

Estudios sobre la muestra de radiocarbono procedente de la Sábana Santa de Turín

Raymond N. Rogers
Los Alamos National Laboratory
University of California
1961 Cumbres Patio, Los Alamos, NM 87544, USA

Recibido el 14 de abril de 2004; revisado el 14 de abril de 2004; aceptado el 12 de septiembre de 2004. Disponible en Internet a partir del 16 de noviembre de 2004.

Síntesis

En 1988, laboratorios de Arizona, Cambridge y Zürich especializados en radiocarbono establecieron la edad de una muestra procedente de la Sábana Santa de Turín. Comunicaron que la fecha de producción de la tela estaba comprendida entre el año 1260 DC y el 1390 DC, con un grado de certeza en torno al 95%. Este dato resultó sorprendente a la vista de la técnica utilizada para elaborar la tela, su composición química y la ausencia de vainillina en su lignina. Los resultados dieron pie a que se cuestionase la validez de la muestra.

Las estimaciones preliminares de las constantes cinéticas por la pérdida de vainillina procedente de la lignina indican una edad mucho más antigua para la tela que la obtenida con los análisis mediante radiocarbono. La zona de muestra obtenida para la datación con radiocarbono está cubierta exclusivamente de una resina vegetal de color amarillento parduzco que contiene tintes. Los resultados obtenidos en la zona de la muestra mediante pirolisis y espectrometría de masas junto con observaciones microscópicas y micro-químicas demuestran que la muestra extraída para la datación con radiocarbono no formaba parte de la tela original de la Sábana Santa. Así pues, la fecha establecida mediante radiocarbono no resulta válida para determinar la verdadera edad de la Sábana Santa.

Palabras clave: Sábana Santa de Turín; Cinética de la lignina; Pirolisis / Espectrometría de masas; Análisis de la fibra de lino.

Resumen del Artículo

1. [Introducción](#)
2. [Muestras](#)
3. [Métodos alternativos para la estimación de la edad del lino](#)

[Agradecimientos](#)

[Referencias](#)

1. Introducción

La Sábana Santa de Turín es una pieza de lino de gran tamaño que muestra la desvaída imagen de un hombre sobre su superficie. Muchas personas creen que es la tela mortuoria de Jesús, lo que la convierte en un objeto extraordinariamente polémico. En 1988 [1] se establecieron mediante radiocarbono las fechas de producción de la tela, lo que debería haber despejado cualquier duda respecto a la edad de la tela de lino. Las fechas establecidas en 1988 mediante radiocarbono fueron las mejores que se podrían haber obtenido. Los métodos de preparación de las muestras se compararon y confirmaron, y las mediciones se realizaron con los mejores instrumentos disponibles. **Damon y otros** informaron [1] de que “*La edad de la Sábana Santa queda establecida entre 1260 – 1390 DC, con un grado de certeza de al menos el 95%*”. Sin embargo, esa fecha no concuerda con las observaciones obtenidas sobre la tecnología de producción del lino, ni tampoco con la química de las fibras obtenidas directamente del cuerpo principal de la tela en 1978 [2] y [3]. La operación de recogida de la muestra en 1988 se describió de la siguiente manera [1]: “*La Sábana Santa se separó de la tela de refuerzo posterior a lo largo de su borde inferior izquierdo y se recortó una franja (~ 10 mm x 70 mm) justo encima del lugar de donde se había retirado una muestra en 1973 para su examen. La franja de tela procedía de un único lugar en el cuerpo principal de la Sábana Santa, alejado de cualquier remiendo o zona carbonizada.*” **Franco Testore**, profesor de tecnología textil en la Universidad Politécnica de Turín, y **Gabriel Vial**, conservador del Museo Textil de Lyon, Francia, aprobaron la localización de la muestra para radiocarbono. Sin embargo, dicha operación se realizó en secreto, y no se realizaron investigaciones químicas en el momento de obtención de la muestra para caracterizar la misma.

2. Muestras

El profesor **Gilbert Raes**, del Instituto de Tecnología Textil de Gante, recortó la muestra obtenida en 1973 [4] citada por **Damon y otros** [1]. **Raes** averiguó que una parte de dicha muestra contenía algodón, pero la parte situada en el otro lado de una costura no lo contenía. Informó de que el algodón era de una variedad antigua procedente del Oriente Próximo, *Gossypium herbaceum*, basándose en la distancia existente entre los polos opuestos de las fibras con forma de cinta (aproximadamente ocho por centímetro). El 14 de Octubre de 1979 recibí del profesor **Luigi Gonella** del Departamento de Física de la Universidad Politécnica de Turín, 14 segmentos de hilo procedentes de la muestra obtenida por **Raes**. Fotografíe las muestras tal y como las recibí y las archivé por separado en viales numerados. Algunas de las muestras se destruyeron en pruebas químicas efectuadas entre 1979 y 1982, pero la mayoría de los segmentos se conservaron.

Como miembro participante en el Proyecto de Investigación sobre la Sábana Santa de Turín (STURP¹), en 1978 recogí un total de 32 muestras en cinta adhesiva de todas las zonas de la Sábana Santa y de sus tejidos asociados [2]. **Ronald Youngquist** de la empresa *Minnesota Mining and Manufacturing Corporation* fabricó una cinta adhesiva específica para este proyecto. La cinta estaba impregnada de un adhesivo amorfo, inerte, de hidrocarburo puro, para que no contaminase ni la Sábana Santa ni las muestras. Esto permitía efectuar pruebas químicas directas sobre las fibras y partículas de lino recuperadas, y el adhesivo se podía retirar sumergiendo las fibras en xileno. Presioné las cintas adhesivas sobre la superficie de la Sábana

¹ NdT: El equipo STURP (*Shroud of Turin Research Project = Proyecto de Investigación sobre la Sábana Santa de Turín*) estaba constituido por un total de 33 científicos norteamericanos de diversas disciplinas que en 1978 realizaron el estudio científico más exhaustivo que se ha llevado a cabo hasta la fecha sobre la Sábana Santa.

Santa mediante un aplicador con un dispositivo de medición de presión que permitiese efectuar comparaciones semi-cuantitativas entre las muestras.

La Sábana Santa resultó gravemente dañada en un incendio que se produjo en una iglesia en el año 1532 DC. Unas monjas remendaron los orificios producidos por las quemaduras y cosieron la Sábana Santa a una tela de refuerzo que en la actualidad se conoce bajo el nombre de *Paño Holandés*. También tomé muestras de éste en 1978. El *Paño Holandés* nos proporciona una muestra de lino auténtica y documentada, dado que se fabricó en Europa entre los años 1532 y 1534.

El 12 de diciembre de 2003 recibí unas muestras tanto de la urdimbre como de la trama de unos hilos que el profesor *Luigi Gonella* había tomado de la muestra que se extrajo para la datación con radiocarbono, antes de que ésta se distribuyese para su datación efectiva. *Gonella* me informó de que había extraído los hilos del centro de la muestra para el radiocarbono.

3. Métodos alternativos para la estimación de la edad del lino

Al equipo STURP no se le permitió en 1978 extraer muestras para datación con radiocarbono; por tanto, resultó de utilidad diseñar métodos independientes para la determinación de la edad a fin de comprobar la validez de la fecha publicada [1]. El cambio que resulta más obvio a simple vista debido al envejecimiento de la tela es el color sepia del lino, que se hace cada vez más profundo con el paso del tiempo. *Gilbert y Gilbert* llevaron a cabo mediciones de reflectancia espectral absoluta sobre la Sábana Santa, así como sobre otras muchas muestras de lino depositadas en museos [5]. De ello no se pudo deducir una simple relación entre color y edad, debido a que los métodos de blanqueado han variado a lo largo de los siglos.

La estructura cristalina de las fibras de lino actúa como un dosímetro: recoge los defectos provocados por la radiación a lo largo del tiempo. Lamentablemente, la radiación de fondo varía en gran medida debido a las condiciones de almacenamiento y a la latitud. El radón se acumula en muchos edificios y tumbas antiguos, y las partículas alfa provocan pistas de ionización cortas e intensamente birrefringentes. La radiación electromagnética (ultravioleta, rayos X y rayos gamma) causa una birrefringencia de fondo difusa que varía con la localización y con los métodos de producción del lino. Los neutrones producen neutrones de retroceso en el interior de las fibras y los protones energéticos producen largas pistas de iones que ocasionalmente se bifurcan. La estimación de la edad basada en la radiación es muy subjetiva; sin embargo, las acumulaciones de defectos indican que el lino de la Sábana Santa ha estado absorbiendo diversos tipos de radiación durante un período muy largo de tiempo.

La lignina existente en los nodos de crecimiento de las fibras de lino de la Sábana Santa ([Fig. 1](#)) no pasó la prueba química usual para la lignina (es decir, la prueba de floroglucina/HCl para la vainillina). El Paño Holandés y otros tejidos de lino medievales proporcionaron un resultado claro en la prueba. Esto indicaba que el índice de pérdida de vainillina procedente de la lignina podría ofrecer un método para estimar la edad de la Sábana Santa. El reactivo compuesto de floroglucina/ácido clorhídrico detecta la presencia de vainillina (4-hidroxi-2-metoxibenzaldehído) con buena sensibilidad. La lignina presente en las muestras de la Sábana Santa y en las muestras de los Rollos del Mar Muerto no superó la prueba. Si el límite de detección para la prueba se asume como un valor constante, las muestras de lignina envejecidas se pueden comparar observando los tiempos y las temperaturas que proporcionan la última reacción de cambio de color observable. *Stanley T. Kosiewicz* del Laboratorio Nacional de Los Álamos envejeció muestras que contenían lignina sometiendo a una temperatura de 40, 70 y 100⁰ C durante un período de hasta 24 meses. La comparación de los límites de detección entre

las muestras mostraba que el índice de pérdida de vainillina es muy bajo. En consecuencia, se podía elaborar un modelo químico adecuado para la predicción de edad.



(72K)

Fig. 1. Imagen coloreada de fibras procedentes de la parte posterior de la zona del tobillo (400°) que todavía están incrustadas en la cinta adhesiva de la muestra. Los depósitos oscuros de lignina resultan fácilmente visibles en los nodos de crecimiento. Los depósitos no pasaron la prueba para la lignina.

Los índices de todos los tipos de reacciones químicas se modelan conforme a la siguiente expresión de Arrhenius:

—

en la que α es la fracción reactiva en un momento dado t ; k es la constante de velocidad, s^{-1} ; Z es el factor de frecuencia de Arrhenius, s^{-1} ; E es la energía de activación de Arrhenius, $J mol^{-1}$; R es la constante de los gases, $8.314 J K^{-1} mol^{-1}$; y T es la temperatura absoluta expresada en grados kelvin. $f(\alpha)$ es el factor de empobrecimiento; y todo ello depende del estado físico del reactivo, del tipo de reacción, y/o del número de moléculas implicadas en la reacción. El análisis de los datos de tiempo/temperatura/límite de detección dió como resultado el siguiente modelo predictivo basado en la ecuación de Arrhenius para el índice de pérdida de vainillina procedente de la lignina:

$$k = 3.7 \times 10^{11} e \exp \text{ —————}$$

Después de que haya sido calculada la constante de velocidad a una temperatura específica, la cantidad de tiempo que precisa la vainillina para que se agote por una reacción de primer orden a dicha temperatura se puede calcular a partir de

El principal problema a la hora de estimar la edad de la Sábana Santa es el hecho de que la ley de velocidad es exponencial; es decir, la temperatura diurna máxima es mucho más importante que la temperatura mínima de almacenamiento. Sin embargo, se pueden considerar algunas temperaturas razonables de almacenamiento que proporcionen un rango de edades predecibles. Si la Sábana Santa hubiese sido almacenada a una temperatura constante de $25^\circ C$, habría llevado aproximadamente 1319 años la pérdida del 95% de su vainillina. A $23^\circ C$, habría llevado aproximadamente 1845 años. A $20^\circ C$, llevaría aproximadamente 3095 años.

Si la Sábana Santa hubiese sido fabricada entre los años 1260 y 1390 DC, tal y como indican los análisis mediante radiocarbono, la lignina resultaría fácil de detectar. Un tejido de lino fabricado en el año 1260 DC habría retenido aproximadamente el 37% de su lignina en 1978. Los hilos aportados por Raes, el Paño Holandés, y todos los demás tejidos de lino medievales, pasaron la prueba de la vainillina dondequiera que se pudiese observar la lignina en los nodos de crecimiento. La desaparición de todo tipo de trazas de vainillina procedente de la lignina en

la Sábana Santa indica una edad mucho más antigua de la que indicaron los laboratorios de radiocarbono.

El incendio de 1532 no pudo haber afectado por igual en gran medida al contenido de vainillina procedente de la lignina en todas las partes de la Sábana Santa. La conductividad térmica del lino es muy baja, $2.1 \times 10^{-4} \text{ cal cm}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; por tanto, las partes no quemadas de la tela doblada no pudieron haber sido afectadas por un calor excesivo. El gradiente de temperatura a través de la tela en el interior del relicario debió haber sido muy elevado, y el centro de la tela no habría sido afectado por el calor en absoluto en el tiempo disponible. El brusco cambio de color del negro al blanco en los márgenes de las quemaduras ilustra este hecho.

Cualquier tipo de calor en el momento del incendio disminuiría la cantidad de vainillina en la lignina como una función entre la temperatura y el tiempo en que la tela estuvo expuesta al calor; sin embargo, diferentes cantidades de vainillina se habrían perdido en zonas distintas. Ninguna muestra de cualquier zona de la Sábana Santa superó la prueba de la vainillina.

La tela debe ser muy antigua debido a que la Sábana Santa y otros objetos de lino muy antiguos no superan la prueba de la vainillina. Por consiguiente, resulta altamente improbable que el lino se fabricase en la época medieval.

Todos los hilos procedentes de la muestra de *Raes* y los segmentos de hilo procedentes de la muestra para radiocarbono muestran incrustaciones coloreadas (o revestimientos) sobre sus respectivas superficies ([Fig. 2](#) y [Fig. 3](#)). El material de revestimiento no se puede retirar mediante disolventes no polares, pero se hincha y se disuelve en agua. No había ningún revestimiento en absoluto con estas características tanto en el Paño Holandés como en el cuerpo principal de la Sábana Santa. Cuando los hilos procedentes de la muestra de *Raes* y de la muestra del radiocarbono eran desenredados en ambos extremos utilizando para ello una aguja de disección, la parte central de los mismos parecía carecer de color, dando a entender con ello que el color y su medio de aplicación se añadieron aplicando un líquido viscoso en la parte exterior del hilo. Una notable diferencia entre las fibras internas y externas es un rasgo característico tanto de la muestra *Raes* como la del radiocarbono. El revestimiento amarillento-parduzco en la parte exterior de la trama de la muestra para radiocarbono es tan fuerte que parece de color negro ante un haz de luz transmitida ([Fig. 2](#)). Las pruebas químicas realizadas tanto en la muestra *Raes* como en la de radiocarbono muestran que sus respectivos revestimientos están compuestos por una goma vegetal que contiene un colorante de alizarina que está presente de dos formas distintas. Una parte está disuelta en la goma vegetal, lo que le da el color amarillento. Una cantidad variable forma complejos con hidróxido de aluminio [AlO(OH)] para formar lacas rojas ([Fig. 3](#)). Las lacas son gelatinosas y normalmente son muy pequeñas. Es necesario disponer de un buen microscopio para observarlas, y el vehículo constituido por la goma en el sistema tinte/mordiente en las muestras de *Raes* y del radiocarbono hace que resulte difícil observar las lacas. La goma no se puede retirar sin dañar las lacas, pero se puede hacer invisible combinando su índice de refracción con aceite de índice 1.515. Con la goma invisible o hinchada ligeramente en agua, resulta fácil observar las lacas suspendidas en la goma y pegadas a las fibras. La [Fig. 3](#) muestra (en la parte superior izquierda) lacas coloidales de tinte rojizo suspendidas en la goma. A la derecha de las mismas se pueden observar algunas lacas separadas adheridas a la superficie de una fibra de algodón. También se pueden observar varias zonas de goma teñida de amarillo. En esta imagen aparecen cuatro fibras de algodón y dos fibras de lino. La muestra del radiocarbono contiene tanto un revestimiento de goma/tinte/mordiente como fibras de algodón. El cuerpo principal de la Sábana Santa no contiene estos materiales.



(55K)

Fig. 2. Fibras de la superficie de un segmento de la urdimbre procedente de la muestra para radiocarbono, seco a 100^x.



(62K)

Fig. 2. Fibras de la urdimbre procedente de la muestra para radiocarbono, 800^x en agua. La goma se está hinchando, volviéndose más transparente, y separándose de las fibras.

La alizarina y la purpurina se extraen de la raíz del árbol *Rubia Tinctoria* y aparecieron por vez primera en Italia alrededor del año 1291 DC [6]. La alizarina se ha utilizado desde hace mucho tiempo como indicador de ácidos-base en análisis químicos. Es de color amarillo por debajo de pH 5.6, rojo por encima de pH 7.2, y púrpura por encima de pH 11.0. El revestimiento coloreado muestra todos estos cambios en función del pH. HCl (6N) disuelve las lacas y se vuelve de color amarillo brillante. El alumbre se ha utilizado durante milenios como un mordiente común. Las lacas rojas son características de los tintes derivados de la raíz de la *Rubia Tinctoria* y del alumbre. Las características de solubilidad de las lacas rojas indican la presencia de AlO(OH). El recubrimiento no era soluble en pH 8.0, pero se disuelve tanto en un pH más alto como en uno más bajo. Las lacas rojas del tinte/mordiente se disolvieron en 2N NaOH para dar una solución de color púrpura. La presencia de aluminio en el material de recubrimiento es consistente con los resultados obtenidos por Adler, Selzer, y DeBlase [7], quienes llevaron a cabo análisis elementales con rayos X en diferentes materiales de la Sábana Santa, incluyendo fibras procedentes de la urdimbre de los hilos de la muestra para radiocarbono. Informaron de la existencia de concentraciones de aluminio en la muestra de radiocarbono que eran 20 veces superiores a las existentes en las fibras de la Sábana Santa. Los mordientes diferentes del AlO(OH) producen colores distintos con el tinte procedente de la raíz de la *Rubia Tinctoria*. Los compuestos de calcio producen colores azules, y se pueden observar algunas lacas azuladas en algunas fibras recubiertas de goma. Se retiran con 6N HCl. El color sugiere la presencia de alizarina en los cristales de calcita o bien de aragonita en los hilos.

La presencia del tinte de alizarina y de las lacas rojas en las muestras de Raes y en las del radiocarbono indican que el color ha sido manipulado. Concretamente, el color y la distribución del recubrimiento indican que los remiendos se realizaron en un momento indeterminado utilizando para ello lino de procedencia extranjera, que fue teñido con el fin de que el color se igualase con el material original más antiguo. Tales remiendos fueron sugeridos por Bendford y Marino [8] y [9]. La consecuencia de esta conclusión es que la muestra obtenida para la datación mediante radiocarbono no era representativa de la tela original.

El recubrimiento de goma fue rápidamente hidrolizado bien mediante un concentrado de HCl o 2N NaOH. Ese hecho y su solubilidad en agua sugieren que se trata probablemente de un polisacárido y no de una proteína desnaturizada. La hidrólisis en una concentración moderada

de 6N HCl sugiere que se trata probablemente de un pentosano, compuesto por cinco unidades de sacarosa carbonatada. Las gomas procedentes de la planta del pentosano forman un color reversible amarillento-brillante al mezclarlos con yodo acuoso. El color desaparece por completo tras la evaporación de la solución, demostrando con ello que el color no es el resultado de las reacciones por inmersión en yodo o de las deshidrataciones catalizadas por yodo. Tanto las muestras de Raes como las del radiocarbono muestran esta reacción.

Uno de los métodos analíticos utilizados durante los estudios llevados a cabo por el equipo STURP fue el de espectrometría de masas mediante pirolisis. El *Midwest Center for Mass Spectrometry (MCMS)* de la Universidad de Lincoln, Nebraska, llevó a cabo docenas de exploraciones sobre diferentes muestras en 1981. El sistema de ionización química utilizado era el sistema más sensible de Espectrometría de Masas existente en aquella época, suficientemente sensible como para detectar mil millonésimas partes de trazas de oligoelementos procedentes de la bolsa de polietileno que Gonella había utilizado para envolver los hilos de Raes. El instrumental en el MCMS está equipado con una fuente pulsada que tiene una resolución de tiempo de 100 ns, y produce una serie de espectros de masas a medida que la muestra se calienta. Sin embargo, resultó imposible expresar una temperatura de muestra exacta y absoluta cuando se estaban analizando por separado las microfibras, y únicamente se pudieron comparar temperaturas de muestra relativas. Siete muestras diferentes fueron sometidas a múltiples análisis en el MCMS. Los resultados se corrigieron con instrumentos en blanco. Se utilizó perfluoroqueroseno como calibrante interno y su espectro se extrajo mediante el ordenador del instrumento. Se midieron las corrientes totales de iones (TIC).

Algunas de las muestras procedían de zonas donde aparentemente existían flujos de sangre, otras procedían de zonas chamuscadas, una de ellas (“el hilo de Zina”) era un segmento completo de hilo que había sido retirado de la zona correspondiente al talón en la imagen, otra muestra procedía íntegramente de una zona correspondiente a la imagen, otra procedía de una zona con mancha de agua en un área de la imagen, y algunas de ellas eran reproducciones modernas de una antigua tecnología para elaboración del lino. La Sra. Kate Edgerton (ya fallecida), hizo dichas reproducciones a partir de lino en bruto siguiendo los informes históricos sobre antigua tecnología. Para obtener datos repetitivos, algunos de los análisis mediante pirolisis/espectrografía de masas tuvieron que llevarse a cabo sobre fibras únicas de 10-15- μ m de diámetro que tenían entre 5-6 mm de longitud. Comparadas con las fibras extraídas de las cintas adhesivas con muestras, había un abundante material de la muestra Raes, que debería ser representativa de toda la zona de donde se obtuvo la muestra para Raes/ radiocarbono.

En el momento en que se analizaron las muestras, el objetivo del equipo STURP era el de probar si la imagen había sido pintada. Los resultados de los análisis mediante pirolisis/espectrografía de masas demostraron ser consistentes con una serie de observaciones y datos independientes [2], lo que indicaba que la imagen no era el resultado de un material aplicado sobre la tela. Habiendo establecido esta conclusión, las docenas de series de datos procedentes de la pirolisis/espectrografía de masas pueden volver a ser analizados ahora para comparar las muestras obtenidas de la zona para radiocarbono con muestras procedentes del cuerpo principal de la tela.

La celulosa piroliza para producir hidroximetilfurfural (masa 126), que comienza a desformular en una serie de reacciones que producen furfural (masa 96). El furfural es siempre un producto menor procedente de la descomposición de la celulosa. Las fibras de lino procedentes del cuerpo principal de la Sábana Santa no mostraron una evolución significativa de este producto hasta alcanzar temperaturas relativamente altas (probablemente unos 260°C), pero los productos contenidos en ambos casos esperaban fragmentos (Fig. 4). Los pentosanos no

producen hidroximetilfurfural. También pirolizan mucho más deprisa a temperaturas más bajas que la celulosa. Cuando aparecieron los primeros productos de la pirolisis durante el calentamiento, las fibras procedentes de la muestra Raes mostraron índices de furfural en masa 96 (Fig. 5). No había indicio alguno del mismo en masa 126. Estos resultados demuestran que el recubrimiento de goma en las muestras Raes y del radiocarbono es un pentosano. Ninguno de ellos puede ser detectado en fibra alguna procedente del cuerpo principal de la Sábana Santa.



(9K)

Fig. 4. Espectro de masa obtenido mediante pirolisis de una fibra procedente de la imagen de la Sábana Santa. La muestra no produjo una cantidad significativa de furfural (masa 96) hasta que alcanzó temperaturas más elevadas; es decir, no contenía una cantidad significativa de azúcares o pentosanos. La ordenada muestra la intensidad relativa de iones para cada producto a esa temperatura, y la abscisa muestra la masa del ión.



(9K)

Fig. 5. Espectro de masa obtenido mediante pirolisis a baja temperatura de fibras procedentes de la muestra Raes. Tal y como indica la señal a masa 96 y la ausencia de señal en masa 126, la muestra contenía una cantidad significativa de pentosano. La ordenada muestra la intensidad relativa de iones para cada producto a esa temperatura, y la abscisa muestra la masa del ión.

Por cierto, los espectros obtenidos mediante pirolisis/sm de muestras procedentes de aparentes manchas de sangre mostraron picos de hidroxipirolina en masa 131, un producto de pirolisis de proteínas animales.

El hecho de que la vainillina no pueda ser detectada en la lignina de las fibras procedentes de la Sábana Santa, ni en el lino de los Rollos del Mar Muerto, ni tampoco en otros linos muy antiguos indica que la Sábana Santa es muy antigua. La determinación de la cinética de pérdida de la vainillina sugiere que la Sábana Santa tiene una antigüedad comprendida entre 1300 y 3000 años. Incluso admitiendo errores en las mediciones y en las estimaciones sobre las condiciones de almacenamiento, la tela es improbable que tenga una antigüedad inferior a los 840 años.

Un recubrimiento de goma/tinte/mordiente es fácil de observar en los hilos procedentes de las muestras de Raes y del radiocarbono. Ninguna otra parte de la Sábana Santa muestra un recubrimiento de este tipo. La temprana evolución térmica del furfural durante los análisis mediante pirolisis/espectrografía de masas, la relativamente fácil solubilidad en agua, el color amarillo que se forma con el yodo, y la fácil hidrólisis sugieren la presencia de goma arábica. La goma arábica se obtiene de la *acacia Senegal* y está compuesta de unidades de sacarosa-pentosano. Su presencia como uno de los componentes principales en los recubrimientos de las muestras procedentes de Raes y del radiocarbono no resulta sorprendente, porque ha sido desde hace tiempo un medio utilizado en las pinturas al temple. La muestra obtenida para radiocarbono había sido teñida. El teñido probablemente se hizo de forma intencionada sobre material de sustitución prístino para igualar el color de la tela más antigua de color sepia. La goma tiene

probablemente la misma antigüedad que el hilo procedente de la muestra Raes y del radiocarbono, y no debería tener ninguna influencia en la determinación de la edad. En cualquier caso, esta goma soluble en agua, fácilmente hidrolizada habría sido retirada por completo por los procedimientos de limpieza utilizados en las muestras extraídas para la datación [1].

El tinte encontrado en la muestra para radiocarbono no se utilizó en Europa antes del año 1291 DC, y su uso no se hizo común hasta 100 años más tarde [6]. Las pruebas combinadas de la cinética química, química analítica, contenido en algodón y pirolisis/espectrografía de masas demuestran que el material obtenido de la zona donde se obtuvo la muestra para radiocarbono es significativamente diferente del material procedente del cuerpo principal de la tela. Por tanto, la muestra obtenida para radiocarbono no formaba parte de la tela original y no es válida para determinar la antigüedad de la Sábana Santa. Debido a que las condiciones de almacenamiento a lo largo de los siglos son desconocidas, una determinación más exacta de la antigüedad de la tela precisará de nuevos análisis mediante radiocarbono, con varias muestras totalmente caracterizadas y cuidadosamente preparadas.

Una cantidad significativa de celulosa carbonizada se retiró durante la restauración de la Sábana Santa en el año 2002 [10]. Se guardó material procedente de diversas zonas chamuscadas en contenedores separados. El carbón elemental se podría limpiar por completo en ácido nítrico concentrado, eliminando de esta manera todo tipo de trazas de fibras foráneas, el sebo procedente del prolongado manoseo de la tela, y el timol absorbido procedente de un desgraciado procedimiento de esterilización del relicario efectuado en 1988. Además, las muestras separadas proporcionarían un “grupo” de fechas, algo que siempre constituye un procedimiento deseable en arqueología. Se debería efectuar un nuevo análisis mediante radiocarbono sobre el material carbonizado conservado tras la restauración efectuada en el año 2002.

Agradecimientos

Deseo mostrar mi agradecimiento a Barrie Schwartz, fotógrafo documentalista del equipo STURP, por su experta ayuda para la preparación de las figuras. Ninguna parte de este trabajo ha sido financiada por ningún organismo del Gobierno de los Estados Unidos o cualquier otra organización financiera. Todo el trabajo de microscopio y de química húmeda se llevó a cabo en el laboratorio personal del autor.

Referencias

- [1] P.E. Damon, D.J. Donahue, B.H. Gore, A.L. Hatheway, A.J.T. Jull, T.W. Linick, P.J. Sercel, L.J. Toolin, C.R. Bronk, E.T. Hall, R.E.M. Hedges, R. Housley, I.A. Law, C. Perry, G. Bonani, S. Trumbore, W. Woefli, J.C. Ambers, S.G.E. Bowman, M.N. Leese y M.S. Tite, revista *Nature* núm. **337** (1989), págs. 611-615.
- [2] L.A. Schwalbe y R.N. Rogers, *Anal. Chim. Acta* núm. **135** (1982), págs. 3-49. [Síntesis | Síntesis + Referencias](#) | [PDF \(4081 K\)](#)
- [3] E.J. Jumper, A.D. Adler, J.P. Jackson, S.F. Pellicori, J.H. Heller y J.R. Druzik, *ACS Adv. Chem. Archaeol. Chem. III* **205** (1984), págs. 447-476.
- [4] G. Raes, *Rivista Diocesana Torinese* (1976), págs. 79-83.
- [5] R. Gilbert Jr. y M. Gilbert, *Appl. Opt.* **19** (1980), págs. 1930-1936.
- [6] B. Hochberg, *Handspinner's Handbook*, Windham Center, Norwalk, CT (1980), págs. 1-4.
- [7] A.D. Adler, R. Selzer, F. DeBlase, In: D. Crispino (Ed.), *The Orphaned Manuscript*, Effata Editrice, Via Tre Denti, 1-10060 Cantalupa, Torino, Italy, 2002, págs. 93-102.
- [8] M.S. Bendford, J.G. Marino, <http://www.shroud.com/pdfs/textevid.pdf>.
- [9] M.S. Bendford, J.G. Marino, <http://www.shroud.com/pdfs/histsupt.pdf>.
- [10] G. Ghiberti, *Sindone le immagini 2002*, Opera Diocesana Preservazione Fede – Buona Stampa Corso Matteotti, 11-10121 Torino.
-

[Thermochemica Acta](#)

[Volume 425, Números 1-2](#), 20 de enero de 2005, Páginas 189-194