



CARMEN JULIA GUTIÉRREZ Y DAVID CATALUNYA

Universidad Complutense de Madrid

Arqueología virtual de manuscritos. Tecnología digital avanzada aplicada al estudio de manuscritos medievales

La tecnología digital se ha convertido en las últimas décadas una herramienta esencial para el estudio de las fuentes de música medieval. El grupo de investigación de *El canto llano en la época de la polifonía*, de la Universidad Complutense de Madrid, en colaboración con DIAMM (Digital Image Archive of Medieval Music) está realizando un proyecto de digitalización de manuscritos hispánicos gracias a cuyos resultados disponemos de informaciones y datos exhaustivos sobre estas fuentes que permitirán desarrollar estudios con nuevas perspectivas. El artículo reporta los resultados de la primera fase del trabajo, el elenco de fuentes hasta el momento digitalizadas, la disponibilidad de las imágenes y una descripción técnica del proyecto así como los métodos y criterios empleados.

Palabras clave: musicología, Edad Media, fuentes, codicología, restauración virtual, patrimonio cultural.

Nowadays digital technologies become essential tools for medieval music studies. The research group El Canto llano in the epoch of the polyphony, of the Universidad Complutense de Madrid, in collaboration with DIAMM (Digital Image Archive of Medieval Music), is working out a project whose main goal is the digitalization of the Hispanic medieval music manuscripts. Thanks to this project, new detailed information about Spanish sources is now available, it allows the development of further studies with new perspectives. The article reports the first stage of the project, the list of sources already digitized, the images availability and a technical description of the project as well as its methods and criteria.

Keywords: musicology, Middle Ages, sources, codicology, virtual restoration, cultural heritage.

El grupo de investigación *El canto llano en la época de la polifonía*¹ (CLEP de ahora en adelante) trabaja desde 2007 en el estudio de la música medieval centrando su atención en el estudio directo de las fuentes conservadas en España. Como bien es sabido, la Península Ibérica en la Edad Media, con su multiplicidad de culturas, lenguas, ritos y repertorios, presenta un

¹ El grupo, dirigido por Carmen Julia Gutiérrez, ha obtenido dos proyectos de I+D consecutivos con este nombre y forma parte del Grupo de Investigación Complutense *Música Antigua*. Actualmente consta de 14 investigadores que trabajan en las universidades de La Rioja, San Pablo CEU, Oxford y Complutense de Madrid. Más información disponible en www.clep.es.

complejo panorama que se refleja en la diversidad de las fuentes musicales conservadas y en sus diferentes tipos de escrituras y notaciones musicales. Por esta razón, las fuentes hispánicas con música medieval conforman un mosaico de telas contrastantes, de múltiples tamaños, colores y valores, cuya visión de conjunto solo es posible a través de una perspectiva adecuada.

Las sucesivas destrucciones a lo largo de la historia y las consecuencias culturales de la Revolución francesa ha hecho que en España conservemos relativamente escasos manuscritos musicales completos. En la gran mayoría de casos se trata de fragmentos de códices destruidos o desmembrados en siglos posteriores para reciclar su pergamino en la encuadernación de otros libros o de actas notariales. La recuperación y estudio de fragmentos, algunos de ellos extremadamente deteriorados, requiere en ocasiones la realización de verdaderos trabajos de arqueología. Sin embargo, a pesar de su estado incompleto, estas fuentes fragmentarias son testimonios de capital importancia para comprender la realidad musical del medioevo. Por citar un ejemplo, en el caso de la polifonía del *Ars Nova*, la suma de piezas transmitidas por manuscritos fragmentarios supera con creces las conservadas en códices completos.

Aunque la literatura musicológica sobre música medieval en España es razonablemente amplia, aún queda pendiente un estudio profundo, sistemático y comparado de estos fragmentos con el fin describirlos con mayor precisión y esclarecer cuestiones relativas su origen y su uso, ya que las obras de carácter sintético o aglutinador hasta ahora publicadas no ayudan a salvar esta carencia.

Entre las informaciones que pretendemos extraer con nuestros trabajos actuales destacan los procesos de composición musical; la transferencia, circulación y recepción de repertorios en Europa; la función y uso de los diversos *corpora* musicales en diferentes contextos; los fenómenos de interferencia entre las prácticas interpretativas locales y la transmisión manuscrita de un repertorio; la reconstrucción de tradiciones polifónicas no escritas a partir de los indicios escritos que las testimonian; la relación entre teoría y praxis musical, así como muchos otros estudios más específicos sobre obras y manuscritos puntuales. La metodología empleada incluye por tanto elementos de historia de la cultura, filología, paleografía, crítica textual, genética literaria, análisis musical histórico y, por supuesto, codicología o “arqueología del libro”, así definida por F. Masai y L. M. J. Delaissé² puesto que se refiere al estudio de la materialidad del volumen para tratar de comprender

² François Masai: “Paléographie et codicologie”, *Scriptorium* IV, 1950, p. 279-293 y Leon Marie Joseph Delaissé: *Le manuscrit autographe de Thomas a Kempis et l'imitation de Jésus-Christ*; examen archéologique et édition diplomatique du Bruxellensis 5855-61. Tesis doctoral, University of Louvain, 1954, publicada en París: Éditions Érasme, 1956.

los múltiples aspectos de su confección (procesos de copia y escritura, localización de talleres de copia, atribución a copistas, técnicas de manufactura, relación entre *scriptoria*, historia del libro musical, etc.).

Para realizar estos trabajos, la tecnología de reproducción y restauración digital es hoy en día una herramienta indispensable, y por ello, CLEP trabaja en la digitalización de manuscritos por medio de un proyecto conjunto con Digital Image Archive of Medieval Music (DIAMM, www.diamm.ac.uk), principales expertos en reproducción digital y restauración virtual de fuentes musicales.

El proyecto DIAMM nació en 1998 gracias a una iniciativa de las universidades de Oxford y Royal Holloway de Londres y se dedica a la digitalización de fuentes europeas de música medieval y renacentista con el objeto de favorecer su conservación, accesibilidad y estudio. Actualmente DIAMM cuenta con la colaboración de centenares de bibliotecas de 29 países de los cinco continentes (algunas de ellas tan prestigiosas como la Bibliothèque Nationale de France o la British Library) y dispone ya de un archivo digital de 14.000 imágenes de manuscritos medievales accesible *online* previo registro. DIAMM está dirigido por la Dra. Margaret Bent y su colaboración con España se inició en 2009 gracias al proyecto CLEP. Los trabajos de digitalización de fuentes hispánicas se iniciaron el pasado mes de enero de 2010 cuando el equipo técnico de DIAMM se desplazó a la península acompañado y asistido por investigadores del grupo CLEP. Tras el éxito de esta primera fase del proyecto, se están planificando nuevos trabajos de digitalización para 2011-2013.

El objeto de este texto es dar a conocer las nuevas posibilidades de investigación que se abren con este proyecto y explicar nuestro sistema de trabajo, así como los métodos y criterios de digitalización empleados.

Sistema de trabajo del equipo

1. Catalogación y selección del repertorio. En España quedan aún muchas fuentes sin catalogar o cuya catalogación no es del todo correcta. Tras visitar los archivos y bibliotecas hemos podido comprobar que de un manual al siguiente se repiten los mismos errores en los registros de piezas o en sus dataciones. Por ello, el trabajo inicial pasa por verificar y recatalogar cada una de las fuentes y su contenido. Posteriormente se ha organizado el repertorio que pretendemos digitalizar en distintas fases de trabajo. En esta primera fase hemos comenzado por las fuentes con polifonía medieval, trabajo que aún no ha concluido y que seguiremos realizando en próximas etapas, en las que incluiremos también repertorios monódicos y polifonía renacentista.

2. Digitalización del repertorio. La siguiente fase del trabajo consiste en organizar el proceso de digitalización poniéndose en contacto con los archivos y bibliotecas para explicarles el proyecto, solicitar los permisos pertinentes y organizar las fechas y la logística de las estancias en cada archivo. En la mayor parte de archivos se ha llegado a un acuerdo de trabajo, en otros casos se han firmado convenios de colaboración (con la Biblioteca Nacional de Catalunya, con el Ministerio de Cultura –válido para todos los Archivos Nacionales–, y con la Fundación Orfeó Català-Palau de la Música). La mayoría de archivos y bibliotecas se han mostrado muy receptivos con el proyecto y han proporcionado todo tipo de facilidades para su realización. Vaya desde aquí –una vez más– nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que tan generosamente han colaborado en este proceso.

En esta primera fase del proyecto hemos fotografiado veintitrés fuentes de polifonía medieval (incluyendo códices enteros y manuscritos fragmentarios) en diez archivos y bibliotecas españolas. En total se han capturado unas 950 imágenes. Entre las fuentes fotografiadas se encuentran manuscritos tan emblemáticos como la “Misa de Barcelona” y fuentes menos exploradas, como los fragmentos de Mundó, Tarragona o Valladolid. Aunque algunos de estos manuscritos estaban ya digitalizados por las propias bibliotecas, hemos insistido en la necesidad de re-digitalizarlos siguiendo los criterios que más abajo exponemos. Otros manuscritos, en cambio, no contaban aún con ninguna reproducción en color.

Este es el elenco de fuentes digitalizadas en enero del 2010:

Biblioteca/Archivo	Manuscrito
Barcelona, Archivo de D. Manel Mundó	Frag. 17, Frag. 24
Barcelona, Biblioteca Nacional de Catalunya	M 251, M 853, M 855b, M 853d, M 971, M 971b M 971c
Barcelona, Biblioteca de l’Orfeó Català	Ms. 1, Ms. 2
Batrcelona, Arxiu de la Corona d’Aragó	Frag. 144, Ripoll 139
Burgos, Parroquia de San Esteban	Ms. 61
Madrid, Archivo Historico Nacional	Códices, L., 1474/17
Solsona, Archivo Diocesano	Ms. 109, Ms. 110
Tarragona, Archivo Histórico Archidiocesano	Frag. 1, Frag. 2, Frag. 3 Ms. 12 (<i>olim</i> 44)
Valladolid, Archivo de la Real Chancillería	Carp. 29 N° 7
Vallbona, Biblioteca del Monasterio	Ms. 1

3. Propiedad y disponibilidad de las imágenes. La propiedad (*copyright*) de las imágenes digitales realizadas pertenece única y exclusivamente al archivo o biblioteca donde se conservan los manuscritos. Por tanto, cada biblioteca posee pleno poder legal sobre las condiciones de uso y publicación de sus imágenes. Dos copias de seguridad se mantienen en Oxford y Madrid, pero para acceder a su utilización, su consulta u obtener una copia, los investigadores deben contactar directamente con el archivo o biblioteca en cuestión. La mayoría de bibliotecas y archivos que han participado en este proyecto han accedido a publicar las imágenes en la página web de DIAMM, donde pronto podrán consultarse gratuitamente previo registro. La web de DIAMM muestra *online* las imágenes protegidas contra descarga. Para su reproducción, cita o uso en trabajos de investigación deben seguirse las normas y condiciones que cada biblioteca o archivo establezca.

4. Bases de datos de las fuentes y su contenido. Paralelamente al proceso de digitalización, el equipo CLEP trabaja en la realización de dos grandes bases de datos, una de repertorio monódico (que incluye por el momento himnos, tropos y secuencias) y otra de polifonía.

5. Realización de estudios de carácter interdisciplinario. Con la realización de este proyecto se pone en común la experiencia de diversos especialistas y se transfieren informaciones de diversos campos de conocimiento (arqueología del libro, restauración digital, musicología). Esta interacción está aportando perspectivas muy novedosas a los estudios musicológicos.

Las ventajas y nuevas posibilidades que aporta la tecnología digital y los métodos de trabajo relacionados con ella son evidentes. Por una parte, contribuye a la preservación de las fuentes, lo cual es de interés tanto para los investigadores como para los conservadores de bibliotecas y archivos, puesto que al existir reproducciones digitales en alta resolución la consulta de los documentos originales se reduce al mínimo necesario evitando así un contacto excesivo con los manuscritos. Por otra parte, facilita el acceso del repertorio a la comunidad científica internacional gracias al intercambio y la difusión de datos que permite el acceso *online* a las fuentes y la consulta de las bases de datos, también *online*. Todo ello está promoviendo la difusión del repertorio, la investigación y la transferencia de conocimientos.

Cabe señalar que las posibilidades más sorprendentes que la tecnología digital ofrece solo pueden optimizarse mediante el uso de soportes y reproductores digitales, es decir, con pantallas de alta resolución y un *software* adecuado. La opción de ampliar, manipular y analizar digitalmente una imagen supera ampliamente las limitaciones de una reproducción “facsimilar” en papel.

Como seguidamente veremos, el proyecto no consiste en una simple digitalización convencional. Se trata de una auténtica herramienta de observación e investigación científica. Las imágenes de altísima resolución permiten llevar a cabo estudios difíciles de realizar única y exclusivamente sobre el documento original, como la micromedición de ítems, la comparación detallada de fuentes lejanas entre sí, la lectura de palimpsestos mediante su restauración virtual, etc.

Descripción técnica del proyecto de digitalización

1. Equipamiento técnico. En esta primera fase de proyecto se emplearon dos máquinas fotográficas distintas que íbamos alternando en función de las necesidades de cada manuscrito. Las cámaras eran:

- una PowerPhase FX 132 Megapixels (10.500 x 12.600 pixels). Esta cámara FX es capaz de captar imágenes de una página A4 a unos 1.077 dpi, lo equivale a archivos informáticos de alrededor de los 350 MB (24-bit; 8 bits por canal RGB). Se trata de una máquina de gran formato construida especialmente para fotografiar y escanear obras de arte a alta resolución. El tiempo de exposición de una fotografía en condiciones óptimas de luz suele rondar los 5 minutos, mientras que para las fotografías con radiación ultravioleta el tiempo de exposición requerido puede alcanzar los 15 minutos.

- una PhaseOne P45+ 39 Megapixels (7.200 x 5.400 pixels). Esta es una máquina fotográfica de formato medio capaz de captar imágenes de una página A4 a 617 dpi, lo que equivale a archivos informáticos de unos 113 MB (24-bit; 8 bits por canal RGB). El tiempo de exposición de una fotografía normal es menor a un segundo.

En lo referente a la iluminación, el equipamiento empleado incluía:

- dos focos fluorescentes de luz fría y neutra (*daylight-balanced*) libres de contenido UV. El trabajo de fotografía se realiza por tanto en habitaciones “oscuras” que excluyan la luz natural del sol.

- dos lámparas de luz ultravioleta de baja frecuencia (véase figura 1).

2. Criterios de digitalización y captación de imágenes. La captación de imágenes se realizó siguiendo las normas que DIAMM adopta de manera sistemática, criterios a los que se sumaron otras condiciones establecidas por nuestro grupo de investigación. Aunque algunas de estas normas puedan parecer obvias, creemos oportuno exponerlas aquí para argumentarlas en detalle.



Figura 1. La Dra. Lynda Sayce, fotógrafa de DIAMM, trabajando en Santa María de Vallbona con la cámara PowerFase FX

- **Escala métrica y barras de color.** Todas las imágenes incluyen una escala métrica, una barra de colores industrial estándar y una escala de grises. Esto no solo es necesario para la correcta reproducción de colores y dimensiones en una edición facsímil; también es una herramienta indispensable para el análisis digital de los manuscritos, la micromedición de ítems (grosor de las plumas, marcas de preparación, caligrafías, etc.) y la comparación a escala proporcionada de diversos manuscritos o partes de un mismo manuscrito.

- **Iluminación.** Todas las imágenes se realizaron bajo las mismas condiciones de iluminación, es decir, utilizando los mismos focos de luz neutra. El factor luz es absolutamente capital para garantizar la fidelidad en la reproducción de los colores. Por lo tanto, el hecho de mantener siempre la misma iluminación permite comparar fuentes situadas a kilómetros de distancia y establecer nuevas relaciones codicológicas (por ejemplo, observando cualidades del pergamino o de las tintas empleadas) (véase figura 2).

- **No cristal.** Contrariamente a la práctica habitual de muchas bibliotecas, DIAMM nunca utiliza láminas de cristal para sujetar los manuscritos. Quizás por comodidad y rapidez, el uso de láminas de cristal es actualmente el método más extendido para mantener lisos los folios de un códice. No obstante, es inevitable que la interposición de un

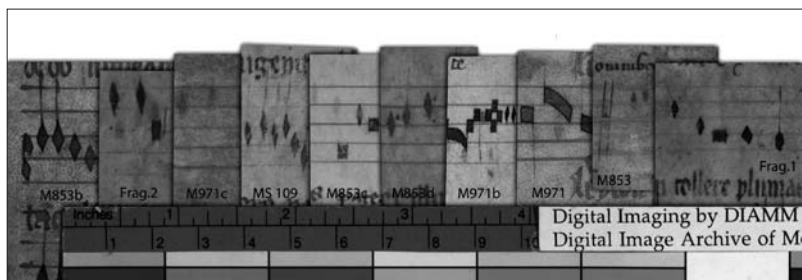


Figura 2. Fotomontaje: comparación de los *rastra* empleados en manuscritos con polifonía del *Ars Nova* procedentes de la antigua Corona Catalano-Aragonesa

cristal entre el manuscrito y la cámara fotográfica distorsione los colores originales del objeto fotografiado, incluso cuando se trata de láminas de cristal especiales (antireflejantes, etc.). El método empleado por DIAMM consiste en sujetar los folios con pinzas finas y discretas. Para no perder ni un milímetro de información, los folios sujetos con pinzas se fotografían dos veces cambiando la posición de las pinzas. En contadas ocasiones, puede que algún folio quede demasiado arrugado o no sea posible mantenerlo lo suficientemente liso. En esos casos, dada la extraordinaria sensibilidad focal de la cámara FX, se realizan varias fotografías del mismo folio con enfoques diferentes. De este modo podemos captar las distintas alturas de la superficie de un mismo folio manteniendo la máxima resolución con el enfoque óptimo. Por otra parte, la cuestión de los desniveles de altura dentro de una misma página no representa un problema para la cámara P45.

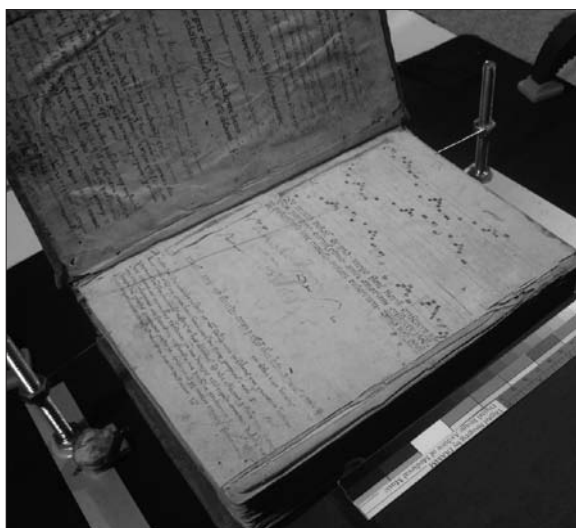


Figura 3. Digitalización del Manuscrito 1 de la Biblioteca del Monasterio de Santa María de Vallbona

Resolución. Puesto que el objetivo del proyecto es obtener imágenes de alta resolución, ningún manuscrito se digitaliza a menos de 500 dpi. Para relativizar estas cifras, diremos que las imágenes en “alta resolución” que actualmente ofrecen las bibliotecas más prestigiosas de España, como la Biblioteca Nacional, son de 300 dpi. En nuestro proyecto, los documentos más deteriorados, y por tanto los más necesitados de análisis digital y restauración virtual fueron fotografiados a 1.033 dpi.

No máscara. A las imágenes no se les aplica ningún tipo de máscara de enfoque durante la captura (ni tampoco después de la captura).

No compresión. Las imágenes se guardan sin ningún tipo de compresión en archivos TIF. Para nuestro propósito, la compresión en formato JPG o JPEG queda absolutamente desestimada a causa de la reducción de matices cromáticos que produce. Aunque en una reproducción del manuscrito a escala real la reducción cromática pueda parecer casi imperceptible, en la imagen digital a tamaño completo la diferencia sí es apreciable y, sobre todo, dificulta seriamente los trabajos de restauración virtual.

No posproducción. A las fotografías no se les aplica ningún tipo de filtro, máscara de enfoque, rotación, ni ninguna otra clase de proceso posproductivo. Se pueden utilizar copias de estas imágenes para realizar trabajos de restauración virtual o cualquier otro tipo de manipulaciones digitales con fines científicos, pero estas versiones “restauradas” o “manipuladas” deben distinguirse claramente de las fotografías originales mediante indicaciones explícitas.

Hemos insistido ya en la importancia del contacto directo con los documentos originales, experiencia que en la realización de estudios serios y profundos nunca debe ser sustituida por una observación exclusiva de reproducciones digitales. Aclarado este punto, también es cierto que uno de los objetivos de este proyecto es el de facilitar el acceso a las fuentes medievales, con lo que, para muchas personas, el primer contacto con los manuscritos quizás se produzca a través de estas fotografías. Sabemos por experiencia propia que cuando se consulta una fuente a través de una fotografía puede llegar a ser muy frustrante no conseguir visualizar el contexto en el que ésta se encuentra: el tipo de encuadernación, el espesor del códice, el lugar que ocupa dentro del manuscrito, etc. Por esta razón, hemos considerado importante captar toda una multitud de detalles que no son visibles en una simple imagen frontal del folio. Partiendo de esta premisa hemos establecido los siguientes criterios:

Captación del contexto. Aun cuando el manuscrito de interés fuera un fragmento de pergamino utilizado en siglos posteriores para encuadernación de otro códice, o cuando se tratara de copias añadidas en espacios residuales al final de un libro, hemos optado siempre por fotografiar el códice en su integridad³, incluida la encuadernación y los folios de guarda. El contexto en el que aparecen estos fragmentos puede aportar pistas insospechadas acerca de su origen, su procedencia y su historia antigua y reciente.

Captación de estructuras codicológicas. Siguiendo esta línea, hemos fotografiado también detalles que ayuden a visualizar la estructura codicológica de cada documento. En el caso de manuscritos fragmentarios sin encuadernar, además de fotografiar página por página con la máxima resolución, también se fotografió separadamente cada bifolio desplegado. En el caso de códices o fragmentos encuadernados se fotografiaron vistas del manuscrito en perspectiva, los cuatro perfiles del libro, así como cualquier otro detalle codicológico de relevancia (fascículos, testimonios de religaduras, etc.).

Pliegues y superficies encoladas. De igual modo, prestamos especial atención en captar imágenes alternativas de los documentos encolados a otras superficies así como de los que presentan algún tipo de pliegue en el pergamino. Es decir, intentamos captar cualquier detalle que sea posible visualizar en directo (con el documento en las manos) sobrepasando la limitación de una simple imagen frontal del folio.

Efectos de luz. Para los documentos palimpsestos, con algún detalle de difícil lectura, o simplemente los muy deteriorados, se elaboraron imágenes alternativas con iluminación ultravioleta. Para ello se emplearon un par lámparas UV de baja frecuencia, lo que permite mayores tiempos de exposición sin dañar el manuscrito. Las fotografías UV se realizaron con la cámara FX a máxima resolución y con el máximo tiempo de exposición que esta máquina permite, es decir, unos 14'50" minutos. Esto significa que la máquina capta información del manuscrito durante todo ese tiempo. Aunque desde el punto de vista puramente teórico-técnico estas fotografías puedan considerarse sobreexpuestas, en la práctica los resultados son espectacularmente útiles (véase figura 4). La radiación ultravioleta es especialmente ventajosa cuando la tinta desprendida (o raspada) ha dejado depósitos de metal sobre el pergamino. En ocasiones, estas ligeras manchas de óxido metálico se confunden con el color del pergamino, por lo que su lectura resulta

³ Este es el caso de Vallbona 1 o Barcelona 251.

muy difícil al ojo humano. La radiación ultravioleta reacciona con las sustancias metálicas “ennegreciéndolas”, ayudando así a distinguirlas con mayor claridad del soporte orgánico que es el pergamino. No obstante, encontramos algunos fragmentos cuya tinta había desaparecido sin dejar residuos metálicos, aunque el efecto corrosivo de la tinta ferrogálica llegó a disolver la superficie de pergamino a la que se adhirió. Quedaban en ellos por tanto marcas en relieve (hendiduras) en los lugares donde había habido escritura. Este detalle resulta prácticamente imposible de captar en una fotografía con la iluminación estándar. Para conseguir “fotografiar texturas” del pergamino tuvimos que realizar algunos experimentos con la inclinación de la luz enfocada de un solo lado. De nuevo, estas imágenes alternativas podrían considerarse técnicamente subexpuestas y defectuosas, sin embargo su utilidad es indiscutible. La Figura 5 muestra algunos de los resultados de estos experimentos (5a: iluminación estándar; 5b: iluminación modificada).

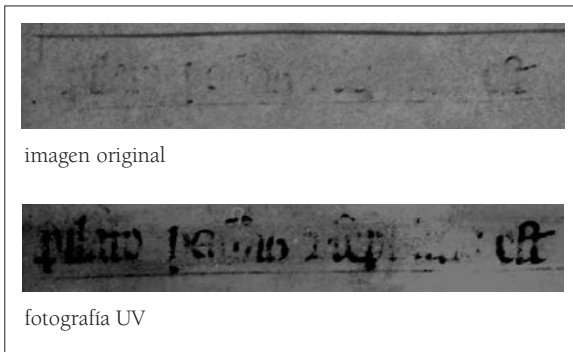


Figura 4

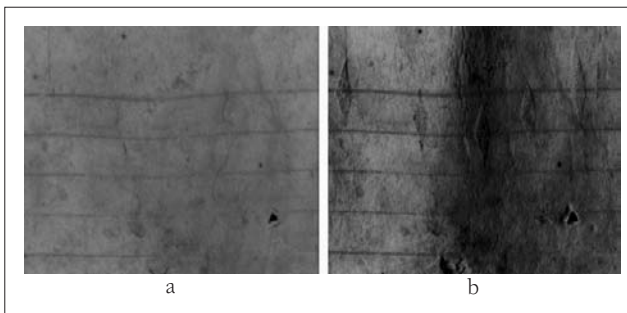


Figura 5

3. Restauración digital. La restauración digital consiste en aumentar virtualmente la visibilidad de elementos que, aunque a simple vista sean prácticamente imperceptibles, tienen existencia real en un manuscrito. Para ello es necesario emplear fotografías digitales de alta resolución y un *software* de edición fotográfica avanzada.

El éxito de una restauración digital depende en primer lugar de que la información en el manuscrito sea “rescatable”, es decir, que no se haya perdido completamente como ocurre con raspados muy profundos, agujeros en el pergamino, etc. En segundo lugar, depende de la calidad de las fotografías empleadas; esta es la razón por la que nos ha parecido oportuno desglosar en este artículo los criterios de digitalización que estamos siguiendo en este proyecto (alta resolución, no compresión, no máscara de enfoque, no cristal, iluminación, etc.).

La Figura 6 es solo un pequeño ejemplo de lo poderosamente útil que puede llegar a resultar la técnica de restauración virtual para la lectura de palimpsestos. Mientras que en la fotografía original (Figura 6a) prácticamente no se aprecia la existencia de un estrato de escritura cancelada, después algunas sencillas operaciones de manipulación digital es posible rescatar los restos de escritura borrada y aumentar virtualmente su visibilidad (Figura 6b). Esta restauración ha podido realizarse a partir de una fotografía con una resolución de unos 1.000 dpi.

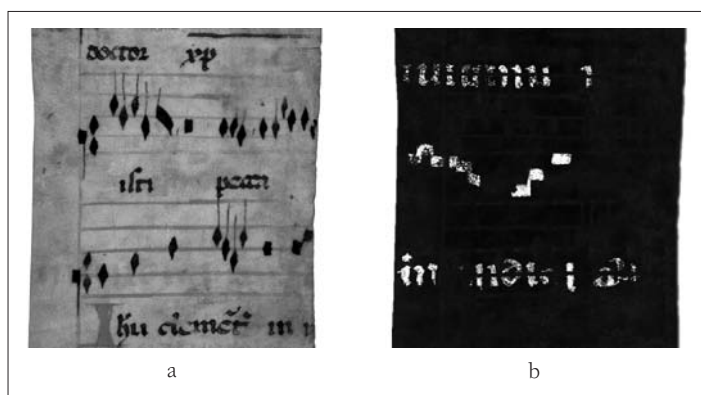


Figura 6

Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por grupo CLEP con el apoyo de estos recursos muy pronto verán la luz en próximas publicaciones sobre repertorios y manuscritos puntuales.