

METODOLOGÍAS DE LA IMAGEN MULTIBANDA APLICADAS AL PATRIMONIO DOCUMENTAL PARA LA DIGITALIZACIÓN DE MANUSCRITOS CON TINTAS METALOÁCIDAS

Ania Rodríguez Maciel y Elisa Díaz González
Universidad de La Laguna

Resumen: La digitalización de manuscritos históricos con tintas metaloácidas es un gran desafío debido a la degradación tanto de las tintas como del soporte de papel. Esta investigación propone el uso de la fotografía multibanda como una nueva metodología a implementar en los planes de digitalización. Estas técnicas de imagen han demostrado ser eficaces para documentar y recuperar textos desvanecidos, mejorando su legibilidad y revelando parte de los textos ocultos por tachones. Por tanto, el artículo propone la implementación sistemática de la imagen multibanda en los protocolos de digitalización, para asegurar la preservación tanto del objeto patrimonial, como del texto histórico, empleando como objeto de estudio documentos manuscritos del siglo XVI del Archivo Histórico Provincial de Santa Cruz de Tenerife.

Palabras clave: digitalización; tintas metaloácidas; corrosión; desvanecimiento; imágenes multibanda

Abstract: *The digitization of historical manuscripts with metalloacidic inks is problematic, due to the degradation of the inks and the paper support. This research proposes the use of multiband photography as a new methodology to be implemented in digitization projects. These imaging techniques are effective for documenting and recovering faded texts, improving their legibility, as well as revealing part of texts hidden by erasures. Therefore, the article proposes the systematic implementation of multiband imaging in digitization protocols to ensure the preservation of both the heritage object and the historical text. The case of study are handwritten documents of the 16th century from the Provincial Historical Archive of Santa Cruz de Tenerife.*

Keywords: *digitization; iron gall inks; corrosion; fading; multiband imaging*

INTRODUCCIÓN

La UNESCO define el patrimonio documental como:

Los documentos o grupos de documentos de valor significativo y duradero para una comunidad, una cultura, un país o para la humanidad en general, y cuyo deterioro o pérdida supondría un empobrecimiento perjudicial. (...) El patrimonio documental del mundo tiene una importancia global y es responsabilidad de todos, y debería ser plenamente preservado y protegido para todos (...) Para cada Estado, su patrimonio documental refleja su memoria e identidad y contribuye así a determinar su lugar en la comunidad mundial. (UNESCO, 2015).

La mayoría de las instituciones producen y conservan algún tipo de patrimonio documental, lo que les obliga, en cierta medida, a protegerlo, tal como sugiere la UNESCO. Desde hace años, se llevan a cabo campañas de digitalización con la finalidad de salvaguardar y procurar su accesibilidad. Sin embargo, la amplia variedad de tipologías requiere la revisión de un método que rescate, de manera efectiva, la información aportada por los documentos.

El caso concreto de los manuscritos con tintas metaloácidas en soporte papel, conlleva la problemática de la corrosión que pueden sufrir este tipo de tintas debido a la composición, lo que aporta fragilidad al soporte y dificulta el digitalizado. Es necesario extremar la precaución en su manipulación, y cambiar, en ciertos casos, la metodología de digitalización, para minimizar esos riesgos de daños físicos. Además, esta degradación puede provocar la ilegibilidad del texto, por lo que se propone incorporar métodos de digitalización basados en la utilización de la fotografía multibanda.

NEXO

artículos

REVISTA INTERCULTURAL DE
ARTE Y HUMANIDADES DE LA
SECCIÓN DE ESTUDIANTES Y
JÓVENES INVESTIGADORES Y
CREADORES DEL IEHC

Nº 21, año 2025

pp. (29-41)

ISSN: 2341-0027Z

<https://doi.org/10.56029/NX2129>

Las tintas metaloácidas. La problemática en las actuaciones de digitalización

Las tintas metaloácidas fueron utilizadas desde la Edad Media hasta mediados del siglo XX. Existen multitud de recetas, pero todas coinciden en tres componentes principales: vitriolo (sulfato ferroso), agallas (ácido gálico) y aglutinante (goma arábiga), disueltos en agua o vino (Zerdoun, 1983; Eusman, 1998; Karnes, 1998; Stijnman, 2002; Kolar & Strlic, 2006; Díaz et al., 2018). Algunas recetas podían contener ingredientes adicionales, como cáscara de granada, vinagre, alcohol o pigmentos. Estos elementos se utilizaban para modificar el color, aportar más brillo o como medio de preservación (Karnes, 1998). La pureza de estos ingredientes también podía afectar a la composición de la tinta. El vitriolo utilizado contenía impurezas de otros metales como el cobre o zinc (Kolar & Strlic, 2006; Vuillard et al., 2024). Incluso algunas recetas contaban con vitriolo azul, es decir, sulfato de cobre, como otro de sus ingredientes (Vuillard et al., 2024).

Las tintas metaloácidas están clasificadas dentro de las denominadas tintas negras. El color negro, en este caso, es el resultado de la reacción entre el ácido gálico y el sulfato de hierro. Cuando estas tintas se aplican sobre el soporte y entran en contacto con el oxígeno, los iones de hierro (II) se oxidan y se transforman en iones de hierro (III), formándose un pigmento insoluble. Estas tintas pueden causar una degradación severa al soporte de papel debido a dos mecanismos químicos: la hidrólisis de la celulosa catalizada por la acidez de la tinta, y la oxidación de la celulosa catalizada por iones de hierro (II), iniciada por reacciones de Fenton. Estos procesos, que provocan la despolimerización de la celulosa, pueden fracturar el soporte, provocando pérdidas importantes (Burgaud et al., 2010; Vuillard et al., 2024). Además de la composición, otros factores internos que influyen en el proceso de degradación, pueden ser la cantidad de tinta aplicada y la composición del papel, así como factores externos como cambios en la humedad relativa, la contaminación ambiental y una manipulación incorrecta (Neevel, 1995; Reißland, 2000). La corrosión de las tintas se manifiesta por la transferencia de tinta al reverso, con una coloración marrón pálida a oscura y halos alrededor de las áreas entintadas, inicialmente visibles bajo radiación UV. Con el tiempo, estas áreas se oscurecen, se vuelven marrones, y además, pueden aparecer daños físicos como microfisuras, grietas y pérdidas de soporte (Reißland, 2000; Rouchon et al., 2009).

El proceso de degradación comienza mucho antes de que sea visible. Por ello, es importante implementar protocolos de inspección y estrategias de conservación en las instituciones que albergan estos documentos para garantizar la preservación del patrimonio documental. Las inspecciones visuales periódicas pueden detectar la degradación en una etapa temprana. Estas también son importantes para planificar la digitalización de los documentos, ya que proporcionan información sobre el estado de las colecciones, marcando las prioridades así como localizando aquellos folios que están más degradados y en peligro de pérdida de información, los cuales deben digitalizarse con urgencia para preservar la información histórica (Reißland, 2000).

El proceso de digitalización de documentos manuscritos

La digitalización de los manuscritos históricos es una acción que asegura la preservación del patrimonio documental, además de facilitar el acceso global a investigadores y al público en general.

Proceso de digitalización de documentos manuscritos

Los proyectos de digitalización incluyen varias etapas, desde la planificación y selección de los documentos, hasta el control de calidad de las imágenes y su divulgación (FADGI, 2009). Una vez planificado todo el trabajo, se realiza la selección. Para ello, se deben seguir unos criterios atendiendo al valor patrimonial, la demanda y el estado de conservación. En algunos casos se tiene en cuenta si el manuscrito está incluido en algún proyecto financiado, si está en fase de restauración, o si se va a crear un facsímil (e-códices, 2005). Además, estos manuscritos deben pasar una inspección y, si es necesario, someterse a un tratamiento de

estabilización que garantice unas condiciones adecuadas para no causar daños al manipular el documento.

Los principales dispositivos de captura utilizados en las instituciones para la digitalización son los escáneres de alta resolución. Estos pueden ser planos, adecuados para documentos sueltos; o cenitales, también denominados planetarios, que son idóneos para documentos encuadernados, ya que permiten digitalizar sin desmontar el libro. El sensor y el sistema de luz se encuentra situado en un brazo –fijo o móvil– encima de la mesa de apoyo. La superficie puede ser plana o bien adaptarse con un soporte cama, que posibilita colocar el manuscrito encuadernado en forma de “V”, evitando abrirlo en exceso, minimizando los daños que se puedan ocasionar. Para ello, se aconseja que el ángulo de apertura de los manuscritos encuadernados no exceda los 140° (e-codices, 2005; Library of Congress, 2020; British Library, 2017; BNE, 2024). Otro de los sistemas de captura son las cámaras fotográficas de alta resolución, recomendadas para aquellos documentos que tengan algún elemento tridimensional, documentos de gran formato como planos, o manuscritos que se encuentran en un estado muy frágil. Estas cámaras profesionales ofrecen una mayor resolución, pero necesitan el manejo de personal especializado para conseguir buenos resultados (fig. 1). Destacar el proyecto *e-codices* que digitaliza manuscritos desde el año 2005, con cámaras digitales de medio formato de gran resolución. Los casi 3.000 ejemplares digitalizados pertenecen a varias instituciones en Suiza, y se pueden consultar en el sitio web www.e-codices.unifr.ch. También, la *British Library* ha optado por el uso de cámaras digitales de medio formato, por ejemplo, para digitalizar los rollos de la colección Lotus Sutra en el *International Dunhuang Programme*¹.

Independientemente del dispositivo utilizado, las imágenes digitales obtenidas deben tener una resolución adecuada, entre 300 y 600 ppi, y una profundidad de 8 bits para las imágenes en blanco y negro, y de 24 bits para las de color.

¹ Link del proyecto: <https://idp.bl.uk/blog/how-to-digitise-scrolls/>

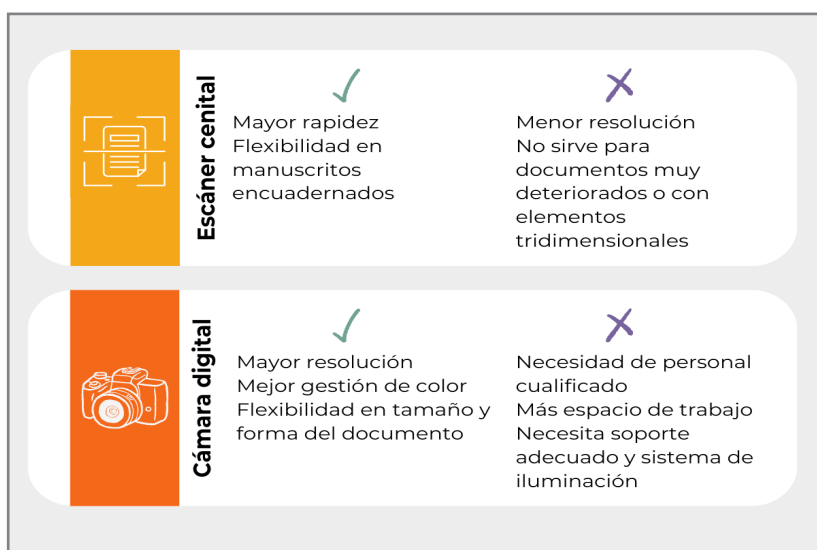


Fig. 1. Esquema con las ventajas y desventajas de los métodos de digitalización, atendiendo a diferentes variables.

Los archivos digitales deben pasar posteriormente por un postprocesado para la gestión del color, y un control de calidad, que consiste en revisar las imágenes digitales y asegurar que los resultados obtenidos cumplan con unos estándares de calidad preestablecidos, en cuanto a exposición, reproducción tonal, color y, por tanto, una precisión en la digitalización realizada. En concreto, se toma de referencia la norma UNE-EN ISO 9000:2015 (*Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario*) que contiene términos y definiciones sobre la gestión de calidad de forma general; y las ISO 19264-1:2021 (*Photography*

- *Archiving systems - Analizing systems quality analysis. Part 1: Reflective originals*) e ISO-TR 19263-1:2017 (*Photography – Archiving systems. Part 1: Best practices for digital image capture of cultural heritage material*), más enfocadas en el análisis de calidad de la imagen digital (Pereira-Uzal, 2023).

Para lograr los objetivos de calidad, se hace uso de cartas de color tanto si se usa escáner como cámara digital, para asegurar el correcto calibrado del equipo de captura y de los monitores. En caso de detectar algún error en la imagen digital, se recomienda digitalizar de nuevo el documento, así como generar copias de seguridad en diferentes formatos –TIFF, JPEG, PDF– para almacenar y subir a la red. Todas estas capturas deben organizarse y guardarse en sistemas de gestión de archivos como discos duros externos o en la nube, garantizando su preservación digital.

Uno de los principales objetivos que persigue la digitalización del patrimonio documental es la publicación de toda esta documentación en plataformas en línea que implementen herramientas de búsqueda y consulta, para la difusión de los manuscritos y garantizar el acceso a la población. Esto conlleva tareas de preservación digital, ya que se deben realizar revisiones periódicas de la calidad de los archivos digitales e ir actualizando los softwares para garantizar la compatibilidad y seguridad de los archivos (IFLA, 2002; Cordal Elviro, 2021).



Fig. 2. Principales etapas en las que se basan los proyectos de digitalización.

Guías y normas publicadas sobre la digitalización en instituciones

En la década de los 90, los sistemas de captura digital ofrecían calidad suficiente, por lo que las instituciones comenzaron a realizar procesos de digitalización de forma prioritaria para la preservación y difusión del patrimonio (Pereira-Uzal, 2023). Con esta popularización y tarea sistemática en los diferentes organismos, comenzaron a publicarse guías y normas para estandarizar de alguna manera este proceso.

A nivel internacional, en 1999, la *International Federation of Library Associations and Institutions* (en adelante, IFLA) publica una serie de recomendaciones a través del texto *Guidelines for Digitization Projects for Collections and Holdings in the Public Domain, Particularly those Held by Libraries and Archives*, una de las primeras guías que establece los principios para la digitalización de las colecciones patrimoniales en las instituciones. Este manual proporciona una visión general de los aspectos técnicos necesarios para realizar los proyectos de digitalización (IFLA, 2002). Posteriormente, publica *Guidelines for Planning the Digitization of Rare Book and Manuscript Collections*, una guía más específica sobre la digitalización de manuscritos que presentan alguna característica que los diferencia, ya sea por diferentes tipos de materiales o por un estado frágil del documento debido al deterioro, llenando así un vacío en los procedimientos de digitalización masiva. Estas guías ponen de manifiesto que la selección de los documentos suele ser un gran desafío, ya que se debe tener en cuenta su importancia y el estado de conservación en que se encuentran. Además, es necesario un flujo de trabajo bien definido, empezando por una inspección y la preparación de los documentos; la selección del equipo más adecuado, y un buen control de calidad durante todo el proceso (IFLA, 2014).

En 2007 nace la *Federal Agencies Digital Guidelines Initiative* (en adelante FADGI), una iniciativa de varias agencias federales que se organizan para articular pautas para la digitalización. En 2010 publican su primer manual, el cual se va revisando y actualizando para adecuarse a los avances tecnológicos, cuya última edición es *FADGI Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials*, del año 2023. En este manual se ofrecen pautas y recomendaciones para la digitalización del patrimonio, como los parámetros técnicos adecuados que se deben tener en cuenta –resolución, balance de blancos, perfiles de color...–, los formatos de archivos digitales y el equipo técnico más adecuado (FADGI, 2023).

En línea con los estándares internacionales, en España se han desarrollado diversas guías y normativas. El manual *Recomendaciones para proyectos de digitalización de patrimonio bibliográfico y fotografía histórica*, desarrollado por el Ministerio de Cultura y Deporte, proporciona directrices para la digitalización del patrimonio documental en bibliotecas, archivos y museos, con el objetivo de asegurar la calidad y accesibilidad de los documentos digitalizados. (Cordal Elviro, 2021). La Biblioteca Nacional de España (en adelante, BNE) viene desarrollando una política de digitalización sistemática desde el año 2008. Fue una de las primeras en iniciar proyectos de digitalización a gran escala, en el cual destaca el lanzamiento de la *Biblioteca Digital Hispánica*, un proyecto que ofrece acceso gratuito a documentos digitalizados –manuscritos, libros impresos antiguos, mapas, grabados–. La BNE elabora una *Guía de digitalización de manuscritos*, donde se establecen estándares para la captura, la gestión de los proyectos de digitalización y la conservación de los documentos originales. Las tareas de digitalizado se inician con la selección de los documentos en base a criterios temáticos, de interés del material y el valor patrimonial. Esto facilita el orden de prioridad para aquellas obras de mayor relevancia y los documentos en riesgo de deterioro. Por tanto, como paso previo al proceso de digitalización, se impone la selección de las colecciones y la revisión de los ejemplares que se van a trabajar. Esta planificación del trabajo por lotes supone, además, una agilización en el proceso de digitalizado que se realiza con escáneres y en formato de gran calidad para garantizar la fidelidad de las reproducciones digitales. En el proceso se generan archivos máster de preservación con la máxima calidad, y se añaden metadatos para la gestión y preservación de los objetos digitales, asegurando su accesibilidad (BNE, 2024).



Como norma general, estas guías coinciden en que la digitalización requiere una buena planificación y una ejecución cuidadosa, centrándose en la calidad, en la selección del equipo más adecuado y en la conservación para garantizar que las capturas digitales sean lo más fieles posible a los originales.

Los manuscritos con tintas ferrogálicas deberían ser una prioridad dentro de las campañas de digitalización debido a su tendencia a la degradación. La decoloración, cuando tienen un exceso de compuestos fenólicos, o el oscurecimiento debido a la corrosión, provocan una pérdida de legibilidad del texto, además de daños físicos en el soporte. Esto hace que el documento se vuelva mucho más frágil y se deban extremar las medidas para su manipulación. Debido a esto, algunas instituciones han puesto en marcha acciones consistentes en tratamientos de estabilización antes del proceso de digitalización, como es el caso de *The Library of Congress*. En este sentido, se debe trabajar en la planificación y adaptación de los procesos de digitalización para recuperar la lectura de los textos más deteriorados, garantizando su preservación histórica.

La implementación de las técnicas de imagen multibanda como solución a la digitalización de las tintas ferrogálicas deterioradas

La imagen técnica multibanda es un método de análisis utilizado para examinar y documentar obras de arte (Dyer, Verri & Cupitt, 2013; Cosentino, 2014; Cosentino, 2016; Herrero Cortell et al., 2022). Este tipo de técnica fotográfica se utiliza desde los años 60 en el estudio de obra pictórica, para comprobar la existencia de dibujos subyacentes en el infrarrojo cercano (NIR), y la presencia de barniz, reintegración y repintado en la luminiscencia visible inducida por ultravioleta (UVL). Con el paso de los años se ha avanzado en este tipo de análisis de imágenes y se han incorporado nuevas técnicas. Por ejemplo, se ha comprobado que la luz ultravioleta reflejada (UVR) es de utilidad en la identificación y mapeo de pigmentos blancos (Cosentino, 2015), o que la luminiscencia infrarroja (IRL) identifica pigmentos de cadmio o azul egipcio, y las imágenes en falso color infrarrojas (IRFC) y ultravioleta (UVFC) para el mapeo de algunos pigmentos.

Cada tipo de fotografía aporta información sobre la obra; sin embargo, el conjunto de imágenes obtenidas en las diferentes bandas añade mucha más información, lo que permite entender el proceso de ejecución de las obras y la identificación de algunos pigmentos. Esto debe ser confirmado con técnicas más precisas, siendo estas imágenes, una primera aproximación a la identificación de pigmentos (Cosentino, 2014; Cosentino, 2015; Cosentino, 2016; Herrero Cortell et al., 2022).

La aplicación de técnicas de imagen multibanda en manuscritos está menos extendida. En los últimos años, la imagen multibanda ha demostrado ser eficaz para diferenciar tintas de carbón de las tintas metaloácidas, además de identificar degradaciones todavía no visibles en estas últimas, permitiendo revelar detalles ocultos en documentos sin contacto directo y evaluar el estado de degradación del documento.

La luz ultravioleta detecta la presencia de humedad y la degradación local del papel, que emite luminiscencia antes de decolorarse visiblemente. Esta luminiscencia aumenta inicialmente y disminuye a medida que avanza la degradación, cesando cuando la decoloración es completa. La técnica UVL permite controlar fenómenos de degradación como la corrosión (Weller, Velzen & Koek, 2019) y se utiliza para la percepción de migraciones de tinta aún no visibles, signo temprano de degradación (Duh et al., 2018). La tinta ferrogálica presenta una fluorescencia oscura bajo luz ultravioleta, lo que permite recuperar textos con tintas descoloridas, ya que aumenta el contraste entre el fondo y los restos de tinta. Ejemplos de recuperación de textos empleando esta técnica son los Rollos del Mar Muerto o el Palimpsesto de Arquímedes (Jones et al., 2020).

La tecnología UVR mejora los detalles de la superficie, la rugosidad y las imperfecciones tanto del papel como de las tintas y proporciona una mejor legibilidad del texto (Duh et al., 2018). Ambas técnicas, UVL y UVR, permiten la evaluación de los fenómenos oxidativos de las tintas (Poldi, 2006).

Con NIR, las tintas de carbón se pueden distinguir de las tintas ferrogálicas, debido a que las primeras son opacas en IR. Las segundas tienden a desaparecer, más o menos, dependiendo de la cantidad de hierro en la composición y/o el nivel de corrosión (Kolar & Strlic, 2006; Kokla et al 2007, Poldi, 2012; Duh, et al., 2018). Además, con la imagen NIR desaparecen las tintas ferrogálicas, pero aún son visibles las degradaciones del soporte, como pliegues, desgarros, otras tintas y grafito (Hedjam et al., 2013) lo que facilita documentar las degradaciones de soporte de papel sin distracciones del texto. Además, la técnica de infrarrojo cercano con luz transmitida se puede usar para la documentación y estudio de las filigranas del soporte de papel (Díaz, 2022).

Otra de las técnicas multibanda que logra diferenciar las tintas de base carbón de las metaloácidas es la IRFC. La técnica muestra estas últimas con una coloración roja característica, mientras que las primeras aparecen completamente negras (Zekrgoo, 2014; Koochakzai & Ghaffari, 2023; Marconi et al., 2024).

Actualmente, existen instituciones que ya están utilizando las técnicas de digitalización multibanda para documentar y preservar aquellos manuscritos que están más deteriorados. Un ejemplo es *The Library of Congress*, que tiene proyectos de digitalización avanzada con el uso de imágenes multiespectrales para recuperación de textos y detalles. También la *British Library* está utilizando la fotografía multiespectral para estudiar palimpsestos y recuperar textos ocultos. Ambas instituciones son modelos a imitar en el uso de los avances tecnológicos de imagen para los manuscritos antiguos más deteriorados. Atendiendo a la información histórica de los manuscritos, estas tecnologías de imagen multibanda pueden aportar muchas mejoras en los resultados. Proponemos, por tanto, añadir como parte del protocolo del proceso de digitalizado de colecciones manuscritas, la utilización del registro multibanda para aquellos folios que son ilegibles, ya sea por desvanecimiento de las tintas o por el avance de la corrosión, donde se mezclan los traspasos de la tinta con las líneas de texto, dificultando su lectura. Para ello, tomamos como objeto de estudio, documentación histórica del siglo XVI de los fondos del *Archivo Histórico Provincial de Santa Cruz de Tenerife*.

Materiales y metodología

La adquisición y el procesamiento de los datos utilizados en esta investigación proviene de la captura de imágenes multibanda de varios manuscritos. Las capturas de luz visible (Vis) y luminiscencia inducida por ultravioleta (UUVL) se realizan con la cámara Nikon D850 con lente Nikkor 50 mm f/1.4. Las capturas de luz infrarroja cercana (NIR) y la reflectografía ultravioleta (UVR) se realizan con la cámara Fujifilm X-T1 con lente Fujinon XF 18-135 mm f/3.5-5.6 LM OIS WR. Los filtros utilizados son Ultrapix IR 850nm para la captura de IR y Baader U-Filter para la captura de UVR. En las imágenes visibles y NIR se usan como fuente de iluminación dos lámparas halógenas con un ángulo de 45°; y en las imágenes UVF y UVR, lámparas PS135 UV Floodlight 230 VAC, Labino AB (tabla 1).

La gestión de color de las imágenes visibles se hace con la carta ColorChecker de X-Rite, y el calibrado de las imágenes multibanda con la carta TP-MSI de CHSOS (Cosentino, 2014). Los ajustes en la cámara son ISO 200 y apertura de diafragma 8, la velocidad de obturación se ajusta en cada una de las bandas según la iluminación. Todas las imágenes son archivos RAW para obtener la máxima información, y se editan con Camera Raw y Photoshop, las imágenes de salida se convierten a formato TIFF, con una resolución de 2147x1979 a 16 bits.

Las imágenes IRFC y UVFC son el resultado de la combinación de la imagen visible con la IR y la UVR, respectivamente, y un proceso de correlación de los canales de color específico en cada caso (Dyer et al., 2013). Se toma una batería de imágenes (Vis, UUVL, UVR y NIR 850nm) de los documentos originales.

Los documentos utilizados en esta investigación pertenecen al *Archivo Histórico Provincial de Santa Cruz de Tenerife*, y datan del siglo XVI. Se realizaron imágenes multibanda en documentos que presentan diferentes degradaciones, como desvanecimiento de la tinta (*Judicial*



2 Link: Gobierno de Canarias

1976-A, fl, c1); corrosión de las tintas en estado avanzado (PN201, f998); y un caso de textos tachados con tinta más oscura, que también presenta un estado avanzado de corrosión (Convento 1072, f5). Además, se realiza una comparativa entre las imágenes digitales tomadas a los documentos con cámara digital, siguiendo las pautas establecidas por las guías, con las digitalizaciones realizadas hace años con escáneres cenitales, que se pueden [consultar en línea](#)².

Resultados

El digitalizado del patrimonio documental con cámaras digitales profesionales, proporciona un mejor resultado que un escáner cenital, en resolución y gestión del color. Si bien es cierto que se necesita más espacio de trabajo y personal cualificado, pero se obtienen resultados óptimos. Además, el avance tecnológico hace que los sistemas de captura vayan mejorando sus características técnicas, y la resolución de los archivos. Estas mejoras se pueden observar en la figura 3, donde tenemos un mismo documento digitalizado hace años con un escáner cenital y actualmente con una cámara digital profesional, donde se aprecia una mejor fiabilidad del color del manuscrito, debido a una buena gestión del color y calibrado de los equipos, así como una mayor legibilidad del texto.



Fig. 3. En las imágenes se puede ver una comparativa de la digitalización de una página del Protocolo Notarial con signatura PN-201. a) Digitalización publicada en la web del Gobierno de Canarias, realizada en el año 2014, con escáner cenital; b) Digitalización realizada con cámara digital profesional Nikon D850 y una ColorChecker, en el año 2024. Las imágenes muestran una mejora a nivel técnico, como es una mayor resolución y calidad que ofrece el sistema de captura gracias al avance tecnológico; y una gestión del color en el postprocesado que garantiza la fiabilidad de color del manuscrito original.

En lo que se refiere a la aplicación de la fotografía multibanda, las técnicas de imagen UVL y UVR dan buenos resultados en los documentos que presentan desvanecimiento de las tintas. El uso de la radiación ultravioleta hace que las tintas se vean más oscuras, ya que emiten cierta fluorescencia debido a la composición de los restos de tinta, que se oscurecen al iluminarlas con UV. El problema es que también se mezcla la fluorescencia de los traspaños de la tinta, lo que dificulta la lectura (figura 4b). Sin embargo, la utilización de la reflectografía ultravioleta ofrece mejores soluciones, como se puede ver en la figura 4c. La UVR



intensifica la grafía, pero evita la fluorescencia de los traspasos, consiguiendo un incremento de la legibilidad. Aunque la digitalización debe documentar el manuscrito fielmente, con gran calidad y una buena gestión del color, para garantizar la preservación digital lo más fiel posible al original, el uso de la reflectografía ultravioleta es un buen método de documentación de la información textual complementaria.

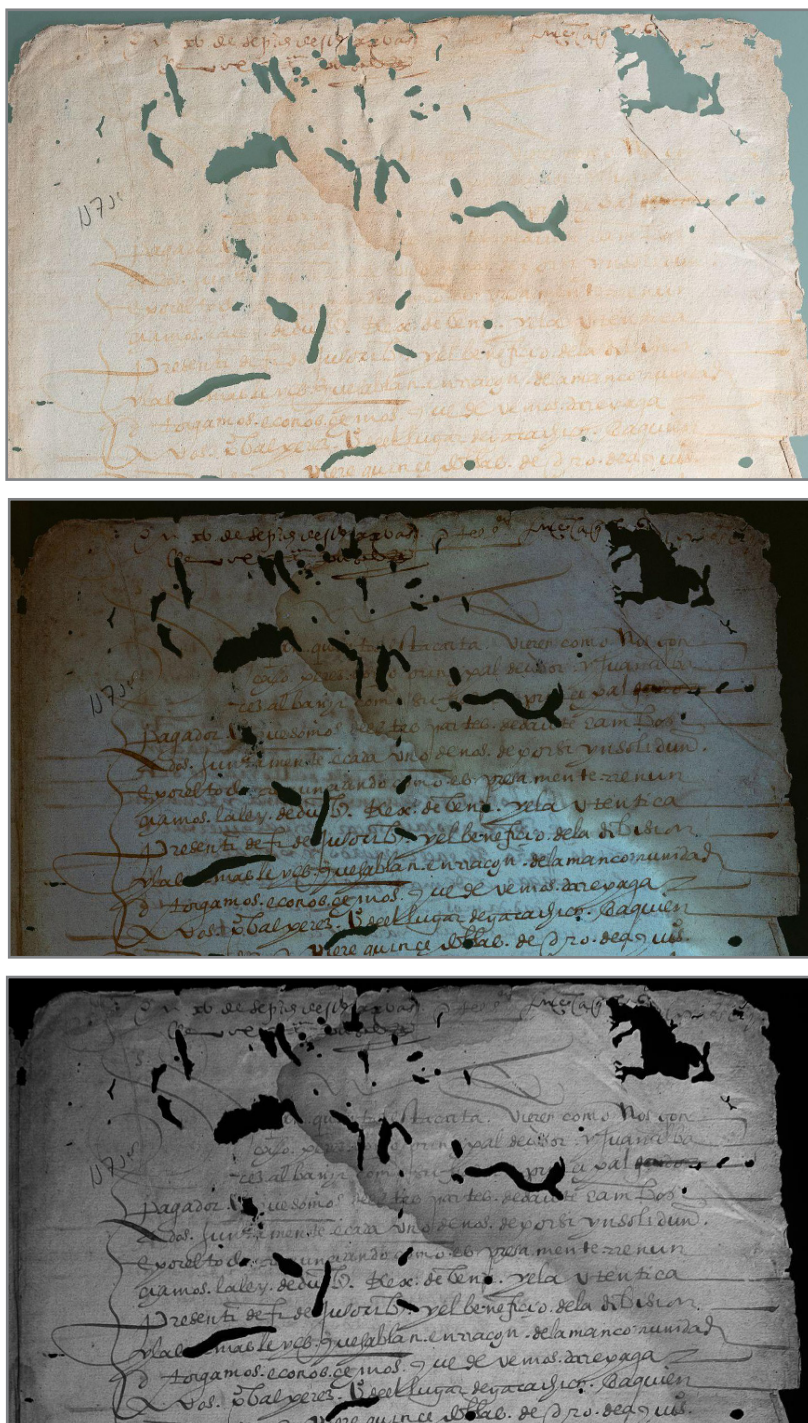


Fig. 4. Digitalizado con imágenes multibanda de un folio del documento Judicial 1976-A. a) Imagen visible; b) imagen UVF; c) imagen UVR. La imagen visible permite digitalizar el documento tal y como se encuentra originalmente, fiel en cuanto al color, donde se puede apreciar el estado real de las tintas, el desvanecimiento que sufre. Pero el uso de la radiación ultravioleta permite intensificar los restos de tinta, y recuperar el texto. Y la técnica de reflectografía ultravioleta aporta un resultado de esa lectura mucho más limpia, al eliminar las fluorescencias del texto del reverso del folio.

En el caso de tintas metaloácidas en un avanzado estado de corrosión, la UVL y UVF no son tan útiles. Esto se debe al fuerte traspaso de las tintas, a la corrosión y oscurecimiento, y a que no emiten esa fluorescencia característica del inicio de la degradación bajo la radiación ultravioleta. En cuanto a la imagen NIR, a pesar de que estas tintas tienden a desaparecer, las zonas más degradadas no desaparecen por completo. Esto permite, en ciertos casos, la legibilidad de ciertas partes del texto, ayudando a descifrar fragmentos del documento.

En este sentido, se aportan resultados positivos en el documento *Convento 1072 f5*. Este presentaba tinta metaloácida, pero de diferente elaboración —una marrón clara, otra más oscura— y parte del texto tachado. Aunque el resultado no es completamente positivo, se puede observar que ciertas partes del texto oculto por los tachones son algo más legibles, lo que permite recuperar cierta información (fig. 5).

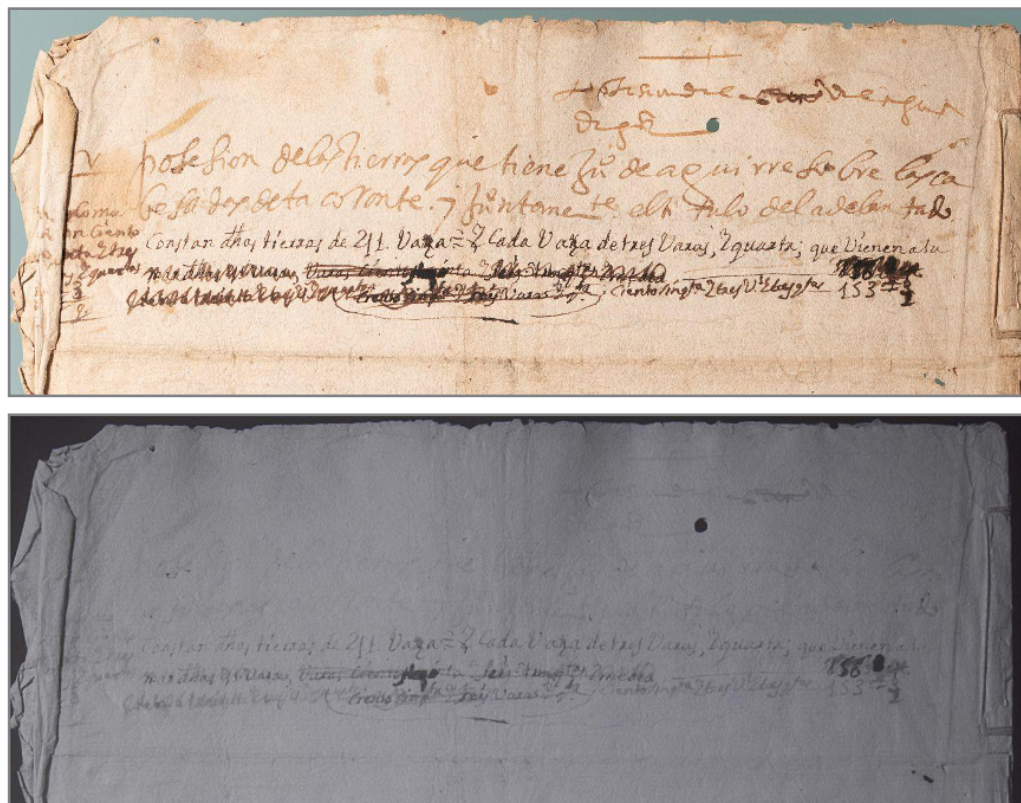


Fig. 5. Digitalización del folio nº5 del documento con signatura Convento 1072. a) Imagen visible; b) imagen infrarroja. Esta última técnica de imagen, en ciertos casos, posibilita la recuperación de textos tachados, debido a los diferentes niveles de transparencia de las tintas ferrogálicas, ya sea por la composición o por el nivel de degradación de la misma.

Conclusión

La digitalización del patrimonio documental es un proceso importante y fundamental para garantizar la preservación y difusión de los manuscritos, especialmente de aquellos que se encuentran en un estado avanzado de degradación, y se corre riesgo de pérdida textual. Las guías y normas sobre digitalización del patrimonio son importantes para estandarizar este proceso en las instituciones. A lo largo del artículo se destaca la importancia de seguir adaptando estas actuaciones a los avances tecnológicos para garantizar la calidad de los resultados obtenidos. El uso de las técnicas de imagen multibanda, como la fotografía infrarroja, la reflectografía y luminiscencia ultravioleta, ha demostrado ser eficaz para mejorar la legibilidad de textos deteriorados y recuperar información, contribuyendo a la preservación de los manuscritos.

Uno de los mayores desafíos en la digitalización de documentos con tintas metaloácidas es su degradación como el desvanecimiento o la corrosión. Esto no solo compromete la legibilidad, sino que también aumenta la fragilidad del soporte de papel, por lo que se deben extremar las precauciones para su manipulación. Las técnicas de imagen multibanda permiten superar muchas de estas dificultades. Aunque la luminiscencia ultravioleta es útil para identificar las primeras etapas de degradación, es la reflectografía ultravioleta la que muestra mejores resultados al intensificar la grafía sin que interfieran fluorescencias del verso del papel. Además, la imagen infrarroja permite diferenciar las tintas metaloácidas de las de base carbón, facilitando la identificación de estas. Y en situaciones de textos modificados y tachados, permite mejorar su legibilidad.

Esta investigación subraya que las técnicas de digitalización deben evolucionar y adaptarse a los avances tecnológicos continuamente. La comparación entre las digitalizaciones realizadas en el pasado con escáneres cenitales y la realizada actualmente con cámara digital profesional demuestra que se obtienen mejores resultados. Unido a una correcta gestión del color, garantiza una digitalización lo más fiel posible al original.

De este modo, se propone implantar la fotografía multibanda en el proceso de digitalización de patrimonio documental, como complemento a las metodologías tradicionales, ya que ofrece una mejora en los resultados para la preservación y difusión de los manuscritos. La planificación adecuada de los proyectos, junto con una inspección minuciosa de los documentos, debe incluir la aplicación de estas técnicas; especialmente en aquellos folios que presenten un mayor grado de deterioro, como desvanecimiento o corrosión. Garantizando un archivo digital con la mejor legibilidad, y por tanto, con la máxima información textual que se pueda rescatar.

Tesis 2021010050 cofinanciada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información de la Consejería de Universidades, Ciencia e Innovación y Cultura y por el Fondo Social Europeo Plus (FSE+) Programa Operativo Integrado de Canarias 2021-2027, Eje 3 Tema Prioritario 74 (85%). Este estudio se enmarca en el proyecto de investigación CONSERBOR: Nuevos métodos para la conservación del patrimonio histórico-artístico: los ácidos fenilborónicos como solución integral para papel y lienzo, dentro de las iniciativas de I+D de organismos de investigación y empresas en las áreas prioritarias de la Estrategia de Especialización Inteligente de Canarias (RIS-3), cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) 2014-2020.

Bibliografía

- British Library. (2017). Endangered Archives Programme. Guidelines for photographing and scanning archival material.
- BNE. (2024). Proceso de digitalización en la Biblioteca Nacional de España. https://www.bne.es/sites/default/files/repositorio-archivos/proceso_digitalizacion_bne_2024.pdf
- Burgaud, C.; Rouchon, V; Wattiaux, A.; Bleton, J.; Sabot, R.; Refait, P. (2010). Determination of the Fe(II)/Fe(III) ratio in iron gall inks by potentiometry: A preliminary study. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 650, Issue 1, pp. 16-23, <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2010.09.015>
- Cordal Elviro, J. (2021). Recomendaciones para proyectos de digitalización de patrimonio bibliográfico y fotografía histórica. Ministerio de Cultura y Deporte. https://www.libreria.cultura.gob.es/libro/recomendaciones-para-proyectos-de-digitalizacion-de-patrimonio-bibliografico-y-fotografia-historica_5465/



- Cosentino, A. (2014). Identification of pigments by multispectral imaging; a flow-chart method. *Heritage Science*, 2(1): 1-12. <https://link.springer.com/article/10.1186/2050-7445-2-8>
- Cosentino, A. (2015). Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. *Conservar Património*, (21), 53-62. <https://www.redalyc.org/pdf/5136/513651366004.pdf>
- Cosentino, A. (2016). Infrared technical photography for art examination. *e-Preservation science*, 13: 1-6.
- Díaz González, E. (2022). Método no invasivo para la determinación de las filigranas en el patrimonio documental: fotografía infrarroja transmitida (IRT). *XXV Coloquio de Historia Canario-Americana*, 125. <https://revistas.grancanaria.com/index.php/chcal/article/view/10962>
- Díaz Hidalgo, R.J.; Córdoba, R.; Nabais, P.; Silva, V.; Melo, M.J.; Pina, F.; Teixeira, N.; Freitas, V. (2018). New insights into iron-gall inks through the use of historically accurate reconstructions. *Heritage Science*, 6, 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0228-8>
- Duh, J.; Krstic, D.; Desnica, V.; Fazinic, S. (2018). Non-destructive study of iron gall inks in manuscripts. *Nuclear Institute and Methods in Physics Research*, 417, 96-99. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2017.08.033>
- Dyer, J., Verri, G., & Cupitt, J. (2013). *Multispectral Imaging in Reflectance and Photo-induced Luminescence Modes: A User Manual*. London: The British Museum
- e-codices project. (2005). *Reproduction Guidelines*. <https://www.e-codices.unifr.ch/en/about/imaging>
- Eusman, E. (1998). Iron gall ink – Ingredients. *The Iron Gall Ink website*. <https://irongallink.org/iron-gall-ink-ingredients.html>
- FADGI. (2009). Digitization activities. Project Planning and Management Outline. <https://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/digitize-planning.html>
- FADGI. (2023). Technical guidelines for digitizing cultural heritage materials. Third Edition. <https://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/digitize-technical.html>
- Hedjam, Rachid & Cheriet, Mohamed. (2013). Historical document image restoration using multispectral imaging system. *Pattern recognition*, Vol. 46, issue 8, 2297-2312
- Herrero Cortell, M. Àngel, Raich, M., Artoni, P., & Madrid García, J. A. (2022). Caracterización de pigmentos históricos a través de técnicas de imagen, en diversas bandas del espectro electromagnético. *Ge-Conservacion*, 22(1), 58-75. <https://doi.org/10.37558/gec.v22i1.1101>
- IFLA. (2002). *Guidelines for Digitization Projects for collections and holdings in the public domain, particularly those held by libraries and archives*. IFLA Rare Book and Special Collections Section. <https://www.ifla.org/wp-content/uploads/2019/05/assets/preservation-and-conservation/publications/digitization-projects-guidelines.pdf>
- IFLA. (2014). *Guidelines for Planning the Digitization of Rare Book and Manuscript Collections*. IFLA Rare Book and Special Collections Section. <https://www.ifla.org/wp-content/uploads/2019/05/assets/rare-books-and-manuscripts/rbms-guidelines/guidelines-for-planning-digitization.pdf>
- Jones, C.; Duffy, C.; Gibson, A.; Terras, M. (2020). *Understanding multispectral imaging of cultural heritage: Determining best practice in MSI analysis of historical artefacts*, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 45, 2020, Pages 339-350
- Karnes, C. (1998). How to make ink – Ingredients. *The Iron Gall Ink website*, <https://irongallink.org/how-to-make-ink-ingredients.html>
- Kokla, V.; Psarrou, A.; Konstantinou, V. (2007). Ink Discrimination Based on Co-occurrence Analysis of Visible and Infrared Images, Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007), Curitiba, Brazil, 2007, pp. 1148-1152, doi: 10.1109/ICDAR.2007.4377095

- Kolar, J.; Strlic, M. (ed.) (2006). Iron gall inks: on manufacture characterisation, degradation and stabilisation. *National and University Library of Slovenia*, Ljubljana, Slovenia pp. 25-67
- Koochakzaei, A. & Ghaffari, T., (2023). Identification of traditional black Persian inks by spectroscopic and spectral imaging techniques: Presenting a flowchart method. *Vibrational Spectroscopy*, v. 127, <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2023.103545>
- Library of Congress. (2020). *Preservation Guidelines for Digitizing Library Materials*. <https://www.loc.gov/preservation/care/scan.html>
- Marconi, C., Mosca Conte, A., Pulci, O., Missori, M. (2024). Multispectral Imaging and Optical Spectroscopy of Two Letters of St. Francis de Sales. In: Ceccarelli, S., Missori, M., Fantoni, R. (eds) *Advanced Technologies for Cultural Heritage Monitoring and Conservation. Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52497-4_10
- Neevel, J. (1995). Phytate: a potencial conservation agent for the treatment of ink corrosion caused by iron gall inks. *Restaurator*, vol. 16, 3. <https://doi.org/10.1515/rest.1995.16.3.143>
- Pereira-Uzal, J.M. (2023). Digitalización y preservación del patrimonio cultural. Editorial BoD-Books on Demand.
- Poldi, G.; Villa, G. (2006). Dalla conservazione alla storia dell'arte: riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti. Edizioni della Normale, 3.
- Poldi, G. (2012). Le analisi scientifiche non invasive e gli studia Humanitatis. Prospettive di ricerca e casi studio. Tesi di dottorato, Dottorato di ricerca in Teoria e analisi del testo – ciclo XXIII, Università degli Studi di Bergamo, 2011-2012
- Reißland, B. (2000). Visible progress of paper degradation caused by Iron Gall inks. *The Iron Gall Ink Meeting*, 67-72
- Rouchon, V.; Durocher, B.; Pellizzi, E.; Stordiau-Pallot, J. (2009). The water sensitivity of iron gall ink and its risk assessment. *Studies in Conservation*, vol. 54, 4, 236-254. <https://doi.org/10.1179/sic.2009.54.4.236>
- Stijnman, A. (2002). Iron-gall ink and ink corrosion. *Archivum Lithuanicum*, 4, 171-178. http://lith520.class.uic.edu/ALt_4_2002.pdf
- UNESCO. (2015). Recomendación relativa a la preservación del patrimonio documental, comprendido el patrimonio digital y el acceso al mismo. Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París del 3 al 18 de noviembre de 2015, 38ª reunión.
- Zerdoun Bat-Yehouda, M. (1983). *Les encres noires au Moyen âge (jusqu'à 1600)*, Centre National de la Recherche Scientifique Éditions.
- Vuillard, C.; Radepont, M.; Téreygeol, F.; Remazeilles, C.; Rouchon, V. (2024). From experimental archaeology to laboratory: Mineralogical nature and elemental composition of medieval manufactured vitriols. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2024.104460>
- Weller, A.; Velzen, B.V.; Koek, E. (2019). A survey on the use of ultraviolet induced visible luminescence in paper conservation. En: *UV-Vis Luminiscence imaging techniques Conservation 360°*
- Zekrgoo, S. (2014). Methods of Creating, Testing and Identifying Traditional Black Persian Inks. *Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*, vol. 35, no. 2, 2014, pp. 133-158. <https://doi.org/10.1515/rest-2014-1001>