

**Nombre:** Ana Reyes Pérez

**Titulación:** Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales (Universidad de Granada) y Máster en Bibliotecas, Archivos y Continuidad Digital (Universidad Carlos III de Madrid).

**Centro trabajo/estudio:** Universidad de Granada, doctoranda en Historia y Artes, especialidad en Restauración y Conservación de Bienes Patrimoniales.

### **Título TFM: *Imagen multiespectral para la conservación de documentos***

La indómita revolución tecnológica en la que nos encontramos ha establecido nuevas necesidades en la captura y registro del patrimonio gráfico y documental, motivo por el cual se ha comenzado a aplicar la digitalización multi e hiperespectral. Esta nueva tecnología, mucho más completa y precisa, contribuye de manera satisfactoria a las tareas fundamentales de archivos, bibliotecas y museos: asegurar la accesibilidad de sus fondos y mantenerlos en condiciones óptimas de conservación para las generaciones venideras.

### **Objetivos**

El objetivo principal del trabajo consiste en profundizar en el estudio e investigación de la digitalización multi e hiperespectral para la conservación y restauración de obra gráfica y patrimonio documental. A partir de este primer propósito, se proponen los siguientes objetivos secundarios:

- Conocer los fundamentos y principios teóricos de la técnica.
- Definir las diferencias entre digitalización multiespectral e hiperespectral así como seleccionar la metodología preferente.
- Determinar el uso de la imagen multi e hiperespectral en la digitalización del patrimonio gráfico y documental.
- Realizar un primer acercamiento a herramientas de análisis y procesamiento de datos multiespectrales a través del caso práctico del *Diario de Campo de Livingstone*.

### **Metodología**

La metodología seguida en el desarrollo del proyecto se estructuró en base a los siguientes puntos:

1. Durante la revisión bibliográfica se consultaron publicaciones relacionadas con la temática del proyecto dentro de disciplinas como la conservación y restauración del patrimonio cultural, óptica o química para, posteriormente, evaluar las conclusiones obtenidas por los diferentes investigadores.
2. A continuación, se llevó a cabo el procesamiento de datos multiespectrales del *Diario de Campo de Livingstone*. Para ello, se emplearon dos aplicaciones de código abierto específicamente concebidas para este tipo de análisis: *Gerbile* e *HiperCube*.
3. Finalmente, se extrajeron las conclusiones pertinentes en cuanto a aptitud de la digitalización multi e hiperespectral para la conservación de documentos.

## Fundamentos y principios teóricos de la imagen multi/hiperespectral

La digitalización multi/hiperespectral es una técnica analítica no invasiva que nos permite obtener de manera simultánea información espectral y espacial de un objeto (Fischer y Kakoulli, 2006) a través de la recolección de datos en multitud de longitudes de onda diferentes (Attas *et al.*, 2003). De esta manera, el resultado final del procedimiento consiste en un *cuadro espectral tridimensional* en el cual los ejes X e Y representan las coordenadas de los píxeles de la imagen (información espacial), mientras que el eje Z corresponde a la reflectancia de dichos píxeles a las diferentes longitudes de onda (información espectral) (Marengo *et al.*, 2011).

Los profesionales del sector discriminan entre **digitalización multispectral**, donde el número de intervalos espectrales no suele ser superior a diez y no necesariamente se distribuyen de manera adyacente en el espectro, e **imagen hiperespectral**, la cual provee de un gran número de canales en un rango espectral continuo, es decir, nos proporciona una curva completa para cada píxel (Padoan, Klein, Bruin, Alderink y Steemers, 2009), motivo por el cual se establece como la metodología preferente para la digitalización del patrimonio archivístico y documental. No obstante, y aun considerando estas diferencias técnicas, los elementos que intervienen en ambos procedimientos son comunes:

- **Iluminante.** Aunque de manera general se recomienda el sistema *SEPIA* del Archivo Nacional de los Países Bajos (Padoan, Steemers, Klein, Alderink y Bruin, 2008), aún no existe consenso con respecto a la naturaleza de la lámpara.
- **Objeto.** La digitalización multi/hiperespectral se fundamenta en la interacción entre la luz y la materia según el fenómeno de absorción y reflexión. Ante la aplicación de una determinada radiación electromagnética ciertas longitudes de onda serán absorbidas por el documento mientras que el resto serán reflejadas (Schopfer, 2012) dotándole de una “huella espectral” única que posibilita la identificación de sus materiales compositivos.
- El **dispositivo de captura** consiste en una cámara monocromática con sensor CCD, capaz de garantizar la reproductibilidad, fiabilidad y validez de la imagen resultante.
- El **filtro** nos permite discernir entre diversos rangos espectrales durante la digitalización. Se recomienda filtrar la radiación en su trayectoria desde el iluminante hasta el objeto (Marengo *et al.*, 2011), minimizando la exposición lumínica del documento a aquellas longitudes de onda estrictamente necesarias para la captura (Padoan *et al.*, 2009).
- **Análisis de datos.** La digitalización multi/hiperespectral genera una gran cantidad de datos difíciles de manejar, visualizar e interpretar. Por este motivo, para reducir, comprimir y explotar al máximo las imágenes obtenidas, han de aplicarse potentes algoritmos de extracción y clasificación (Fisher y Kakoulli, 2006). De entre las herramientas computacionales estudiadas en este proyecto destaca PCA (*Principal Component Analysis*) que proporciona nuevas variables a partir de los datos espectrales iniciales para describir el sistema de manera compacta y eficiente (Marengo *et al.*, 2011).

## La imagen multi/hiperespectral para la conservación y restauración de documentos

La digitalización multi e hiperespectral posee múltiples aplicaciones en la conservación y restauración de documentos con valor patrimonial. Entre ellas, cabe destacar la mejora generalizada de la legibilidad del documento así como la identificación y situación espacial de sus materiales compositivos gracias al elevado rango espectral de la digitalización y el comportamiento diferenciado de dichos materiales según la longitud de onda irradiada (Fischer y Kakoulli, 2006). Por otra parte, esta novedosa técnica facilita la detección de alteraciones puntuales como zonas de pliegue (Attas *et al.*, 2003), ataque biológico, amarilleo del soporte celulósico o diagnóstico del estado de conservación de tintas ferrogálicas (Padoan *et al.*, 2008). Además, a fin de paliar estos deterioros, la digitalización multi/hiperespectral resulta de gran utilidad a la hora de controlar y monitorizar tratamientos de conservación y/o restauración así como, de manera preliminar, estudiar el documento más exhaustivamente a través de la preparación de muestras *ex profeso* que emulen de manera fidedigna las características materiales del original.

### Fase experimental. El análisis multiespectral del *Diario de Campo de Livingstone*

La fase experimental del proyecto comprende el análisis multiespectral de una colección de imágenes del *Diario de Campo de Livingstone* (1871), documento de gran relevancia escrito sobre un ejemplar antiguo del periódico *Standard* con tinta hecha a base de semillas. Las características intrínsecas del objeto, presumiblemente compuesto por un soporte celulósico altamente lignificado y tinta de naturaleza orgánica, derivó en un rápido y grave deterioro así como al desvanecimiento del texto manuscrito. La propuesta experimental consistió en el procesamiento y análisis multiespectral de dichas imágenes a través de dos aplicaciones de código abierto: *HiperCube* y *Gerbil*.

En ambas aplicaciones se pudo apreciar cómo las grafías de Livingstone eran perfectamente discernibles a menor longitud de onda (*Fig. 1.A*) y se iban invisibilizando conforme se avanzaba en el espectro electromagnético hasta que únicamente se apreciaba el texto del periódico a 940nm (*Fig. 1.B*).

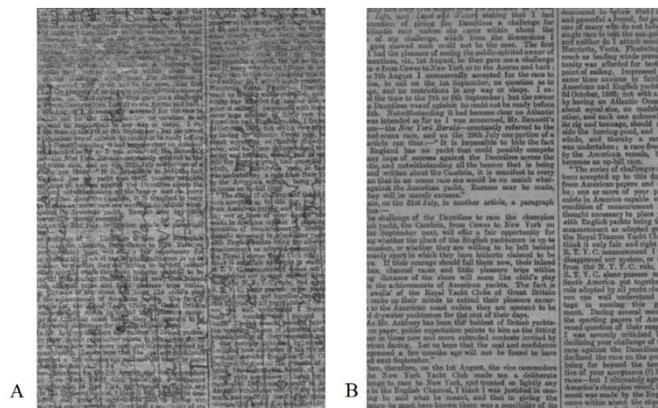
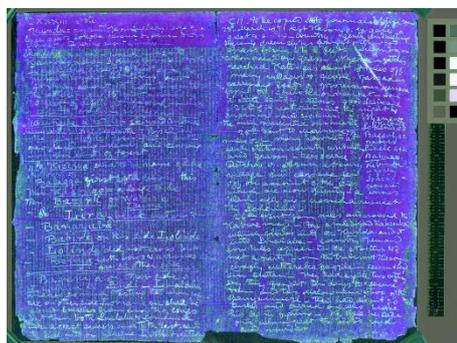


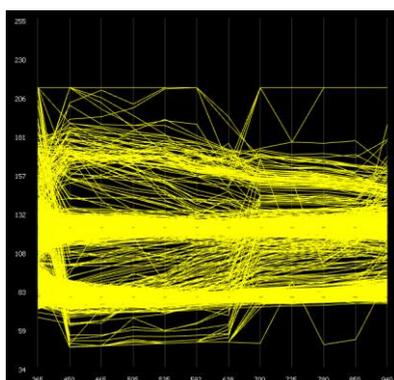
Fig. 1 Imágenes del *Diario de Campo de Livingstone* a una longitud de onda igual a 365nm (A) y 904nm (B)

Asimismo, tanto en *Gerbil* como en *HiperCube*, se aplicó PCA y se redimensionaron los datos iniciales en tres componentes principales a partir de los cuales se generaron diversas imágenes en falso color (*Fig.2*).



*Fig. 2 Imagen en falso color según los cálculos PCA en HiperCube*

Por último, se realizó un estudio general de las curvas espectrales de los píxeles donde se identificaron dos bloques principales de intensidades (83 y 132nm aproximadamente) que se correspondían con el soporte celulósico y la tinta del texto del periódico. Las curvas que se escapaban de estas tendencias pertenecían, en muchos casos, a las grafías de Livingstone (*Fig.3*).



*Fig. 3 Respuesta espectral de cada uno de los píxeles en el Diario de Campo de Livingstone*

## Conclusiones

Este proyecto reafirma el interés y utilidad de la digitalización multi e hiperespectral en el estudio, análisis y tratamiento del patrimonio gráfico y documental, principalmente en la caracterización material de la obra, diagnóstico de su estado de conservación e identificación de alteraciones a fin de salvaguardar el documento mediante tratamientos de restauración oportunos. Además, se han conseguido esclarecer los principios y fundamentos teóricos de esta técnica de digitalización, base esencial a la hora de profundizar en aspectos más complejos como el post procesamiento de los datos a través de algoritmos específicos. Asimismo, se ha logrado simplificar el análisis de datos multiespectrales a través del ejemplo práctico del *Diario de Campo de Livingstone* y las aplicaciones *Gerbil* e *HiperCube*, las cuales permitieron visualizar de manera más clara la utilidad de ciertas herramientas computacionales en este tipo de estudios.

## **Bibliografía**

Attas, M., Cloutis, E., Collins, C., Goltz, D., Majzels, C., Mansfield, J.R., Mantsch, H.H. (2003). Near-infrared spectroscopic imaging in art conservation: investigation of drawing constituents. *Journal of Cultural Heritage*, 4, pp.127-136.

Fischer, C., Kakoulli I. (2006). Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications. *Reviews in Conservation*, 7.

Marengo, E., Manfredi, M., Zerbinati, O., Robotti, E., Mazzucco, E., Gosetti, F., ... Shor, P. (2011). Development of a technique based on multi-spectral imaging for monitoring the conservation of cultural heritage objects. *Analytica Chimica Acta*, 706, pp.229-237.

Padoan, R., Klein, M.E., Bruin, G., Aalderink, B.J., Steemers, T.A.G. (2009). Monitoring Aging Processes of Archival Documents by Means of Quantitative Hyperspectral Imaging: A Part of the Hyperspectral Project at the Nationaal Archief (National Archives of Netherlands). *The Book and Paper Group Annual*, 28, pp.63-71.

Padoan, R., Steemers, T.A.G., Klein, M.E., Aalderink, B.J., Bruin, G. (2008). Quantitative hyperspectral imaging of historical documents: technique and applications.

Schopfer J. (2012). Light Bleaching with HID Lamps. *Restaurator*, 33, pp.287-328.