



LA FÍSICA Y LA SÁBANA SANTA DE TURÍN

Un modelo de la Sábana Santa y del cadáver envuelto en ella ha sido introducido en el programa de cálculo MCNP (Monte Carlo Neutron Particle) que realiza análisis de flujo de neutrones. Esta insospechada implicación de la física nuclear en este tema supuestamente devocional se deriva de la datación por Carbono 14 del lienzo de Turín que obtuvo una fecha medieval entrando notablemente en conflicto con la muerte por crucifixión de la víctima representada en el mismo. Algunos de los intentos de explicación toman argumentos de la física neutrónica. La formación de la enigmática imagen que presenta, también utiliza en algunos casos fenómenos físicos como radiaciones de partículas atómicas o láseres. Una parte importante de esos análisis son presentados en este artículo.

INTRODUCCIÓN

Puede creerse que el lienzo conocido como Sábana Santa de Turín no es más que un tema religioso. Sin embargo, se afirma que es el objeto arqueológico más estudiado de la Historia. Y probablemente sea verdad. Entre los estudios y análisis que se le han aplicado, hay varios del dominio químico y físico e incluso en particular del dominio de la Física Nuclear. Se comienza con una descripción del lienzo que incluye datos generales, y después se orienta el artículo a los temas más relacionados con esta última disciplina aunque no sean siempre los que acaparen el mayor consenso entre los especialistas.

PRESENTACIÓN DE LA SÁBANA SANTA O SÍNDONE

Descripción

Según la tradición, la Sábana Santa es una reliquia de Cristo también conocida por el término griego "Síndone" que es como se llama a la mortaja de Jesucristo en los evangelios originales en ese idioma. La Síndone es un lienzo de lino custodiado en Turín. Tiene 442,5 cm de largo por 113,7 cm de ancho (Figura 1). La Sábana Santa de Turín tiene una "enigmática" imagen de un cuerpo humano y sangre humana del tipo AB en muchos puntos de su silueta. Hay algunos aspectos de la Sábana que no tienen una explicación consensuada por la comunidad de investigadores. Pero, salvo raras excepciones, se acepta generalmente que este gran lienzo se utilizó como mortaja de un verdadero cadáver que

había sufrido la pena de flagelación y de crucifixión hasta la muerte, ambos castigos típicos del estilo romano de hace veinte siglos [1]. La reconstrucción de cómo se utilizó para amortajar sería como sigue: la mitad de los más de 4 m de sábana se extendió sobre la losa sepulcral y sobre esa mitad se depositó el cadáver boca arriba con los pies cerca del borde y la cabeza hacia el medio. De esta forma, la parte posterior del difunto estaba en contacto con esa mitad de la sábana. La otra mitad del lienzo se pasó por encima de la cabeza del cadáver hasta llegar a los pies y cubrir la parte frontal. Así, una mitad del lienzo se correspondía con el dorso del difunto y la otra mitad con el frente del mismo.

En la Síndone destacan además unas grandes quemaduras cuyo origen es bien conocido pues fueron provocadas en el incendio de Chambery de 1532. Sin embargo, aún persiste para la Ciencia el misterio de la imagen que presenta. No hay consenso sobre su mecanismo de formación. La imagen, a diferencia de la sangre, no está formada por ninguna sustancia añadida al lienzo. Puede afirmarse con certeza científica que NO es el resultado de una pintura, calco, difuminado, etc. ni tampoco una fotografía o sus residuos. La abrumadora mayoría de los análisis en directo realizados en 1978 por un equipo interdisciplinar y multinacional conocido por STURP (*Shroud of TURin Research Project*) y los llevados a cabo posteriormente en el laboratorio han descartado esas posibilidades y han sido publicados en las revistas científicas especializadas [2].



CÉSAR BARTA GIL

Equipo de Investigación del Centro Español de Sindonología (EDICES).

IBERESPACIO.

Ingeniero de ensayos.

PHYSICS AND SHROUD OF TURIN

A model of the Shroud and body wrapped in it has been introduced in the MCNP (Monte Carlo Neutron Particle) software that performs neutron flux analysis. This unexpected involvement of nuclear physics in this supposedly devotional issue is derived from the carbon-14 dating of the Shroud of Turin which obtained a medieval date notably in conflict with the crucifixion of the victim represented in it. Some of the explanation attempts take arguments of neutron physics. The formation of its enigmatic image also uses in some cases physical phenomena as atomic particle radiation or lasers. An important part of these analysis are presented in this article.



Figura 1. Síndone de Turín con la imagen anterior y posterior de un crucificado.

Los intentos de reproducción han sido todos fallidos y en todos se adivinan los trazos de la mano del hombre. Si la Sábana de Turín fuese pintura no habría quedado la menor duda tras la investigación de 1978.

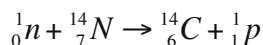
Reseña histórica

En los evangelios sinópticos se menciona la Síndone. También se menciona en los evangelios apócrifos. A la Síndone se le puede seguir la pista sin lugar a dudas desde el presente y en forma retrospectiva hasta su aparición en el pueblo de Lirey en Francia hacia mitad del siglo XIV. De su existencia anterior hay indicios más o menos consistentes como la mención de su veneración en Constantinopla en la época del saqueo (1204) y su representación en el códice Pray [3] antes de 1195. Para épocas anteriores, se piensa que era conocida como el Mandylion de Edesa venerado desde el siglo VI. Intentar falsificar la Síndone choca contra la falta de conocimiento, hasta época bastante reciente, de los procesos patológicos y los ritos funerarios judíos puestos en juego.

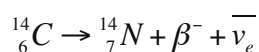
SÍNDONE Y FÍSICA NUCLEAR

La datación por carbono 14

La Sábana Santa de Turín fue datada por el método del Carbono 14 en 1988. Aunque no sea necesario, recordaré que el carbono 14 se produce continuamente en las capas altas de la atmósfera cuando el nitrógeno, es bombardeado por los neutrones originados por los rayos cósmicos.



Como este isótopo del carbono es radiactivo con una vida media establecida en 5730 años, desaparece de la atmósfera cuando se desintegra según la siguiente reacción:



Así se llega a un balance entre lo que se crea y lo que desaparece que da lugar a una cantidad de ^{14}C en la atmósfera bastante constante. Todo ser vegetal, incluido el lino con que se confeccionó la Síndone, respira CO_2 y lo incorpora a sus tejidos con una proporción del isótopo radiactivo muy próxima a la que hay en la atmósfera. Los demás seres vivos del reino animal, incorporan esa proporción a través de la cadena alimenticia. Pero cuando, fallecen o, en el caso de los cultivos, son recolectados, la tasa de ^{14}C ya no se renueva y empieza a decaer. La muerte del ser vivo se puede considerar como el tiempo cero que corresponde a la tasa de ^{14}C de la atmósfera. Conforme pasa el tiempo desde la defunción, la tasa disminuye. Midiendo el contenido de ^{14}C , se puede por tanto determinar la época en que el animal murió o el vegetal fue recolectado. Este es el principio de la datación por ^{14}C que se aplica actualmente en muestras pequeñas midiendo su contenido de ese isótopo con un acelerador de masas.

Los resultados de la datación de la Síndone fueron dados a conocer el 13 de octubre de 1988 por el cardenal Anastasio Ballestrero en conferencia de prensa en Turín. En este comunicado se anunciaba el carácter medieval de la Sábana Santa y se remitía la crítica del resultado a la misma ciencia. La compilación de las medidas y su evaluación estadística fue coordinada por el *British Museum* y publicada cuatro meses después [4]. En la medida intervinieron tres laboratorios y se analizaron simultáneamente otras tres muestras de control. Cada laboratorio dividió el retal de tejido recibido en tres, cuatro o cinco muestras dando lugar a un total de 49 medidas individuales.

Tal profusión de medidas, permite un análisis estadístico que evalúe la consistencia de los resultados. De he-

cho, el propio artículo de Nature aporta el test Chi-cuadrado (χ^2) y el nivel de significación, que es definido en el mismo artículo como la probabilidad de obtener por casualidad una dispersión entre las fechas de los tres laboratorios tan alta como la observada. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

La medida del Lienzo de Turín ofrece una singularidad con respecto a las otras tres. Lo que indica el análisis estadístico es que *la muestra de la Síndone no es homogénea*. Este resultado sólo se producía para la muestra de la Síndone pues las muestras de control pasaban correctamente el test. El resultado para las muestras de control concordaba bien con las fechas históricas. Esto prueba que el método del ^{14}C da buenos resultados para la "mayoría" de las muestras. Pero la muestra utilizada para datar la Sábana Santa era demasiado heterogénea y, por tanto, *la datación de la Sábana de Turín fue inconsistente* según los criterios utilizados habitualmente en estadística. Nunca se debería dar un veredicto definitivo y concluir su falsedad con un valor tan bajo del nivel de significación que indica la presencia de errores no aleatorios que han pasado desapercibidos. En definitiva, la heterogeneidad de la muestra de la Sábana Santa es un hecho constatado estadísticamente. Este resultado al menos debería haber puesto en cuarentena la datación de la misma y preguntarse el porqué de dicha heterogeneidad. La conclusión más ecuánime sería la indeterminación cautelara de aquella datación hasta tanto no se aclarase la anomalía. Mayormente, teniendo en cuenta que la descripción del objeto, sin indicios de falsificación, convergía con la mortaja de un crucificado ejecutado por los romanos y por tanto anacrónica en la Edad Media.

La evaluación de la fiabilidad de la datación por Carbono 14 desde el punto de vista de la Arqueología



muestra	1 (Síndone)	1 (Nubia)	1 (Cleopatra)	1 (L. d'Anjou)
Arizona (años)	646±31	927±32	1995±46	722±43
Oxford (años)	750±30	940±30	1980±35	755±30
Zurich (años)	676±24	941±23	1940±30	685±34
Antigüedad media (años)	689±16	937±16	1964±20	724±20
χ^2 chi cuadrado	6.4	0.1	1.3	2.4
Nivel de significación (%)	5	90	50	30

Tabla 1. (Nature 16-2-1989).

Isótopo padre	Abundancia natural (%)	Sección eficaz de captura de neutrones (barns)	Isótopo hijo	Vida media (años)	Proporción predicha padre/hijo
^{13}C	1.11	0.0009	^{14}C	5730	1.2×10^{-10}
^{35}Cl	75.77	43	^{36}Cl	3.0×10^5	8×10^{-7}
^{40}Ca	96.94	0.40	^{41}Ca	1.0×10^5	8×10^{-9}

Proporción prevista padre/hijo (columna derecha) para un tejido nuevo irradiado con 2×10^{16} neutrones/cm². Para $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$, la proporción es aproximadamente un 17% superior a la natural [6].

Tabla 2. Propiedades de isótopos padre/hijo.

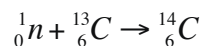
demuestra que, si bien el método de datación del Carbono 14 es un método útil para esa disciplina, no es infalible y no debería determinar una investigación arqueológica cuando su resultado discrepa del resto de evidencias [5].

En los años posteriores a la datación se han ido proponiendo distintas posibles causas para esta excesiva variación en la composición del tejido. Aquí sólo nos limitamos a mencionarlos por no ser objetivo de este artículo. La heterogeneidad sería lógica si el retal de Síndone analizado proviniese de un remiendo, o de una zona del tejido con un distinto grado de contaminación o combustión o irradiada irregularmente. Ninguna de las propuestas ha alcanzado, por el momento, un amplio consenso. El tema sigue abierto.

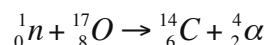
En lo que sigue y dada la orientación de la revista Nuclear España, desarrollaremos la causa de irradiación por improbable que parezca a primera vista.

El resultado obtenido en la datación de la Síndone implica que hay aproximadamente un 17% más de carbono 14 que el esperado si el lino con que se tejió fuese de la época de Cristo. La física actual conoce el mecanismo de producción de ese isótopo basado en el bombardeo de neutrones sobre materia biológica. Desde el mismo momento de conocerse el resultado, ya se aventuró la posibilidad de que el lienzo hubiese

sido enriquecido en ^{14}C a consecuencia del bombardeo de neutrones. En el mismo número de Nature en que se publicaban los resultados de la datación, Thomas J. Phillips del laboratorio de Altas Energías de la Universidad americana de Harvard, proponía diversas reacciones neutrónicas que podrían haber alterado el contenido de ^{14}C del lienzo [6]. Decía que el isótopo 14 podría haberse generado desde el isótopo ^{13}C por captura de un neutrón térmico.



Y calculaba que un flujo de 2×10^{16} neutrones cm⁻² sería el necesario para aumentar la cantidad de ^{14}C del tejido de forma que si tuviese 1950 años de antigüedad contuviese la cantidad del mismo isótopo pero correspondiente a sólo 670 años. Posteriormente se analizaron con más detalle las reacciones que generan ^{14}C a partir de los elementos presentes en el tejido y se determinó que la fuente principal sería el nitrógeno que típicamente está presente entorno a un 0.1% por las impurezas y es notablemente más eficaz para la captura de neutrones. Otra contribución no despreciable [7] es:



Aunque el porcentaje de ^{17}O en la naturaleza es sólo del 0.037%, su sección eficaz de captura de neutrones es mayor que la del ^{13}C y contribuye

cuatro veces más a la creación de ^{14}C que el isótopo 13 del carbono. En definitiva, el flujo de neutrones necesario para el rejuvenecimiento "carbónico" es menor que el propuesto por Phillips.

La objeción inmediata que le plantearon a Phillips fue preguntar por el origen de la supuesta fuente de neutrones. Personalmente tuve esa experiencia cuando me entrevisté con el doctor Hans-Arno Synal, actual responsable del laboratorio de datación de Zurich que participó en la medida de la Síndone en el 1988. Al preguntarle por las consecuencias del bombardeo neutrónico, inmediatamente se cuestionó de dónde saldrían los neutrones. Pero en cuanto le dije que esa no era la pregunta sino si cabría detectar algún efecto de una irradiación neutrónica distinto del aumento de ^{14}C , se concentró en la búsqueda de otros isótopos presentes en el tejido que transmutasen y al mismo tiempo fuesen suficientemente estables. Ese es el enfoque que proponía Phillips en su contribución de Nature donde identificaba el cloro 35 y el calcio 40 como posibles indicadores de tal irradiación según se indica en la Tabla 2.

Según se aprecia en la Tabla 2, el elemento con mayor tasa de variación sería el ^{35}Cl y sólo en menos de una millonésima. Se comprende la dificultad de la comprobación que no se ha llevado a cabo por el momento. Lo único que se ha comprobado es que efectivamente al irradiar un tejido con neutrones aumenta considerablemente la tasa de ^{14}C y bastaría con un flujo de 9×10^{12} neutrones/cm² [8] para que el tejido rejuveneciese en 1300 años "carbónicos"

Además Arthur Lind [9] ha comprobado que el carbono 14 generado queda integrado en la estructura celulósica y no es eliminado por los métodos de limpieza de los laboratorios. Pero lo más interesante del experimento de Lind es que la distribución de las impurezas con nitrógeno es suficientemente heterogénea como para justificar las diferencias encontradas en las muestras de la Síndone enviadas a los laboratorios del carbono.

Una investigación de tal heterogeneidad iba a deparar sorpresas. El análisis más detallado [10] muestra una correlación entre la edad radio-carbónica y la zona geométrica de donde provenía la muestra: resultaba más moderna cuanto más cerca del cuerpo estaba la muestra (Figura 2). A partir de esta



constatación, Bob Rucker ha dado un paso más. Él es ingeniero nuclear con 38 años de experiencia que ha trabajado en el sector para General Atomics de San Diego y para el DOE (Department of Energy). Rucker ha utilizado el programa MCNP (Monte Carlo Neutron Particle) desarrollado por el Laboratorio Nacional de los Álamos y que realiza análisis de flujo de neutrones. Lo ha aplicado al caso de la Síndone introduciendo en el código el modelo de un cuerpo yacente que emite neutrones estando envuelto en un lienzo con las dimensiones de la Sábana de Turín [11]. Concluye que 3.04×10^{18} neutrones térmicos son necesarios para aumentar un 16% el contenido de ^{14}C y, por tanto, rejuvenecer la edad radio-carbónica desde el 30 AD al 1260 AD. Esa cantidad de neutrones es una fracción minúscula de la cantidad de neutrones del cuerpo humano, aproximadamente una fracción del 1.5×10^{-10} . Pero lo más persuasivo de su modelo es la consecuencia sobre la heterogeneidad de contenido en ^{14}C que tendría la esquina de donde se cortó la muestra. El gradiente va en el sentido que se determinó para las muestras datadas y se corresponde cuantitativamente bien con la diferencia de fechas hallada por los tres laboratorios implicados.

Para confirmar la irradiación de la Sábana Santa por neutrones emanados desde el cuerpo no hace falta por tanto medir variaciones insignificantes de las proporciones de los isótopos indicados como el ^{35}Cl . Bastaría con datar un pequeño retal de la zona central del lienzo y comprobar si contiene más ^{14}C que cualquier muestra biológica contemporánea. Aplicando la fórmula estándar para el cálculo de la época del objeto datado, el resultado pertenece al lejano futuro (Figura 3). Otra prueba alternativa tiene que ver con una costura que tiene la Síndone a lo largo de su longitud. El hilo utilizado para esa costura no habría estado presente en el sepulcro y no se habría afectado por la hipotética irradiación proveniente del cadáver. Si se datase el hilo, debería de dar la fecha de cuando se cosió, que, muy probablemente se hizo antes del rango de fechas dado por el radiocarbono, entrando en contradicción con el mismo [12].

No quiero dejar de destacar la aportación de otro físico español,

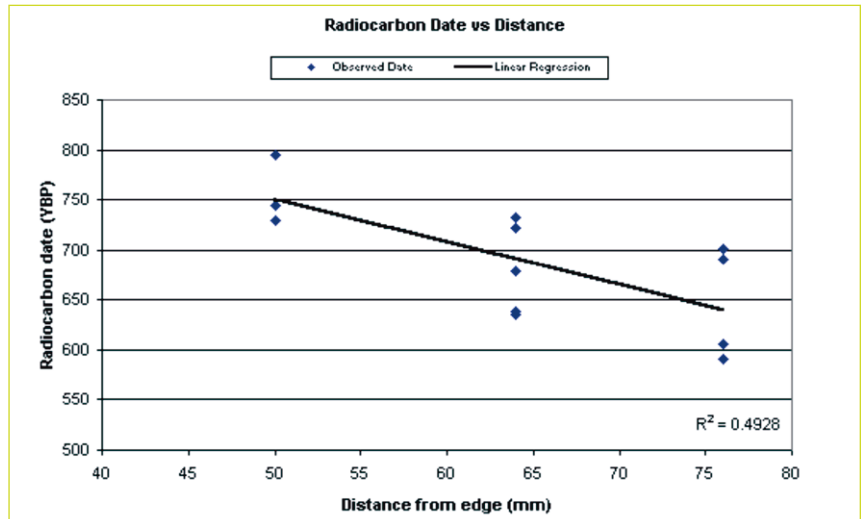


Figura 2. Correlación entre la edad radio-carbónica y la posición de la muestra con respecto al borde.

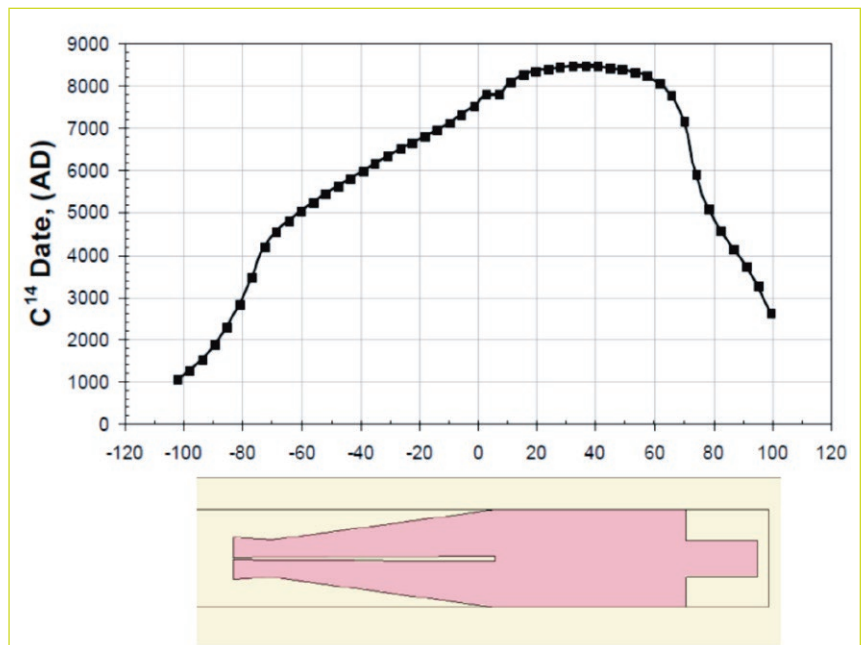
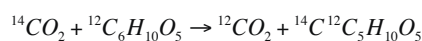


Figura 3. Gráfica de la datación radio-carbónica que tendría cada parte de la Síndone que quedó debajo del cuerpo a lo largo de su longitud comparado con la posición del cuerpo. La parte de los pies tendría un gradiente similar al encontrado en la muestra datada.

Francisco Alconchel, profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid que desarrolló el marco teórico para un posible intercambio isotópico favorecido por el incendio que sufrió la Sábana Santa en 1532 en la que estuvo expuesta a unos 200 °C durante una media hora. Alconchel propone el siguiente intercambio isotópico entre el dióxido de carbono de la atmósfera y la celulosa del lino [15]:



Su conclusión es que la teoría predice que el incendio de 1532 pudo afectar en más de 1400 años en la edad radio-carbónica.

También se han comunicado los resultados experimentales de los efectos del calor sobre la datación. Y, yendo un paso más allá, la combinación de irradiación con neutrones más posterior calentamiento. Moroni y colaboradores [16], tomaron una muestra de una momia de Lyma de antes de Cristo y la radiaron en el reactor nuclear de la Universidad Luis Pasteur de Estrasburgo con un flujo integrado



de 1.16×10^{13} neutrones/cm². Una parte la mandaron a datar al laboratorio de Toronto y otra parte la recalentaron posteriormente simulando las condiciones del incendio de 1532 para mandarla también a datar después al mismo laboratorio. La primera resultó rejuvenecida en sólo unos 360 años, mientras la segunda, que combinaba los dos efectos de calor y radiación, rejuveneció mas de 1100 años.

Hasta aquí la implicación de la física nuclear en la datación de la Sábana Santa. Pero no se puede terminar el tema sin mencionar que se ha realizado una datación alternativa basada en la espectroscopía infrarroja (FTIR) y Raman. Giulio Fanti, de la universidad de Padua, ha calibrado la variación del espectro infrarrojo y Raman de piezas de lino en función de su antigüedad [13]. La precisión del método es bastante peor que la del carbono 14 pues tiene asociada una incertidumbre de unos 220 años frente a los 30 años que asociaban los laboratorios a su radio-datación. Pero dada la discrepancia de 1300 años entre la época esperada y la hallada por el ¹⁴C, es suficiente para confirmar o negar lo hallado por el método preciso. Pues bien, la aplicación de FTIR y Raman a la datación de la Síndone obtiene resultados compatibles con la época de Cristo e incompatibles con la obtenida por el radiocarbono [14].

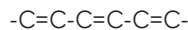
FTIR 300 a.C. ±400 años (95 % de nivel de confianza).

Raman 200 a.C ±500 años (95 % de nivel de confianza).

La formación de la imagen

Las tenues huellas impresas en la Sábana Santa que permiten vislumbrar la figura anterior y posterior de un hombre crucificado son el mayor enigma de este singular objeto. Desde que Jumper y Jackson descubrieron la tridimensionalidad de esta imagen, se planteó la hipótesis de que dicha imagen fuese producida por algún tipo de radiación proveniente del cuerpo. Pero para poder mantener este argumento era necesario concretar. Lo primero es describir con cierto detalle las características de esta imagen. La definición de sus características es el resultado de una batería de análisis llevados a cabo en directo y en laboratorio y que incluyen: espectrometría en el visible, ultravioleta e infrarroja (3-5 µm y 8-14 µm), reflectografía infrarroja, espectrometría de fluorescencia de Rayos X y Raman, radiografía, termo-

grafía, análisis bioquímicos y pirolisis. Hay que empezar por aclarar que la imagen no está formada por ninguna sustancia añadida al lienzo después de su fabricación. No hay pintura, ni compuestos químicos, como por ejemplo óxido de hierro, correlacionados con la imagen. No hay bordes en el contorno sino que se difumina paulatinamente sin poder determinar el final exacto de la impronta. Sólo se distingue por el lado que estuvo en contacto con el cadáver, se observa por luz reflejada pero desaparece al trasluz (iluminación transmitida). Estas dos últimas características la diferencian de las manchas de sangre que traspasan el tejido y se distinguen al trasluz como era de esperar. Una singular característica de la imagen es su "tridimensionalidad". Se denomina así a la relación que hay entre la intensidad de la imagen y la distancia que habría entre la piel del cadáver y el tejido. Así, la cuenca de los ojos distaría algunos milímetros del tejido y la imagen que dejó es tenue si la comparamos con la que dejó la punta de la nariz que estaría en contacto con el tejido. Sin embargo, el hecho de que haya imagen donde no hubo contacto implica que el agente reactivo actuaba a distancia. La imagen se corresponde con una degradación de las fibras vegetales que constituyen el tejido y que reduce su brillo. Las fibras de lino que en número de un centenar componen cada hilo, presentan una oxidación que en los términos mas precisos se describe como el enlace doble conjugado entre los carbonos de la celulosa que tiene un carácter cromóforo:



Pero no todas las fibras de los hilos que forman la imagen presentan esa coloración. Al mirar los hilos al microscopio se observa que sólo unas cuantas fibras de la superficie del hilo que estaba orientada hacia el cuerpo están afectadas. Las fibras de la cara opuesta del hilo presentan el brillo nominal. Y además, la alteración cromófora se limita a la capa más superficial de la fibra. La imagen sólo afecta a la parte más externa de la fibra de unas 0.2 µm llamada Pared Celular Primaria (PCW, por sus siglas en Inglés) compuesta mayormente por hemicelulosa. El interior de la fibra de unas 12 µm de diámetro llamada Pared Celular Secundaria (SCW de por sus siglas en Inglés) no está coloreado [17]. Por lo tanto, de haber tenido la imagen su origen en una radiación, está debe ser muy poco penetrante.

Los rayos γ y los neutrones hay que descartarlos de entre las radiaciones conocidas ya que atraviesan fácilmente el espesor del lienzo y tendrían que haber dejado imagen por ambas caras del tejido. De hecho se ha comprobado experimentalmente que la radiación γ del ⁶⁰Co no deja huella [18]. No vamos a detenernos en distintas hipótesis meramente teóricas o no suficientemente comprobadas con experimentos como son las que proponen la radiación alfa, o los electrones [19] o los protones [20]. Las objeciones son el corto recorrido medio de las partículas alfa en el aire que no alcanzarían ciertas zonas del lienzo por estar separadas o la excesiva penetración de los electrones estimada en un máximo de 125 µm [19]. Respecto a los protones, Rinaudo [21] irradió tejidos de lino con dichas partículas de 1.4 MeV obtenidos con un acelerador del Centro de Estudios Nucleares de Grenoble. Para lograr el tono oportuno de la imagen conjuntamente con el del fondo tuvo primero que disminuir enormemente la dosis de protones hasta una intensidad de radiación de 1.6×10^{12} protones/cm² de forma que la parte del tejido recién irradiada no aparecía coloreada a simple vista con respecto a la parte no irradiada. Sólo después de someter la muestra parcialmente irradiada al envejecimiento simulado aparecía una imagen similar a la de la Síndone. Presentaba varias características coincidentes con las de la imagen de la de Turín: al igual que aquella, resultaba producto de una oxidación ácida y deshidratante de la celulosa, era superficial y aparecía resaltada cuando se iluminaba con luz de Wood. Pero no reproducía en su totalidad las características físico-químicas de la señal de la Síndone [22].

También se ha querido explicar con un efecto de descarga eléctrica de corona habiéndose probado con un montaje experimental sin demasiado éxito [23].

Hasta ahora, la mejor aproximación la ha conseguido Paolo di Lazzaro y su equipo del ENEA (Centro de Investigación de Frascati) que obtiene imagen con láseres ultravioletas de longitud de onda, intensidades y tiempos de exposición de estrecho rango [24]. Emplearon un láser de argón-flúor (ArF) de longitud de onda de 0.193 µm que emite pulsos de brevísima duración: 12 ns con una repetición de uno por segundo (1 Hz). Encontraron que la coloración y demás propiedades de la impronta produci-



da dependían de la energía acumulada en la zona irradiada y para ello analizaron los resultados para distinto número de pulsos consecutivos acumulados. No valían ni longitudes de onda más largas, ni intensidades de pulso mayores ni duración del pulso prolongada. La imagen aparecía cuando la energía acumulada superaba los 22 J/cm², se obtenían el tono amarillento con unos 200 pulsos que acumulaban 25–27 J/cm² (Figura 4) y el tejido se destruía para más de 51 J/cm². Esta radiación se absorbe preferentemente por los enlaces alquenos (-C=C-) y carbonilo cetona (-C=O) que abundan en la capa primaria de la celulosa y la hemicelulosa que forman el lino y provoca la creación de nuevos grupos de esta naturaleza dando lugar al amarilleado del tejido. Se reproducen la tonalidad de color, la profundidad de penetración y la inhibición de la fluorescencia entre otras. Puede decirse que la luz ultravioleta podría haber jugado un papel en la generación de la imagen corporal de la Síndone. Pero los autores no están proponiendo que la imagen de la Sábana Santa se produjo por una batería de 10.000 láseres actuando simultáneamente.

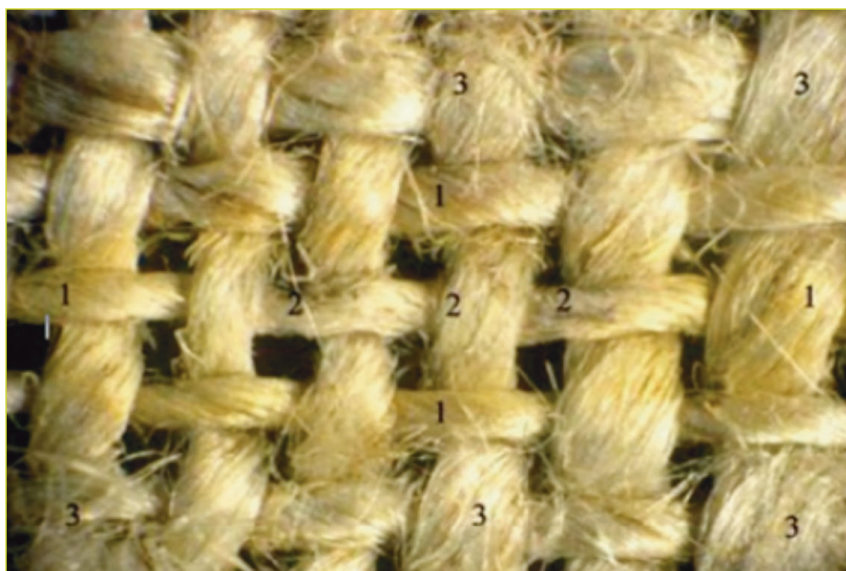


Figura 4. Impronta producida por el láser a distintas energías. (1) La zona de color, (2) Área de ablación, y (3) La zona irradiada por debajo del umbral de la coloración © Paolo Di Lazzaro [24].

Aunque las características se reproduzcan a escala microscópica hay otros problemas no resueltos como la de que cualquier radiación se emite en principio en todas direcciones y, sin embargo, la imagen de la Síndone

está ausente en los laterales del cuerpo como si el agente reactivo tuviese un carácter vertical.

No se puede decir que la imagen de la Sábana Santa haya podido explicarse al día de hoy. ■

- [1]. Rodríguez Almenar, J. M. et al. La Síndone de Turín: Estudios y Aportaciones. Valencia. CES. 1998.
- [2]. Fanti G., Schwartz B., Accetta A., Botella J. A.4, Buenaobra B. J., Carreira M. et al. (24 autores): "Evidences for Testing Hypotheses about the Body Image Formation of the Turin Shroud". En: The Third Dallas International Conference on the Shroud of Turin. Dallas, Texas, 2005 September 8-11. <http://www.shroud.com/pdfs/doclist.pdf>
- [3]. Lejeune, J. "Etude topologique des Suaires de Turin, de Lier et de Pray". En: L'Identification Scientifique de l'Homme du Linceul Jesus de Nazareth: Actes de Symposium Scientifique International, Rome 1993, Upinsky, A.A., ed., CIELT, François-Xavier de Guibert. Paris: 1995, pp. 103-109.
- [4]. Damon, P. E. Donahue, D. J. Gore, B. H. Hatheway, A. L. Jull, A. J. T. Linick T. W. et al. Radiocarbon Dating the Shroud of Turin. Nature (1989) Vol. 337 n° 6208 16 February 1989 p 610-615
- [5]. Barta C. Datación del Sudario de Oviedo. En: Oviedo Relicario de la Cristiandad. II Congreso del Sudario de Oviedo. 2007 13–15 abril. Oviedo. Asturias, España.
- [6]. Phillips. T. J. Shroud irradiated with neutrons? Nature Vol. 337 n° 6208 16 February 1989 p 594
- [7]. Kessler G. Nuclear Fission Reactor, Springer Verlag, Wien, New York 1983
- [8]. Rinaudo, J.B. La Lettre Mensuelle du C.I.E.L.T. n.54, Junio 94
- [9]. Lind A.C., Antonacci M., Fanti G., Elmore D. Guthrie J.M. Production of Radiocarbon by Neutron Radiation on Linen. Proceedings of the International Workshop on Scientific Approach to the Acheiropietos Images. ENEA Frascati. 2010.
- [10]. Walsh B. The 1988 Shroud of Turin Radiocarbon Test Reconsidered. Proceedings of the 1999 Shroud of Turin International Research Conference Richmond, Virginia USA. B, Walsh Ed., Glen Allen VA Magisterium Press 1999 pp. 326–342.
- [11]. Rucker R. A. MCNP Analysis of Neutrons Released from Jesus' Body in the Resurrection. Conferencia "Shroud of Turin: The Controversial Intersection of Faith and Science". St Louis. October 9-12, 2014. www.stlouishroudconference.com
- [12]. Barta C. Le Pli Primitif. Revue Internationale du Linceul de Turin. N.33/34. p4-10.
- [13]. Fanti G., Baraldi P., Basso R., Tinti A. Non-destructive dating of ancient flax textiles by means of vibrational spectroscopy. Vibrational Spectroscopy. 67, 2013
- [14]. Fanti G. Gaeta S. Il mistero della Sindone. Ed Rizzoli. 2013. p88-94.
- [15]. Alconchel-Pecino F. A possible hypothesis for correcting the radiocarbon age of the Shroud of Turin. Scientific Research and Essays Vol. 7(29), pp. 2624-2640, 30 July, 2012.
- [16]. Moroni M. Barbesino F. Bettinelli M. Analisi radiocarbonica e datazione della Sindone di Torino. I Congresso Internazionale - II Congresso Brasileiro Sobre O Santo Sudario. 27 – 29 de junho de 2002. Rio Janeiro - Brasil
- [17]. Fanti G. Optical features of flax fibers coming from the Turin Shroud. Workshop on Advances in the Turin Shroud Investigation (ATSI) Bari. 2014
- [18]. Baima Bollone citado por Igartua J.M. La Sábana Santa es Auténtica. Ed. Mensajero 1995. p.254
- [19]. Lindner E. Hypothèse expliquant la formation de toutes les traces dans le Linceul de Turin. En L'identification scientifique de l'Homme du Linceul: Jésus de Nazareth, Symposium de Rome 1993 - O.E.I.L.F.-X. de Guibert, Paris 1995 pp. 285-291.
- [20]. Rinaudo, J.B. En Actes du Symposium Scientifique International. Paris. Septiembree 1989. O.E.I.L.F.-X. de Guibert, Paris 1990
- [21]. Rinaudo, J.B. Nouveau mécanisme de formation de l'image sur le Linceul de Turin, ayant pu entraîner une fausse radiodatation médiévale En L'identification scientifique de l'Homme du Linceul: Jésus de Nazareth, Symposium de Rome 1993 - O.E.I.L.F.-X. de Guibert, Paris 1995, pp. 293-299
- [22]. Rogers, R. Chemist's Perspective on the Shroud of Turin. 2008.Ed. Barrie Schwartz
- [23]. Fanti G. Lattarulo F. Pesavento G. Experimental Results Using Corona Discharge to Attempt to Reproduce the Turin Shroud Image. Workshop on Advances in the Turin Shroud Investigation (ATSI) Bari. 2014
- [24]. P. Di Lazzaro, D. Murra, E. Nichelatti, A Santoni, G. Baldacchini, "Superficial and Shroud-like coloration of linen by short laser pulses in the vacuum ultraviolet" Applied Optics, vol. 51, pp. 8567-8578 (2012). <http://www.opticsinfobase.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-51-36-8567>