


Caracterización de materiales en fotografías a la albúmina del álbum de memorias de Calouste Sarkis Gulbenkian

Caracterização material de fotografias em albumina no álbum de memórias de Calouste Sarkis Gulbenkian

Materials characterization of albumen prints from Calouste Gulbenkian's memories album

ALBA GUERRERO ^{1*} 
JOANA SILVA ² 

1. Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, 1 30800 Lorca Murcia, España

2. NEON Art Conservation, Madan Parque, Rua dos Inventores, 2825-182 Caparica, Portugal

**alba.guerrero@um.es*

Resumen

La presente investigación recoge los resultados del proceso de caracterización y análisis científico aplicado sobre un álbum de memorias con fotografías a la albúmina de finales del siglo XIX del coleccionista de arte Calouste Sarkis Gulbenkian. El estudio se ha realizado a través de diferentes técnicas analíticas como microscopia óptica (MO), micro-fluorescencia de rayos X combinada con energía dispersiva (ED-XRF), espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR), micro-espectroscopia Raman (μ -Raman) y micro-espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (μ -FTIR). El uso de diferentes técnicas complementarias ha permitido obtener información importante sobre este álbum así como el reconocimiento de los componentes orgánicos e inorgánicos de las fotografías, su estado de conservación, su manufactura y una aproximación a la datación histórica y compilación del objeto en cuestión.

Resumo

A presente investigação reúne os resultados do processo de caracterização e análise científica realizada a um álbum de memórias com fotografias em albumina dos finais do século XIX, pertencente ao colecionador de arte Calouste Sarkis Gulbenkian. O estudo baseou-se em diferentes técnicas analíticas, tais como a microscopia ótica (MO), a micro-fluorescência de raios X com energia dispersiva (ED-XRF), a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier em modo de refletância total atenuada (ATR-FTIR), a micro-espectroscopia Raman (μ -Raman) e a micro-espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (μ -FTIR). O uso destas diferentes técnicas, complementares, permitiu obter informação importante sobre este álbum, tendo-se identificado alguns compostos orgânicos e inorgânicos presentes nas fotografias e o seu estado de conservação, recolhido dados sobre a sua manufactura e tendo-se feito uma aproximação à sua datação histórica.

Abstract

The present investigation gathers the results of the characterization and scientific analysis of a memories album with albumen prints from the end of the 19th century, belonging to the art collector Calouste Sarkis Gulbenkian. The study has focused on different analytical techniques, such as optical microscopy (OM), energy dispersive X-ray micro-fluorescence (ED-XRF), Fourier transform infrared spectroscopy with attenuated total reflectance (ATR-FTIR), Raman microspectroscopy (μ -Raman) and Fourier transform infrared microspectroscopy (μ -FTIR). The use of these different and complementary techniques allowed us to collect important information about this album, namely some organic and inorganic components present in the photographic prints and its conservation condition, data about its manufacture and to make an approximation to its historical dating.

PALABRAS-CLAVE

Albúminas
Álbum
Calouste Gulbenkian
ED-XRF
FTIR
Raman

PALAVRAS-CHAVE

Albuminas
Álbum
Calouste Gulbenkian
ED-XRF
FTIR
Raman

KEYWORDS

Albumen prints
Album
Calouste Gulbenkian
ED-XRF
FTIR
Raman

Introducción

Calouste Sarkis Gulbenkian (1869-1955) fue un empresario y coleccionista de arte de origen armenio pionero en el sector del petróleo en Oriente y Europa. Además de ser un gran filántropo y una persona hábil y astuta en los negocios, también estaba muy concienciado con las causas sociales y la cultura en general. Su interés por el arte se manifiesta desde su juventud temprana y es a partir de finales del siglo XIX cuando comienza a reunir una importante selección de antigüedades y obras de arte con las que se introduce en el estudio del patrimonio histórico-artístico y el coleccionismo. Tras su muerte su legado permanecerá en Portugal, el país que acogerá su última residencia y en donde se creará la Fundación Calouste Gulbenkian para continuar con las voluntades que dejará en testamento. Así, su colección de arte consta de unos 6440 objetos de diversas tipologías entre los que se encuentran obras de pintura y escultura de grandes maestros como Van Dyck, Rembrandt, Rubens, Rodin, Monet y Renoir, entre otros; y de objetos y antigüedades desde la época de Mesopotamia hasta prácticamente el siglo XX. Otra de sus grandes pasiones fueron los libros, y de esta pasión bibliófila y su interés por documentarse sobre arte y cultura destaca también su gran biblioteca y patrimonio documental. Este otro corpus está compuesto por elementos como libros de coleccionista, ediciones limitadas, catálogos sobre geografía, historia y museos, ilustraciones, postales y guías de viaje [1].

Dentro de este abundante acervo documental que también reúne en vida, el patrimonio fotográfico del coleccionista ha sido menos estudiado y es menos conocido que el artístico. La mayor parte de objetos relacionados con la fotografía se conservan en la sede principal de la Fundación en Lisboa. Entre la variedad de materiales fotográficos que Gulbenkian recopiló desde su juventud, existen múltiples elementos que van desde el último tercio del siglo XIX hasta mediados de la década de 1950: álbumes, libros ilustrados, fotografías, reproducciones de arte y algunos artefactos como una cámara y un estereoscopio-grafoscopio.

El caso de estudio propuesto fue desarrollado dentro del proyecto de conservación e investigación de estos fondos fotográficos [2]. Se trata de uno de sus álbumes de memorias, con temáticas relacionadas con el viaje y el turismo cultural en auge a finales del siglo XIX. Las fotografías que lo componen muestran una serie de imágenes de Europa, Medio Oriente y el Cáucaso relacionadas con el arte, el patrimonio cultural, etnográfico e industrial de estos lugares que el coleccionista visitará o por los que se interesaría en determinado momento [3]. El ejemplar pertenece al Archivo de la Fundación Calouste Gulbenkian, que junto al resto de sus documentos personales el propio coleccionista llevó consigo hasta su última residencia en el desaparecido Hotel Aviz de Lisboa.

Este álbum de memorias consta de 116 copias, aparentemente a la albúmina. El proceso de copias fotográficas a la albúmina sobre papel fue presentado por primera vez en 1850 por Blanquart-Evrard en la Academia Francesa de Ciencias, y tuvo su auge desde 1855 hasta 1900 [4]. Las fotografías a la albúmina fueron el proceso dominante durante la segunda mitad del siglo XIX. La evolución de la industria, que se iba adaptando a las necesidades de los procesos y de los fotógrafos, también contribuyó a este crecimiento. En cuanto a su materialidad, se compone básicamente de dos capas: un soporte de papel y una emulsión fotosensible de aglutinante de albúmina con una sal de plata o haluro, el cloruro de plata (AgCl). Por su fragilidad, estas solían montarse en soportes secundarios de cartón o en álbumes debido al poco espesor del papel utilizado y su tendencia a curvarse [5].

Con respecto al soporte y al papel fotográfico utilizado, en los inicios del proceso el recubrimiento de albúmina se hacía de forma artesanal y a partir de la década de 1860 aparecen los primeros papeles industriales [6]. Posteriormente, en el proceso de manufactura de los papeles los fabricantes comerciales añadieron la posibilidad de realizar un doble recubrimiento o doble albuminado para aportar más brillo, así como la tinción de la albúmina con colorantes y anilinas que aportaban color al papel y la imagen, publicitándose entre otros nombres como “papeles doble albuminados esmalte”. Estos colores se utilizaron para dar una tonalidad

generalizada y modificar el aspecto, pero sobre todo para contrarrestar el amarilleamiento de las copias [4, 7-8]. Los más utilizados fueron el azul, el rosa pálido y el malva. Para realizar una copia positiva a la albúmina primeramente se cubría el papel con clara de huevo que había sido batida, reposada y mezclada con cloruro de sodio o amonio y ácido acético [9]. Una vez seco, el papel se sumergía en un baño de nitrato de plata y después se secaba. Así, el soporte quedaba sensibilizado y el positivo se obtenía por ennegrecimiento directo al “copiarse” la imagen en el papel por contacto con el negativo expuesto a la luz durante varios minutos. Una vez que la copia positiva había sido procesada a través del fijado, aclarado y lavado, era habitual dar un baño de virado. El viraje incluía un segundo procesado, comúnmente realizado con metales nobles como oro, platino y paladio, aunque hay gran variedad de fórmulas que empleaban otros agentes químicos, por ejemplo, el azufre. Además de modificar e intensificar los tonos de la imagen la protegía y mejoraba su estabilidad, pues los compuestos y metales que se empleaban eran menos susceptibles al deterioro que la plata. También fue común el bruñido de la copia para dar un acabado brillante y el uso de barnices y otros recubrimientos o pigmentos para su coloreado.

La caracterización de materiales y los estudios sobre ciencias del patrimonio aplicados a la fotografía, dada la novedad de esta especialidad con respecto a otras disciplinas, son menos frecuentes. Sin embargo, en los últimos años, la conservación del patrimonio fotográfico está experimentando un notable auge y un creciente número de investigaciones en el ámbito científico. Desde su corta historia, los estudios más relevantes acerca de las copias fotográficas a la albúmina fueron los desarrollados a finales de 1980 por James Reilly [6, 10-11], a través del George Eastman Museum y el Image Permanence Institute, y en la década de 1990 por Messier y Vitale [12-13]. Actualmente, existen investigaciones importantes desde instituciones norteamericanas como el Getty Conservation Institute, de la mano de científicos como Stulik y Kaplan que han aportado a las investigaciones espectros de referencia sobre la composición de estos materiales y su datación estimada [7, 14-15] y otros estudios más recientes de autores que han aplicado diferentes técnicas analíticas para la caracterización y el diagnóstico en albúminas de colecciones patrimoniales [16-19], obteniendo resultados prometedores y desarrollando metodologías eficaces para la identificación de capas y componentes [20-21].

Al igual que en otras áreas del patrimonio, las técnicas más utilizadas en fotografía son la micro-fluorescencia de rayos X y la espectroscopia de infrarrojo. La micro-fluorescencia de rayos X es una técnica de análisis que tiene muchas ventajas en el estudio de fotografías ya que es no destructiva, sin contacto, rápida, puede realizarse in situ y aporta gran precisión [22]. Este sistema realiza un análisis multi-elemental simultáneo en el rango del Na (11) hasta U (92), permitiendo detectar principalmente materiales y compuestos inorgánicos [23-24]. Cuando la fluorescencia se combina con energía dispersiva de rayos X se adquiere una mayor precisión [25]. Los resultados permiten determinar parte de la composición y alteraciones: metales formadores de la imagen, agentes viradores, aditivos, componentes de los papeles, etc. [26]. Así, es posible conocer los elementos químicos presentes tanto en el soporte como en la emulsión fotográfica [27]. La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier se utiliza principalmente para identificar compuestos orgánicos. Para el análisis se requiere una micromuestra (micro-espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier) o el modo de Reflectancia Total Atenuada (ATR), por el cual es posible analizar un objeto sin necesidad de muestreo por contacto directo del aparato con la zona a analizar [23]. Este análisis permite obtener información relevante, particularmente en la caracterización de aglutinantes, barnices o capas, y otros compuestos como sustancias colorantes [19, 23]. Raman es una técnica ampliamente utilizada en patrimonio para caracterizar e identificar pigmentos, compuestos orgánicos e inorgánicos [28]. También es usado como método complementario, para tratar de completar la información recogida con la espectroscopia de infrarrojo. En fotografías, es un tipo de análisis menos explorado pero que está aportando buenos resultados a las investigaciones como complemento a otros instrumentos para la caracterización [28-29].

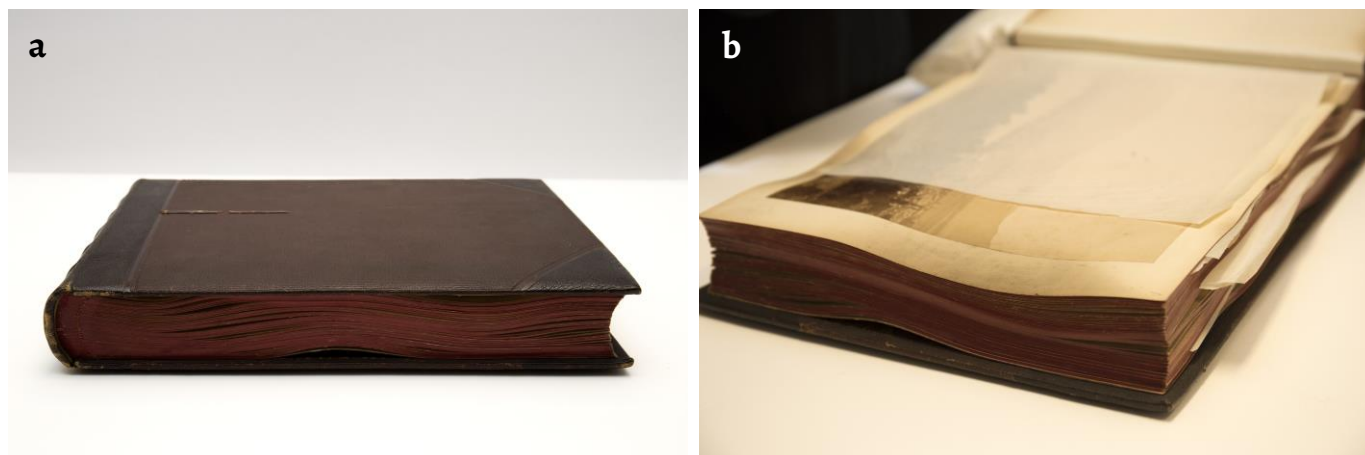


Figura 1. Vista general del álbum de memorias de Calouste Gulbenkian. En A, encuadernación y álbum cerrado, 26 × 35 × 7 cm. En B, álbum abierto mostrando el interior del objeto y el estado de conservación. Fotografías: M. De Sousa, I. Domingues – Fundação Calouste Gulbenkian.

Acerca del caso de estudio concreto, no había apenas documentación histórica sobre el álbum en cuestión, por lo que tampoco existían referencias de que el objeto hubiera sido investigado o restaurado con anterioridad. A continuación, puede observarse el álbum en su estado original, previo al diagnóstico (Figura 1). En el marco de un proyecto para su conservación, investigación y puesta en valor, se llevaron a cabo estos análisis científicos para la caracterización y obtención de información acerca de datos histórico-artísticos, técnicas, materiales, procedimientos y estado de las fotografías que lo componen. Para ello, se recurrió al uso de microscopía óptica (MO), micro-fluorescencia de rayos X combinada con energía dispersiva (ED-XRF), espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR), micro-espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (μ -FTIR) micro-espectroscopia Raman (μ -Raman).






Materiales y métodos

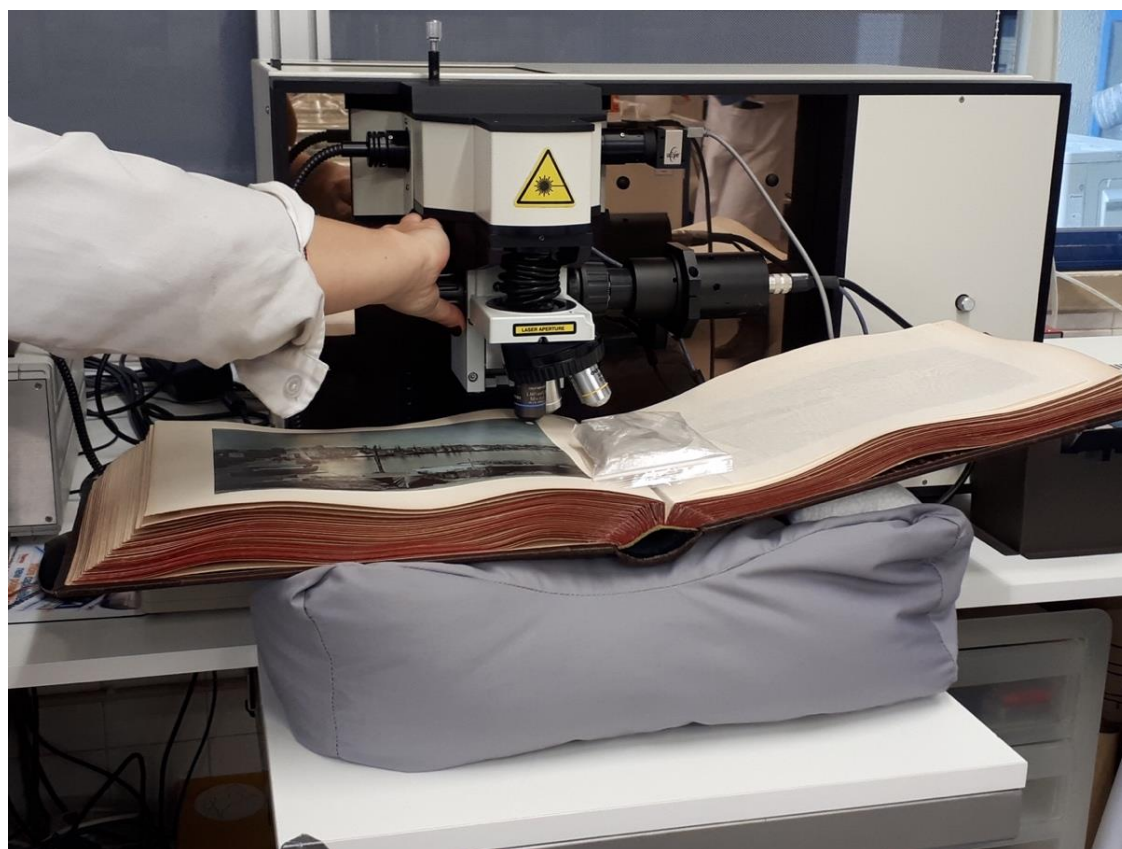
Muestreo

Para la caracterización del álbum se realizó una selección de 5 fotografías -nº 8, 9 15, 49 y 62- en base a criterios fundamentados en las características de estas: tonalidades que hacían pensar en la posibilidad de virados, posibles colorantes o tintes en algunos papeles fotográficos, imágenes de conocidos fotógrafos de la época y estado de conservación (Tabla 1).

Además, se intentó que las muestras representasen a nivel de iconografía los distintos escenarios históricos y geográficos empleados para la compilación del álbum, tratando de dar presencia a ejemplos de fotografía europea, oriental y caucásica. Al mismo tiempo esta selección, limitada en cuanto al número de fotografías a analizar, también se realizó teniendo en cuenta problemáticas específicas como el tamaño del objeto en relación con el tamaño de los equipos a utilizar y las restricciones temporales relativas al periodo de permanencia de los álbumes en los laboratorios. La propia estructura del objeto no permitía el análisis en cualquier página puesto que en algunos casos era físicamente imposible y complejo realizar la caracterización con los aparatos de instrumentación científica *in situ*, al ser un ejemplar demasiado grande (Figura 2). Estos condicionantes fueron tenidos en cuenta en la fase de muestreo y selección de las fotografías que serían parte del estudio. Con todo ello, se asume que la muestra no es representativa del álbum pero los análisis han permitido llegar a algunas conclusiones sobre las características y la materialidad del objeto y las fotografías que lo componen.

Tabla 1. Cuadro de fotografías seleccionadas para muestreo y análisis.

Muestra fotografía	Medidas	Autor	Título y lugar	Breve descripción y observaciones
Foto n° 8 	25×20 cm	Atribuída a F. Orden (Ф.Орден.1897)	“Abazin woman” (título atribuido en otras colecciones)	Imagen que, aunque ligeramente amarilleada, posee estabilidad. Valorar la posibilidad de virado fotográfico y estudiar su morfología y superficie.
Foto n° 9 	22×27 cm	Atribuída a D. Ermakov	Zona Transcaucasia. Tiflis (Georgia)	Papel con ligera tonalidad rosada apreciable en zonas de luz, con marca de agua B.F.K. Rives. Valorar la posibilidad de papel pre-tintado albuminado de manufactura o algún virado.
Foto n° 15 	18,5×24 cm	Desconocido	Vistas de Bakú	Imagen amarilleada por envejecimiento de albúmina, con un papel con ligera coloración. Se necesita comparar con otras que aparenten presentar colorantes o tintes.
Foto n° 49 	20×25 cm	Edizioni Brogi	“MILANO. La Cattedrale”	Gulbenkian tuvo contacto con el estudio de Brogi hacia 1900. En este caso, la fotografía presentaba una tonalidad malva y púrpura que podría deberse a un virado y/o a un papel albuminado pre-tintado.
Foto n° 62 	19×26 cm	Desconocido	Desconocido	Ejemplar singular en el álbum, ya que está coloreada para aparentar un efecto nocturno, con un colorante azul. Es necesario conocer el colorante y su estabilidad para determinar su sensibilidad y mejorar sus condiciones de conservación.


Figura 2. Álbum siendo preparado para el análisis con μ -Raman en una fotografía coloreada. Fotografía: A. Guerrero.

Técnicas analíticas

Para la investigación de las fotografías de este ejemplar, tan representativo y singular para la institución a la que pertenece, se llevaron a cabo los diferentes métodos de análisis científico mencionados, empleados frecuentemente en patrimonio cultural y fotográfico: espectroscopia ED - μ XRF, ATR-FTIR, μ -FTIR y μ -Raman. La caracterización previa con un microscopio óptico Zeiss Axioplan 2 Imaging con cámara de alta resolución posibilitó el estudio de la superficie del material y la obtención de microfotografías donde se puede observar el estado de la capa aglutinante y las fibras del papel soporte, de cara a la identificación y a un futuro diagnóstico de estado de conservación del ejemplar.

Con el objetivo de obtener información elemental, para el experimento se empleó un espectrómetro μ -FRX, ArtTAX EDXRF (Intax GmbH), equipado con ánodo de molibdeno (Mo), detector Xflash y con lente policapilar con resolución espacial de 70 μ m. Las condiciones de adquisición de los espectros fueron 600 μ A, 40 Kv, ~150 s., en atmósfera de helio. Se realizaron como mínimo tres puntos de análisis por cada imagen en diferentes localizaciones: en zonas de altas luces o densidad mínima - D_{min} , y en zonas de sombra o densidad máxima - D_{max} , con el fin de determinar los elementos presentes en la imagen y el soporte de las copias fotográficas. Para facilitar la lectura de los resultados, y dado que no se contaba con información relevante a partir de 10 KeV, solo se presentan en los espectros aquellos obtenidos en el rango espectral entre 1 y 12 KeV.

Para la identificación del aglutinante o capas utilizadas en estas fotografías, compuestos orgánicos y añadidos como colorantes y acabados, se realizó un análisis no destructivo con espectroscopia de infrarrojos por Transformada de Fourier en modo de Reflectancia Total Atenuada (ATR-FTIR). Esta técnica permite analizar un objeto sin necesidad de muestreo y, acoplado el objetivo ATR a un microscopio IR, se obtuvieron imágenes que revelaron información sobre la distribución de los grupos orgánicos, al asociar un color a cada banda de absorción característica [19]. Se utilizó un aparato portátil Agilent 4300 en modo ATR. Los espectros se adquirieron con una resolución de 8 cm^{-1} y 32 barridos antes de la transformada de Fourier. Se realizaron mediciones en diferentes zonas de cada fotografía, en D_{min} y D_{max} . Los resultados se compararon principalmente con los estudios publicados por los científicos del Getty Conservation Institute, Stulik y Kaplan [7, 14-15], cuyo riguroso método de investigación analítica sirvió de referencia a la hora de interpretar los espectros obtenidos en las fotografías analizadas del álbum de Calouste Gulbenkian.

Con el propósito de determinar su coloración, la fotografía nº 62 fue analizada por micro-espectroscopia de infrarrojos por Transformada de Fourier (μ -FTIR), utilizando un espectrómetro Nicolet Nexus. Se tomó una micromuestra de una fibra de papel, aparentemente coloreada, que fue comprimida y analizada en una celda de diamante. Los espectros se adquirieron en modo de transmitancia, empleando 64 barridos y 4 cm^{-1} de resolución. Para la identificación y comparación del resultado de la toma de muestra se recurrió a distintas bases de datos espectrales como la del Infrared and Raman User Group - IRUG [30], CAMEO Materials Database [31] y Colourlex [32].

Como método complementario, se realizaron análisis de espectroscopía μ -Raman para tratar de completar la información recogida con la espectroscopía de infrarrojo. En este caso se utilizó un aparato μ -Raman LabRam 300 Jobin-Yvon con microscopio confocal Olympus BX41 y láseres a 633 nm y 785 nm. Se emplearon diferentes condiciones de adquisición, variando el tamaño del área del láser incidente en las fotografías, el tiempo y el número de adquisiciones. El láser se centró en las capas de las diferentes fotografías, utilizando objetivos a 10 \times y 50 \times , tratando de averiguar cual permitía una mayor señal. Todos los espectros obtenidos con las diferentes técnicas son presentados sin correcciones.

Resultados y discusión

Las imágenes obtenidas con la microscopía permiten observar el sustrato de papel y evidencian la aplicación de la emulsión fotográfica directamente sobre las fibras, posibilitando el estudio de la superficie y su estado de conservación con mayor aumento (Figura 3). La microscopía corrobora que se trata de un proceso de dos capas -soporte y aglutinante sensibilizado- y se descarta la presencia de una tercera como la de sulfato de bario, presente en otros procedimientos fotográficos más modernos. Por otro lado, se han podido observar fisuras y diversos patrones de craquelado a nivel de la capa de albúmina. Referente al deterioro y el envejecimiento de este tipo de positivos fotográficos, las investigaciones de Mesier y Vitale ya señalaban hace unas décadas el origen de estas alteraciones que formaban patrones lineales y fractales, verificando la baja higroscopicidad del proceso [12-13]. De este modo, la naturaleza del aglutinante incide en que el exceso de humedad sea una de las principales causas de estas fracturas observadas en las albúminas, en donde el número de grietas puede aumentar cuando estas se someten a cambios bruscos de humedad o tratamientos acuosos [13].

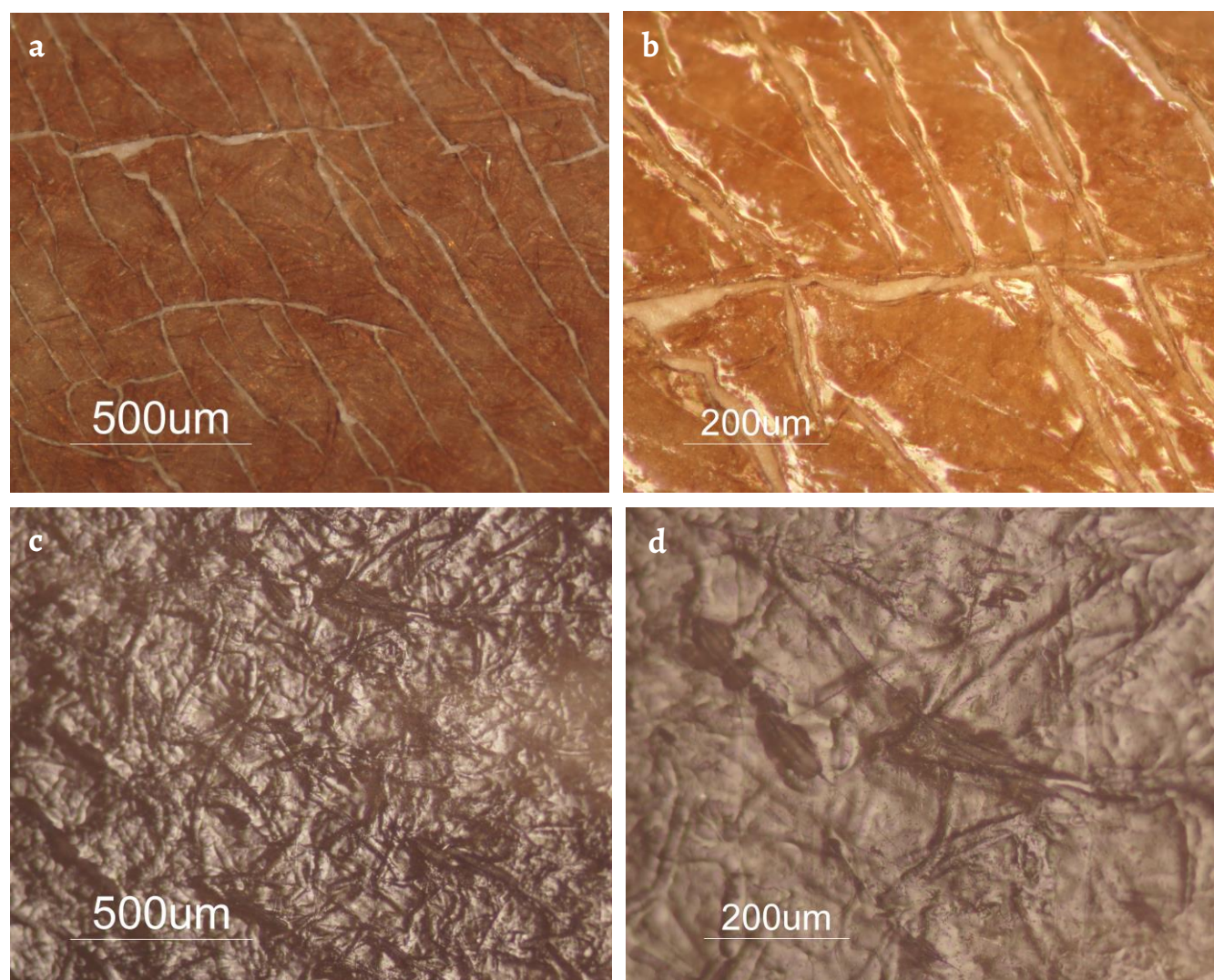


Figura 3. Imágenes de microscopio óptico tomadas en la fotografía n° 9: a) zona donde se aprecia el craquelado, con luz polarizada; b) patrón de craquelado a mayor aumento, con campo claro; c) y d) área donde se aprecia la morfología superficial y las fibras del papel de soporte, en campo oscuro.

La comparación de los espectros ED- μ FRX de una zona de densidad máxima de cada una de las fotografías (Figura 4), ha permitido verificar que los elementos formadores de la imagen en los materiales fotográficos suelen encontrarse en cantidades mas pequeñas a diferencia de los presentes en los soportes, los cuales se pueden apreciar en los picos mas intensos de Ca, Fe y Zn presentes en todas las muestras y asociados al papel junto con el Mn [15]. Como se evidencia en estos materiales, se constata que las zonas de altas luces o densidad mínima -D_{min}- están representadas por picos de menor intensidad, ya que presentan notablemente una menor cantidad de Ag que las de máxima densidad -D_{max}-. Esto es debido a que la plata se acumula y fija en las zonas más expuestas -las sombras- al igual que el resto de materiales formadores de la imagen [15-17]. En esta interpretación cualitativa también se hallaron metales como Au y otros componentes como S, Ca, Fe, Cu, Zn, Pb, Ba, Mn. En el caso del metal noble, dos de las muestras analizadas, la n° 15 y la n° 49, evidenciaron la presencia de este elemento empleado para el virado al cloruro de oro.

El azufre, componente que aparece también en todas las fotografías analizadas, puede atribuirse a varias causas: la sulfuración de la plata, la presencia en la albúmina de aminoácidos que contienen azufre o en la composición del soporte primario o secundario [33]. El zinc, aunque es un metal, no aparece en la fotografía como un elemento de la imagen o agente virador, sino que aparece en picos intensos como componente del soporte, ya que se empleaba para el blanqueamiento del papel en la época y también como pigmento blanco -ZnO- en algunos materiales tintados o colores para el retoque [34]. Otros elementos que pueden estar relacionados con la composición del papel como Ca, Cu, Mn, Pb, Fe, Zn se encuentran en una cantidad ligeramente mayor en las zonas de D_{min}, lo que podría determinar que pertenecen al soporte. La presencia de Mn y Fe en los espectros puede asociarse a otros componentes, cargas y colorantes de los soportes secundarios, al igual que Ca y Ba, o a impurezas como Pb [35]. La cantidad de Fe es semejante en casi todos los espectros, por lo que este parece estar relacionado con el sustrato del soporte y no con el medio empleado para el coloreado azul de la imagen.

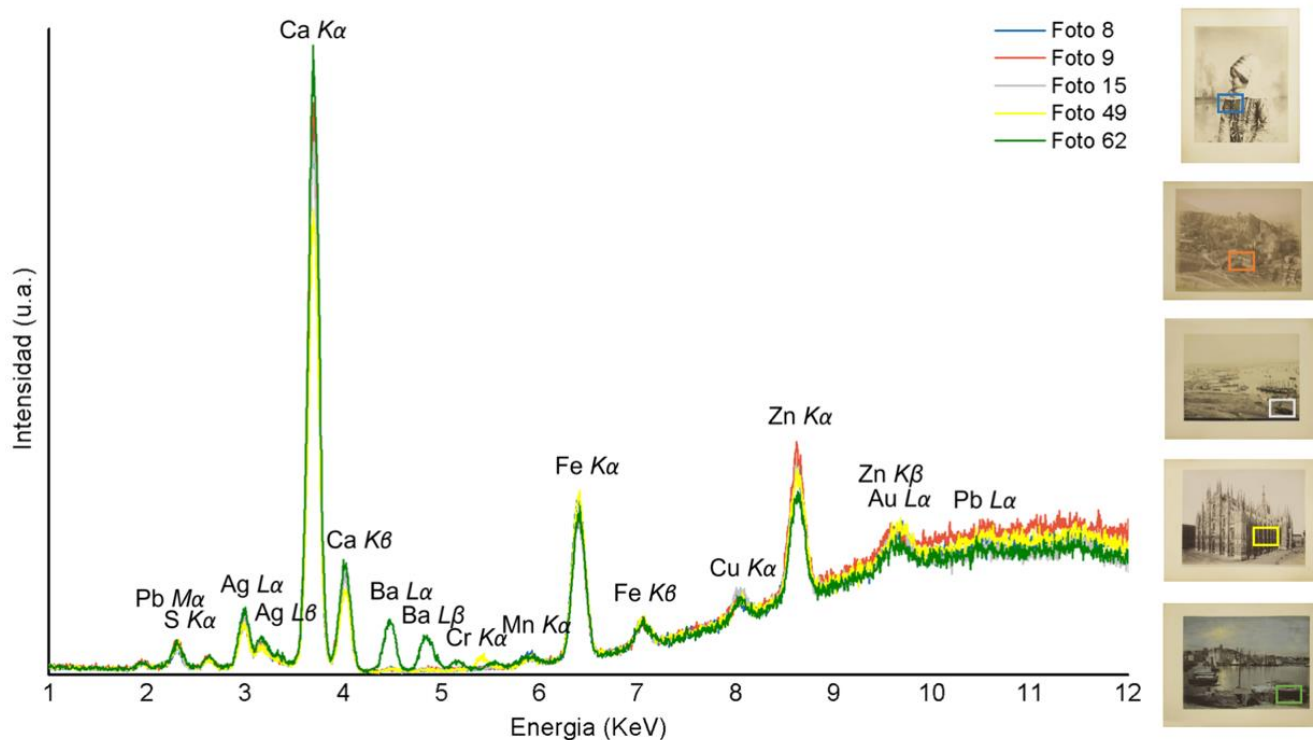


Figura 4. Espectro de ED-FRX de un área D_{max} de cada muestra analizada.

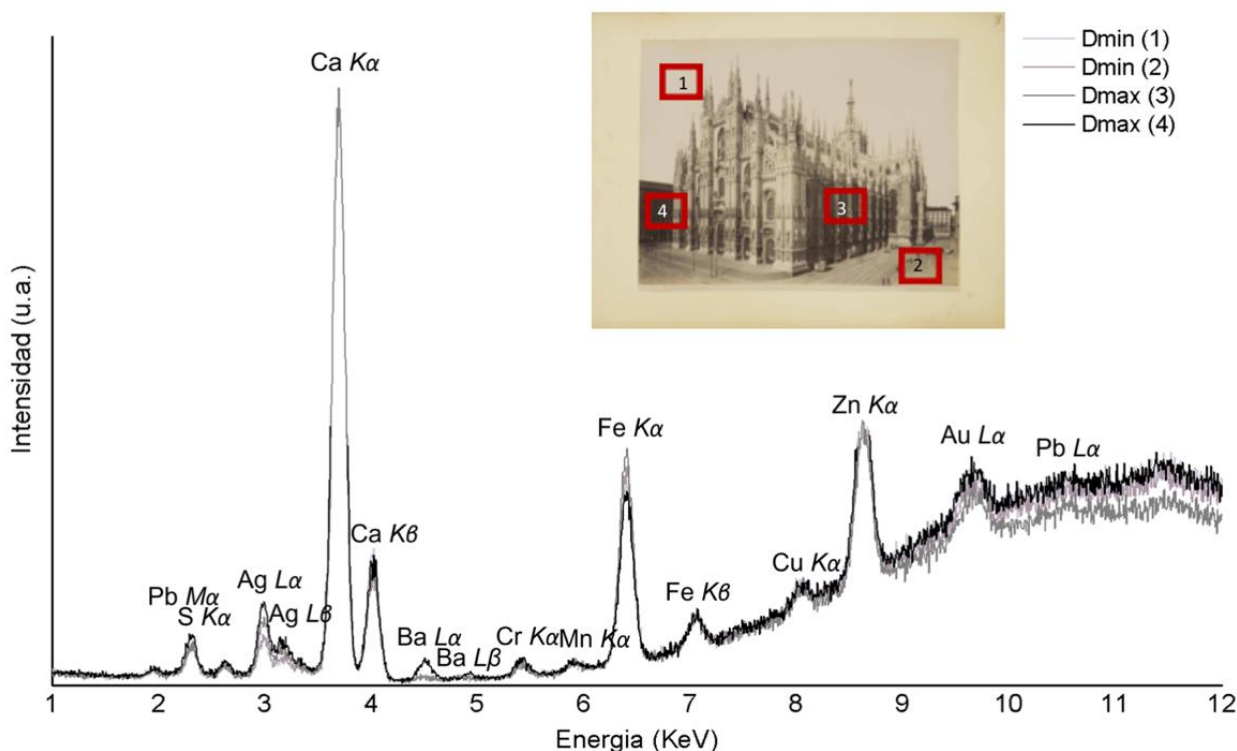


Figura 5. Espectro de ED-FRX de la fotografía n° 49 en áreas D_{min} y D_{max} .

La fotografía n° 49 mostró espectros y rasgos similares, aunque con algunas variaciones (Figura 5). En una cantidad pequeña, aparece representado en el espectro un pico de baja intensidad correspondiente a Au en las zonas de D_{max} , lo que corrobora que la imagen fue virada al oro, un proceso que resultó habitual en las albúminas a partir de la década de 1860 [36]. Los metales y elementos empleados como agentes viradores de las imágenes fotográficas aparecen en los análisis en cantidades muy pequeñas, ya que las proporciones empleadas en los baños de virado solían ser muy bajas, por lo que en ocasiones puede resultar difícil su detección [15, 36]. La tonalidad general de esta imagen es particular como consecuencia de los efectos del virado y, quizás, porque pudo ser realizada sobre un papel a la albúmina pre-tintado, matiz que puede apreciarse en zonas de altas luces en el color uniforme de la superficie ligeramente malva. Además, destaca la presencia de un elemento menos característico y que no está presente en las otras muestras, el Cr. Este es un elemento que en fotografías se encuentra en procesos a las sales de cromo, pero también como colorante en papeles, como componente de anilinas y en imágenes coloreadas a mano [14], por lo que su presencia podría deberse al uso de un papel a la albúmina tintado.

En la fotografía coloreada manualmente, la n° 62 del álbum, se aprecia un tono general azulado para recrear el ambiente de una escena nocturna, una técnica que utilizaron algunos fotógrafos ya en el siglo XIX. Su espectro presenta variaciones significativas en la cantidad y presencia de Ba, en donde este pico destaca con respecto al resto de fotografías, tal y como puede observarse en la comparativa realizada en una zona de D_{max} de cada una de las muestras –en verde- y en los espectros obtenidos de la propia fotografía en áreas de densidad mínima tomadas en el área de la luna –en amarillo-, del fondo azul y en una zona de sombra o densidad máxima (Figura 6).

Sin embargo, este pico no es muy pronunciado, por lo que el bario aparece en pequeña cantidad y no se puede asociar a una capa preparatoria de sulfato de bario o barita en el papel fotográfico, porque de ser así el pico en el espectro sería más intenso y podría ir acompañado de otros elementos como el estroncio. En este caso, su presencia podría justificarse en un papel

de manufactura diferente al resto presentándose como componente, carga o blanqueante en el sustrato, o bien, como parte del medio empleado para la coloración de la fotografía. De este modo, existe la probabilidad de que el pigmento, tinte o anilina azul pudiese contener este elemento en su composición. Algunos pigmentos inorgánicos, como el blanco de bario -BaSO₄-, además de uso como cargas en papeles se han empleado también en mezclas con otros colores para producir tintes o para mejorar las propiedades de trabajo de la tinta. Incluso en la fabricación de lacas también se ha usado como sustrato para precipitar colorantes [17], lo que nos acercaría a la hipótesis de que el sistema de color aplicado fuese una laca o anilina y no un pigmento.

Otro elemento a destacar, el Cr, se encuentra de forma excepcional en la fotografía n° 49 y podría ser indicador de un tinte malva en el papel albuminado con cromo en su composición, pues muchos de los colorantes y anilinas sintéticas producidas a partir de mediados del siglo XIX empleaban agentes químicos como dicromato de potasio y óxidos de cromo [37-38].

En los análisis ATR-FTIR realizados en diferentes zonas en D_{min} y D_{max} se detectó la presencia de un medio aglutinante proteico que puede identificarse mediante el pico espectral del grupo Amida I, a ~1632 cm⁻¹ y el pico de Amida II, alrededor de ~1518 cm⁻¹ (Figura 7).

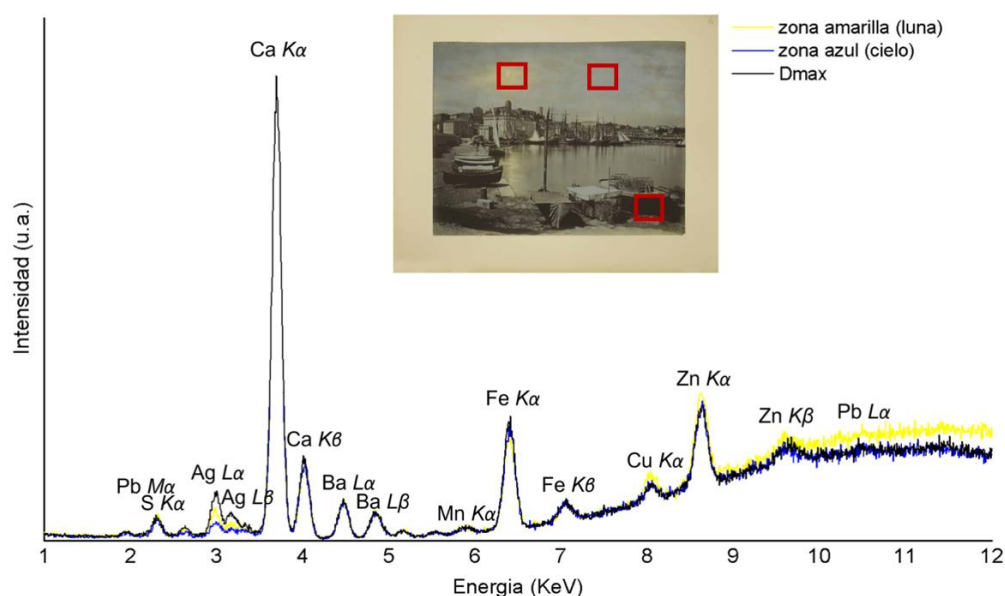


Figura 6. Espectro de ED-FRX de un área D_{max} de cada muestra analizada.

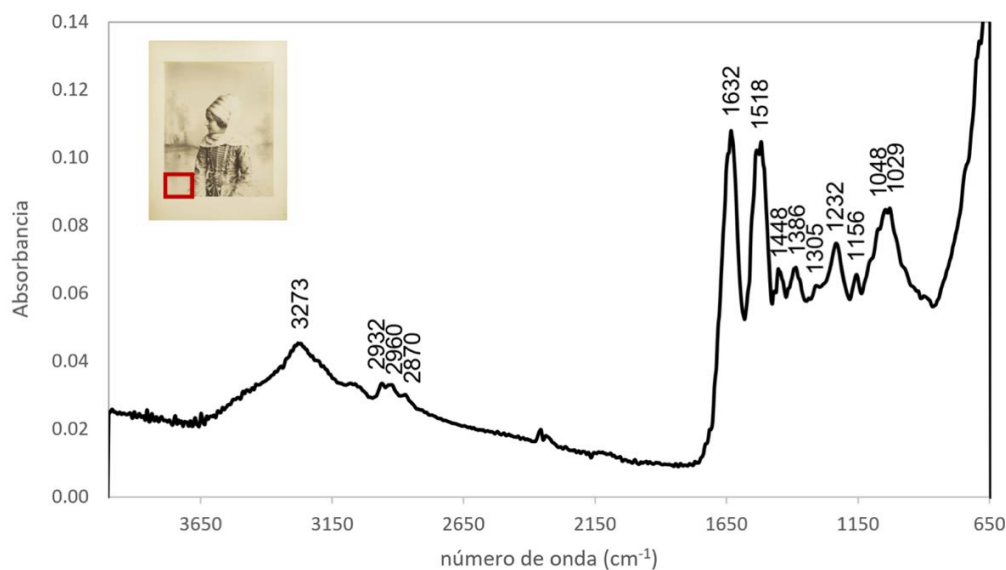


Figura 7. Espectro de ATR-FTIR de la fotografía n° 8.

Estos dos picos espectrales son característicos de varias proteínas diferentes, como la gelatina, la albúmina o la caseína y es posible diferenciarlas e identificarlas si se presta atención al número de picos y a su intensidad. En albúminas se deben tener en cuenta las regiones espectrales entre 1450 y 1800 cm^{-1} [20]. En este caso, los espectros obtenidos mostraban dos picos comunes de este proceso de aproximadamente la misma intensidad, a 1448 y 1386 cm^{-1} , confirmando el uso del mismo para el procesado de las imágenes del álbum. Así, los resultados al análisis proporcionaron información sobre el material orgánico principal del que se compone el proceso, el aglutinante de albúmina, cuya lectura espectral y detección en todas las muestras señalan su indudable presencia.

La similitud obtenida en todos los casos comparados concluye sin encontrar variaciones significativas entre sus picos espectrales (Figura 8), pudiendo señalar probablemente que todas las fotografías son de la misma época o de décadas consecutivas, ya que no se han encontrado tampoco otras variantes del proceso. Siguiendo el método de interpretación propuesto por Stulik y Kaplan [7, 15], y prestando atención a los picos espectrales correspondientes al sustrato celulósico alrededor de 1020 cm^{-1} , la fotografía más antigua podría ser la nº 15 que muestra la bahía de la ciudad de Bakú. Su espectro es el que posee un pico más intenso en este rango y, por lo tanto, la señal de la celulosa se muestra con mayor intensidad y menos enmascarada por el aglutinante. Esta diferencia con el resto determinaría que su capa de albúmina es la más delgada, característica propia de épocas más tempranas del proceso. Del mismo modo, la capa de albúmina de mayor grosor sería la de la fotografía nº 9, característica de aquellos papeles más industrializados, los doblemente albuminados y los pre-tintados.

El objetivo del análisis Raman en las fotografías era la detección de pigmentos, tintes y colorantes en soportes y fotografías para complementar los resultados tras la caracterización previa mediante ATR-FTIR y ED- μ FRX. Sin embargo, la complejidad, estado de conservación y tamaño del objeto fueron motivo de limitaciones a la hora de obtener resultados. En las fotografías nº 8, 9, 15 y 49 no fue posible obtener buenos espectros con μ -Raman. Esto pudo ocurrir por varias causas: la topografía superficial irregular, el deterioro dimensional de las páginas, interferencias creadas por la fluorescencia y envejecimiento del propio aglutinante, escasa cantidad de materia diluida empleada para el tintado [21], y otros condicionantes mencionados en cuanto al tamaño y manejo del álbum con el equipo utilizado, ya que solo se alcanzaban áreas de margen y resultaba complejo obtener espectros de otras zonas centrales. En este caso solo se consiguió un espectro que aportase información relevante de la fotografía nº 62. Se obtuvo un espectro en un área cercana al margen superior de la imagen, en un punto en el que se detectó una micro laguna en la emulsión, utilizando el láser a 785 nm para la excitación de bandas.

Por otro lado, en la espectroscopía μ -Raman, los pigmentos pueden encontrarse por debajo de la detección límite de la técnica cuando están mezclados con otros elementos como materiales orgánicos, lo que podría generar algunos problemas para determinar la composición exacta [10-11, 29]. La estructura del álbum y el deterioro físico de las páginas, con una ondulación y deformación apreciable, no permitían que la superficie a analizar quedase completamente plana sin forzar la encuadernación, dificultando esto el enfoque del microscopio y del laser incidente, además de crear algunas interferencias que daban lugar a espectros muy pobres. También, el tamaño del objeto limitó los puntos de análisis con esta y otras técnicas, siendo solo posible en ocasiones acoplarlo en áreas de márgenes inferiores y superiores.

Los picos más relevantes obtenidos con Raman tras el análisis en la zona mencionada se encuentran en el espectro cercanos a 230, 250, 480, 590, 680, 750, 950, 1100, 1130, 1339, 1450, 1528 cm^{-1} . El espectro obtenido ofreció una fiabilidad alta con la ftalocianina azul. Sus bandas características surgen a un desplazamiento de $\sim 300 \mu\text{m}$ y su intensidad aumenta hasta su compensación, cerca de 800 μm [39], cuyo rango coincidiría con los picos más pronunciados, entre 600 y 800 μm (Figura 9).

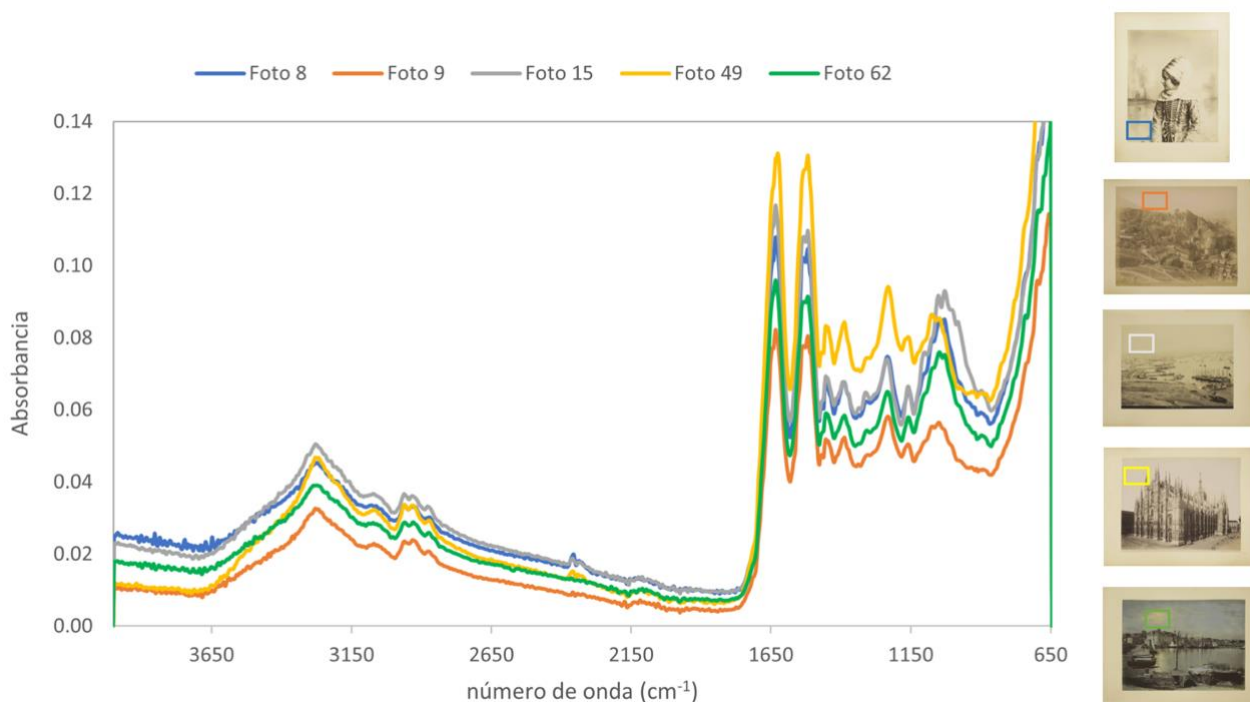


Figura 8. Comparativa de espectros de ATR-FTIR de cada una de las muestras analizadas.

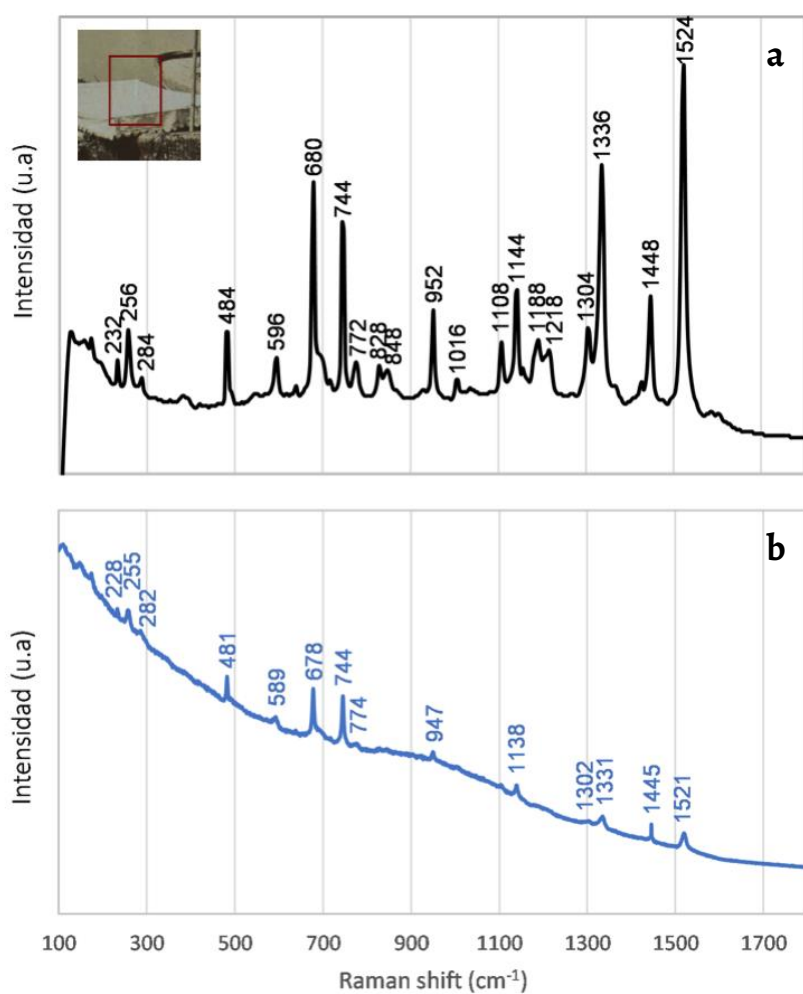


Figura 9. Comparativa de espectros Raman: a) detalle de zona analizada con coloración azul en la fotografía n° 62 junto a espectro; b) referencia del azul de ftalocianina.

La ftalocianina es un colorante sintético cuyo elemento principal es el cobre, inventado a comienzos del siglo XX pero comercializado a partir de la década de 1930. Así, este dato no coincidiría con algunas hipótesis planteadas sobre la fotografía e incluso con la propia cronología histórica del proceso, exceptuando que pudiera tratarse de un material añadido posteriormente. El espectro obtenido en la zona que presentaba una ligera pérdida de la imagen compatible con la ftalocianina azul podría determinar un uso de este como medio de coloración *a posteriori* o tratarse de un retoque o restauración póstuma. Al no haber conseguido resultados de otras áreas con los que realizar una comparativa, no es posible afirmar en este caso que se trate del colorante utilizado en la totalidad de la superficie de la fotografía.

Como alternativa y de forma excepcional, en la fotografía coloreada se realizó un análisis μ -FTIR a través de una micro muestra sólida, que fue tomada en una zona del margen de la fotografía donde la fibra del papel se encontraba visible y ligeramente descohesionada del soporte. En ocasiones, la identificación de componentes en estos materiales con este tipo de técnicas que requieren muestreo supone una gran dificultad. Por lo general, los ejemplares que están en buenas condiciones raramente se prestan a la toma de muestra por la delgadez de las capas del objeto y por lo destructivo que podría resultar para el mismo [29, 40]. Mediante este análisis se buscaba obtener más información sobre el soporte y sobre la técnica de coloreado que cubría aparentemente la fibra.

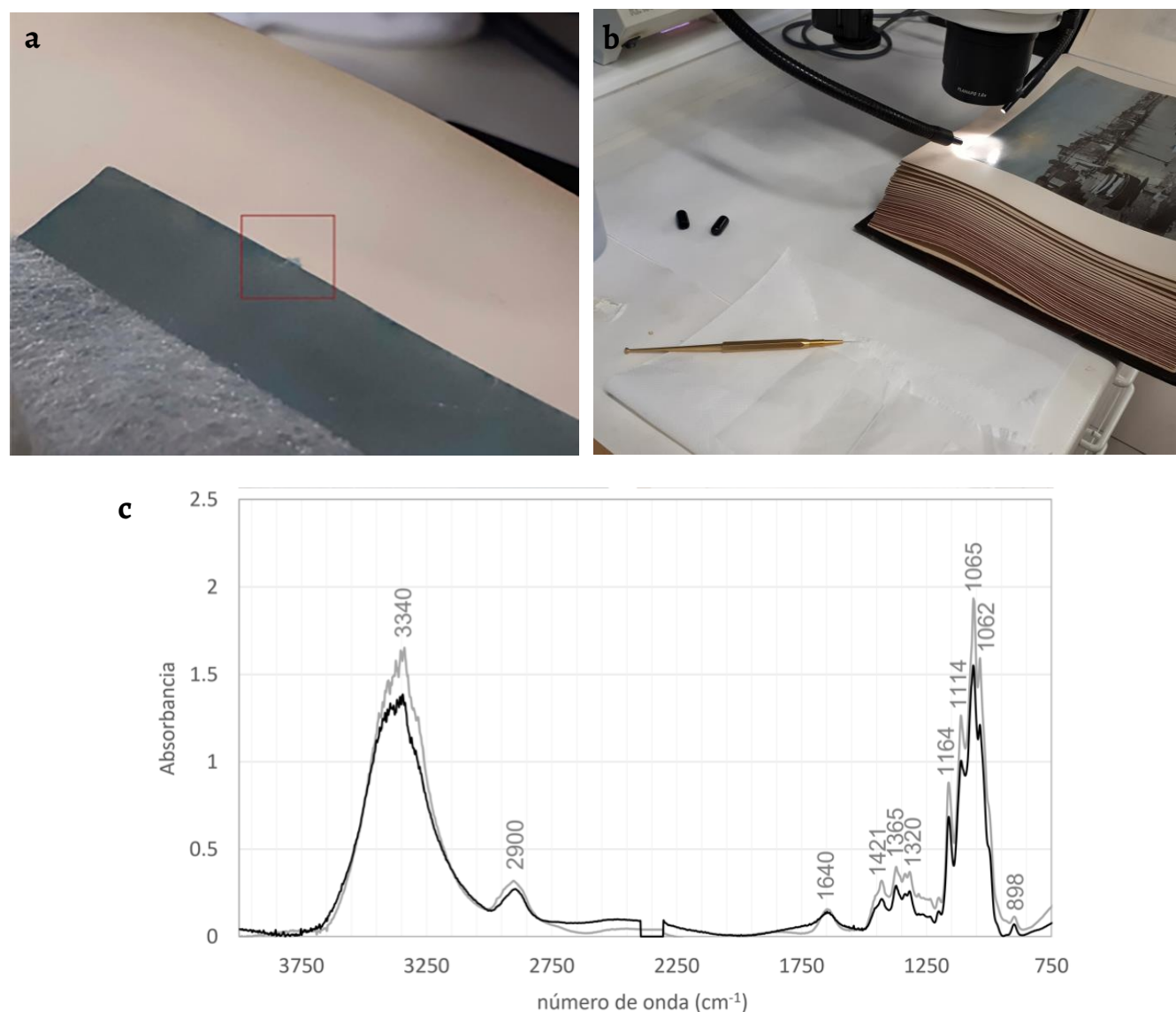


Figura 10. En a) y b), detalles de la zona descohesionada del margen y proceso de toma de muestra en la fotografía n° 62; c), espectro μ -FTIR en fibra extraída (espectro gris) y de una referencia de celulosa (espectro negro).

En el espectro obtenido puede apreciarse la presencia predominante de la celulosa en las bandas entre 4000-2995, 2900, 1430, 1375 y 900 cm^{-1} (Figura 10), ya que estas son conocidas por ser particularmente sensibles a su orden molecular [8]. También, se muestran las bandas de absorción características en la región de 1500-800 cm^{-1} , presentes tanto en fibras naturales como sintéticas, destacando en este caso los picos cercanos a 1425, 1155, 1105 y 1051 cm^{-1} asociados a las naturales. Además, la absorción de las bandas a 1105 y 1051 cm^{-1} son asignadas a los modos de estiramiento C-O-C asimétrico y simétrico, respectivamente, mostrándose de alta intensidad en fibras naturales a diferencia de en las sintéticas [8, 41]. En este caso, se muestra una alta compatibilidad con fibras de algodón. Así, el resultado corrobora las conclusiones de anteriores estudios que ya determinaron que en la manufactura de los papeles de alta calidad que se utilizaban para las albúminas y que eran realizados a base de pasta de trapos se emplearon fibras naturales como el algodón y el lino, [6, 10-11].

Sin embargo, no se detectó la presencia de otra sustancia que se pudiese asociar a la coloración del soporte. Con respecto a la obtención de información acerca de tintes y colorantes empleados en los papeles fotográficos a la albúmina y en el caso del coloreado manual de la fotografía n° 62, otros autores e investigadores consultados para la realización de este estudio también señalan las dificultades existentes para determinar químicamente cómo eran estas coloraciones y su composición, poniendo de manifiesto la limitación de algunas de estas técnicas para su identificación así como la influencia de otros factores como el estado de conservación y la fragilidad de los materiales [14, 33, 42]. A este respecto, Reilly (1978) ya apuntaba en sus primeras investigaciones sobre las albúminas que los tintes utilizados para estos fines eran notoriamente pobres en cuanto a su resistencia a la luz, especialmente cuando eran aplicados en formas muy diluidas, por lo que gran parte del papel albuminado teñido era difícilmente reconocible hoy en día porque la coloración se había perdido prácticamente [11].

Conclusiones

El estudio realizado con las distintas técnicas espectroscópicas evidenció que las fotografías presentaban cualitativamente una composición elemental similar, sin una variación muy significativa entre ellas. A nivel de imagen fotográfica se detectaron metales formadores como Ag y, en menor medida, Au. También, se ha descartado la presencia de capas adicionales como la barita o sulfato de bario, pues esta no se observa a través de la microscopía ni el elemento se detecta como componente del sustrato o capa de la fotografía como ocurre en otros procedimientos fotográficos de épocas posteriores, pues en este caso el pico aparecería más intenso. La presencia de elementos a destacar como el Ba y de Cr en dos de los casos analizados podría deberse a cargas del soporte, blanqueadores o colorantes, pudiendo tratarse de un componente del tinte o colorante azulado en el caso de la fotografía manualmente coloreada. Sin embargo, la imposibilidad de realizar el análisis en el reverso del papel fotográfico, por encontrarse adherido en su totalidad en la página del álbum, no permite corroborar con mayor certeza la hipótesis.

El muestreo con ATR-FTIR ratificó la presencia del aglutinante de albúmina observado en la microscopía y descartó la presencia de otras capas, no detectando sustratos adicionales como barnices o acabados. En el caso de la fotografía n° 62 se corrobora que el proceso de coloreado se realizó directamente sin el uso de un aglutinante o preparación, tratándose de un tinte o anilina de aplicación directa o una técnica pictórica muy diluida. Los espectros derivados de las muestras en estudio inducen a creer que todas las copias fotográficas habrían sido producidas y adquiridas en épocas cercanas, recurriendo a procesos de producción y manufactura similares, con pocas variaciones. Con respecto a la caracterización del soporte de papel, el análisis de la micromuestra extraída de una zona descohesionada permitió determinar la presencia de algodón en la manufactura, elemento característico de los papeles fotográficos de elevada calidad que se empleaban en este periodo y cuya morfología también se observó

aumentada con la microscopía óptica.

La aproximación a la datación tras determinar el grosor de la capa de albúmina posibilita el acercamiento a su estimación temporal. Calouste Gulbenkian viajó por primera vez a Bakú en 1888 para adentrarse en el entonces emergente negocio del petróleo, por lo que en el trayecto pudo comenzar a recopilar fotografías para la compilación del objeto, adquiriendo la fotografía de una de las primeras imágenes tomadas de la bahía de la ciudad. Esto situaría las demás cercanas a este periodo, en torno a la última década del siglo XIX.

Por último, se pone de manifiesto al igual que en otras investigaciones similares la dificultad de identificar capas de revestimientos, lacas y métodos empleados para la coloración en fotografías y papeles por las limitaciones de las técnicas, la dificultad de toma de muestra en los materiales fotográficos, la delgadez de las capas y la cantidad en la que suelen estar presentes los elementos en las muestras. De cara a futuras investigaciones, sería deseable experimentar con otros métodos analíticos complementarios para profundizar en el conocimiento acerca de estos componentes tan sensibles, frágiles y difíciles de detectar utilizados para colorear copias positivas o para el tintado de los papeles albuminados.

Agradecimientos

Las autoras agradecen la generosidad de la dirección y el personal del Archivo y Biblioteca de Arte de la Fundação Calouste Gulbenkian de Lisboa por apoyar y promover la realización de este estudio, y a la conservadora-restauradora de la institución, Sonia Casquiço. Además, dan gracias por la predisposición y apoyo científico del Laboratorio de Conservação e Restauro de la Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) de la Universidade Nova de Lisboa, especialmente a Vanessa Otero por la ayuda técnica prestada en la realización de los análisis. A la Universidad de Murcia por el apoyo financiero a una de las autoras, a través de la estancia de investigación predoctoral en la Fundación dentro de las Ayudas Campus Mare Nostrum-UM.

REFERENCIAS

1. Perdigão, J. A., *Calouste Gulbenkian, Coleccionador*, 3ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2006).
2. Guerrero García, A., *La fotografía como elemento de colección y como herramienta de un coleccionista: álbumes de memorias, souvenirs y reproducciones fotográficas en la documentación de arte de Calouste Gulbenkian*, Disertación doctoral, Departamento de Historia del Arte, Universidad de Murcia (2021), <http://hdl.handle.net/10201/111586>.
3. Guerrero García, A., 'Coleccionismo fotográfico: una investigación a través de la conservación de los álbumes de Calouste Gulbenkian y sus relaciones con Europa y Medio Oriente', in *Actas II Congreso Internacional Coleccionismo, Mecenazgo y Mercado Artístico*, Universidad de Sevilla (2018) 95-110.
4. Lavedrine, B., *Reconocer y conservar las fotografías antiguas*, Comité des Travaux Historiques, Paris (2010).
5. Rutherson, J., 'Victorian album structures', *The Paper Conservator* **23**(1) (1999) 13-25.
6. Reilly, J., *The albumen and salted paper book. The history and practice of photographic printing 1840 – 1895*, Light Impressions Rochester, New York (1980).
7. Stulik, D.; Kaplan, A., 'Albumen', in *The Atlas of Analytical Signatures of Photographic Processes*, Getty Conservation Institute, Los Angeles (2013).
8. Doncea, S.; Ion, R. M.; Fierascu, R.; Bacalum, E.; Bunaciu, A.; Aboul-Enein, H. Y., 'Spectral methods for historical paper analysis: composition and age approximation', *Instrumentation Science & Technology* **38**(1) (2010) 96-106, <https://doi.org/10.1080/10739140903430271>.
9. Young, E., *The salt print manual. Salt & albumen photographic printing processes*, Gold Street Studios, Victoria (2011).
10. Reilly, J., 'The manufacture and use of albumen paper', *The Journal of Photographic Science*. **26** (1978) 156-161.
11. Reilly, J., 'The history, technique and structure of albumen prints', in *AIC Preprints* (1980) 93-98.
12. Messier, P.; Vitale, T., 'Cracking in albumen photographs: an ESEM investigation', *Journal of Microscopy Research and Technique* **25**(5-6) (1993) 374-383, <https://doi.org/10.1002/jemt.1070250505>.
13. Messier, P.; Vitale, T., 'Effects of aqueous treatment on albumen photographs', *Journal of the American Institute for Conservation* **33** (1994) 257-278, <https://doi.org/10.1179/019713694806083023>.
14. Stulik, D.; Kaplan, A., 'Application of a Handheld XRF spectrometer in research and identification of photographs', in *Handheld XRF for Art and Archeology*, ed. A. N. Sugar, Leuven University Press, Leuven (2013) 75-130.
15. Stulik, D.; Kaplan, A., 'An example of complex composite materials and processes: photography', in *Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science*, ed. G. Artioli, University Press, Oxford (2010) 419-433.

16. Modica, A.; Alberghina, M.; Brai, M.; Bruno, M.; Bella, M. L. D.; Fontana, D.; Tranchina, L., 'XRF analysis to identify historical photographic processes: the case of some Interguglielmi Jr.'s images from the Palermo Municipal Archive', *Radiation Physics and Chemistry* **135** (2017) 76-80, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.02.026>.
17. Čechák, T.; Kopecká, I.; Trojek, T.; Štanzel, T.; Bártová, H. 'Application of X-ray fluorescence in an investigation of photographic heritage', *Radiation Physics and Chemistry* **116** (2015) 8-13, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.05.015>.
18. McClelland, A.; Bulat, E.; Bernier, B.; Murphy, E. L., 'Specular reflection FTIR: a non-contact method for analyzing coatings on photographs and other cultural materials', *Journal of American Institute of Conservation* **59**(2) (2019) 123-136, <https://doi.org/10.1080/01971360.2019.1660546>.
19. Ricci, C.; Bloxham, S.; Kazarian, S. G., 'ATR-FTIR imaging of albumen photographic prints', *Journal of Cultural Heritage* **8** (2007) 387-395, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.07.002>.
20. Nieto Villena, A.; Martinez, J. R.; de la Cruz-Mendoza, J. A.; Valcarcel Andrés, J. C.; Ortega-Zarzosa, G.; Solbes-García, A.; Vázquez-Martínez, E., 'Atomic force microscopy as a tool for binder identification in ancient photographic processes', *Surface and Interface Analysis* **50**(4) (2018) 496-505, <https://doi.org/10.1002/sia.6408>.
21. Grabska, J.; Beć, K. B.; Huck, C. W., 'Novel near-infrared and Raman spectroscopic technologies for print and photography identification, classification, and authentication', *NIR news* **32**(1-2) (2021) 11-16, <https://doi.org/10.1177/09603360211003757>.
22. Puškárová, A.; Bučková, M.; Habalová, B.; Kraková, L.; Maková, A.; Pangallo, D., 'Microbial communities affecting albumen photography heritage: a methodological survey', *Scientific reports* **6** (2016) 20810, <https://doi.org/10.1038/srep20810>.
23. Martín, E., 'Técnicas no destructivas para el estudio de los materiales fotográficos', *Molequla* **20** (2015) 37-39.
24. Del Egido, M.; Martín de Hijas, C.; Juanes, D., 'Aplicación de métodos de análisis sin toma de muestra en fotografía histórica. Estudios de una colección procedente del Museo Sorolla', *Bienes Culturales Revista del Instituto de Patrimonio Cultural de España* **8** (2008) 147-156.
25. Neiva A. C.; Marcondes, M. A.; Pinto, H. P. F.; Almeida, P. A. D., 'Analysis of photographs and photo-paintings by energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy', *Radiation Physics and Chemistry* **95** (2014) 378-380, <https://doi.org/10.1016/J.RADPHYSICHEM.2013.03.028>.
26. Herrera Garrido, R., 'Estudio histórico y análisis químico por fluorescencia de rayos X de la colección de placas de linterna de Alfred Stieglitz en el Museo George Eastman House', *Pátina* **17-18** (2014) 261-278.
27. Del Egido, M.; Juanes, D.; Bueso, M., 'Consideraciones en torno a los estudios científicos aplicados a la conservación del patrimonio cultural', in *La ciencia y el arte IV*, ed. Ministerio de Cultura y Deporte de España - IPCE, Madrid (2013) 7-24.
28. Marucci, G.; Monno, A.; Van der Werf, I. D., 'Non invasive micro-Raman spectroscopy for investigation of historical silver salt gelatin photographs', *Microchemical Journal* **117** (2014) 220-224, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.07.001>.
29. Vila, A.; Centeno, S. A.; Barro, L., 'Characterization of unprocessed historic platinum photographic papers by Raman, FTIR and XRF', *Microchemical Journal* **114** (2014) 8-15, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.11.016>.
30. 'Cotton', in *IRUG Infrared and Raman users group spectral database*, Academy of Fine Arts Vienna, <http://www.irug.org/jcamp-details?id=5236> (acceso en 2019-07-20).
31. 'Fiber Reference Image Library (FRIL)', in *Cameo Materials Database*, Museum of Fine Arts, Boston, <http://cameo.mfa.org> (acceso en 2019-07-21).
32. 'Raman Spectroscopy', in *ColourLex*, <https://colourlex.com/project/raman-spectroscopy/> (acceso en 2019-07-21).
33. Enyeart, L.; Anderson, A. B.; Perron, S. J.; Rollins, D. K.; Fernando, Q., 'Non-destructive elemental analysis of photographic paper and emulsions by X-ray fluorescence spectroscopy', *History of Photography* **7**(2) (1983) 99-112, <https://doi.org/10.1080/03087298.1983.10442764>.
34. Cattaneo, B.; Chelazzi, D.; Giorgi, R.; Serena, T., 'Physico-chemical characterization and conservation issues of photographs dated between 1890 and 1910', *Journal of Cultural Heritage* **9**(3) (2008) 277-284, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2008.01.004>.
35. Eastaugh, N.; Walsh, V.; Chaplin, T.; Siddall, R., *The pigment compendium. A dictionary of historical pigments*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam (2004).
36. Botti, L.; Ferro, D.; Impagliazzo, G.; Placido, M.; Residori, L.; Ridolfi, S.; Ruggiero, D., 'Analisi di fluorescenza ai raggi X di stampe fotografiche all'albumina appartenenti all'Archivio fotografico della Pinacoteca di Brera', in *Indagini scientifiche e metodi di restauro*, eds. L. Residori y L. Botti, MIBAC, Roma (2008) 201-213.
37. *The photographic news: a weekly record of the progress of photography*, **IX** (331), eds. Wharton Simpson, G., M.A., F.S.A., Cassell, Peter and Galpin, London, (1856) 460-461.
38. Travis, A. S., 'Perkin's mauve: ancestor of the organic chemical industry', *Technology and Culture* **31**(1) (1990) 51-82, <https://doi.org/10.2307/3105760>.
39. Conti, C.; Botteon, A.; Colombo, C.; Realini, M.; Matousek, P., 'Fluorescence suppression using micro-scale spatially offset Raman spectroscopy', *Analyst* **141**(18) (2016) 5374-5381, <https://doi.org/10.1039/C6AN00852F>.
40. Vila, A.; Centeno, S. A., 'FTIR, Raman and XRF identification of the image materials in turn of the 20th century pigment-based photographs', *Microchemical Journal* **106** (2013) 255-262, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.07.016>.
41. Comnea-Stancu, I. R.; Wieland, K.; Ramer, G.; Schwaighofer, A.; Lendl, B., 'On the identification of rayon/viscose as a major fraction of microplastics in the marine environment: discrimination between natural and manmade cellulosic fibers using Fourier Transform Infrared Spectroscopy', *Applied Spectroscopy* **71**(5) (2017) 939-950, <https://doi.org/10.1177/0003702816660725>.
42. Buzit-Tragni, C. B., 'The use of ultraviolet-induced visible fluorescence for examination of photographs', (Final Dissertation) A. W. Mellow Fellow, Advanced Residency Program in Photograph Conservation, George Eastman Museum Image Permanence Institute, Rochester (2005).

RECIBIDO: 2022.1.10

REVISTO: 2022.8.29

ACEPTADO: 2022.11.3

ONLINE: 2023.5.29



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Para ver una copia de esta licencia, visite

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>