

# Alteración de hilos de bordados de seda: modificaciones morfológicas, de color y resistencia mecánica

Jannen Contreras Vargas  
Luisa Mainou Cervantes  
Silvia Antuna Bizarro

## Introducción

Debido a que la seda es un material altamente especializado —su duración y estabilidad están diseñadas para que al insecto se lo proteja durante el tiempo necesario de su metamorfosis (Kaplan 1994:4)—, su uso implica la desventaja de su inestabilidad, por lo que ha llegado a considerarse como la fibra natural más sensible a los elementos ambientales.

Entre los principales efectos de deterioro de la seda se encuentran: los cambios de color, las pérdidas de homogeneidad superficial —y, consecuentemente, de lisura y brillo—, pérdida de cohesión y el aumento de porosidad; estos últimos diminuyen su resistencia tanto mecánica como a los agentes del medio, y causan fragilidad y friabilidad, roturas y pérdidas.

A parte del comportamiento químico de cada fibra, los elementos que integran un textil presentan efectos de deterioro que se relacionan con su factura, su conformación y la función que cumplen en su estructura.

Aunque actualmente existen diversos métodos para devolver resistencia mecánica a los soportes textiles, es relativamente poco lo que se ha alcanzado respecto de los hilos de bordado, en los que la ausencia de torsión y ligamentos<sup>1</sup> hace que ésta dependa básicamente del estado de la fibra, y del tamaño y tipo de puntada que formen.

En la presente investigación, que forma parte del trabajo de tesis de licenciatura denominado “Evaluación de dos productos de quitina para el refuerzo de hilos de bordado de seda”, se caracteriza el deterioro de los hilos de bordados de seda originales, considerando los puntos más relevantes para verificar la eficiencia de los materiales de refuerzo, examinando su morfología y continuidad, color y resistencia mecánica con el fin de compararlos con el análisis logrado en probetas envejecidas artificialmente.

<sup>1</sup> Ligamento, o tejido del textil.

## Composición y características físicas de la seda

La seda de los capullos del *Bombyx mori* está constituida casi totalmente por proteínas, una de las cuales, la fibroína, compone los dos filamentos finos y translúcidos, de color blanco ligeramente amarillento, mientras que una variedad de estas sustancias conforma la sericina, que funciona como cementante entre ambas (Kaplan 1994:10).

Una vez que la seda se ha descurdado, los filamentos lucen bajo el microscopio óptico, longitudinalmente, como estructuras bastante homogéneas, y es esta homogeneidad superficial la que le confiere su particular brillo y suavidad.

Los filamentos de seda tienen un corte transversal triangular de 7 a 12  $\mu\text{m}$ , compuestos de elementos fibrilares, o fibrillas, de 1  $\mu\text{m}$ , construidas, a su vez, por arreglos paralelos de microfibrillas de aproximadamente 10 nm de diámetro (Crighton 1993:96). Como el gusano forma el capullo con una fibra continua, su longitud puede llegar hasta 2,000 metros.

La resistencia tensil, o tenacidad —la cantidad de fuerza necesaria que soporta un material antes de llegar a su punto de quiebre (se expresa como unidad de fuerza por unidad de área)—, de la seda es de aproximadamente 4 g/deniers, lo que implica 4 574.5 kgf/cm<sup>2</sup> (Matthews 1936: 788).

## Materiales y métodos

Hay quienes opinan que los resultados de investigación en materia de conservación que son obtenidos a partir de probetas no son confiables, ya que es prácticamente imposible reproducir con precisión la variedad de condiciones físicas y químicas a las que se sometió una determinada obra para alcanzar un cierto estado de deterioro. También hay, por el contrario, quienes opinamos que justamente debido a la multiplicidad de variables no controladas —e incluso desconocidas— que tiene lugar en esa obra, los resultados no son del todo representativos para otras. Esto sin mencionar que frecuentemente es imposible contar con la cantidad de material original necesaria para la experimentación. En el caso que nos ocupa —además de coincidir con la segunda opinión—, las dimensiones y el número de hilos requeridos para las pruebas mecánicas obligaban a trabajar con probetas.

Para determinar si los hilos envejecidos artificialmente tenían características comparables a las de la seda deteriorada naturalmente, fue necesario contar con muestras de referencia, para lo cual se eligieron dos obras de la colección del Museo Franz Mayer (Méjico): un reposero y una falda, ambas de origen chino, aparentemente producidas durante el siglo XIX (Figura 1). La ubicación del muestreo, que se realizó en función de los hilos sa-



FIGURA 1. Vista general anterior y lateral de la falda (sup.). Vista general anterior del reposero (inf.). Ambas obras, de la colección del Museo Franz Mayer (Fotografía: J. Contreras Vargas, 2005; cortesía Museo Franz Mayer).

lientes para que la remoción no causara mayor daño, fue aleatoria.

### Preparación de probetas

Para controlar las condiciones de factura de los hilos, las probetas se realizaron a partir de seda cruda, evitando procesos y materiales de mordentado, carga o blanqueo, entre otros,<sup>2</sup> que harían inmanejable el número de varia-

<sup>2</sup> Mordentado, carga y blanqueo son tratamientos que pueden darse a las fibras textiles. El primero es un proceso, mediante la formación de complejos de coordinación entre iones metálicos y los colorantes, que suelen tener gran estabilidad química, para dar mayor resistencia a los colorantes en las fibras textiles; el segundo tratamiento —la carga— consiste en la adición de grandes cantidades de sales metálicas en las fibras

bles. Las fibras se dispusieron procurando emular la cantidad de filamentos que formaban los hilos de las obras muestreadas, así que se colocaron dieciséis, es decir, ocho cabos de seda cruda, con la torsión estrictamente indispensable para mantenerlos juntos. El siguiente paso consistió en descrudarlos, o desgomarlos, esto es, eliminar la sericina que cementa los filamentos de fibroína.

Aunque el descrudado es realizable por medios ácidos, alcalinos o enzimáticos, el método alcalino parece ser el más común. Las fuentes relativas a los métodos, sustancias y cantidades empleadas antiguamente para este proceso no son específicas, razón por la cual se hicieron varias pruebas con hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, carbonato de sodio y con lejía de ceniza de pino, con el fin de determinar alguno que lograra hilos descrudados similares a los originales.

A partir de los resultados obtenidos se determinó descrudar los hilos con un baño de solución de hidróxido de sodio en agua destilada, pH 11, en un rango de 80 a 90 °C durante una hora. Posteriormente, se lavaron repetidas veces con solución de agua-Canasol al 1% v/v, se enjuagaron con agua destilada, se colocaron sobre un papel secante y se dejaron secar al aire.

Las probetas se constituyeron de dos maneras: cosiendo los hilos sobre rectángulos de tafeta de seda de color blanco, previamente lavada, dejando expuestos 10 cm, y bordando diseños sencillos en punto de satén, o pleno —que es el que permite exponer mayor cantidad de hilo y lograr superficies más teras—, para hacer sobre éstos las mediciones colorimétricas (Figura 2).

#### Envejecimiento acelerado

El envejecimiento acelerado sólo permite el manejo de unas pocas variables, como la humedad relativa, el tiempo de exposición y la longitud de onda de radiaciones incidentes, y la temperatura (Leene 1967:2). En este caso se determinó que la luz sería la variable fundamental, al ser una de las principales causas de deterioro de la seda.

Se empleó una cámara de envejecimiento artificial QUV, Q Panel, equipada con ocho lámparas UVB-313 de 40 watts, con emisión en un rango de longitudes de onda de 280 a 315 nm, en una HR de 50-55% y a una temperatura ambiente de 20-22 °C; sin embargo, la energía de estas lámparas ocasiona que la temperatura alcance 50 °C y hace que la humedad descienda hasta 30%, aproximadamente.

Es sabido que, para materiales históricos, no hay forma de establecer parámetros de comparación y equivalencia entre el tiempo de envejecimiento natural y las horas de exposición en la cámara de envejecimiento artificial, así

para aumentar su peso y poder obtener mayores ganancias en su venta; finalmente, el blanqueado busca, como su nombre lo indica, obtener fibras más blancas, y los métodos para lograrlo, si bien variados, tienden a ser oxidantes.



FIGURA 2. Forma en que se cosieron las probetas: para las mediciones colorimétricas y análisis MEB (sup.) Y para las pruebas mecánicas (inf.). (Fotografía: J. Contreras Vargas, 2005; cortesía Museo Franz Mayer).

que para los materiales que nos ocupan los tiempos de exposición se determinaron arbitrariamente: 170 y 120 horas, y los resultados del deterioro se analizaron en relación con las horas a las que los materiales se sometieron a la radiación UV.

#### Análisis instrumentales

Se han realizado estudios para verificar la ruptura de cadenas de aminoácidos y el descenso de la cristalinidad de la fibroína (Wyeth, et al., 2004:38-43), sin embargo, para este trabajo sólo se analizaron los puntos relativos al deterioro de la seda, pertinentes para comprobar si funcionaban los materiales consolidantes propuestos.

Para verificar los cambios en la morfología de las fibras nuestra investigación empleó un microscopio electrónico de barrido (MEB) modelo Jeol JSM 35CF a 15 kV, al alto vacío, por lo que los especímenes analizados recibieron un recubrimiento de oro-paladio por ionización a 1200 kV y 7mA, para lograr que sus superficies fuesen eléctricamente conductoras y por lo tanto analizables.

El color y cambios de brillo se registraron con un espectrofotómetro X-Rite Graphic Arts, equipo que cuenta con una iluminante D50/10°, provista con un programa QA Lite 1.2, y una tolerancia tipo L\*a\*b\* de 1.0.

Las pruebas de resistencia tensil y elongación se hicieron con una máquina Instron 1125, Series IX Automated Materials Testing System. La distancia entre mordazas fue de 3 cm; la velocidad de desplazamiento de 10 mm/min; la humedad relativa fue de 50%, aproximadamente, y la temperatura de 22 °C.

## Resultados

Al comparar los deterioros presentes en las fibras de ambas obras resulta evidente la importancia de sus usos, técnicas de factura y dimensiones, y particularmente de las longitudes de las puntadas que conforman los bordados, pues el deterioro de los hilos fue más evidente cuanto más largas y flojas eran las puntadas (Figura 3).

La diferencia de deterioro de las fibras es aún más obvia cuando se analizan en el MEB. Las del bordado de la falda se aprecian homogéneas y con todas sus fibrillas unidas, mientras que en las muestras del reposero se observa el aplanamiento y la torsión de los filamentos, lo que en conjunto ha favorecido el rizado de las fibras y la separación de sus fibrillas (Figura 4).

La superficie de la fibra de seda nueva es lisa, a diferencia de las fibras aquí analizadas, en las que se aprecian rugosidades que favorecen la abrasión y la pérdida de brillo. Es notable que los hilos del reposero (Figura 5) son de seda cargada, y que los cristales del material de carga se encuentran en y entre las fibrillas y microfibrillas, ocasionando cambios tanto en su textura como en su resistencia, al facilitar la separación y el rompimiento de las fibrillas.

### Cambios en la morfología

En la morfología de las fibras se presentan cambios desde el primer envejecimiento: discontinuidades superficiales, separaciones entre fibrillas y, aún más importante, roturas y desprendimientos de éstas (Figura 6).

Tras el segundo envejecimiento, se acentúan las deformaciones —esto, aparentemente, se debe a que las radiaciones UV causan que el material se vuelva plástico (Becker y Tuross 1994:259)—, y las separaciones y múltiples fracturas de las fibrillas se multiplican y se hacen más claras (Figura 7).

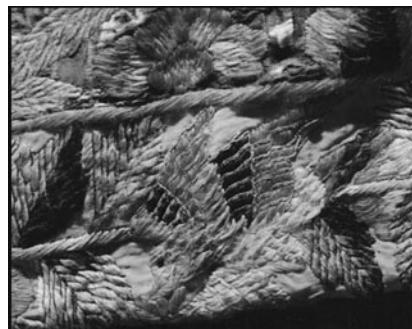


FIGURA 3. Detalle del reposero, donde se observan las largas y más laxas puntadas del bordado y su evidente deterioro (izq.) Detalle de los bordados de la falda, donde se muestra el buen estado de los hilos que conforman las pequeñas y compactas puntadas del bordado (der.) (Fotografía: J. Contreras Vargas, 2005; cortesía Museo Franz Mayer).

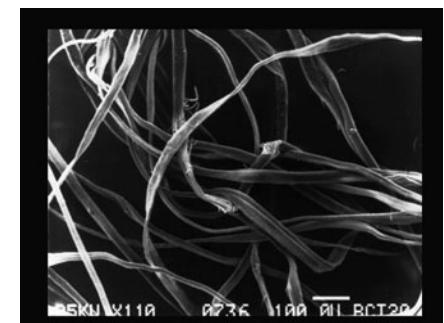
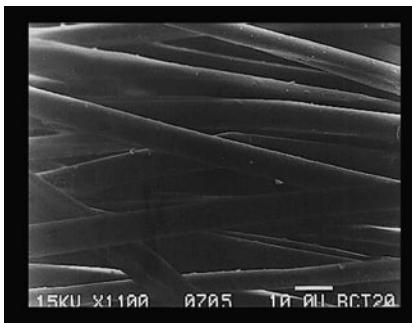


FIGURA 4. Imágenes MEB de la falda (izq.) y el reposero (der.). Mientras que en la falda las fibras se mantienen homogéneas, en el reposero se observan aplanamientos, rizado y desgarres (Fotografía: S. Antuna Bizarro y J. Contreras Vargas, 2005).

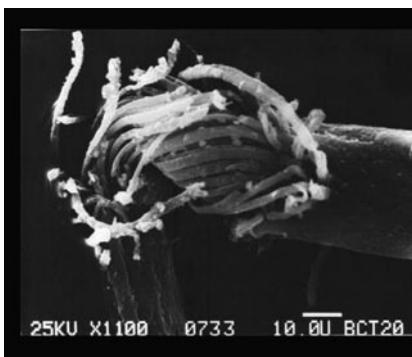


FIGURA 5. MEB: fibra del reposero. En esta imagen es evidente no sólo la conformación de la fibra por un haz definido de fibrillas, sino cómo ésta se altera a causa de la presencia de cristales de material de carga o mordente, separándolas y rompiéndolas (Fotografía: S. Antuna Bizarro y J. Contreras Vargas, 2005).

		Carga en la carga máxima	Tensión en la carga máxima (kgf/mm <sup>2</sup> )	Deformación en la carga máxima (%)	Módulo (YoungAuto) (kgf/mm <sup>2</sup> )
Seda nueva	Media	1.117	1160.617	17.780	16889.149
	Mediana	1.120	11.64.117	16.111	15870.695
1º envejecimiento	Media	0.105	109.375	3.019	9562.020
	Mediana	0.097	100.794	1.834	9880.316
2º envejecimiento	Media	0.087	90.801	2.411	8376.979
	Mediana	0.089	92.063	1.916	7476.023

FIGURA 6. Tabla de resistencia mecánica de las fibras: nuevas, y tras los dos distintos envejecimientos.

## Cambios en la resistencia mecánica

En las pruebas de resistencia tensil, las probetas de seda nueva desgomada soportaron una carga superior a 1 kg y alcanzaron una elongación mayor a 15%, lo que señala una fibra fuerte, elástica y flexible. En contraste, las fibras sometidas al primer envejecimiento artificial, de 170 horas, mostraron un descenso tanto en su resistencia tensil: de 91.3%, como en su elongación: en 88.6%. Después del segundo envejecimiento artificial, las propiedades mecánicas se vieron afectadas al punto de no permitir su manipulación.

## Cambios de color

La medida de color de la muestra de bordado sin tratamiento ni envejecimiento arroja una gráfica casi horizontal cercana a 80% de reflectancia (brillo), lo cual indica un color muy puro y brillante, muy próximo al blanco, aunque la caída en la gráfica, alrededor de 420 nm, señala una ligera tendencia hacia el amarillo.

Como se ve en la Figura 9, tras el primer envejecimiento, de 170 horas, hay un amarillamiento evidente a simple vista, que en las gráficas obtenidas en el colorímetro se distingue por los bajos valores en las longitudes de onda menores y por una pérdida de brillo que se expresa al disminuir el porcentaje de la reflectancia; ambas características se acentúan aún más tras el segundo envejecimiento, de 120 horas.

## Discusión de resultados

Las diferencias en el estado de conservación de las dos obras originales analizadas se deben a factores tan variados como la técnica de factura, las dimensiones de las puntadas, la presencia de sales metálicas y colorantes, la irradiación UV-visible a la que se sometieron, la humedad ambiental —y, por lo tanto, la pérdida de humedad estructural— y el uso por supuesto.

Mikolaychuk y Pinyagina (1997) señalan que en las fibras de seda hay irregularidades desde que se constituye el capullo, las cuales se acrecientan durante el bordado —a causa de la manipulación y abrasión de los hilos por

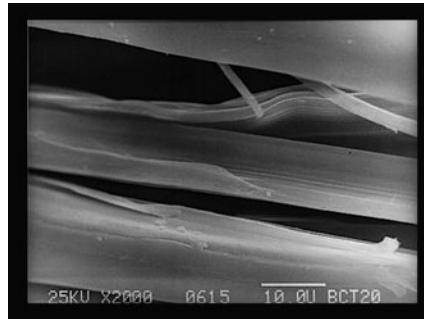


FIGURA 7. MEB: detalle de filamentos de seda envejecida artificialmente durante 170 horas. Se observan fibrillas rotas y salientes, varias discontinuidades en la superficie y deformaciones (Fotografía: S. Antuna Bizarro y J. Contreras Vargas, 2005).

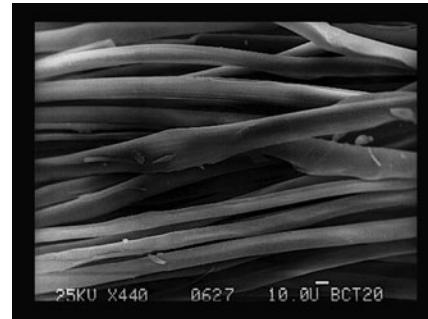


FIGURA 8. MEB: detalle de filamentos de seda envejecida artificialmente durante 290 horas. Se observan adelgazamientos y engrosamientos del espesor, separación y rotura de fibras (Fotografía: S. Antuna Bizarro y J. Contreras Vargas, 2005).

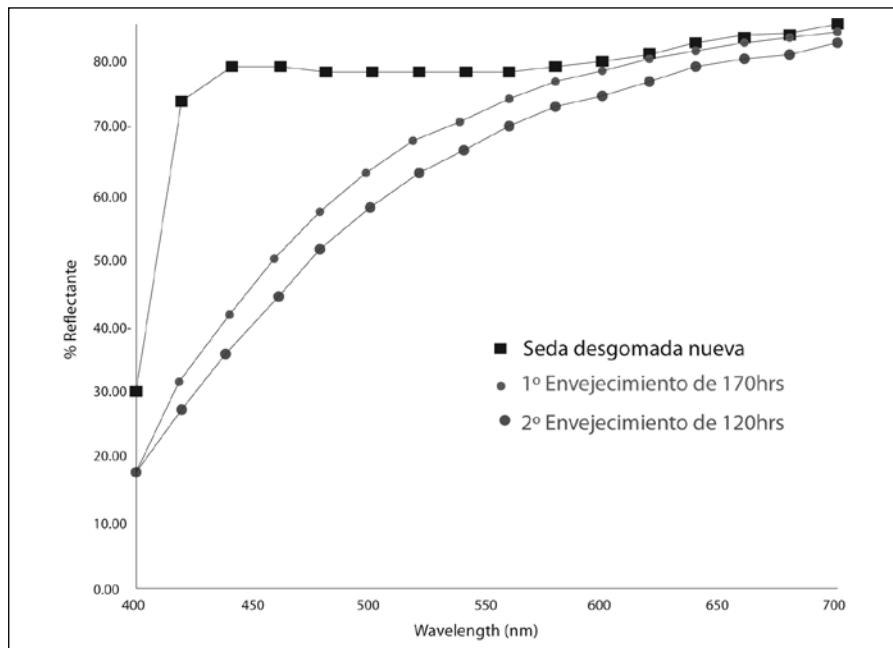


FIGURA 9. Comparación de las medidas de reflectancia espectral de la seda: nueva y tras el primer y segundo envejecimientos.

su paso a través de la tela—, y mayormente con el envejecimiento, debido a la abrasión y a la acción de agentes de deterioro químicos y fotoquímicos, argumentos que fueron comprobados por los resultados de la presente investigación. Además de la técnica de factura, se infiere que el deterioro observado en las fibras se debió a los distintos tiempos de irradiación a los que se sometieron. Aunque no se cuenta con mayor información respecto de su vida previa, las características de la falda hacen pensar que ésta no sólo no se empleó continuamente, sino que permaneció lejos de la luz. En cuanto al repostero, la abrasión en sus orillas y lo deteriorado de sus fibras, acusa que éste fue expuesto durante un largo periodo.

De acuerdo con Brill (1980:10), cuando las radiaciones UV y la luz visible proporcionan suficiente energía para

romper enlaces químicos, hablamos de un fenómeno de fotólisis. En el caso de la seda se ha registrado, incluso, que durante estas reacciones pierde peso en razón de que se liberan gases de amonio (Tímár-Balázs y Eastop 1998: 89; Becker y Tuross 1994:262). Comúnmente, estos efectos se deben a dos fenómenos: la depolimerización, o escisión de las cadenas poliméricas, y la reticulación o entrecruzamiento de éstas.

Por su parte, las radiaciones infrarrojas serían prácticamente inocuas excepto porque catalizan las reacciones, y porque al aumentar la temperatura disminuyen la humedad. El contenido de humedad higroscópica de una seda sana es de alrededor de 11% en una humedad relativa de 65% —el nivel óptimo para la conservación de esta fibra—, en cambio, cuando se encuentra deteriorada o en una humedad relativa inferior a 40% sufrirá un grave descenso de su flexibilidad, elasticidad y resistencia a la tensión, debido a la ausencia de agua que funja como plastificante entre las cadenas poliméricas, lo que provoca cambios volumétricos, tensiones y fracturas (Tímár-Balázs y Eastop 1998: 451). Por lo anterior, es necesario considerar que los tratamientos que impliquen llevar la fibra a temperaturas superiores a 60 °C causarán pérdida del agua estructural, y eventualmente podrían constituir factores de deterioro (Mikolaychuk y Pinyagina 1997; Tímár-Balázs y Eastop 1998: 451).

Los cambios morfológicos, discontinuidades superficiales, separaciones entre fibrillas, y las roturas y desprendimientos en las fibrillas causan que el hilo se adelgace y se rompa, con la consiguiente pérdida de resistencia; asimismo, la pérdida de homogeneidad superficial causa disminución de brillo. De esta forma, la reducción de la resistencia mecánica también se debe a una combinación de fenómenos, entre ellos la fotólisis, que, al formar compuestos residuales y radicales libres, hace a los aminoácidos susceptibles de reacomodarse mediante entrecruzamientos (Crighton 1993: 96), modificando su distribución de pesos moleculares y cristalinidad, y, por lo tanto, su resistencia mecánica, solubilidad y permeabilidad a los gases (Becker y Tuross 1994: 266; Wyeth *et al.* 2004: 41).

También los cambios de color observados se deben presumiblemente a radiaciones, que multiplican los procesos de los que depende el cambio de color de la fibra. Con frecuencia, el amarillamiento —que se relaciona con la pérdida y oxidación de algunos aminoácidos, cuyos residuos y compuestos secundarios absorben y transfieren energía hacia zonas del espectro visible— es el primer efecto observable del deterioro de la seda (Becker y Tuross 1994: 266). Específicamente se ha dicho que las quinonas, productos de la oxidación del aminoácido tirosina, absorben longitudes de onda en la banda de azules del espectro visible (350-400 nm), causando la característica apariencia amarilla de la seda envejecida (Crighton 1993: 97). Pero hay que ser muy cuidadosos a este respecto, pues aparentemente no existe una corre-

lación directa entre el grado de deterioro de las cadenas de fibroína y la alteración de color (Becker y Tuross 1994: 266).

Por su parte, la pérdida de resistencia y flexibilidad de las fibras tiene que ver con la presencia de partículas de polvo y cristales de mordentado o carga, como las encontradas en las fibras del repostero, pues sus cristales actúan como agentes abrasivos entre las microfibrillas y fibrillas, rompiéndolas. Adicionalmente, la presencia de iones metálicos aumenta la reactividad de las fibras, debido a la disponibilidad de electrones libres, haciéndolas más vulnerables a la degradación química (Miller y Reagan 1989; CCI 1986: 13/11).

## Conclusiones

El análisis de muestras originales evidenció que el deterioro de cada bien cultural es único; por ello es imposible reproducir con exactitud las alteraciones. En el caso analizado, el deterioro de los bordados de seda se debe a una gran variedad de causas que hacen sinergia; una de las más importantes es la técnica de factura, por la constitución de los hilos: número de filamentos, torsión y presencia de carga; por los diferentes colorantes, mordentes, y por la forma y dimensiones de las puntadas, donde resulta claro que los mayores deterioros se presentan en hilos cargados y en bordados realizados con puntadas largas. El uso y la exposición a las radiaciones son, asimismo, causas significativas de alteración.

Por lo anterior, el que las probetas se hayan elaborado únicamente a partir de seda desgomada permitió verificar el comportamiento de la seda ante la irradiación UV y, por ende, el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad. Este envejecimiento artificial logró obtener fibras deterioradas con muy baja resistencia mecánica: las radiaciones UV, al ser de alta energía, generan una gran cantidad de alteraciones fotoquímicas que, combinadas con el aumento de temperatura y el descenso de humedad relativa que provoca, causan disminución de humedad en las fibras y, por ende, una mayor alteración: así, la pérdida de resistencia tensil tras el envejecimiento artificial fue de casi 90%.

Tanto el descenso de la resistencia como de la elongación se relacionan con la escisión de cadenas provocada por la fotólisis. Las cadenas cortas pueden extenderse y moverse mucho menos que las largas y, ya que sus enlaces se han visto afectados, también es mucho menor la carga que pueden soportar. Al mismo tiempo, la incidencia de radiaciones UV, visibles e infrarrojas, produjo pérdida de la humedad que al interior de la fibra funcionaba como plastificante, afectando también la capacidad de elongación y resistencia de los hilos.

Aunque el análisis de deterioro de sedas cargadas no era el objetivo de este trabajo, es claro que deben ser estudiadas con mayor profundidad, al ser las cargas causas importantes de grietas y fracturas, por las que los textiles

de seda cargada llegan al punto de no poder soportar su propio peso. Por lo tanto, la caracterización de los materiales, el deterioro y las posibilidades de tratamiento de fibras de seda cargada constituye un área cuya investigación resulta más que necesaria.

## Agradecimientos

Al ingeniero Ernesto Sánchez Colín, del Departamento de Polímeros del Instituto de Investigación en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por la realización del envejecimiento acelerado y las pruebas mecánicas; al maestro Gerardo Villa, de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, México); al ingeniero Enrique Núñez R., de Gráficas La Prensa, por las mediciones colorimétricas, y al licenciado Ricardo Pérez Álvarez, del Museo Franz Mayer, por facilitar el acceso a las obras muestradas, así como por su habitual atención y amabilidad.

## Referencias

- Becker, Mary M. y Noreen Tuross  
1994 "Initial degradative changes found in *Bombyx mori* silk fibroin", en David Kaplan, W. Wade, Berry Farmer y Christopher Viney (eds.), *Silk Polymers: Materials Science and Biotechnology*, Washington D.C., American Chemical Society, 252-269.
- Brill, Thomas B.  
1980 *Light. Its Interaction with Art and Antiquities*, Londres, Kluwer Academic Publishers.
- Canadian Conservation Institute (CCI)  
1996 *CCI Notes 13/11. Natural Fibres*, Ottawa, Canadian Heritage.
- Contreras Vargas, Jannen  
2005 "Evaluación de dos productos de quitina para el refuerzo de hilos de bordado de seda", tesis de licenciatura en Restauración de Bienes Muebles, México, ENCRYM-INAH.
- Crighton, J. S.  
1993 "Silk: A study of its degradation and conservation", en Norman H. Tennent (ed.), *Conservation Science in the UK*, *Preprints of the Meeting in Glasgow, May 1993*, Glasgow, James and James, 96-98.
- Kaplan, David, W. Wade Adams, Barry Farmer y Christopher Viney  
1994 "Silk: Biology, structure, properties and genetics", en D. Kaplan, W. W. Adams, B. Farmer y C. Viney (eds.), *Silk Polymers: Materials Science and Biotechnology*, Washington D.C., ACS Publications, 2-16.
- Leene E. Jentina  
1967 *Artificial Ageing of Yarns in Presence as Well as in Absence of Light and Under Different Atmospheric Conditions*, segundo reporte interino, Bruselas, Committee of ICOM for Museum Laboratories, s/f.
- Miller, Janet E. y Barbara M. Reagan  
1989 "Degradation in weighted and unweighted historic silks", *Journal of the American Institute for Conservation* 1989 (28) 2: 97-115, documento electrónico disponible en [[http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic28-02-004\\_1.html](http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic28-02-004_1.html)], consultado en febrero de 2012.
- Matthews J. Merritt  
1936 *Textile Fibers*, Londres, John Wiley & Sons.
- Mikolaychuk, Elena y Nina Pinyagina  
1997 "Silk as a textile material, reasons of destruction", en *STF Jubilee Conference: Silk. Different Aspects*, Estocolmo, Urram, s/f.
- Tímár-Balázs, Agnes y Dinah Eastop  
1998 *Chemical Principles of Textile Conservation*, Londres, Butterworth-Heinemann.
- Wyeth, Paul, Susanne Greiff, Harmut Kutzke, Sophia Lahlil y Christian Riekel  
2004 "Surveying silk fibre degradation by crystallinity determination: A study on the Tang-Dynasty silk treasure from Famen temple, China", en Paul Wyeth y Rob Janaway, (eds.), *Scientific Analysis of Ancient and Historic Textiles: Informing Preservation, Display and Interpretation*, Londres, Archetype, 38-43.
- Yong-Woo, Lee  
1999 *Silk Reeling and Testing Manual*, FAO Agricultural Services Bulletin, 136, documento electrónico disponible en [<http://www.fao.org/docrep/x2099e/x2099e08.htm>], consultado en febrero del 2012.

## Resumen

Los hilos de bordado de seda sufren alteraciones particulares debido a la ausencia de torsión y de ligamentos, características que se añaden a las causadas por la sensibilidad de la seda a los elementos ambientales. Para entender el deterioro de estos hilos se analizaron muestras tomadas de bordados de obras facturadas presumiblemente en el siglo XIX, de la colección del Museo Franz Mayer (Méjico), y se compararon con los cambios observados en probetas de seda desgomada que se sometieron a dos diferentes tiempos de envejecimiento artificial promovido por irradiación ultravioleta. El análisis se realizó mediante pruebas mecánicas para verificar los cambios en la resistencia tensil. Los cambios de color y brillo en las fibras se calificaron a partir de la comparación de sus mediciones colorimétricas, y las alteraciones en la superficie de la fibra se identificaron y registraron mediante microscopio electrónico de barrido (MEB).

## Palabras clave

Seda, deterioro, color, resistencia tensil, morfología superficial, MEB.

Título en inglés: Decay of Silk Embroidery Threads: Morphological, Color and Mechanical Strength Changes.

## Abstract

Silk threads used for embroidery undergo different effects of decay due to the absence of twist and textile weave, characteristics which are added to those that result from silk's sensitivity to environmental factors. In order to understand the deterioration of these types of threads, actual samples of 19<sup>th</sup> century embroideries from the Franz Mayer Museum collection were analyzed and compared to the changes observed in experimental samples artificially aged by means of controlled UV radiation. The assessment was done via mechanical testing to verify changes in tensile strength, colorimetry to record color changes, and Scanning Electron Microscope (SEM) to assess the fibers' surface morphology changes.

## Keywords

Silk, decay, color change, tensile strength, surface morphology, SEM.