hume-

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

dad relativa (HR) constantes así como a la ausencia de luz, factores que evitaron la degradación de las fibras vegetales y animales. La preservación de estos artefactos constituyó en su momento una gran rareza, y lo seguiría siendo si no fuera por el excelente trabajo de investigación que desarrolló el equipo multidisciplinario de 1953, como lo muestra la publicación de Aveleyra (1956), Weitlaner-Johnson (1977) y los informes resguardados en el archivo técnico de arqueología (INAH), que estimuló a que un grupo de patrocinadores laguneros recabara fondos a fin de construir un espacio adecuado donde albergar el material rescatado, de tal forma que el 22 de noviembre de 1976 se inauguró la primera fase del Museo Regional de la Laguna (Murel) en Torreón.

De acuerdo con el arqueólogo Luis Aveleyra Arroyo de Anda, primer director del Centro INAH Coahuila, una vez que se estudiaron los objetos, la colección se dividió en dos. Una de ellas, depositada en el antiguo Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía ubicado en el centro de la Ciudad de México, conformó parcialmente la Sala Chichimeca y enseguida, al llegar a su sede actual, la Sala del Norte —el resto se guardó en la bodega del Museo—; la otra mitad del acervo se confió a un museo local, sito en el edificio de la Preparatoria Venustiano Carranza (PVC) de Torreón, Coahuila.

De entonces a la fecha, si bien algunos de los bienes recuperados se han sometido a diversos procesos de conservación, la experiencia en intervenir este tipo de objetos es escasa, pues en las excavaciones arqueológicas es poca la recuperación de materiales como éstos, aunado a que en muchas ocasiones sólo se localizan fragmentos y no piezas completas. De cualquier modo, esta colección ha permitido desarrollar diversas propuestas de intervención, de acuerdo con las metodologías y materiales de la época y de la experiencia y el criterio del conservador a cargo.

A finales de 2013 el Murel solicitó a la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC, México) un diagnóstico de las piezas recuperadas bajo resguardo de la PVC, para determinar tanto su estado de conservación como, en su caso, las intervenciones de los materiales que las requirieran. Durante ese proceso, y del desarrollo de este proyecto, se propuso como principal objeto mostrar y preservar la cultura material de los cazadores recolectores del norte de México, estabilizando y conservando materiales arqueológicos de origen orgánico pertenecientes a la colección de la cueva de la Candelaria, mediante intervenciones estructurales y estéticas, reconocibles y reversibles que permitan la retratabilidad de los materiales.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

Entre los materiales recuperados cabe considerar que la cordelería tiene gran impacto en la colección, debido a la diversidad de objetos en cuya elaboración es constitutiva, ya como soporte estructural (redes, faldellines y bolsas), ya como técnica decorativa (en yahuales, orejeras y otros objetos).

En general, la cordelería de la colección presenta varias alteraciones que son perjudiciales para su preservación, ya que impiden su manipulación, alteran su unidad potencial como objeto cultural y dificultan su exhibición. Gran parte de los deterioros se generaron en el contexto arqueológico, a causa de la deposición de restos de sedimento del contexto así como al contacto con materia orgánica en descomposición y polvo acumulado en las piezas desde la época de la excavación hasta la del almacenaje, no sin excluir las intervenciones anteriores.

Un problema importante consiste en la rigidez generalizada en los cordeles de fibras vegetales, que presentan pérdida de torsión, bastante resecamiento, lo cual parece responder al envejecimiento del material orgánico en esa condición arqueológica. Se deben señalar, asimismo, las múltiples roturas que presenta la cordelería, con la consecuente pérdida de material original que repercute en la funcionalidad del objeto.

En más de los veinte casos de intervención, en objetos elaborados con cordelería, se realizó una propuesta específica dependiendo de factores como: dimensiones, porcentaje de material original conservado, técnica de manufactura, deterioros, uso y función en contexto, estabilidad y posible exhibición museográfica.

Sin embargo, fue necesario establecer una metodología y desarrollar una técnica de intervención que pudiera estandarizarse y fuera adaptable a la gran cantidad de variantes de las características de los objetos por trabajar, como grosor, grado de torsión, número de cabos, color, entre otros. Se evaluaron las metodologías comúnmente empleadas para la conservación de textiles y tejidos, se buscaron asesorías y la idea de utilizar papel japonés surgió gracias a la orientación de la maestra Marie Vander Merveen,<sup>1</sup> quien nos comentó de las bondades de ese material así como de la versatilidad de usos en el Japón. De ahí, entonces, el plan de elaborar hilos de papel japonés para hacer injertos y refuerzos en esos bienes arqueológicos con roturas y faltantes de tejido de cordelería prehispánica, procedentes de la colección de la cueva de la Cande-

<sup>1</sup> Restauradora perito de la CNPC-INAH, Laboratorio de documentos gráficos, y, desde 2011, coordinadora del Curso Internacional de Conservación de Papel en América Latina. Un Encuentro con Oriente, en colaboración con el Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM) y el Tokyo National Research Institute for Cultural Properties en el Japón.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

laria, recuperando la función estructural de cada objeto, siguiendo sus características, denotando la intervención y brindando al bien cultural una unidad estética, lo que en suma ha sido una propuesta innovadora para la conservación de esa clase de patrimonio.

En el momento en que se realizó esa fase experimental se desconocía la técnica denominada *shifu*, que se refiere precisamente a la elaboración de hilos de papel japonés, por lo que ésta se llevó a cabo en el Laboratorio de conservación de materiales arqueológicos de origen orgánico de la CNCPC, mediante la técnica de hilado mesoamericano de torsión en el muslo, para acercarnos lo más posible a las características del bien cultural. Es importante describir el *shifu* antes de adentrarnos en nuestro estudio en particular, ya que nos sirve de marco de referencia para sustentar nuestra propuesta.

### HILOS DE PAPEL JAPONÉS O SHIFU

*Shifu* es una palabra japonesa que significa literalmente ‘papel tela’ (*shi*, papel, y *fu*, tela); es el resultado de un proceso que consiste básicamente en el torcido de tiras húmedas de *washi* o papel tradicional japonés, hasta dejarlas finas como un hilo para luego tejerlas en un telar (Larrea, 2017, p. 4).

De acuerdo con Hiroko Karuno (2016, pp. 252-253), en el Japón la historia de los textiles comienza en el periodo Jamon (entre los siglos XIII y X a.C.), con la incipiente elaboración de redes y trenzados a base de fibras obtenidas de la corteza de los árboles, o bien, fibras de hierbas altas; fue a finales de ese periodo y al inicio del Yayoi (600 a.C.-200 d.C.) cuando se introdujo la seda en el Japón y aparecieron los tejidos de seda, que a lo largo de mucho tiempo estuvieron destinados al uso exclusivo de la clase alta. Durante el periodo Momoyama (1573-1603) se introdujeron las semillas de algodón, dando inicio al cultivo de algodón en el Japón: fue a mediados del periodo Edo (1603-1868) cuando este cultivo se extiende por todo Japón y está disponible para el uso del común de la gente.

Según Kunio Yanagida, antes de que el algodón fuera conocido por toda la población (plebeyos), en el siglo XVII, éstos vestían telas hechas a base de fibras de líber, como cáñamo, ramio, *kaju* (morera de papel), entre otras: algunos miles de años protegieron a la mayoría de la gente, pero poco se sabe sobre este tipo de materiales. Sin embargo, en rollos de imágenes antiguas aparecen algunas referencias a los atuendos de los plebeyos, que, puede suponerse, fueron elaborados con fibras de líber. De igual forma,



## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

en libros de poemas de mediados del siglo VIII y aun del X se hace mención del uso de bandas para el pelo elaboradas con hilo de papel (cuya ventaja es que absorbe mejor el sudor, en comparación con el algodón, que se moja); sin embargo, sobreviven pocos ejemplos físicos. Se cree que muchos de los pedazos de esa indumentaria del común de la gente se utilizaron como combustible para las chimeneas, y que su uso quedó descontinuado al llegar la revolución industrial, en el periodo Meiji (1868-1912), que produjo ropa popular hecha en máquina (Karuno, 2016, p. 253).

Acorde con Larrea (2017), después de la Segunda Guerra Mundial hubo escasez de algodón, lo que llevó a los descendientes de la familia Katakura a retomar la técnica del *shifu* para la elaboración de telas.

Hoy en día muy pocas personas conocen el arte de elaborar hilos con papel japonés, y las prendas que producen son muy costosas, por el trabajo que implica: primero, hacer un papel de buena calidad, para luego transformarlo en hilo y, finalmente, dar como resultado un textil o tejido.

Como podemos ver, la elaboración de hilos de papel tiene en el Japón una tradición milenaria que, de acuerdo con las referencias, es poco conocida en el resto del mundo. Esos tejidos son muy resistentes y poseen las propiedades del papel japonés, como son: buena resistencia y flexibilidad, carece de cargas y encolantes, tiene una distribución homogénea de las fibras, que proporciona uniformidad de la superficie; es traslúcido, de gran absorbencia y capacidad de tintabilidad, y se puede prensar, rasgar, tensar, coser, colgar y plegar, diversificando las posibilidades de uso (Gear, 2007; Álvarez, 2018), cuyas características en conservación son muy útiles para nuestros fines.

De tal forma, se decidió elaborar hilos partiendo de papel japonés, ya que resultan una buena opción estética y estructural para la reposición de faltantes; tomando en cuenta esto, se decidió realizar la prueba de resistencia, con el fin de ampliar el conocimiento de las propiedades de esta técnica, que ya se ha utilizado en varias piezas de la colección, que, con el paso del tiempo y las intervenciones, se ha ido perfeccionando logrando un aspecto visual casi imperceptible y un nivel alto de reestructuración.

Como se mencionó anteriormente, cuando se resolvió emplear el papel japonés para la elaboración de hilos, desconocíamos la técnica del *shifu*, de modo que para desarrollarlos con las características que se requerían específicamente para cada uno de los bienes, se inició con una fase experimental; se cortaron tiras de diversos anchos, para posteriormente realizar su torsión y obtener un hilo. Intui-

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

tivamente, la torsión se realizó siguiendo la técnica mesoamericana de torsión al muslo. A continuación, se presenta el estudio de caso, así como las pruebas con que se comprobó la resistencia mecánica de los hilos de papel elaborados mediante esa torsión manual.

### ANTECEDENTES DE LA CORDELERÍA DE LA CUEVA DE LA CANDELARIA

La cordelería es el arte que enseña a fabricar cabos o hilos; a esta acción se le llama *hilado*, que es un proceso en el que un conjunto de fibras continuas o discontinuas se agrupa, estirándolas y torciéndolas juntas hasta alcanzar una mayor longitud y un grosor comparables con las fibras individuales. El estiramiento consiste en acomodar las fibras longitudinalmente, en forma más o menos paralela, para efectuar la torsión, que es el momento en que se “adhieren” o compactan las fibras; ésta dará elasticidad, firmeza y resistencia al hilo, lo que permitirá su manipulación durante la fabricación de un nuevo objeto (Bastiand, 2000, p. 134).

Inicialmente el proceso del hilado no requirió implementos: las fibras se torcían con los dedos, las palmas de las manos, con una mano sobre el muslo o sobre la mejilla. Los estudios etnográficos informan que en la actualidad existen grupos que conservan todavía estas técnicas de hilado (Mirambel y Sánchez, 1986, p. 52).

La cordelería de la colección de la cueva de la Candelaria se utilizó, como ya se ha dicho, para la elaboración, con técnicas diversas, de gran variedad de artefactos, donde la materia prima, la fibra, era proporcionada por plantas de la región.

Entre los materiales rescatados se hallaron madejas de fibras vegetales sin torcer, así como ovillos de hilo finamente hilado, porciones de cordaje, redes y telas tejidas; también, algunos montones de fibras vegetales, arreglados más o menos de manera paralela, evidentemente listos para torcer y ser convertidos en hilo (Weitlaner-Johnson, 1977, p. 11). Después de la identificación realizada por Howard Arnott (Universidad de California, 1954), la doctora Weitlaner-Johnson concluyó que los laguneros empleaban las fibras de yuca (*Yucca carnerosana*, *Yucca treculeana*) casi exclusivamente para la manufactura de tejidos hechos en telar, tales como bandas angostas y mantos grandes, mientras que las fibras del tipo *Agave lechuguilla* se usaban principalmente en la manufactura de cordaje fino y burdo, hilo para coser, redes, “flores”<sup>2</sup> y

<sup>2</sup> Elaboradas con hilos y cuentas que conforman un ramillete, ornamento para las orejas —orejeras— (flores ornamentales). Denominadas así por Luis Aveleyra Arroyo (1956, p. 127).

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

otros objetos. Se observó, asimismo, que la dirección del torcido y el número de cabos son excepcionalmente uniformes en cada uno de los grupos (Weitlaner-Johnson, 1977, p. 12).

Como también ya se refirió, todos los hilos empiezan a hilarse como cabos sencillos y si se requiere un mayor tamaño y resistencia, se tuercen juntos dos cabos sencillos (pero en dirección contraria) para formar hilos de dos cabos. Los hilos pueden hilarse en dos direcciones, a saber: la de las espirales de los hilos puede ser, dando una torsión en S, hacia arriba y hacia la izquierda, o, en Z, hacia arriba y hacia la derecha (Weitlaner-Johnson, 1977, p. 13). Los hilos se van a caracterizar tanto por el sentido como por el grado de la torsión —flojo, mediano o fuerte—, del que depende el ángulo que forma la espiral en relación con la vertical o eje.

De acuerdo con el análisis de la doctora Irmgard Weitlaner-Johnson, es muy probable que los hilos de la Candelaria hayan sido torcidos con el sistema de enrollar los manojos de fibra bajo la palma de la mano y sobre el muslo desnudo del hilador. Los elaborados con lechuguilla son, predominantemente, de dos cabos, con torsión en Z, mientras que los cabos sencillos tienen torsión en S. Muchos de los hilos están hilados finamente y de forma muy pareja, con un alto grado de torsión, lo que proporciona gran resistencia y elasticidad (Weitlaner-Johnson, 1977, p. 15).

Con el cordaje se elaboraron varias clases de tela de red y telas de urdimbres enlazadas, diferenciando tres tipos principales de redes: a) sin nudos, o técnica de gazas sencillas (se aplica en la elaboración de largas bandas con diseños, de redes estiradas sobre marcos de madera, bolsas suaves y flexibles, y telas hechas con esa variante con una o más gazas); b) con nudos (varios fragmentos pudieron haber sido parte de una gran red de pescar, empleados para acarrear o como trampas para animales), y c) de urdimbres enlazadas: se han encontrado sólo fragmentos y en los taparrabos (Weitlaner-Johnson, 1977, p. 91).

La intervención de la colección permitió conocer y entender la técnica de manufactura empleada en diversos objetos; su estudio y análisis se basó en las fuentes documentales, así como en un análisis organoléptico y una observación minuciosa que permitió la reproducción de la técnica mediante la elaboración de probetas para el mejor entendimiento de la estructura y fabricación de cada bien. Estas probetas permitieron dimensionar el trabajo, desde la obtención de la materia prima y la elaboración paso a paso de cada proceso, estimando el tiempo aproximado requerido para la factura de cada una de las piezas; lo que permitió elaborar una propuesta de intervención enfocada a la restitución de faltantes

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

para brindar una estabilidad estructural al bien cultural; ya que reproducir los hilos con el mismo tipo de fibra del bien cultural (ya identificada) representa varias problemáticas: la primera es la recolección de la planta y proceso de extracción de la fibra, lo cual implica un aumento tanto en recursos económicos como humanos; el segundo es que, al ser el mismo tipo de fibra, en un futuro no se puede denotar la intervención en un análisis anatómico estructural, el tercero es que la resistencia de las nuevas fibras sería mayor al del original, que con el paso del tiempo puede causar deterioros al original.

### **Estado de conservación general de los bienes elaborados con cordelería**

El principal deterioro encontrado en las piezas de cordelería de la colección es la pérdida de resistencia de las fibras, causada por el deterioro natural de la celulosa, así como el desgaste físico por uso desde su fabricación hasta el momento de enterramiento, todo ello, aunado a los factores de deterioro generados durante el contexto de enterramiento y los posteriores a su extracción. Entre los objetos estudiados se han encontrado sin intervenir y parcialmente intervenidos, principalmente con hilos de costura para sujeción del tejido, así como otros con algunos procesos de limpieza, donde se eliminó principalmente tierra del contexto.

Las mayores afectaciones que, de manera general, se presentan son: polvo, suciedad, concreciones, rigidez, disgregación de las fibras, mal olor, manchas, roturas y faltantes. En cuanto a estos últimos, se distinguen tres tipos: en primer lugar, hay faltantes que presentan remiendos de la época, lo cual indica que se practicaron antes del contexto funerario; en segundo lugar, están los faltantes y las roturas asociados a zonas de manchas o áreas de desgaste, y, por último, principalmente, las generadas al contacto con los cuerpos en descomposición, que se distinguen de las roturas en zonas más limpias, ya que los lixiviados provocan manchas densas que rigidizan las fibras y con el paso del tiempo generan pérdidas o faltantes, provocando el deshilachado alrededor del tejido, lo que deja hilos sueltos que provocan la pérdida del tejido. Además de los deterioros generados por la intrusión y manipulación de saqueadores generando principalmente roturas y pérdida de material.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

**Características de la cordelería de la colección**

En la colección existen varios tipos de objetos elaborados con cordeles (bolsas de red, textiles, fragmentos de redes con nudos, redes con gazas, amarres para sandalias, yahuales, etc.), los cuales se diferencian por sus propiedades físicas, que pueden medirse o evaluarse por medio de pruebas físicas y mecánicas, que están relacionadas con la estructura del hilo y una influencia más directa sobre la calidad interna y estado de conservación de los cordeles. En el caso de los bienes culturales arqueológicos, estas pruebas no pueden realizarse, ya que son mecánicas destructivas que requieren sacrificar gran cantidad de muestra;<sup>3</sup> sin embargo, para evaluar las características de los hilos de la colección se utilizaron pruebas no destructivas, que se realizaron sobre el tejido, tomando en cuenta el grosor del hilo, el sentido de la torsión, el número de cabos y la resistencia manual.

El análisis en cada uno de los bienes de la colección permitió reproducir fielmente con papel japonés los cordeles faltantes, tomando en cuenta las características que se describen abajo.

**Grosor del hilo**

El grosor del hilo se toma utilizando un vernier, lo cual permite saber el grosor de los hilos ya torcidos. El de los cordeles de la colección presenta una gran variedad de dimensiones, con registro de cordeles de dos cabos con aproximadamente 1 mm de grosor, hasta cordeles de 3 cabos con alrededor de 1 cm de grosor.

**Sentido de la torsión**

Por observación simple o bajo microscopio estereoscópico se puede identificar el sentido de la torsión del hilo, si ésta tiene sentido en S o Z, dependiendo si la torsión sigue el sentido de la inclinación hacia la derecha o izquierda. En las piezas de la colección se identificaron hilos de sentido en S —más presente en hilos simples— y en Z —en hilos retorcidos—, corroborando las observaciones de la doctora Weitlaner-Johnson.

<sup>3</sup> Para realizar este tipo de pruebas de tracción o elongación del hilo, se requiere de una longitud mínima de 100 mm, que permita la sujeción en las mordazas, donde posteriormente se generará una ruptura del hilo. Esto implicaría contar con muestras arqueológicas de una dimensión considerable a las que se les provocaría un deterioro o ruptura, lo cual no es viable.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023**Cantidad de elementos para su fabricación**

La cantidad de hilos se identifica realizando un movimiento contrario a la torsión, a manera de observar la cantidad de elementos presentes. En la colección se han identificado hilos de uno, dos y tres elementos o cabos.

**Resistencia**

La observación de deterioros en la pieza —roturas, faltantes, degradación de las fibras, deshilachado— así como la disgregación o pulverización en los objetos de la colección, indican una baja resistencia de las fibras que los componen, lo que se atribuye al alto deterioro: rigidez y friabilidad debido a la pérdida de humedad natural de las fibras.

**PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE HILOS DE PAPEL JAPONÉS PARA REPOSICIONES**

Los hilos fabricados con papel japonés se elaboran por medio de tiras de papel Kozo, que, por sus fibras largas y características físicas, permite su manipulación a modo de torcer las tiras sin que se rompan. En la Figura 3 se muestran las características del papel elegido para la fabricación de los hilos.<sup>4</sup>

Características del papel japonés empleado en la elaboración de hilos							
Nombre común	Color de la fibra	Longitud de la fibra	Forma de la fibra	Tipo de fibra	Terminación de fibra	Gramaje	Características
"A" crema	Rojo marrón oscuro	Largo	Plana	100% Kozo	Natural	19 g/m <sup>2</sup>	Cocinado con ceniza de sosa caustica hecho a mano

FIGURA 3. Características del papel japonés empleado en la elaboración de los hilos (Tabla: Miriam Castro Rodríguez, 2019; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC]).

A continuación se describe el procedimiento para la fabricación de los hilos siguiendo la factura original de la mayoría de los bienes culturales que se han de restaurar. En este caso se elaboraron hilos de dos cabos con torsión en Z; el grosor de la tira se modifica según el grosor de hilo que se intenta reproducir.

<sup>4</sup> La información recabada sobre el papel japonés de fibras de Kozo fue otorgada por el personal del Laboratorio de conservación de documentos gráficos de la CNCPC y por el proveedor Jorge Montaña.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

Previo al uso de los hilos de papel japonés para las intervenciones sobre los faltantes en la cordelería de la cueva de la Candelaria, se llevaron a cabo pruebas haciendo uso de diferentes grosores de tiras de papel, comenzando desde 1 mm y aumentando milímetro a milímetro hasta igualar el grosor de los hilos originales por restituir; al llegar a los 10 mm se corroboró que las características físicas de este papel, al ser torcido, daban como grosor total del hilo resultante una décima parte del ancho de la tira (10 mm = 1 mm), con lo que se apresuró el proceso de búsqueda para lograr el grosor necesario en cada caso.

El primer paso consiste en cortar las tiras de papel en sentido longitudinal de la hoja (para optimizar el recurso obteniendo hilos más largos) y del ancho correspondiente al grosor del hilo que se ha de obtener; en esta investigación se determinaron siete grupos, que van de 3 a 20 mm de ancho,<sup>5</sup> que responden a los grosores de los hilos de la colección.

Una vez cortadas las tiras se inicia la torsión tomando entre los dedos uno de los extremos, que se va torciendo hasta obtener un hilo de aproximadamente 2 cm de largo; ya torcido, dicho extremo se apoya en el muslo y se presiona con la palma de la mano, que se desliza hacia la rodilla logrando una torsión en S. Teniendo la totalidad de la tira torcida, se toma por el centro con las dos manos generando una torsión mayor, hasta lograr un arillo, con lo cual se inicia la retorsión del hilo. Para continuar, se sigue generando torsión en cada cabo y también sobre la unión de éstos, conformando, así, un hilo de dos cabos; al realizar este proceso, el sentido del hilo cambiaba de una torsión de sentido en S, a una de sentido en Z: al llevar a cabo este proceso, el sentido de la torsión siempre se invierte. Al realizar hilos retorcidos, se logra mayor equilibrio entre el hilo componente y la torsión del hilo resultante.

Después de fabricar los hilos, pueden teñirse con la paleta cromática observada en la pieza; sin embargo, en la mayoría de las piezas se optó por teñir los hilos a un color base que permita la identificación de la intervención, puesto que parte importante de lo que se busca con el retejido es la estabilidad estructural, más que la mimetización de materiales. Para este tipo de teñido se utilizaron colorantes naturales<sup>6</sup> en diferentes proporciones hasta lograr el color necesario.

<sup>5</sup> Al torcer la tira en cada uno de los anchos establecidos se confirmó que éstos replican las características de los hilos de la colección.

<sup>6</sup> Mezcla de *Camellia sinensis* y *Coffea arabica* a diferentes concentraciones, dependiendo del tono que se ha de obtener.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

**Pruebas de resistencia a la tracción en hilos**

Los ensayos mecánicos, que consisten en la medición de diferentes propiedades físicas como la tracción, la compresión, la flexión y la abrasión, es decir, de la capacidad de los materiales para resistir esfuerzos físicos aplicados sobre ellos, equivalen a separar, generar una división o fractura del material.

En especial las pruebas de resistencia a la tracción aplicadas a hilos proporcionan un estándar válido y confiable, indispensable en la caracterización del material para su aplicación en operaciones de restauración, al permitir asegurar de mejor manera los resultados esperados a mediano y largo plazo (Contreras, Mainou y Antuna, 2012, p. 31). De acuerdo con Lockuán (2012, p. 116), esta propiedad es una característica que determina la calidad de un hilo, por lo que deviene en una prueba básica que aporta información relevante y comparativa con otros materiales (López, Romano y Guinea, 2018, p. 26). Los factores que influyen directamente en la resistencia a la tracción de los hilos son los siguientes (Lockuán, 2012, p. 116):

- Las características de las fibras
- La construcción del hilo
- Los procesos posteriores

En la propuesta experimental la variable principal de las muestras de estudio es, al presentar diferentes anchuras en las tiras de papel, la construcción del hilo. Además, Lagada (1952, p. 13) menciona que la resistencia a la tracción depende de la calidad de la fibra, de la longitud que se tome para hacer el ensayo, de su diámetro, de su grado de madurez, de su torsión, de la existencia de puntos débiles y de la humedad que contenga así como de la forma en que se realiza la tracción: gradual o instantánea. El que el grosor o diámetro del hilo sea la única variable, permitirá relacionarlo directamente con los resultados de la resistencia a la tracción que se describen a continuación.

Los análisis de resistencia a la tracción se hacen con máquinas diseñadas para alargar el material a una velocidad constante (Charrier y Hanser, 1990, p. 219). Éste responde a una fuerza de tracción aplicada a lo largo de su eje (esfuerzo de tracción), al estirarse (esfuerzo de deformación) (Horie, 2013, pp. 27-28). La muestra se monta por sus extremos, que sujetan mordazas del aparato de prueba, y luego es alargada por un travesaño móvil. La celda de carga mide la magnitud de la fuerza aplicada sobre la muestra, y el extensómetro registra el alargamiento. Durante la prue-



## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

ba, la deformación ocurrió en la región central de la longitud de la muestra (Stuart, 2007, pp. 358-359). En específico, para verificar la eficiencia de los materiales de refuerzos, éstas fueron las propiedades analizadas y comparadas: 1) la resistencia mecánica del material a la rotura física cuando se aplica una fuerza progresiva y 2) la elasticidad o propiedad de recuperar su forma y su dimensión originales cuando cesa de aplicarse la fuerza que la altera; propiedades que están vinculadas con el análisis que permite validar la propuesta de intervención. Concretamente, las propiedades analizadas y comparadas fueron las siguientes.

### **Fuerza de rotura**

La fuerza de rotura es la fuerza máxima que soporta un espécimen en la prueba de resistencia a la tracción hasta llegar a la ruptura de hilos individuales (sencillos, doblados o cableados); la medición se toma directamente de la máquina y el resultado se expresa en *Newton* (N).

### **Alargamiento**

El alargamiento es el incremento en longitud de un espécimen sometido a una fuerza de tracción y se expresa en milímetros (mm). Si la prueba se lleva hasta la rotura, se denomina *alargamiento a la rotura*.

### **Módulo de elasticidad**

Se denomina *deformación elástica* a la relación proporcional entre la tensión y el alargamiento, que se observa como un gráfico lineal, cuya pendiente proporciona el módulo de Young del material (también conocido como *módulo de elasticidad* o *módulo de tracción*),  $E$ , que es una constante de proporcionalidad que está relacionada con la flexibilidad o rigidez del material. El módulo de elasticidad se expresa en unidades de fuerza por unidad de área.

### **Procedimiento e instrumental empleado para el ensayo de tracción de hilos elaborados con papel japonés**

La serie de pruebas experimentales se realizó a un conjunto de siete grupos de muestras de hilos elaborados con papel japonés, *sólo que a diferentes grosores*, los cuales se emplearon para comparar la resistencia mecánica a la rotura física ofrecida por el material

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

cuando se aplica una fuerza progresiva. Las pruebas tuvieron el propósito de obtener las correspondientes curvas de fuerza-alargamiento, para lo que se sometieron a un esfuerzo axial de tracción creciente, hasta su rotura. Durante el ensayo se midieron simultáneamente y a cada instante la fuerza de carga y el alargamiento.

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento se basó en las normas NMX-A-069-1990 (Secretaría de Comercio y Fomento a la Industria, 1991) y ASTM D 2256-02 (2002), que son métodos para determinar las propiedades a la tracción de fibras cortas y filamentos continuos de fibras naturales, artificiales, sintéticas o mezclas de éstas, ya sean hilos sencillos, doblados o cableados, con la excepción de hilos y cuerdas de alta tenacidad para estructura de neumáticos y de hilos elastoméricos.

Las pruebas se hicieron en una máquina digital de ensayo universal marca Lloyd Instruments, modelo LFplus (Figura 4). La fuerza de carga se midió con una celda de carga de 1 kN y resolución mínima de 0.1 mN. Las muestras se sujetaron con mordazas manuales tipo bolardo, especiales para cuerdas e hilos, que utilizan una polea que reduce las posibilidades de una falla prematura de la muestra. La longitud de los hilos se midió con un vernier digital marca Fowler Sylac, con resolución de 0.01 mm. El establecimiento de los parámetros y el análisis de la información de cada medición se hizo con el *software* Nexygen Plus. Se utilizó una tensión inicial de 0.05 N (precarga), con velocidad de 65.0 mm/min y longitud de 10 cm. Los ensayos se hicieron con especímenes de hilos retorcidos de dos cabos con papel japonés y el procedimiento se repitió varias veces para cada grupo, lo que permitió considerar la precisión de los resultados en función de la desviación estándar y los valores medios calculados a partir de los datos experimentales (Rubinson y Rubinson, 2001, p. 23).

Los especímenes se obtuvieron a partir del corte de tiras de papel, con anchuras de 3 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm y 20 mm. Se cortaron en el sentido longitudinal de la hoja o pliego, logrando que midieran 62 cm de largo. Al torcer las tiras, las longitudes de los cordeles resultantes tuvieron variaciones según el ancho de la tira, es decir, a mayor grosor, menor longitud resultante.

Previo al ensayo de tracción, la preparación de las muestras consistió, como lo establece la norma, en tener las mismas condiciones de humedad (Secretaría de Comercio y Fomento a la Industria, 1991, p. 3). El control se hizo con mediciones de la masa, realizadas al inicio y después del secado, en una mufla a 105° C,

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

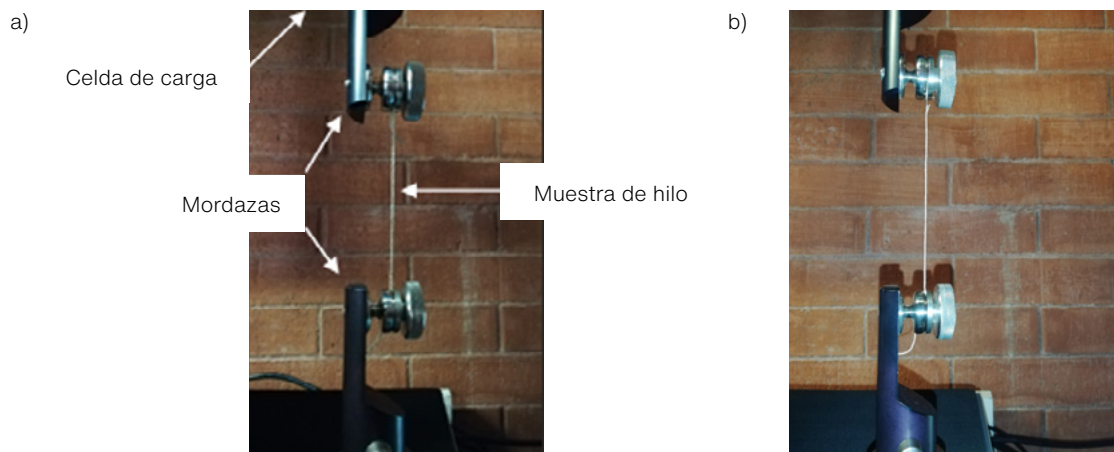


FIGURA 4. Sistema de prueba de resistencia a la tracción con los principales componentes del equipo a) equipo universal de ensayo Lloyd Instruments, modelo LFplus, b) pinza para ensayo de roscas (Fotografía: Miriam Elizabeth Castro Rodríguez y Orlando Martínez Zapata, 2022; cortesía: Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía [ENCRYM]).

durante 45 min, e inmediatamente se mantuvieron dentro de un desecador hasta el momento de la prueba.

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de las pruebas, el análisis y las principales observaciones que se desprenden de éstos.

## RESULTADOS

### Propiedades físicas de los hilos

La torsión que se aplica al entorchar los hilos influye en las características físicas observadas; las propiedades detectadas se agruparon en la Figura 5.

<b>Resistencia</b>	A mayor torsión, mayor resistencia
<b>Elasticidad</b>	A mayor torsión, mayor elasticidad
<b>Aspecto</b>	A mayor torsión menor diámetro (por la mayor compactación): al ser hilos elaborados a mano el diámetro puede variar por la diferenciación de fuerza que pueda ser aplicada en cada movimiento de la mano
<b>Contracción</b>	Entre más fuerte sea la torsión del hilo, éste se encoge más, obteniendo una longitud menor del hilo obtenido
<b>Longitud</b>	La longitud del hilo obtenido también depende del grosor de las tiras de papel, logrando una mayor longitud los hilos realizados con tiras más delgadas que los elaborados con tiras más gruesas

FIGURA 5. Diferencias observadas en los hilos de papel japonés (Tabla: Miriam Elizabeth Castro Rodríguez, 2019; cortesía: CNCPC).

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

FIGURA 6. Relación entre la anchura de las tiras de papel y el grosor de los hilos (Tabla: Orlando Martínez Zapata y Miriam Elizabeth Castro Rodríguez, 2019; cortesía: ENCRYM y CNCPC).

Anchura de las tiras (mm)	Grosor de hilos resultantes (mm)	Longitud de hilos resultantes (cm)
3	0.3	25
5	0.5	21.5
8	0.8	20.5
10	1.0	20
12	1.2	20
15	1.5	19
20	2.0	19

### Resultados de las pruebas de resistencia a la tracción

Las pruebas se realizaron a una temperatura ambiente de 23° C y una humedad relativa de 39%. La longitud de los hilos varió entre 19 y 25 cm, lo que permitió realizar ensayos a una distancia de 10 cm entre mordazas, mientras que el resto de la muestra se usó en sujeción.

En las Figuras 7 y 8 se ven los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción realizadas a los hilos de diferente grosor.

Anchura de las tiras de papel (mm)	Fuerza de ruptura (N)	Alargamiento a la ruptura (mm)	Módulo de Young (MPa)
3	3.8 (0.8)	9.0 (1.5)	800.93 (231.79)
5	5.8 (0.7)	11.2 (3.3)	373.52 (127.89)
8	8.6 (1.6)	12.6 (3.6)	183.29 (11.90)
10	11.2 (3.1)	14.6 (2.6)	154.77 (20.93)
12	16.5 (2.2)	15.4 (2.8)	153.76 (54.59)
15	23.1 (1.4)	20.6 (2.9)	143.74 (24.52)
20	28.2 (1.7)	21.3 (2.4)	60.52 (16.55)

FIGURA 7. Resultados estadísticos de los valores medios de la fuerza de ruptura, alargamiento a la ruptura y módulo de Young en las pruebas de resistencia a la tracción de los hilos de papel japonés. En paréntesis se muestran los valores de la desviación estándar (Tabla: Orlando Martínez Zapata, 2022; cortesía: Laboratorio de Fisicoquímica de la ENCRYM).

Con los resultados de las pruebas de tensión y resistencia se puede comprobar que el grado de resistencia de los hilos crece con el aumento de la anchura de los cordeles. Es decir, los hilos elaborados con tiras de papel de menor anchura tienen dentro

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

del conjunto de muestras la menor fuerza a la ruptura, que aumenta conforme se incrementa la anchura de la tira de papel (Figura 7). Esto permite graduar la resistencia del hilo a partir de este factor. Lo mismo ocurre con los resultados del alargamiento a la rotura, teniendo valores más altos según aumenta la anchura de la tira de papel utilizada.

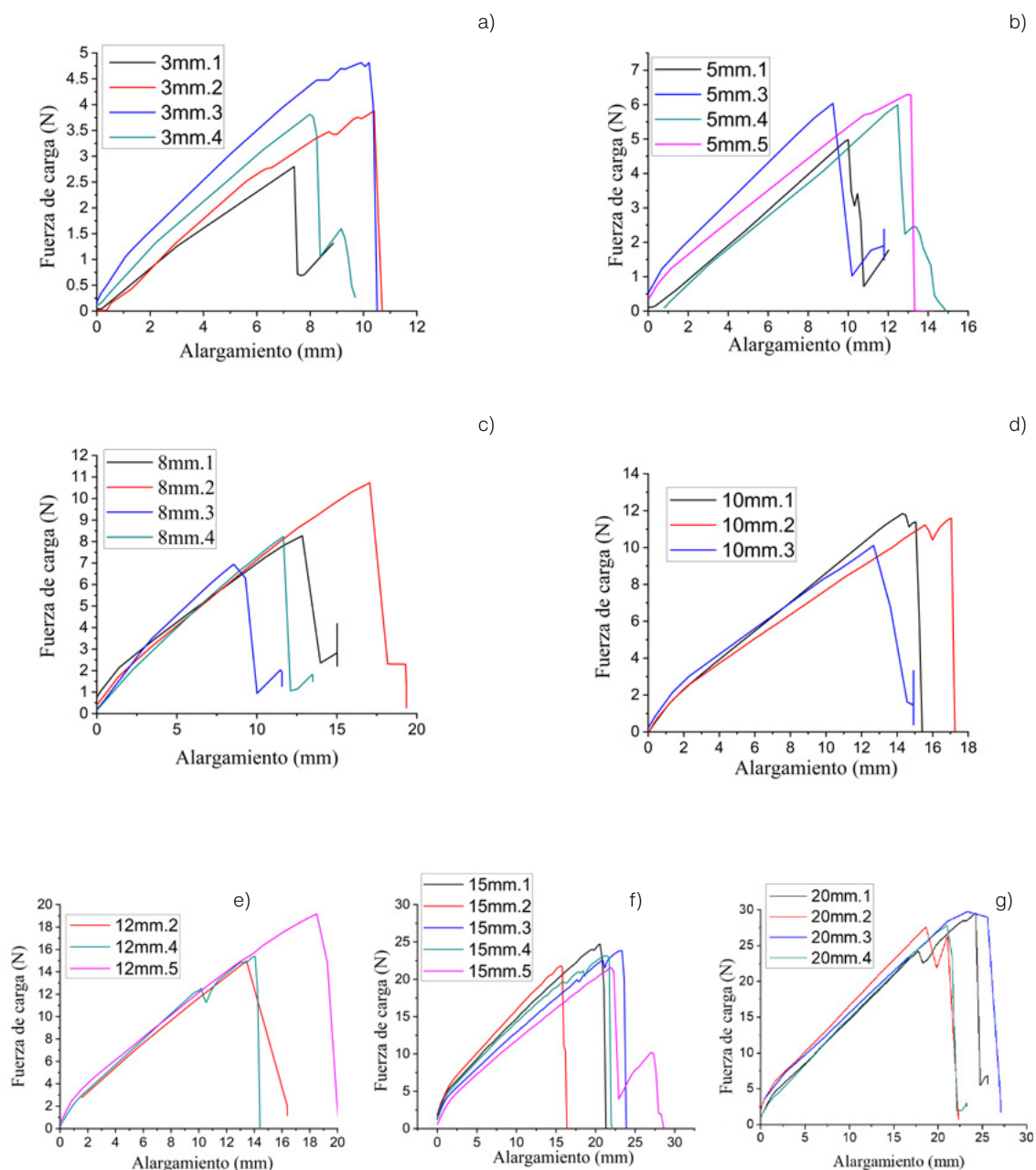


FIGURA 8. Resultados de los ensayos de tracción de los diferentes hilos: a) 3 mm, b) 5 mm, c) 8 mm, d) 10 mm, e) 12 mm, f) 15 mm y g) 20 mm (Análisis e interpretación: Orlando Martínez Zapata, 2022; cortesía: Laboratorio de Fisicoquímica de la ENCRyM).

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

En específico, los valores de la fuerza de rotura de los hilos entre 8-10 mm y 10-12 mm tienen una desviación estándar que se traslapa, lo que indica que entre ellos no hay diferencia estadísticamente significativa, por lo que se consideran equivalentes en términos de esta propiedad mecánica. Por lo tanto, se podría omitir un hilo elaborado con tiras de 10 mm de ancho.

En los módulos de elasticidad (E) de los diferentes grupos de muestras se observa que hay una relación inversamente proporcional entre la anchura de la tira de papel o grosor del hilo y los valores calculados. Esos hilos exhiben valores que presentan valores de rigidez más bajos conforme aumenta el grosor del hilo. Esto significa que, de acuerdo con los diferentes grupos de muestras analizados, los hilos elaborados con tiras de 20 mm de anchura corresponden con hilos con más capacidad de deformación elástica o, ya que tienen menor E, más flexibles.

### Reintegración formal

La propuesta de intervenir para la reposición de faltantes se realizó de manera específica para cada pieza, tomando en cuenta que los objetos pertenecen a una colección de museo y que en algún momento formarán parte de alguna exhibición. Por ello se mantuvo como objeto principal lograr la estabilidad estructural y el acondicionamiento de las fibras, que permita así su correcta manipulación como su preservación.

En los casos donde existían faltantes se consideró el porcentaje de material original conservado y la cantidad de referencias presente para lograr la reproducción del tejido. En casos en que eran suficientes, se buscó, con materiales compatibles y que permitan la retratabilidad en el futuro, la estabilización estructural por medio de la reintegración formal mediante el retejido de las secciones faltantes con función estructural.

En los tejidos se podían encontrar faltantes estructurales provocando inestabilidad y preludiando el colapso de la pieza, los cuales se reintegraron con hilos fabricados con papel japonés como los que se utilizaron en las pruebas de resistencia mencionadas anteriormente. Tales hilos se producen ajustándose al grosor de los originales, siguiendo la metodología citada arriba.

Debido al gran deterioro presentado en las fibras de la cordeleería de la colección, hay gran número de roturas en el hilo o cordel, las cuales pueden o no formar parte de un faltante. En cualquiera de los dos casos, se deben realizar uniones entre:

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

1. Material original y material original: es decir, en muchas ocasiones existe pérdida de tejido, ya que el hilo o cordel se rompe o se separa, pero no hay ausencia de extensión, esto es, sólo se requiere unir los extremos a manera de dar continuidad al tejido, por lo que es limpia la unión entre ambos extremos.
2. Material original y material de reposición: en este caso hay rotura del hilo, y con el paso del tiempo y por diversos factores de deterioro, se da una pérdida de la extensión del cordel que forma el tejido, generando en el bien cultural lagunas así como una merma de lazadas que lo deforma.

Para realizar las uniones del primer caso se utilizó un adhesivo derivado de la celulosa<sup>7</sup> y un pequeño trozo de papel japonés como refuerzo de la unión, para sujetar ambos extremos y dar continuidad al hilo. Para el segundo caso, replicando las características del hilo original, se elaboraron los hilos de papel japonés cuya extensión permitirá realizar el tejido de la laguna faltante. Una vez fabricados los hilos de papel, se unieron a las orillas de los hilos originales, con lo que se logró una extensión del cordel que permite reproducir el tejido utilizado en cada pieza, dando seguimiento al tejido faltante y fijando las fibras que aún se conservan, como se muestra en la Figura 10.

Cada retejido se realizó siguiendo la técnica de factura del bien original (Figura 10), por lo que resulta indispensable realizar un registro minucioso de la técnica de manufactura de cada bien, además de elaborar probetas que permitan la reproducción del tejido en cuestión.

### CONCLUSIONES

Como observamos, el papel japonés posee buenas propiedades para su uso en conservación. El estar elaborado con fibras largas con más de 90% de celulosa en su estructura y no contener cargas o adhesivos en su factura, lo vuelve muy estable ante los factores de deterioro, además de poseer alta flexibilidad y resistencia, permitiendo su transformación para ser hilado conservando sus propiedades y características primarias. Esa versatilidad de hilado permite reproducir las características de cualquier hilo o cordel en particular que se requiera para efectuar una reposición de tejido.

La prueba de resistencia a la tracción de los hilos es fundamental para precisar su calidad y características, en especial si el uso

<sup>7</sup> Methocel al 5% en agua.



## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

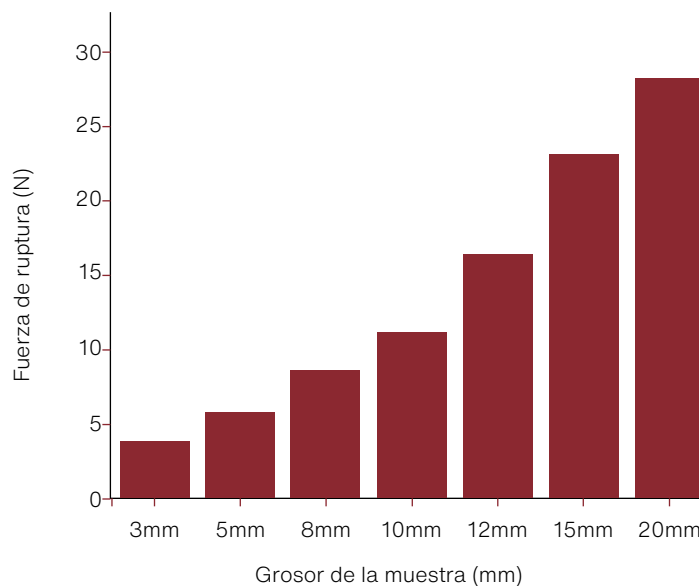


FIGURA 9. Gráfico comparativo que muestra los valores medios y la desviación estándar de la fuerza de rotura con respecto al grosor del hilo. La altura de las barras corresponde a la fuerza de ruptura medida en Newton y en la parte superior de cada barra se presenta la desviación estándar por medio de intervalos. Al analizar la gráfica de izquierda a derecha, se observa que existe una relación directamente proporcional entre el grosor del hilo y la fuerza de rotura, esto significa que, a mayor grosor del hilo, se requiere mayor fuerza para generar su ruptura. Los intervalos de desviación estándar permiten distinguir diferencias significativas entre el grosor del hilo y su fuerza de rotura asociada (Análisis e interpretación: Orlando Martínez Zapata, 2022; cortesía: Laboratorio de Fisicoquímica de la ENCRYM).

FIGURA 10. Detalle de reintegración (retejido con papel japonés teñido a tono base) de laguna en bolsa de red EPVC V4, pza. 43, Cueva de la Candelaria, Torreón, Coahuila (Fotografía: Julio Martínez Bronimann, 2017; cortesía: CNCPC).





## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

en operaciones de conservación-restauración depende de esa propiedad.

El que las probetas se hayan realizado variando únicamente la anchura de las tiras, permitió determinar la dependencia con la resistencia a la tracción, el alargamiento a la ruptura y el módulo de elasticidad.

Dependiendo de la anchura a la que se corten las tiras del papel se logrará el grosor del hilo deseado, donde la resistencia y la flexibilidad son directamente proporcionales al grosor y al grado de torsión, características que permiten manipular el hilo para realizar un tejido reintegrando la unidad estructural de los bienes culturales.

Acorde con los principios de conservación, utilizar un tipo de fibra diferente del de la factura original de la pieza permite denotar nuestra intervención en un análisis estructural anatómico, además de que su comportamiento será similar al objeto sin provocar mayores deterioros a futuro, ya que el hilo de papel japonés tendrá una resistencia mecánica menor a la de un hilo o cordel nuevo con fibras iguales a las del original, de modo que es más armónico y compatible con fibras que ya están deterioradas y han perdido parte de su resistencia mecánica, devolviendo su función estructural, pero sin causar tensiones al original. Por otro lado, la versatilidad de ese material permite una reintegración cromática (por diversos métodos, gracias a la gran capacidad de tintabilidad del papel), brindando al bien cultural unidad visual, además de ser retratable y completamente reversible.

## REFERENCIAS

Álvarez, B. T. (2018). El papel washi: un derivado vegetal Patrimonio Cultural de la Humanidad. *Ecos de Asia*. <http://revistacultural.ecosdeasia.com/papel-washi-derivado-vegetal-patrimonio-cultural-la-humanidad/>.

ASTM International. (2022). *ASTM D2256 Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method*. ASTM Internacional.

Aveleyra, L. (1956). *Cueva de la Candelaria*. Volumen I. Memorias del Instituto Nacional de Antropología e Historia–Secretaría de Educación Pública.

Bastiand, S. (2000). *Producción textil prehispánica*. *Investigaciones Sociales* 4(5), 125-144. <https://doi.org/10.15381/is.v4i5.6849>

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

Charrier, J. M. y Hanser, C. (1990). *Polymeric Materials and Processing: Plastics, elastomers and composites*. Oxford University Press.

Contreras, J., Mainou, L. y Antuna, S. (2012). Alteración de hilos de bordados de seda: modificaciones morfológicas, de color y resistencia mecánica. *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, 2(6), 26-33. <https://doi.org/10.30763/Intervencion.2012.6.71>

Gear, F. (12 y 13 de abril de 2007). La naturaleza del Washi y su uso en conservación. En *Las rutas del papel en el Río de la Plata* (pp. 253-265). Centro Americano de Historiadores del Papel.

González, L. (1998). La cueva de la Candelaria. *Arqueología Mexicana, Dos siglos de hallazgos*, (30), 62-64.

Karuno, H. (2016). Shifu: A Traditional Paper Textile of Japan. En *Land, Labor, and the Port. Textile Society of America Symposium Proceedings* (pp. 252-261). <https://digitalcommons.unl.edu/tsaconf/977/>

Horie, C. V. (2013). *Materials for conservation*. Routledge.

Lagada, J. (1952). *El algodón: características de su producción, e industria en el país, su importancia y posibilidades en la economía nacional*. Universidad de Buenos Aires.

Larrea, C. (2017). Shifu, el arte tradicional del tejido en papel del Japón. Documentos de Trabajo. *Estudios Asiáticos*, 1(17), 1-14.

Lockuán, F. (2012). *La industria textil y su control de calidad, III*. Hilandería.

López, S. M. L., Romano, A. S. y Guinea, V. (2018). Análisis comparativo de propiedades mecánicas de fibras naturales y tecnofacturas arqueológicas: implicancias para la interpretación de prácticas de producción textil en el pasado. *MATerialidadeS. Perspectivas actuales en cultura material*, 5(5), 22-50. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/64019/CONICET\\_Digital\\_Nro.1a938067-7514-4702-a787-b03e10630b20\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/64019/CONICET_Digital_Nro.1a938067-7514-4702-a787-b03e10630b20_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

Mirambel, L. y Sánchez, F. (1986). *Materiales arqueológicos de origen orgánico: textiles*. Departamento de Prehistoria-Instituto Nacional de Antropología e Historia (Cuadernos de trabajo, 30).

Rubinson, K. A. y Robinson, J. F. (2001). *Análisis instrumental* (L. Larrauri Ros, trad.). Pearson Education.

Secretaría de Comercio y Fomento a la Industria. (1991). *Norma Mexicana NMX-A-069-1990. Determinación de la carga de ruptura, tenacidad y alargamiento por método de hilo individual*. Dirección General de Normas.

Sánchez, G. M. (2017). La conservación de dos fardos funerarios provenientes de contextos arqueológicos: El caso de la cueva del Lazo, Ocozocoautla, Chiapas y la cueva de la Candelaria, Torreón, Coahuila, México. En L. Bjerregaard y A. Peters (Eds.), *PreColumbian Textile Conference VII / Jornadas de Textiles PreColombinos VII*, (pp. 405-414). Zea Books. <https://digitalcommons.unl.edu/pct7/26/>

Stuart, B. H. (2007). *Analytical Techniques in Materials Conservation*. John Wiley & Sons.

Travel by Mexico. (s. f.). *Estado de Coahuila, en la República Mexicana* [imagen incrustada]. <https://mr.travelbymexico.com/664-estado-de-coahuila>

Weitlaner-Johnson, I. (1977). *Los textiles de la cueva de la Candelaria, Coahuila*. Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica. Arqueología, 51).

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

## SOBRE LOS AUTORES

**Gloria Martha Sánchez Valenzuela**

Departamento de Conservación de Arqueología de Material Orgánico,  
Coordinación Nacional de Conservación de Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

[gloriamsv.cncpc@inah.gob.mx](mailto:gloriamsv.cncpc@inah.gob.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8031-0089>

Licenciada en Restauración de Bienes Muebles por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM); maestra en Gestión del Patrimonio Cultural por el Centro Superior de Estudios de Gestión, Análisis y Evaluación de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y doctora en Bellas Artes, en Teoría, Plástica y Concepto de la Pintura y Restauración por la UCM. Cuenta con 29 años de experiencia en el INAH, donde ha estado a cargo de diversos proyectos y subprogramas de conservación de bienes muebles arqueológicos, enfocada en la investigación, conservación e intervención de bienes manufacturados con fibras celulósicas, principalmente, así como en el diagnóstico y propuestas de gestión en acervos con este tipo de patrimonio.

**Orlando Martínez Zapata**

Laboratorio de Fisicoquímica,  
Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRYM),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

[orlando\\_martinez\\_z@encrym.edu.mx](mailto:orlando_martinez_z@encrym.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-8317>

Licenciado en Química y doctor en Ciencias (Químicas) por la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAM-I). Desde el año 2010 forma parte del personal académico de la ENCRYM. Profesor asociado del Centro de Microanálisis de Materiales de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), España (2014-2015). Actualmente es profesor de Investigación Científica y Docencia Titular B por parte del INAH, adscrito a la ENCRYM, responsable del Laboratorio de Fisicoquímica. Su principal línea de investigación es el estudio de materiales de interés para la conservación y restauración de bienes culturales.

## Intervención

ENERO-JUNIO 2023  
JANUARY-JUNE 2023

**Miriam Elizabeth Castro Rodríguez**

Centro INAH Durango,

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

[miriam\\_castro@inah.gob.mx](mailto:miriam_castro@inah.gob.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-4869>

Licenciada en Conservación y Restauración de Bienes Culturales Muebles por la Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). De 2013 a 2021, como miembro de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC), participó en proyectos de conservación de bienes arqueológicos, enfocándose principalmente en la atención de los de origen orgánico. En 2021 ingresó en el Centro INAH Durango del INAH, brindando atención al patrimonio mueble que se resguarda en la entidad.

PLECA. Observación  
de cordeles al  
microscopio  
estereoscópico Motic  
SMZ-171 (Micrografía:  
Amaranta González  
Hurtado; cortesía:  
CNCPC, 2019).