

Estudio de los materiales compositivos empleados en la manufactura de un manuscrito bereber del siglo XVIII

Carla Álvarez Romero, Antonio Doménech Carbó, Teresa Espejo Arias, Siranush Hamparzoumian Marín, María Teresa Doménech Carbó

Resumen: En este trabajo se presenta el estudio analítico llevado a cabo en un manuscrito bereber del siglo XVIII en el que se han podido caracterizar los materiales que se emplearon para su fabricación, tanto las fibras para la realización del soporte como las tintas roja y negra usadas para escribir, y el colorante utilizado para teñir el papel de la contrasolapa, añadida con posterioridad. La metodología multitécnica empleada incluye técnicas convencionales como microscopía óptica, FESEM-EDX y espectroscopia FTIR, combinadas con técnicas avanzadas de análisis, como son VIMP y FIB-FESEM-EDX, las cuales proporcionan información detallada de las muestras de forma nanoinvasiva.

Palabras clave: manuscrito bereber, FESEM-EDX, espectroscopia FTIR, VIMP, FIB-FESEM-EDX, fibras, tintas, colorante

Study of compositional materials used in the manufacture of an 18th century Berber manuscript

Abstract: This paper presents the analytical study of an 18th-century Berber manuscript in which it has been possible to characterize the materials used for its manufacture, both the fibers used to make the support and the inks, red and black used for writing, such as the dye used to tint the back-cover paper, added later. The multi-technique methodology includes conventional techniques, such as optical microscopy, FESEM-EDX, and FTIR spectroscopy, combined with advanced analysis techniques, such as VIMP and FIB-FESEM-EDX, which provide detailed information on the samples in a nanoinvasive way.

Keywords: Berber manuscript, FESEM-EDX, FTIR spectroscopy, VIMP, FIB-FESEM-EDX, fibers, inks, colorant

Estudo dos materiais constituintes utilizados no fabrico de um manuscrito berbere do século XVIII

Resumo: Este trabalho apresenta o estudo analítico de um manuscrito berbere do século XVIII, no qual foi possível caracterizar os materiais utilizados no seu fabrico, tanto as fibras usadas para o suporte como as tintas, vermelha e preta, usadas para escrever, assim como o corante utilizado para tingir o papel da contracapa, adicionado posteriormente. A metodologia multitécnica inclui técnicas convencionais, como a microscopia óptica, FESEM-EDX e espectroscopia FTIR, combinadas com técnicas avançadas de análise, como VIMP e FIB-FESEM-EDX, que fornecem informações detalhadas das amostras de forma nanoinvasiva.

Palavras-chave: manuscrito berbere, FESEM-EDX, espectroscopia FTIR, VIMP, FIB-FESEM-EDX, fibras, tintas, corante

Introducción

La identificación de los materiales empleados en la elaboración de los manuscritos es esencial para el establecimiento y adecuación de los tratamientos de conservación y restauración. Este hecho es especialmente relevante en el caso de los manuscritos árabes pues eran sucesivamente copiados y los métodos de ejecución reproducidos a lo largo de los siglos, dificultando considerablemente su datación. Desde hace años, el equipo de investigación viene trabajando en el estudio de los materiales y los procesos de elaboración de este tipo de códices y ha obtenido resultados relevantes en relación con la manufactura de los soportes empleados y las materias gráficas utilizadas. Los datos obtenidos han permitido en muchos casos situar el documento en un tiempo y lugar concretos (Espejo Arias y Arias Torres 2009; González García, Campillo García y Espejo Arias 2017).

Si bien son escasos los estudios llevados a cabo en este sentido sobre manuscritos árabes, son inexistentes aquellos realizados sobre manuscritos bereberes. Los bereberes o *amaziges* ("hombres libres") son un grupo étnico que se distribuye desde la costa atlántica del oeste de África hasta la mediterránea, en el oasis de Siwa, en Egipto (como extremos occidental y oriental, respectivamente) y desde la costa del mar Mediterráneo hasta el Sahel (como extremos norte y sur). Tienen su origen en la Antigüedad y han sufrido las influencias sucesivas de las distintas culturas con las que se han relacionado a lo largo de los siglos. Las tribus más conocidas se localizan en Marruecos y en Argelia, donde ya estaban establecidos antes de la llegada de los árabes. Aunque poseen alfabeto propio, el tifnagh,

utilizado tradicionalmente por los tuareg, se usa también el alfabeto latino en Argelia y el alfabeto árabe en otros lugares, como Marruecos (Ouakrim 1995). Este es el caso del documento objeto estudio, lo que ha dificultado considerablemente su interpretación.

La oportunidad de analizar codicológicamente un manuscrito bereber ha permitido aportar información inédita sobre su estructura y materialidad, así como ponerlo en relación con otros modelos árabes de características similares.

Los métodos de análisis que se han utilizado con este objetivo responden a la clasificación de métodos invasivos y no invasivos. Si bien cada vez más son estos últimos los que se están poniendo a punto para la identificación de materiales en libros y documentos, no siempre resultan suficientes para obtener resultados concluyentes que permitan un avance del conocimiento, debiendo ser contrastados o complementados con otros que implican la toma de muestra. En estos casos las técnicas están avanzando considerablemente disminuyendo el tamaño y características de la muestra necesaria en pro de minimizar el deterioro potencial del documento objeto de estudio. Para la presente investigación se han utilizado por primera vez para el estudio material de documentos las técnicas VIMP y FIB-FESEM-EDX las cuales proporcionan información detallada de las muestras de forma nanoinvasiva.

Los resultados obtenidos han permitido caracterizar los materiales empleados en la manufactura de los soportes de papel y las tintas, y han mostrado la influencia directa con los procesos de ejecución de manuscritos árabes y cristianos.



Figura 1. - Fotografías del manuscrito bereber analizado. a) Manuscrito bereber cerrado. Vista general de la cubierta (tapa principal y solapa de cierre). b) Manuscrito bereber abierto. Se observan restos del papel adherido a la contrasolapa de cierre, así como el soporte de la escritura y las tintas negra y roja utilizadas.

El manuscrito bereber

En la figura 1 se pueden observar las fotografías del manuscrito bereber estudiado. Es una obra miscelánea que incluye una poesía en árabe en los primeros folios y dos obras de jurisprudencia islámica (1711) y misticismo (1714), originales de Mohammed Awzal, escritor bereber nacido en la zona del sur de Marruecos en torno a 1680. De las dos obras sólo una conserva los datos del copista en el colofón y la fecha y lugar de la copia, Marruecos 1730. Está escrito en bereber *tashelhit* con anotaciones en árabe, empleando las tintas negra y roja, ya sea para el ductus consonántico como para la vocalización el resalte de palabras o frases determinadas.

A pesar de encontrarse en un lamentable estado de conservación y haber sufrido numerosas intervenciones reparadoras, el manuscrito coincide en materia y forma con la tipología de los manuscritos árabes andalusíes. Está estructurado en dos partes independientes. La cubierta está formada por tapas de papelón revestidas de piel gofrada y parece reutilizada; es de cartera y actúa como contenedor del bloque de texto. El volumen está formado por cuadernos cosidos entre sí. El papel es de manufactura occidental, de pasta de trapos, está verjurado y presenta filigranas, todas ellas localizadas en documentos del siglo XVIII. En el lomo, tanto en la cubierta como en el cuerpo del manuscrito, permanecen restos de adhesivo, y son evidentes papeles adheridos a las tapas a modo de contraguardas. Se desconoce si ambos elementos, cubierta y cuerpo, estuvieron unidos en algún momento o se reunieron con la intención de conservación del documento. Este hecho se ha constatado también en otros documentos de origen andalusí (Hamparzoomian Marín 2022).

Materiales y métodos

Se han analizado cuatro muestras correspondientes al manuscrito bereber:

- Una muestra del papel azul adherido a la contrasolapa de cierre del manuscrito.
- Tres muestras del soporte de escritura: una sin tinta, otra que contiene tinta negra y otra con tinta roja.

Las muestras se tomaron mecánicamente con bisturí y agujas de tungsteno con ayuda de un microscopio óptico aprovechando fragmentos sueltos o las zonas más deterioradas del manuscrito para evitar daño al documento.

— *Microscopía óptica* - Para realizar la caracterización morfológica de las muestras se ha empleado un microscopio óptico estereoscópico Leica S8AP0 (10x-80x) que lleva acoplada una cámara Leica Digital FireWire Camera (DFC), controlada mediante un

software Leica Application Suite (LAS). Las muestras pudieron ser observadas sin la realización de ningún tipo de preparación previa o montaje.

— *Microscopía de emisión de campo con microanálisis de rayos X (FESEM-EDX)* - Las muestras fueron analizadas con un microscopio electrónico de barrido por emisión de campo Zeiss (Orsay Physics Kleindiek Oxford Instruments) modelo ULTRA 55 que incluye un sistema de microanálisis de rayos X por dispersión de energías Oxford-X Max controlado por un software Aztec. Las imágenes de electrones secundarios se han obtenido aplicando un voltaje de 2kV en la fuente de electrones. Para el análisis elemental se aplicó un voltaje de 20 kV disponiendo el detector a una distancia de 6-7mm de la superficie de la muestra. El diámetro mínimo del haz de electrones fue <5nm a 20 kV. Las muestras fueron recubiertas con C para que tuvieran una buena conductividad eléctrica y montadas en el portamuestras con cinta de carbono de doble cara, asegurándose de que cuando se insertasen en la cámara de vacío no se produjeran movimientos. Las composiciones cuantitativas se han obtenido por aplicación del método ZAF de corrección de efectos interelementales.

— *Microscopía de emisión de campo, microanálisis de rayos X y haz de iones focalizados (FIB-FESEM-EDX)* - Para realizar la caracterización de las muestras mediante FIB-FESEM-EDX se ha empleado un equipo Zeiss (Orsay Physics Kleindiek Oxford Instruments) modelo AURIGA Compact, con una columna FIB que opera a 30kV con corrientes de intensidad de 500 μ A y 20 nA, fino y grueso respectivamente, para generar iones Ga⁺. Las imágenes en electrones secundarios se han obtenido con un voltaje de 3kV en la fuente de electrones y la composición elemental con un sistema EDX Oxford-X Max controlado por el software Aztec, operando a 20 kV, con el detector situado a 6-7 mm de la superficie de las piezas y con el diámetro mínimo del haz, 5 nm a 30 kV. La zona de la muestra donde se realizó la trinchera fue seleccionada previamente en el FESEM-EDX. Se escogió en todos los casos zonas exentas de depósitos superficiales o partículas de contaminación. Una vez elegida la zona idónea las muestras fueron insertadas directamente en la cámara de alto vacío del microscopio. El análisis semicuantitativo se llevó a cabo utilizando el método ZAF de corrección de efectos interelementales. El tiempo de adquisición de los espectros puntuales y de área (300x300) μ m fue de 100 s.

— *Espectroscopía FTIR* - Los espectros de absorción IR fueron obtenidos en modo FTIR-ATR (reflectancia total atenuada) mediante un espectrómetro Vertex70 con un accesorio de reflectancia total atenuada (ATR) MKII Golden Gate. El sistema de detección utilizado incluye un dispositivo con recubrimiento para estabilización de temperatura FR-DTGS (*fast recovery deuterated triglycine sulphate*). Las muestras se depositan en la ventana de análisis y posteriormente se obtienen los espectros

de cada una de ellas. Cada espectro se adquirió con un total de 32 barridos y una resolución de 4 cm^{-1} y se procesaron con el software OPUS/IR 7.2.

— *Voltamperometría de micropartículas inmovilizadas (VIMP)* – Los análisis voltamperométricos fueron llevados a cabo a 298K con un potenciostato CH1660C (Cambria Scientific, Llwynhendy, Llanelli, Reino Unido) con una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de referencia Ag/AgCl (3 M NaCl) de la marca CH, electrodo auxiliar de platino y electrodo de trabajo de grafito parafinado comercial de la marca Faber Castell, HB de 2 mm de diámetro sobre el que se depositaron por abrasión micropartículas de las muestras del manuscrito. Como electrolito se empleó un tampón acético/acetato (Panreac) a 0,25 M y un pH de 4,75 y ácido sulfúrico (Panreac) 0,50 M sin desoxigenación

Resultados

Micromorfología

Contrasolapa: Las figuras 2a y b corresponden a las imágenes de las muestras del papel de la contrasolapa, en ellas se puede observar el entrecruzamiento aleatorio de las fibras teñidas en diferente grado de intensidad de color azul, exhibiendo, algunas de ellas, un color pardo. Los intersticios que deja la trama de fibras se encuentran rellenos de un material criptocristalino que se asocia a una carga inerte añadida que aporta cuerpo y opacidad al papel.

Estas características son reconocidas mediante examen con FESEM. La figura 3c, proporciona una imagen general de la superficie mostrando el grado de entrecruzamiento adquirido por las fibras en el procesado del manuscrito. En la figura 3a se puede observar la abundante carga incorporada a la pulpa, la cual presenta una morfología irregular y granos de dimensiones variables alcanzando talla muy grande ($60\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro máximo). En la figura 3b, se confirma el uso de fibras de algodón, con su característica falsa torsión (Gordon Cook 2006, Gordon and Hsieh 2007, Houck 2009).

Soporte: las figuras 2c, d permiten apreciar el grado de compactación y entrecruzamiento de las fibras que, en general, exhiben una longitud menor que las usadas en la contrasolapa. En las imágenes obtenidas con FESEM (Figura 3d-e) se puede observar con más detalle la textura superficial de las fibras individuales y la morfología criptocristalina de la carga mineral de naturaleza arcillosa evidenciada por algunos cristales (ver flechas) de caolín de hábito hexagonal [Figura 3d, f].

Tintas: en las figuras 2e, f y 3g se puede apreciar la tinta roja impregnando profusamente las fibras superficiales

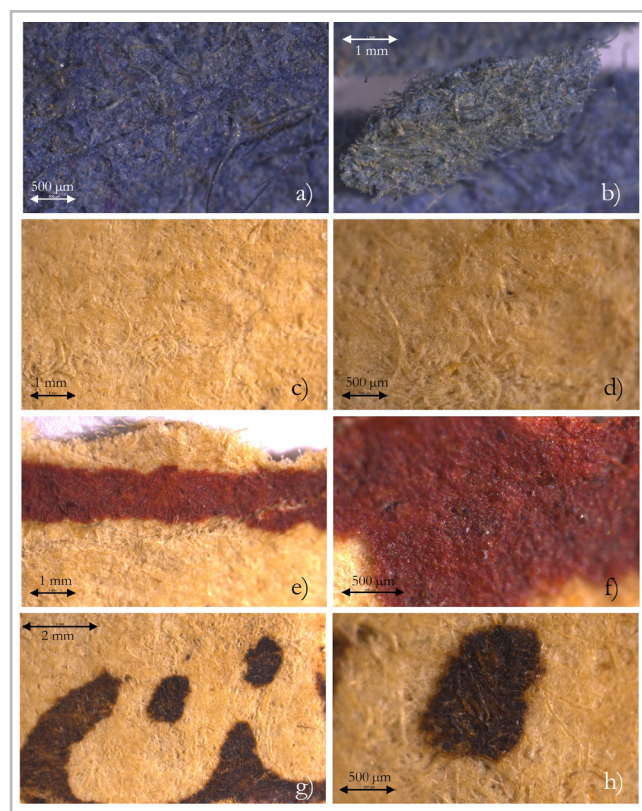


Figura 2.- Fotografías de las muestras analizadas del manuscrito bereber. a y b) contrasolapa azul; c) anverso del soporte y d) reverso del soporte; e y f) tinta roja; g y h) tinta negra.

del soporte. Las figuras 3h, i, ponen de manifiesto la presencia de pigmentos con textura criptocristalina densamente compactados con un aglutinante orgánico.

La tinta negra utilizada en el manuscrito presenta una coloración parda y un ligero brillo [Figura 2h]. Las figuras 3j-l ponen en evidencia la morfología de la tinta negra que, a diferencia de la roja, no contiene pigmentos minerales, formando una fina película orgánica de textura amorfa que recubre las fibras [Figura 3j]. En las figuras 3k, l se aprecia en detalle el microcuarteado (escamas de área *ca.* $25\text{ }\mu\text{m}^2$) sufrido con el paso del tiempo.

La aplicación de la técnica FIB-FESEM-EDX ha permitido conocer la micromorfología de las fibras en las áreas del manuscrito donde se aplicaron ambas tintas mediante la realización de secciones transversales (trincheras) de $10 \times 10\text{ }\mu\text{m}$ utilizando el FIB. En la figura 4a se muestra el corte transversal de una fibra del manuscrito recubierta de tinta roja que está integrada por pigmentos (*vide infra*) depositados en la superficie de la fibra formando una fina película de espesor variable ($1\text{-}4\text{ }\mu\text{m}$) impuesto por el tamaño de los granos de pigmento. La figura 4b muestra en detalle la trinchera practicada en una fibra donde se aplicó tinta negra. Esta tinta de naturaleza orgánica forma una fina película de espesor homogéneo de *ca.* $1\text{ }\mu\text{m}$.

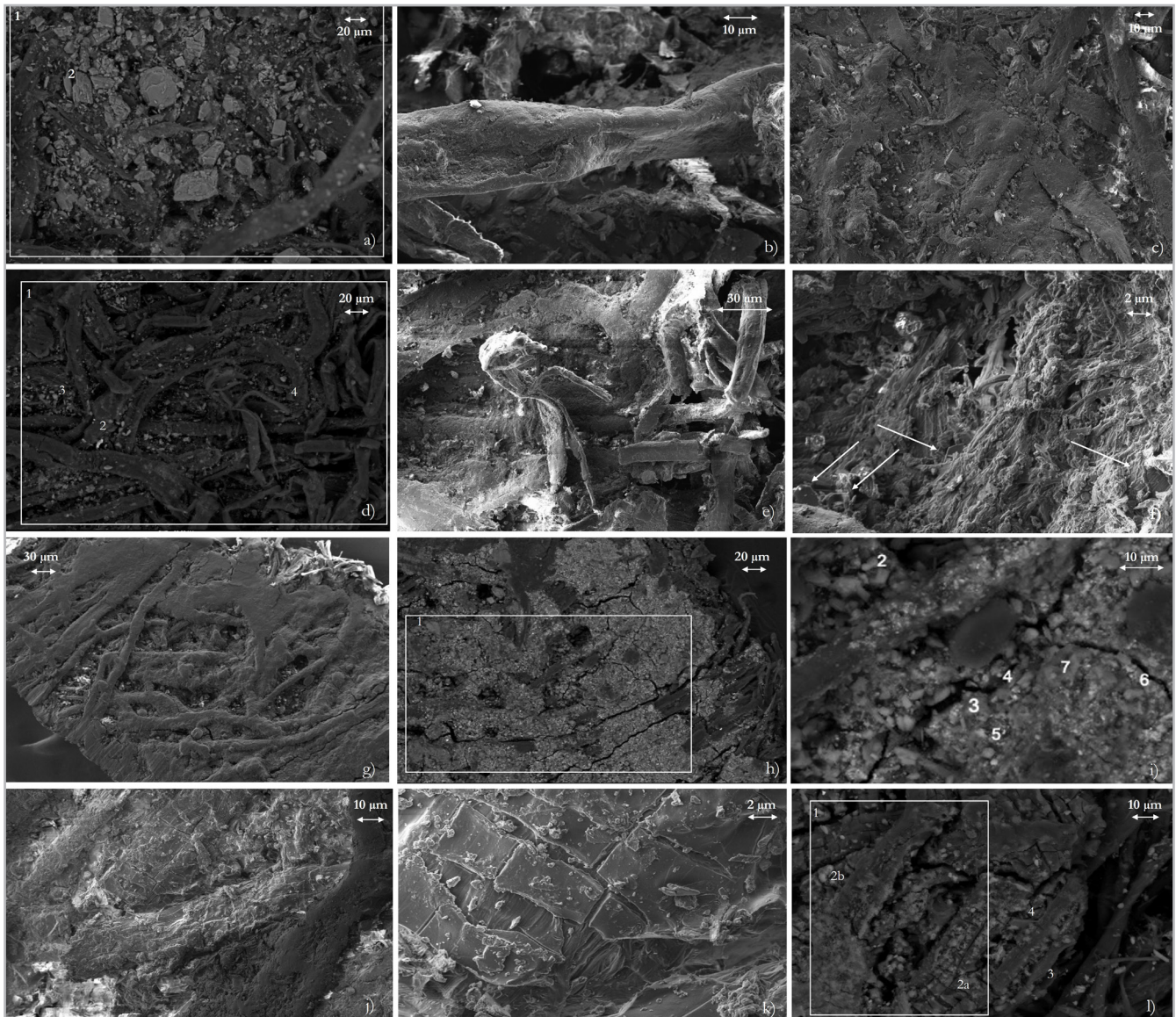


Figura 3.- Imágenes adquiridas con FESEM en la superficie de las muestras del manuscrito bereber. Contraselapa: a) Carga inerte. Imagen en electrones retrodispersados (BKS), 20 kV; b) Detalle fibra de algodón. Imagen en electrones secundarios (SE), 2 kV; c) Fibras. (SE), 2 kV. Soporte: d) Carga de morfología criptocristalina. (BKS), 20 kV; e) Fibras. (SE), 2 kV; f) Detalle de partículas criptocristalinas de caolín. (SE), 2 kV. Tinta roja: g) Morfología de la tinta roja. (SE), 2 kV; h) Fibras y tinta roja en superficie. (BKS), 20 kV; i) Detalle de la morfología criptocristalina de la tinta. (BKS), 20 kV. Tinta negra: j) Morfología de la superficie. (SE), 2 kV; k) Detalle de la capa de tinta de textura amorfa. (SE), 2 kV; l) Detalle de las partículas de carga inerte. (BKS), 20 kV.

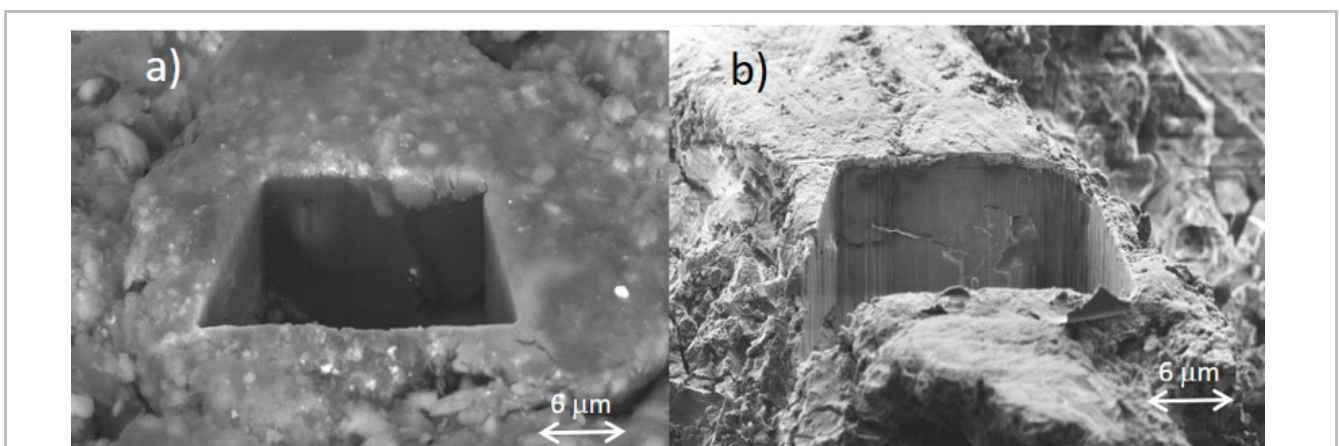


Figura 4.- Imágenes de las trincheras practicadas con FIB en las fibras impregnadas con las tintas. a) tinta roja, (BKS), 20 kV; b) tinta negra (SE), 1,5 kV.

Composición química

Los resultados de la composición elemental y su porcentaje en peso (wt%) de las muestras, obtenidos mediante FESEM-EDX, se presentan en la Tabla 1.

Papel de Contrazolapa: En los espectros de rayos X obtenidos en diferentes granos de la carga se identifican los elementos Ca y S (espectro 2) que corresponden a yeso. En los análisis realizados en un área más amplia de la muestra (espectro 1) también se identifica Mg, Al, Si, Cl, K y Ca en baja concentración que se asocian a minerales accesorios de naturaleza arcillosa y cloruros alcalinos.

Soporte de escritura: la carga usada está compuesta por calcita, evidenciada por la intensa línea de emisión de Ca (espectros 1 (área amplia de la muestra) y espectro 4) acompañada de diversos minerales arcillosos (espectro 3) Mg, Al, Si, K, Ca, Ti y Fe. El elevado contenido en Fe identificado en el espectro 2 se asocia a óxidos de hierro presentes en las arcillas que también están eventualmente acompañadas de sulfatos y cloruros alcalinos (espectro 2, 3).

Tintas: El análisis de un área amplia de la muestra (espectro 1) y la serie de análisis puntuales realizados en la zona donde estaba aplicada la tinta roja permiten identificar abundante Ca asociado a calcita (espectro 2), Si, Al, Mg, K y Fe asociados a minerales arcillosos (espectro 3), Ca y S asociados a yeso

(espectro 5), Fe asociado a óxidos de hierro (espectros 4-7), Pb asociado a minio (espectro 6) y As acompañado de S asociado a rejalgá (espectro 7).

El espectro de rayos X adquirido en una zona amplia de la muestra de tinta negra (espectro 1) evidencia la abundante presencia de Ca asociado principalmente a calcita junto con minerales arcillosos y una significativa cantidad de Fe (10,6 %) y S (8,6%) que podría proceder de sulfato ferroso utilizado en la elaboración de una tinta ferrogálica. En algunos granos se identifica Fe en concentración significativa (9,7 %) acompañado de cantidades bajas de Cu y Zn (espectro 2). En otros granos se identifica Cu (13,5 %) acompañado de Fe, Zn y Ni (espectro 3). En ambos casos se asocia estos granos a restos de vitriolo azul. En otros espectros de rayos X adquiridos en partículas individuales hay predominio de Ca y S (espectro 4) y Si, Al, K, Na, Mg, K, Ca, Fe (espectro 5) asociados a yeso y arcillas.

Composición mineralógica y molecular

Para completar el presente estudio se han efectuado análisis en las muestras extraídas del manuscrito mediante espectroscopía FTIR y VIMP.

Papel de Contrazolapa: En la figura 5 se muestra el espectro de absorción IR obtenido en la muestra de la contratapa.

CONTRATAPA																		
Espectro/ Wt%	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Total
Espectro 1	45,3	-	0,68	2,2	2,15	-	19,42	1,11	1,31	27,84	-	-	-	-	-	-	-	100
Espectro 2	46,75	-	-	-	-	-	23,22	-	-	30,03	-	-	-	-	-	-	-	100
SOPORTE																		
Espectro 1	37,92	3,14	3,79	3,57	8,46	-	8,03	8,78	5,12	21,19	-	-	-	-	-	-	-	100
Espectro 2	24,95	-	-	0,43	1,05	-	1,8	2,03	1,39	7,19	-	61,16	-	-	-	-	-	100
Espectro 3	44,01	-	3,02	11,85	20,65	-	1,12	-	4,15	7,61	0,59	6,99	-	-	-	-	-	100
Espectro 4	29,74	-	-	-	2,29	-	-	-	-	67,97	-	-	-	-	-	-	-	100
TINTA ROJA																		
Espectro 1	34,05	1,41	1,47	5,29	10,66	-	2,12	1,85	2,86	7,07	-	30,35	-	-	-	1	1,88	100
Espectro 2	28,58	-	-	0,83	1,47	-	-	0,68	1,16	50,22	-	17,05	-	-	-	-	-	100
Espectro 3	45,48	-	1,38	16,29	23,72	-	-	-	8,63	-	-	4,5	-	-	-	-	-	100
Espectro 4	24,39	-	-	1,44	2,31	-	-	1,01	1,03	2,29	-	67,53	-	-	-	-	-	100
Espectro 5	35,09	1,73	1,31	3,9	6,36	-	6,24	1,14	1,6	9,26	-	33,37	-	-	-	-	-	100
Espectro 6	25,4	-	-	2,43	4,39	-	-	1,05	1,08	1,76	-	59,12	-	-	-	-	-	100
Espectro 7	27,7	-	-	4,42	5,08	-	2,12	1,08	1,12	2,03	-	37,27	-	-	-	6,65	12,53	100
TINTA NEGRA																		
Espectro 1	36,76	4,66	1,55	3,44	4,92	-	8,6	2,61	6,06	20,87	-	10,55	-	-	-	-	-	100
Espectro 2a	36,04	4,06	1,72	5,7	9,51	0,79	3,46	2,62	6,31	15,49	-	9,73	-	1,91	2,66	-	-	100
Espectro 2b	28,26	7,32	1,75	3,22	3,69	-	1,24	2,5	3,9	16,8	-	6,32	3,88	13,51	7,61	-	-	100
Espectro 3	42	-	-	-	-	-	17,17	-	-	40,84	-	-	-	-	-	-	-	100
Espectro 4	43,28	1,86	4,18	9,63	23,36	-	-	-	9,26	3,51	-	4,92	-	-	-	-	-	100

Tabla 1.- Composición elemental obtenida en los diferentes materiales identificados en las muestras extraídas del manuscrito. * Espectro de rayos X adquirido en un área de (300x300) µm.

Además de las bandas propias de las fibras celulósicas de algodón (3328, 3267, 2918, 2850, 1731, 1638(h), 1595(s), 1561, 1511, 1454, 1423, 1369, 1336, 1315, 1278, 1200, 1155, 1106, 1048, 1024, 1000 y 985 cm^{-1}) (Kostadinovska y Spirovska 2016; Kumar *et al.* 2014) se reconocen algunas bandas no solapadas con las anteriores que son características de yeso (3540(h), 3400(h), 1682(h), 1624, 667, 598 cm^{-1}) (Derrick *et al.* 1999) y minerales arcillosos (3694, 3621 cm^{-1}) (Madejová *et al.* 2017), las cuales se asocian a la carga empleada para dar cuerpo al papel. También se observa un hombro pronunciado a 1731 cm^{-1} que se adscribe a compuestos de oxidación de las fibras celulósicas (Kostadinovska y Spirovska 2016). Se ha calculado un valor para el Índice Total de Cristalinidad (ITC) definido como el cociente de intensidades de banda I1370/I2900 medidas a 1370 (región amorfa C-II) y 2900 cm^{-1} (región cristalina C-I) es 0,44.

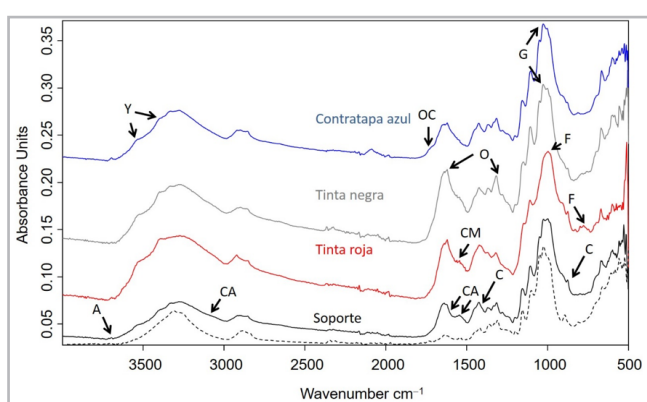


Figura 5.- Espectros de absorción IR adquiridos en muestras de la contratapa, soporte, tinta roja y tinta negra. El espectro IR con trazado discontinuo se ha adquirido en un papel no encolado. (A) minerales arcillosos; (C) calcita; (CA) cola animal; (F) minerales feldespáticos; (G) goma arábica; (O) oxalato de calcio; (OC) productos de oxidación de celulosa; (Y) yeso.

La figura 6 muestra el voltograma obtenido en la muestra de contratapa. En ella se puede observar el voltograma de la muestra analizada en color rojo, y el patrón de referencia índigo empleado en color negro para su identificación.

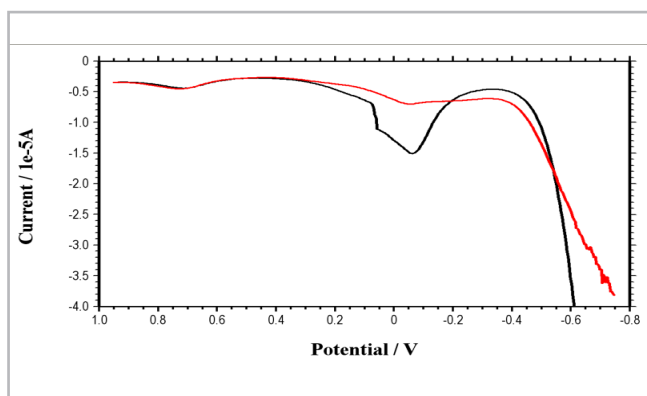


Figura 6.- Voltograma de la muestra (línea roja) y de índigo (Kremer pigmente) usado como patrón de referencia (línea negra). 0.25 M HAc/NaAc, pH 4.75; Ref. Ag/AgCl (CH). GCE.

Soporte de escritura: El espectro de absorción IR del manuscrito está dominado por las bandas características de fibras celulósicas al igual que la contratapa con un valor de ITC calculado de 0,46. También se observan bandas características de calcita (876 cm^{-1}) y en menor cuantía yeso y minerales arcillosos asociados a la carga y bandas características de un aglutinante proteico, probablemente cola animal (3285, 3060, 1658-1625, 1542 cm^{-1}) (Derrick *et al.* 1999).

Para la discriminación del tipo de fibra vegetal de tallo usado se ha aplicado el método de Garside y Wyeth (2003) basado en la representación de los cocientes de intensidad de bandas IR, R_1 (I_{1595}/I_{1105}) y R_2 (I_{1595}/I_{1105}) que correlacionan el contenido de lignina relativo al de celulosa en cada tipo de fibra. El diagrama obtenido [Figura 7] sitúa las muestras analizadas en la zona del cáñamo. La desviación observada en el valor experimental puede deberse al efecto interferente del agente de encolado.

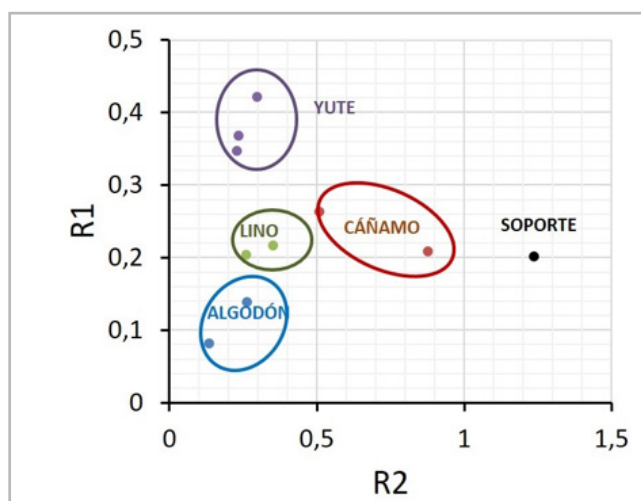


Figura 7.- Diagrama en el que se representan los valores de intensidad de bandas de absorción R_1 (I_{1595}/I_{1105}) y R_2 (I_{1595}/I_{1105}).

Tintas: El espectro IR obtenido en la muestra de tinta roja muestra un perfil de bandas IR muy análogo al del soporte con reconocimiento de los mismos compuesto con un ITC = 0,30. Además, se identifican bandas a 995, 799 y 777 cm^{-1} que se asocian a minerales feldespáticos y arcillosos. También se observa un pequeño hombro a 1731 cm^{-1} derivado de compuestos de oxidación de las fibras celulósicas (Kostadinovska y Spirovska 2016).

En la figura 8a se muestra el voltograma de obtenido en la muestra de tinta roja. Se observan con claridad los picos correspondientes a la reducción de Pb(II) y Hg(II) asociados a minio y bermellón, respectivamente (Doménech-Carbó *et al.* 2009).

El espectro IR obtenido en la muestra de tinta negra muestra también un perfil similar al del soporte con reconocimiento de los mismos compuestos con un ITC = 0,44. En este caso, además, se ha podido identificar goma arábica (1020(s) cm^{-1}) (Derrick, Stulink, Landry 1999), la cual habría sido empleada como aglutinante de la tinta.

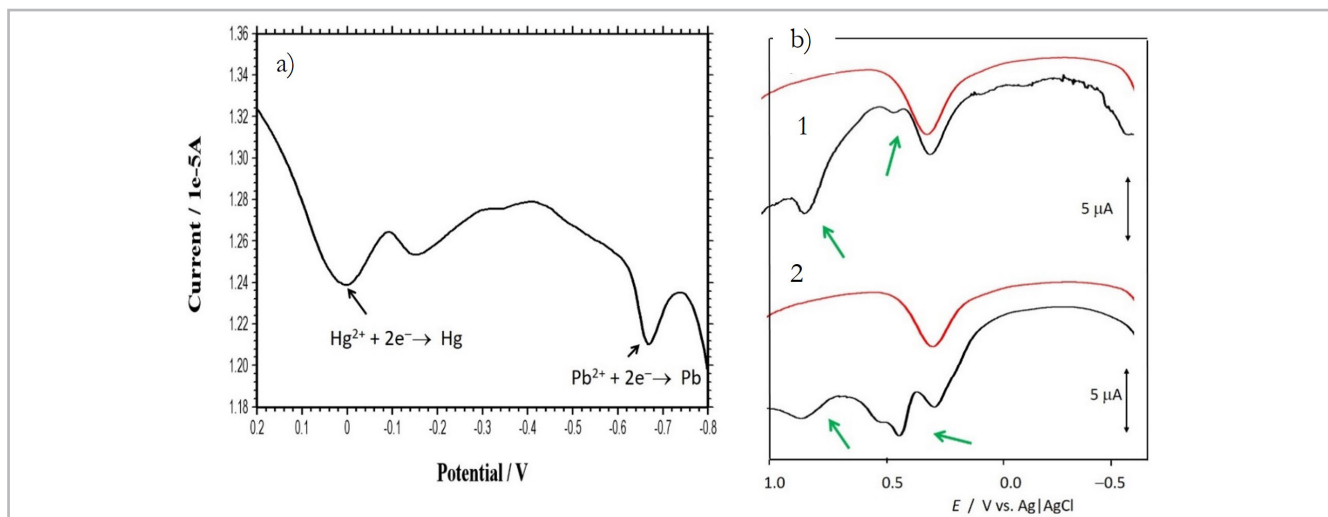


Figura 8.- a) Voltagrama de la muestra de tinta roja fijada a un electrodo de grafito en contacto con una disolución acuosa de H₂SO₄ 0,50 M. Barrido iniciado a -0,8 V en la dirección positiva; ΔV 4mV; amplitud de la onda cuadrada 25mV; frecuencia 5 Hz. b) Voltagramas de muestra de tinta ferrogálica de referencia (1) y tinta negra del manuscrito (2) fijadas a un electrodo de grafito en contacto con una disolución acuosa de H₂SO₄ 0,50 M. Los trazados en rojo corresponden a voltagramas obtenidos con el mismo electrodo de grafito sin modificar. Barrido iniciado a -0,75 V en la dirección positiva; ΔV 4mV; amplitud de la onda cuadrada 25mV; frecuencia 5 Hz.

La figura 8 muestra el voltagrama obtenido a partir de una muestra de tinta negra (1) y en una muestra de referencia de tinta ferrogálica comercial (Rohre & Klingner, Leipzig, Germany) (2) fijadas por abrasión a un electrodo de grafito en contacto con disolución acuosa de H₂SO₄ 0,50 M. El barrido de potencial en la dirección positiva en el material de referencia muestra una serie de picos de oxidación solapados en el intervalo 0,4 a 0,5 V seguidos de un pico intenso a 0,9 V característicos de la oxidación del ácido gálico (Badea *et al.* 2019; Li *et al.* 2021). Este perfil viene acompañado de una señal de fondo a 0,25 V correspondiente a la oxidación de las funcionalidades de oxígeno de tipo catecol existentes en la superficie del electrodo de grafito. El voltagrama obtenido en la tinta negra del manuscrito está dominado por el pico de oxidación intenso a 0,9 V que coincide con el obtenido en la tinta comercial. También se observan una serie de picos muy débiles, pero bien definidos en el intervalo 0,4 a 0,5 V y otras señales menores en el intervalo 0,0 a -0,5 V. Esto último

es indicativo de una alteración de la tinta en su interacción con la celulosa que da lugar a productos y reacciones cruzadas que promueven la formación de oxalatos de Fe(II) y Fe(III) además de los galátos de Fe(II) y Fe(III) (Melo *et al.* 2022; Jančovičová *et al.* 2007; Ferretti *et al.* 2022; Lerf y Wagner 2016). La descomposición del sulfato de hierro presente en la composición, en ácido sulfúrico y en óxido de hierro (ya sea por acción de humedad o por la del oxígeno), da lugar a dos mecanismos de alteración. Por un lado, la hidrólisis de la celulosa catalizada por la acidez, que desemboca en la ruptura de las cadenas moleculares y en una pérdida de solidez, y por otro, a la oxidación de la celulosa catalizada por el hierro, que provoca una coloración parda, una reacción de fluorescencia UV y un fuerte debilitamiento del soporte (Caterino, Pajer, Crestini 2023).

La tabla 2 resume los resultados obtenidos en el estudio analítico llevado a cabo.

Muestra	Fibra	ITC	Encolado	Carga	Materia colorante	Aglutinante	Otros hallazgos
Contrasolapa	Algodón	0,43	n.d.	Yeso, arcillas caoliníticas	Índigo	Goma arábiga	Alteración del índigo, alteración de las fibras, formación de productos de oxidación carboxílicos en coherencia con el mas bajo valor de ITC de la serie reportado en esta muestra.
Soporte	Cáñamo	0,46	Cola animal	Calcita, arcillas caoliníticas	-	-	El valor de ITC es inferior al calculado en papel de referencia no encolado.
Tinta negra	"	0,44	"	Calcita, arcillas caoliníticas	Tinta ferrogálica	Goma arábiga	Restos de vitriolo verde (Fe) y azul (Cu). En coherencia con el menor valor de ITC se detectan oxalatos metálicos, principalmente de calcio. Alteración de las fibras con formación de oxalatos por la acción de la tinta (Melo et al., 2022).
Tinta roja	"	0,30	"	Calcita, arcillas caoliníticas	Tierra roja, Minio, Bermellón y/o Rejalgar/ oropimente	Goma arábiga	Alteración de las fibras por formación de productos de oxidación carboxílicos en coherencia con el ITC bajo de esta muestra.

Tabla 2.- Cuadro resumen de las evidencias experimentales obtenidas en el estudio analítico.

Discusión

Para la fabricación del soporte del manuscrito se emplearon fibras vegetales, probablemente de cáñamo (Knipe *et al.* 2018) y cola animal como agente de encolado. La cola animal, empleada en la manufactura de los papeles occidentales, contrasta con el uso del almidón o mucílagos vegetales (Barkeshli 2015 y 2016) característicos de los papeles árabes. Como carga se empleó calcita, frecuentemente usada en la fabricación de manuscritos, ya que actúa como preparado para el encolado y regular la absorción de las tintas, además de potenciar su luminosidad, y que también ha servido para proteger el papel de la acción de las tintas ferrogálicas actuando como reserva alcalina (Espejo *et al.* 2008; 2011; Dzinavatonga *et al.* 2014). El resto de minerales y sales identificados están asociados a impurezas de los productos utilizados o contaminaciones contraídas en las manipulaciones efectuadas durante el proceso de manufactura (Espejo *et al.* 2011; Dzinavatonga *et al.* 2014). La escasa concentración en la que se identifica el yeso en las tres muestras de papel sugiere que podría proceder de la manufactura del propio soporte (Espejo *et al.* 2011), ya que en la última fase de preparación del papel se aplicaba yeso por frotación para mejorar su aspecto, homogeneizar las caras y recibir mejor las tintas (Durán Benito *et al.* 2012).

Respecto a la materia colorante identificada se ha podido constatar la presencia de índigo, empleado en la contrasolapa. El uso de índigo ha sido usado muy frecuentemente en manuscritos de diferentes cronologías, tanto con la finalidad de teñir el papel como para la fabricación de tintas azules (Burgio *et al.* 2008; Tanevska *et al.* 2014; Knipe *et al.* 2018; Abdel-Ghani 2022). Ambas tintas, tanto la negra como la roja, fueron aglutinadas con goma arábiga. En la tinta negra, la presencia de restos de sulfato ferroso, acompañado de Cu y Zn (sulfato de cobre), que se habría adicionado al vitriolo verde para potenciar el color, es una evidencia ampliamente utilizada en análisis de tintas ferrogálicas para efectuar una identificación positiva (Kolar *et al.* 2006; Contreras Zamorano 2018). La tinta roja, pudo ser fabricada con pigmentos tierra-óxido de hierro, minio, bermellón y/o oropimente rejalgar, los cuales fueron comúnmente empleados en la iluminación de manuscritos y la preparación de tintas (Espejo *et al.* 2008; Kroustallis 2011; González García 2014; Knipe *et al.* 2018) o, incluso, como agente biocida (Sistach Anguera 2011). La presencia de plomo se asocia a impurezas incorporadas en las sustancias utilizadas en la elaboración de la tinta (Idjouadiene *et al.* 2021). Se han descrito tintas rojas de los siglos XVIII y XIX procedentes de Bugia en el Magreb, en cuya composición se han hallado trazas de Fe, Cu, Zn Ca y Pb que se asocian a impurezas. Los autores de este estudio, aunque no reconocen el colorante rojo utilizado sugieren tentativamente carmín. Sin embargo, por la tonalidad es también posible que se hubiese utilizado granza cuyo uso en la cultura musulmana desde la Edad Media fue bastante común (Barkeshi 2016).

Conclusiones

La metodología multitécnica propuesta ha permitido realizar un estudio analítico en profundidad de los materiales que constituyen el manuscrito bereber y de las alteraciones que presenta.

El papel de la contrasolapa, añadido con posterioridad a la elaboración del códice, fue fabricado a partir de fibras de algodón, como cargas se emplearon yeso y minerales arcillosos y se usó índigo como colorante para teñirlo de color azul. Además, ha sido posible identificar, aunque de forma tentativa, goma arábiga u otro mucílago vegetal utilizado como encolante.

El soporte utilizado para el cuerpo del manuscrito fue producido a partir de fibras vegetales, posiblemente de cáñamo, con carga de calcita acompañada de otros minerales, arcillas yeso y sales (sulfatos y cloruros), asociados a impurezas o, en atención a su mal estado de conservación, a agentes externos de degradación como suciedad de polución. El uso de cola animal como agente de encolado coincide con los procesos de elaboración occidental del papel. La tinta ferrogálica y la tinta roja presentan composiciones en coherencia con la cronología del documento. Se ha observado un mayor efecto de alteración en la tinta ferrogálica y en la contrasolapa que presentan mecanismos y productos de degradación diferentes. Estos efectos de degradación son perceptibles *a visu* y se han corroborado con los análisis realizados en los dos casos.

Agradecimientos

La presente investigación está financiada con el proyecto PID2020-113022GB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y por FEDER "Una manera de hacer Europa", y el proyecto PID2022-142431NB-I00, se ha beneficiado de un contrato postdoctoral Margarita Salas del programa de Recualificación del Sistema Universitario Español-Ministerio de Universidades- financiado por la Unión Europea NextGenerationEu y se enmarca dentro del grupo de investigación Ciencia y Cultura del Patrimonio (HUM-1057). Los autores agradecen la colaboración de Manuel Planes, José Luis Moya y Alicia Nuez, técnicos del Servicio de Microscopía Electrónica de la Universitat Politècnica de València.

Referencias

- ABDEL-GHANI, M. (2022). "Multidisciplinary study of a Qajar lacquered paintings: Technology and materials characterization" in *Vibrational Spectroscopy*, 119, 103355. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2022.103355>
- BADEA, M.; DI MODUGNO, F.; FLOROIAN, L.; TIT, D.M.; RESTANI, P.; BUNGAU, P.; IOVAN, C.; BADEA, G.E.; ALEYA, L. (2019). "Electrochemical strategies for gallic acid detection: Potential for application in clinical,

- food or environmental analyses" in *Science of The Total Environment*, 672, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.404>
- BARKESHLI, M. (2015). "Material technology and science in manuscripts of Persian mystical literature" in *Manuscripts Cultures*, 8: 187-214.
- BARKESHLI, M. (2016). "Historical Persian recipes for paper dyes" in *Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*, 37: 49-89. <https://doi.org/10.1515/res-2015-0012>
- BURGIO, L., CLARK, R.J.H., MURALHA, V.S.F, STANLEY, T. (2008). "Pigment analysis by Raman microscopy of the non-figurative illumination in 16th- to 18th-century Islamic manuscripts" in *Journal of Raman Spectroscopy*, 39: 1482-1493. <https://doi.org/10.1002/jrs.2027>
- CATERINO, S.; PAJER, N.; CRESTINI, C. (2023). "Iron-galls inks: preparation, structure and characterization", *Microchemical Journal*, 185: 108258. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.108258>
- CONTRERAS ZAMORANO, G. (2018). "The presence of iron in inks used in Valencian manuscripts from 13th to 17th century" in *Microchemical Journal*, 143: 484-492. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.043>
- DERRICK, M.R.; STULINK, D.; LANDRY, J.M. (1999). *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute.
- DOMÉNECH-CARBÓ, A.; DOMÉNECH-CARBÓ, M.T.; COSTA, V. (2009). *Electrochemical methods in Archaeometry, Conservation and Restoration*, Series: Monograph in Electrochemistry (Ed. F. Scholz), Springer, Berlin, 166.
- DURÁN BENITO, A.; LÓPEZ MONTES, A.; TELLO BURGOS, N.; CASTILLO VALDIVIA, M.E.; BALLESTA CLAVER, J.; BLANC GARCÍA, M.R.; VELILLA SÁNCHEZ, N.; JIMÉNEZ DE HARO, M.C.; GARÓFANO MORENO, I. (2012). Una colaboración interdisciplinaria para el conocimiento científico de los materiales del registro de Torres, en V.V.A.A. *El registro notarial de Torres (1382-1400)*. Granada: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura y Deportes.
- DZINAVATONGA, K.; BHARUTH-RAM, K.; MEDUPE, T.R. (2014). "Mössbauer spectroscopy analysis of valence state of iron in historical documents obtained from the National Library of South Africa" in *Journal of Cultural Heritage*, 337-380. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2014.06.004>
- ESPEJO ARIAS, T., LÓPEZ MONTES, A., GARCÍA BUENO, A., DURÁN BENITO, A., BLANC GARCÍA, R. (2008). "A Study about Colorants in the Arabic Manuscript Collection of the Sacromonte Abbey, Granada, Spain. A New Methodology for Chemical Analysis", en *Restaurator*, 28: 76-106. <https://doi.org/10.1515/rest.2008.005>
- ESPEJO ARIAS, T.; LAZAROVA STOYTCHIEVA, I.; CAMPILLO GARCÍA, D.; DURÁN BENITO, A.; JIMÉNEZ DE HARO, M.C. (2011). "Caracterización material y proceso de conservación de la colección de documentos árabes manuscritos del Archivo Histórico Provincial de Granada" en *Al-qantara*, XXXII: 519-532. <https://doi.org/10.3989/alqantara.2011.v32.i2.267>
- FERRETTI, A.; SABATINI, F.; DEGANI, I. (2022). "A Model Iron Gall Ink: An In-Depth Study of Ageing Processes Involving Gallic Acid" in *Molecules*, 27: 23, 8603. <https://doi.org/10.3390/molecules27238603>
- GARSDIE, P.; WYETH, P. (2003). "Identification of cellulosic fibers by FTIR spectroscopy: thread and single fiber analysis by attenuated total reflectance" in *Studies in Conservation*, 48: 269-275. <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.4.269>
- GONZÁLEZ GARCÍA, S. (2014). *Estudio de las encuadernaciones originales datadas de la Colección de manuscritos árabes de la Biblioteca de la Escuela de Estudios Árabes de Granada*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- GONZÁLEZ GARCÍA, S.; CAMPILLO-GARCÍA, D.; ESPEJO ARIAS T. (2017). "Novedades sobre la datación de los manuscritos árabes de la Escuela de Estudios Árabes de Granada a partir de su estudio codicológico", en *Al-Qantara*, XXXVIII 1, enero-junio. 99-111. <http://al-qantara.revistas.csic.es/index.php/al-qantara/issue/view/33>
- GORDON COOK, J. (2006). *Handbook of textile fibres. I. Natural fibres*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- GORDON, S.; HSIEH, Y.L. (2007). *Cotton: Science and technology*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- HAMPARZOOMIAN MARÍN, S. (2022). *La codicología al servicio de la conservación de documentos. El caso de un manuscrito bereber*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Granada.
- HOUCK, M.M. (2009). *Identification of textile fibres*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- IDJOUADIENE, L.; MOSTEFAOUI, T.A.; NAITBOUDA, A.; DJERMOUNE, H.; MECHEHED, D.E.; GARGANO, M.; BONIZZONI, L. (2021). "First applications of non-invasive techniques on Algerian heritage manuscripts: the LMUHUB ULAHBIB ancient manuscript collection from Kabylia region (Afnig n Ccix Lmuhub)" in *Journal of Cultural Heritage*, 49: 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.03.008>
- JANČOVIČOVÁ, V.; ČEPPAN, M.; HAVLÍNOVÁ, B.; REHÁKOVÁ, M.; JAKUBÍKOVÁ, Z. (2007). "Interactions in Iron Gall Inks" in *Chemical Papers*, 61: 391-397. <https://doi.org/10.2478/s11696-007-0053-0>
- KNIFE, P.; EREMIN, K.; WALTON, M.; BABINI, A.; RAYNER, G. (2018). "Materials and techniques of Islamic manuscripts" in *Heritage Science*, 6: 55. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0217-y>
- KOLAR, J.; STOLFA, A.; STRLI, M.; POMPEB, M.; PIHLAR, B.; BUDNAR, M.; SIMCIC, J.; REISSLAND, B. (2006). "Historical iron gall ink containing documents — Properties affecting their condition" in *Analytica Chimica Acta*, 555: 167-174. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.08.073>
- KOSTADINOVSKA, M.; SPIROVSKA, Z.J.; TAYLOR, T. (2016). "A procedure for identifying cellulose fibers in paper Artifacts Differentiating between flax, hemp and cotton" in *The 4th International Virtual Conference on Advanced Scientific Results June, 6-10*.

KROUSTALLIS, S. (2011). "Binding media in medieval manuscript illumination: a source research" in *Revista de História da Arte. Série W*, 1, 112-125.

KUMAR, A.; NEGI, Y. S.; CHOUDHARY, V.; BHARDWAJ, N.K. (2014). "Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid-Hydrolysis from Sugarcane Bagasse as Agro-Waste" in *Journal of Materials Physics and Chemistry*, 2: 1-8. <https://doi.org/10.12691/jmpc-2-1-1>

LERF, A.; WAGNER, F.E. (2016). "Model compounds of iron gall inks – a Mossbauer study" in *Hyperfine Interactions*, 237, artic. 36. <https://doi.org/10.1007/s10751-016-1280-y>

LI, X.; GAO, Y.; XIONG, H.; YANG, Z. (2021). "The electrochemical redox mechanism and antioxidant activity of polyphenolic compounds based on inlaid multi-walled carbon nanotubes modified graphite electrode" in *Open Chemistry*, 19: 961-973. <https://doi.org/10.1515/chem-2021-0087>

MADEJOVÁ J., GATES, W.P., PETIT, S. (2017). "IR Spectra of Clay Minerals. En: Infrared and Raman Spectroscopies of Clay Minerals". W.P. Gates, J.T. Klopogge, J. Madejová, F. Bergaya, (Eds.). Elsevier. Chapter 5, 107-149.

MELO, M.J.; OTERO, V.; NABAIS, P.; TEIXEIRA, N.; PINA, F.; CASANOVA, C.; FRAGOSO, S.; SEQUEIRA, S.O. (2022). "Iron-gall inks: a review of their degradation mechanisms and conservation treatments" in *Heritage Science*, 10, artic. 145. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00779-2>

OUAKRIM, O. (1995). Fonética y fonología del bereber. Barcelona: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona

SISTACH ANGUERA, M.C. (2011). "Aportación al estudio de las tintas. Los colorantes y pigmentos aplicados en manuscritos" en *Actas de la reunión de estudio sobre el papel hispanoárabe. Xàtiva 29-31 de octubre 2009*, 109-116.

TANEVSKA, V., NASTOVA, I., MINCEVA-SUKAROVA, B., GRUPCE, O., OZCATAL, M., KAVCIC, M., JAKOVLEVSKA-SPIROVSKA, Z. (2014). "Spectroscopic analysis of pigments and inks in manuscripts: II. Islamic illuminated manuscripts (16th-18th century)" in *Vibrational Spectroscopy*, 73: 127- 137. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2014.05.008>

Autor/es



Carla Álvarez Romero

carla.alvarez.romero@gmail.com

Universitat Politècnica de València /
Departamento de Pintura, Facultad de Bellas
Artes, Universidad de Granada

<https://orcid.org/0000-0003-0341-667X>

Doctora en Conservación y Restauración de Bienes Culturales por la Universitat Politècnica de València (UPV) y licenciada en Historia (Prehistoria y Arqueología) por la Universidad Autónoma de Madrid (2012). En 2020 defiende su tesis doctoral con Mención Internacional obteniendo el Premio Extraordinario de Tesis de la UPV en 2021. Sus

investigaciones están centradas en el estudio arqueométrico y la ciencia de la conservación de objetos arqueológicos e históricos, para ello ha colaborado con instituciones españolas como el Museo de Prehistoria de València o el Museo Nacional de Arqueología Subacuática, e instituciones extranjeras, como el Muzeum Narodowe W Krakowie, Polonia. El desarrollo de esta actividad investigadora ha dado lugar a la publicación de artículos en revistas indexadas y a la participación en congresos de ámbito nacional e internacional. Ha desarrollado tareas docentes en el departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la UPV y en el departamento de Escultura de la Universidad de Granada (UGR). En la actualidad cuenta con un contrato Postdoctoral Margarita Salas y se encuentra realizando su actividad investigadora en la UPV y en el departamento de Pintura de la UGR.



Antonio Doménech Carbó

antonio.domenech@uv.es

Departamento de Química Analítica,
Universitat de València

<https://orcid.org/0000-0002-5284-2811>

Doctorado en Ciencias Químicas por la Universitat de València Estudi General en 1989, desde 1980 ha sido catedrático de Bachillerato compaginando este trabajo con el de profesor asociado desde 1993 hasta 2001 en que pasa a profesor titular y posteriormente, en 2010 catedrático de Análisis Químico en el Departamento de Química Analítica de la Universitat de València. En su trayectoria académica universitaria que supera los 25 años ha publicado cerca de 300 artículos, la mayoría de ellos en revistas indexadas y ha escrito varios libros por invitación para las editoriales Springer y Taylor and Francis sobre análisis electroquímico de bienes culturales. Es topical editor de la revista *Journal of Solid State Electrochemistry* y miembro del editorial board de la revista didáctica *ChemTexts*. Ha dirigido 7 tesis doctorales y numerosos proyectos de investigación competitivos de ámbito regional y nacional.



Teresa Espejo Arias

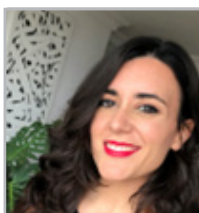
tespejo@ugr.es

Departamento de Pintura, Facultad de Bellas
Artes. Universidad de Granada

<http://orcid.org/0000-0001-8081-559X>

Catedrática de conservación de documentos y obra gráfica de Universidad de Granada. Su curriculum docente y de investigación está directamente relacionado con la conservación y restauración del documento gráfico, material de archivo, libros y encuadernaciones con especial atención al estudio, caracterización e intervención de los manuscritos árabes de al-Ándalus así como de los materiales y de los procesos de ejecución mediante la aplicación de técnicas de análisis y el cuestionamiento y mejora de las técnicas y procedimientos para su conservación y restauración. Desde 1990 ha dirigido numerosos contratos con empresas y proyectos de investigación I+D+I, tesis y becas FPU y FPI. Ha participado en congresos y publicado monografías y artículos en revistas indexadas relacionados con el tema. Ha colaborado activamente en la elaboración de los planes de

estudios para la adaptación de las diferentes titulaciones al EEES con la creación del Grado en conservación y restauración, así como dirigido y coordinado tanto cursos como estudios de máster. Actualmente, asesora a diversas instituciones públicas y privadas en la elaboración de los protocolos de actuación y para la dotación y puesta en marcha de sus laboratorios de restauración así como para el estudio y puesta en valor de sus respectivas colecciones documentales, coordina la especialidad de conservación y restauración de documentos y dirige el Secretariado de Conservación y Restauración de la Universidad de Granada.



Siranush Hamparzoomian Marín

shrestauracion@gmail.com

Archivo Histórico Municipal de Antequera,
Málaga, España.

Graduada en Conservación y restauración de Bienes Culturales por la Universidad de Granada. Comienza sus estudios en 2006 realizando la Licenciatura de Bellas Artes en la Universidad de Málaga y Sevilla, para continuar como Técnico Superior en Dirección de Obras de Decoración y Máster en BIM Manager. Tras vivir varios años en Francia, comienza su carrera profesional trabajando como directora de obra, realizando numerosos proyectos de diferente índole. Actualmente trabaja de manera autónoma como conservadora-restauradora de documentos para el Museo de la Ciudad de Antequera y para el Archivo Municipal de Antequera, además de para clientes diversos como el Colegio de Abogados de Antequera y numerosas cofradías y hermandades.



María Teresa Doménech Carbó

tdomenec@crbc.upv.es

Instituto de Restauración del Patrimonio,
Universitat Politècnica de València

<https://orcid.org/0000-0003-3660-2161>

Doctorada en Ciencias Químicas por la Universitat de València Estudi General en 1989, desde 1984 hasta 1990 ha sido profesora agregada y catedrática de Bachillerato y desde 1990 es profesora de Análisis Químico de Patrimonio Cultural en la Universitat Politècnica de València (UPV) alcanzando la condición de catedrática en 1999, desde 2005 hasta 2016 ha dirigido el Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV (IRP). En su trayectoria académica universitaria que supera los 25 años ha publicado cerca de 200 artículos, la mayoría de ellos en revistas indexadas y ha escrito dos libros por invitación para las editoriales Springer y Síntesis sobre análisis químico de bienes culturales. También ha dirigido 19 tesis doctorales cuatro de las cuales han recibido Premios Extraordinarios a nivel Nacional y de la UPV y durante su mandato en el IRP ha dirigido la edición de la revista Arché del IRP. Ha coordinado sucesivos programas de doctorado ofertados por el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la UPV. Finalmente cabe destacar que ha dirigido numerosos proyectos de investigación competitivos de ámbito regional, nacional y de la Comisión Europea y ha participado y dirigido un número muy elevado de convenios y contratos de I+D.

Artículo enviado 27/09/2023
Artículo aceptado el 14/03/2024



<https://doi.org/10.37558/gec.v25i1.1256>